20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE

COORDINADORES

FABIOLA LANGO REYNOSO
VERÓNICA LANGO REYNOSO
MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ
JESÚS MONTOYA MENDOZA
CESÁREO LANDEROS SÁNCHEZ

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO®

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, ACUÍCOLAS Y PESQUERAS, A.C.

ITBOCA®



ISBN: 978-607-8617-64-7

RED IBAI

RED IBEROAMERICANA
DE ACADEMIAS DE
INVESTIGACIÓN

20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE

2020

COORDINADORES

FABIOLA LANGO REYNOSO, VERÓNICA LANGO REYNOSO, MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ, JESÚS MONTOYA MENDOZA, CESÁREO LANDEROS SÁNCHEZ

COORDINADORES
FABIOLA LANGO REYNOSO
VERÓNICA LANGO REYNOSO
MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ
JESÚS MONTOYA MENDOZA
CESÁREO LANDEROS SÁNCHEZ

20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE

20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE

COORDINADORES

FABIOLA LANGO REYNOSO, VERÓNICA LANGO REYNOSO, MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ, JESÚS MONTOYA MENDOZA, CESÁREO LANDEROS SÁNCHEZ

AUTORES

ABRAHAM DAVID CRUZ PENAGOS, ALETHIA ZUJEY DURAN ALARCÓN, ANA KAREN TRUJEQUE MARÍN, ANA PÈREZ MALDONADO, ANDRÈS HERRERA CORREDOR, ANGELICA DEL CARMEN LÓPEZ TOTO, ANTONIO PURIEL HERNÁNDEZ, BRENDA CASTRO PÉREZ, CARLOS ALBERTO CRUZ CRUZ, CAROLINA MARÌA MÈNDEZ, CHRISTIAN REYES VELÁZQUEZ, CINTHYA ALEJANDRA SOSA VILLALOBOS, CONSUELO LETECHIPÍA DE LEÓN, DALIA MORENO TEPOLE, DANIEL ARTURO RODRÍGUEZ LAGUNES, DIANA PÉREZ DE JESÚS, DIEGO RODRIGUEZ ESPINOZA, DULCE MARÍA OROZCO CORONA, EDGAR FRANCISCO HUESCA VELÀZQUEZ, EMMANUEL FRANCO TRUJILLO, FABIOLA HERNÁNDEZ RAMÍREZ, FABIOLA LANGO REYNOSO, FERNANDO ARENAS GARCÍA, FERNANDO CARLOS GÓMEZ MERINO, FRANCISCO MILÁN CERVANTES, GABRIELA VÁZQUEZ HURTADO, GIANLUCA BURCHI, GUADALUPE CONTRERAS MARTÍNEZ, GUADALUPE SANTILLÁN FERREIRA, GUSTAVO ADOLFO RODRÌGUEZ YZQUIERDO, HAYDEE NANCY ALVARADO ROMERO, HÉCTOR RENÉ VEGA CARRILLO, HUGO AMILCAR LEÒN BONILLA, IRIDIAN MELGAREJO RIVEROLL, ISABEL ARACELI AMARO ESPEJO, ISABEL LAGUNES GOMEZ, ISMAEL HERNÁNDEZ ARANO, ISRAEL ROBLES HERNANDEZ, ITZEL GALAVIZ VILLA, IVETTE LEAL RONZON, IVONNE LANDERO TORRES, JACEL ADAME GARCÍA, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, JERICÓ JABÍN BELLO BELLO, JESÙS MONTOYA MENDOZA, JESÚS SÁNCHEZ ESPINOZA, JOAQUÍN MURGUÍA GONZÁLEZ, JORGE MOLINA TORRES, JOSÈ ADÀN CABALLERO VÀZQUEZ, JOSÉ AGUSTÍN COLINA SÁNCHEZ, JOSÉ NOEL CARBAJAL PÉREZ, JOSÉ OCTAVIO RICO CONTRERAS, JUAN JOSÉ GARCÍA ESCALANTE, JUAN VALENTE MEGCHÚN GARCÍA, KARINE CASTRO MÁRQUEZ, LILIANA LARA CAPISTRÁN, LISSETH RIVERA AGUIRRE, LUDYBED ESCOBAR SARABIA, LUIS ALBERTO GARCÌA PÈREZ, MANUEL ALBERTO SUSUNAGA MIRANDA, MANUEL VILLARRUEL FUENTES, MARCO VINICIO RODRÍGUEZ DEMÉNEGHI, MARGUERITE NAVARRETE DOMÍNGUEZ, MARÍA ALEJANDRA ROSAS MORALES, MARÌA DEL CARMEN DE JESÙS GONZÁLEZ MARTÍNEZ, MARIA DEL CARMEN JIMENEZ BARRADAS, MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ, MARÌA ELENA GALINDO TOVAR, MARÍA TERESA GONZÁLEZ ARNAO, MARIBEL RAMÍREZ OROZCO, MARICRUZ GUTIERREZ BRAVO, MARINA GUEVARA VALENCIA, MARIO DÍAZ GONZÁLEZ, MARIO FRANCISCO HERNÀNDEZ FLORES, MARTIN MARQUEZ ESPINOZA, MIGUEL ÀNGEL GARCÌA MARTÌNEZ, MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ RAMÍREZ, MIRIAM CRISTINA PASTELÍN SOLANO, MÒNICA BETANCOURT VÀZQUEZ, NAYELLI SERRANO VILLA, NELSON MILANÉS RAMOS, NERY NOEMI LIMÓN ORTIZ, NINA BOGDANCHIKOVAB, NOÈ AGUILAR RIVERA, ODÓN CASTAÑEDA CASTRO, OLAYA PIRENE CASTELLANOS ONORIO, OSCAR FLORES CASTAÑOS, OSCAR LUIS PEÑA VALERIO, OTTO RAÚL LEYVA OVALLE, PABLO ANDRÈS MEZA, PAULA ZUÑIGA RUÌZ, RAMÓN ZULUETA RODRÍGUEZ, RÉGULO CARLOS LLARENA HERNÁNDEZ, ROCÌO DE GUADALUPE BERNAL RAMÌREZ, RÓMULO CHÁVEZ MORALES, ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMÁN, ROSA NASHIELY MORALES RAMÍREZ, ROSALÍA NÚÑEZ PASTRANA, SARA MÁRQUEZ BUENO, SERAFÌN PÉREZ CONTRERAS, VERÓNICA ROSAS MARTÍNEZ

EDITORES LITERARIOS

FABIOLA LANGO REYNOSO, VERÓNICA LANGO REYNOSO, MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ, JESÚS MONTOYA MENDOZA, CESÁREO LANDEROS SÁNCHEZ

EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2020



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
TEL (228)6880202
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@redibai.org

Derechos Reservados © Prohibida la reproducción total o parcial de este libro en cualquier forma o medio sin permiso escrito de la editorial.

Fecha de aparición. 27/01/2020



Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (607-8617)
Primera Edición
Ciudad de edición: Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 200
Presentación en medio electrónico digital: Cd-Rom formato PDF 20 MB
ISBN : 978-607-6817-64-7

PRÒLOGO

Contribuir al desarrollo económico, social y cultural de la región, del Estado de Veracruz y en general de México, atendiendo la demanda de educación superior para la formación de profesionistas emprendedores e innovadores de tecnología, comprometidos con la implementación de la calidad y la formación integral para que desarrollen actitudes de competitividad y compromiso social. El ejercicio docente interactivo y moderno, la investigación tecnológica y la vinculación, serán acciones permanentes para estimular el progreso y lograr la excelencia académica.

Para que distintos sectores de nuestra sociedad, exploren una metodología para la puesta en marcha eficaz y eficiente de su potencial tecnológico, la investigación y su aplicación en las diferentes ramas de la ciencia,para encontrar soluciones a las distintas problematicas actuales de la región, es una de las principales razones de esta publicación, donde se conjuntan las diferente áreas de Ambiente, Cambio Climàtico, Biotecnologìa, Procesos Industriales, Ciencias en el Agro, Bioeconomìa, Gestòn de Negocios, Sistemas, Tecnologìas, Informatica, Automatizaciòn, Control, Innovaciòn y Transferencia de Tecnología.

La presente obra es producto del esfuerzo participativo de diferentes instituciones regionales y nacionales unidas en el marco IV REUNION INTERNACIONAL CIENTIFICA Y TECNOLOGICA 2018, donde la **Academia Veracruzana de las Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras, A.C.**; fue quien conjuntó los esfuerzos en pro de la difusión y divulgación científica; con el apoyo del Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnologico de Boca del Río.

INDICE

AMBIENTE, CAMBIO CLIMÀTICO Y BIOTECNOLOGÌA

AMB001	**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PASIVOS AMBIENTALES CONTAMINADOS CON ACEITES LUBRICANTES EN LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO.** Olaya Pirene Castellanos Onorio, Christian Reyes Velázquez, Fabiola Lango Reynoso, María del Refugio Castañeda Chávez, Nery Noemi Limón Ortiz.	**6**
AMB003	**EFECTO DE LAS NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN LA REGENERACIÓN IN VITRO DE VAINILLA (Vanilla planifolia Jacks.)** Miriam Cristina Pastelín Solano, Nina Bogdanchikovab, María Elena Galindo Tovar, Jericó Jabín Bello Bello.	**13**
AMB004	**EFECTO DEL GRADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE RÍOS CON BASE EN INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.** Ana Karen Trujeque Marín; Gabriela Vázquez Hurtado; María del Refugio Castañeda Chávez; Fabiola Lango Reynoso.	**24**
AMB006	**EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR Y ATENUACIÓN POR LA HUMEDAD UTILIZANDO MODELO WRF: CASO DE ESTUDIOS SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.** Dulce María Orozco Corona; José Noel Carbajal Pérez,; Juan José García Escalante; Consuelo Letechipía de León; Juan Valente Megchún García; Héctor René Vega Carrillo.	**28**
AMB007	**EVALUACIÒN DE METALES PESADOS EN RIO GRANDE POR INFLUENCIA DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÒN** Abraham David Cruz Penagos; Paula Zuñiga Ruìz; Isabel Araceli Amaro Espejo; Christian Reyes Velàzquez.	**53**
AMB012	**PRUEBA DE COMPATIBILIDAD EN AISLAMIENTOS SILVESTRES DE USTILAGO MAYDIS PARA LA PRODUCCIÓN DE HUITLACOCHE EN ZONAS TROPICALES** Rosa Nashiely Morales Ramírez; Otto Raúl Leyva Ovalle; Régulo Carlos Llarena Hernández; Rosalía Núñez Pastrana.	**74**
AMB015	**EVALUACIÒN DE SITIO PARA DISPOSICIÒN FINAL DE RESIDUOS SÒLIDOS URBANOS PARA LA RIVIERA VERACRUZANA,ALVARADO,VER.** Miguel Àngel Lòpez Ramirez , Luis Alberto Garcìa Pèrez , Manuel Alberto Susunaga Miranda , Paula Zuñiga Ruìz , Fabiola Lango Reynoso , Rocìo de Guadalupe Bernal Ramirez.	**83**
AMB022	**DIAGNOSTICO DE LAS FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÒN HACIA EL PARQUE NACIONAL COSTA OCCIDENTAL DE ISLA MUJERES,PUNTA CANCÙN Y PUNTA NIZUC,QUINTANA ROO.** Fabiola Lango Reynoso; Josè Adàn Caballero Vàzquez; Marìa del Refugio Castañeda Chàvez; Jesùs Montoya Mendoza; Edgar Francisco Huesca Velàzquez.	**101**
AMB023	**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB Y V) EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO.** Marguerite Navarrete Domínguez, Rosa Elena Zamudio Alemán, María del Refugio Castañeda Chávez , y Fabiola Lango Reynoso.	**113**

INDICE

PROCESOS INDUSTRIALES Y CIENCIAS EN EL AGRO

PROC001	**ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CENIZAS DE ESTIERCOL DE POLLO OBTENIDAS POR DISTINTAS TÉCNICAS** Verónica Rosas Martínez, Odón Castañeda Castro, Nelson Milanés Ramos, José Octavio Rico Contreras, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes.	**130**
PROC009	**MANEJO DEL THIAMETHOXAM EN LOS AGROECOSISTEMAS CON PAPAYA, EN MÉXICO Y CASO DE AGRICULTURA AMAZONICA EN ACRE, BRASIL** Juan Valente Megchún García; María del Refugio Castañeda Chávez; Daniel Arturo Rodríguez Lagunes; Joaquín Murguía González; Fabiola Lango Reynoso ; Otto Raúl Leyva Ovalle	**149**
PROC011	**PROCESOS BIOLÓGICOS PARA LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO DEL AGUA RESIDUAL** Antonio Puriel Hernández, Itzel Galaviz Villa , Cinthya Alejandra Sosa Villalobos.	**171**
PROC014	**PERFILES CROMATOGRÁFICOS DE DIFERENTES ESPECIES DE VAINILLA (Vanilla spp.) PROVENIENTES DE CULTIVO in vitro** Oscar Flores Castaños; María Teresa González Arnao; Jorge Molina Torres; Carlos Alberto Cruz Cruz; María Alejandra Rosas Morales.	**192**
PROC015	**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN VAINILLA (VANILLA SPP.) MEDIANTE MARCADORES ISSR** Fabiola Hernández Ramírez, Serafin Pérez Contreras, Marìa Teresa González Arnao, Miriam Cristina Pastelín Solano.	**210**
PROC016	**BIOACUMULACIÒN DE METALES PESADOS EN TEJIDOS DE Oreochromis niloticus EN EL CAUCE DEL RIO BALSAS EN LA REGION CALENTANA DE GUERRERO** Ludybed Escobar Sarabia, Diana Pérez de Jesús, Maribel Ramírez Orozco, Jesús Sánchez Espinoza, Alvaro Palacios Mendoza,	**226**
PROC017	**EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO ROJO, LOMBRICOMPUESTO Y MICROTÚNELES EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA DE BOLA CV. 'ROUND ZUCCHINI'** Guadalupe Contreras Martínez; Francisco Milán Cervantes; Fernando Carlos Gómez Merino; Ramón Zulueta Rodríguez; Liliana Lara Capistrán.	**237**

BIOECONOMIA Y GESTION DE NEGOCIOS

BIOE002	**CAMIVERA®,MODELO DE NEGOCIO TECNM/I.T.URSULO GALVÀN.** Jazmín Villegas Narváez; Sara Márquez Bueno, Jacel Adame García; Karine Castro Márquez; Alethia Zujey Duran Alarcón; Ivette Leal Ronzon.	**256**
BIOE003	**APROVECHAMIENTO ALTERNATIVO DE LA FLOR DE GARDENIA (Gardenia Jasminoides ELLIS) PARA OPTIMIZAR LA RENTABILIDAD DEL CULTIVO EN VERACRUZ, MÉXICO** Marco Vinicio Rodríguez Deméneghi, Joaquín Murguía González; Noè Aguilar Rivera; Marina Guevara Valencia; Otto Raùl Leyva Ovalle; Andrès Herrera Corredor; Gianluca Burchi; Marìa Elena Galindo Tovar; Pablo Andrès Meza.	**272**
BIOE006	**MODELOS DE AGRONEGOCIOS SOSTENIBLES.ESTUDIO DE CASO: CULTIVO DE PLÀTANO EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA.** Gustavo Adolfo Rodrìguez Yzquierdo; Mònica Betancourt Vàzquez; Carolina Marìa Mèndez,.	**287**

INDICE

SISTEMAS, TECNOLOGÍAS E INFORMÁTICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

SIST003	**EVALUACIÓN FOTOCATALÍTICA DE LOS MÉTODOS FOTO-QUÍMICOS PARA LA REMOCIÓN DE NÍQUEL, EN AGUAS RESIDUALES** Olaya Pirene Castellanos Onorio; Mario Díaz González; Miguel Ángel López Ramírez; Maria del Carmen Jimenez Barradas; Iridian Melgarejo Riveroll.	**308**
SIST004	**IMPORTANCIA DE LA INDUCCIÓN LABORAL BAJO EL MODELO DE GAMIFICACIÓN** Angelica del Carmen López Toto; Guadalupe Santillán Ferreira; Oscar Luis Peña Valerio; Marìa del Carmen de Jesùs González Martínez.	**316**
SIST005	**MEDICIÒN DE FLUJO DE CALOR Y EVALUACIÒN DE EFICIENCIA ENERGÈTICA DE DISPOSITIVO COMPENSADOR DE TEMPERATURA** Israel Robles Hernandez; Ana Pèrez Maldonado; Isabel Lagunes Gomez**.**	**329**

INNOVACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

INNO002	**APROVECHAMIENTO DE BOTELLAS PET (Polietilen Tereftalato) PARA UN SISTEMA DE SUBIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE TRES PLANTAS AROMÁTICAS** Dalia Moreno Tepole; Joaquín Murguía González; Otto Raùl Leyva Ovalle; Marìa Elena Galindo Tovar; Pablo Andrès Meza; Ivonne Landero Torres; Miguel Àngel Garcìa Martìnez.	**343**
INNO007	**CONDUCTAS PROAMBIENTALES EN MAESTROS DEL TECNOLÒGICO NACIONAL DE MEXICO EN VERACRUZ** Manuel Villarruel Fuentes, Rómulo Chávez Morales, Ismael Hernández Arano, José Agustín Colina Sánchez, Brenda Castro Pérez, Fernando Arenas García .	**356**
INNO010	**REDISEÑO DE UN ENFRIADOR EVAPORATIVO POR MEDIO DE CELDAS PELTIER** Hugo Amilcar Leòn Bonilla; Emmanuel Franco Trujillo; Diego Rodriguez Espinoza.	**379**
INNO012	**PERTINENCIA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÒN ERGONÒMICA Y CONDICIÒN AMBIENTAL,CON BASE A LAS HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD.** Mario Francisco Hernàndez Flores; Nayelli Serrano Villa; Lisseth Rivera Aguirre.	**392**
INNO013	**ESTUDIO DEL CONSUMO DE PRODUCTOS LÀCTEOS INDUSTRIALIZADOS,EN LAS ESCUELAS PRIMARIAS DE LA LOCALIDAD DE PASO DEL TORO EN EL MUNICIPIO DE MEDELLIN DE BRAVO,VER.”** Martin Marquez Espinoza; Haydee Nancy Alvarado Romero; Maricruz Gutierrez Bravo.	**402**

AMBIENTE, CAMBIO CLIMÀTICO Y BIOTECNOLOGÌA



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PASIVOS AMBIENTALES CONTAMINADOS CON ACEITES LUBRICANTES EN LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO.

OLAYA PIRENE CASTELLANOS ONORIO[1], CHRISTIAN REYES VELÁZQUEZ[2], FABIOLA LANGO REYNOSO[2], MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ [2], NERY NOEMI[2]LIMÓN ORTIZ.

RESUMEN

Los pasivos ambientales son aquellos sitios contaminados con problemas causados por el uso industrial del suelo por un mal manejo de sus residuos peligrosos, donde existe la necesidad de una remediación. Para una buena remediación se debe conocer a fondo los suelos contaminados para ello se debe realizar la caracterización de este, pues la estrategia para su limpieza es especifica en cada suelo. En esta investigación se tomaron cuatro muestras de las distintas partes de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, con el objetivo de caracterizar los suelos contaminados considerados pasivos ambientales para que permitan la ejecución de la tecnología de remediación que mas se adecuada a las necesidades requeridas de cada suelo.

PALABRAS CLAVE: Caracterización, Pasivos Ambientales.

INTRODUCCIÓN

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779 Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver. email: elyfucsia@hotmail.com

[2] Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km. 12, Boca del Río, Ver.

Los aceites lubricantes de motores son un material altamente contaminante, que requiere una gestión responsable; estos al causar un daño al medio ambiente por un manejo inadecuado por las industrias son considerados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el cómo pasivos ambientales.

El aceite lubricante usado contiene diversos compuestos químicos tales como: hidrocarburos totales de petróleo, bifenilos policlorados, aromáticos policíclicos, metales y otros contaminantes que ocasionan deterioro en el medio ambiente y salud humana, tóxicos y venenosos, siendo sustancia de difícil degradación (Vásquez *et al*., 2010). Estos compuestos químicos producen un efecto directo sobre la salud humana y varios de estos productos son cancerígenos (Hamawand *et al.,*2013).

Una de las tecnologías que ha emergido estos últimos años es la biorremediación siendo una de las más limpias y prometedoras, ya que utiliza procesos naturales inducidos a los ambientes contaminados para acelerar los procesos de degradación logrando mejores tasas de remediación en menor tiempo y costo.

Para que la biorremediación tenga éxito se debe realizar en los pasivos ambientales un análisis químico, físico y biológico, como la caracterización del pasivo ambiental que permitirá plantear estrategias de acuerdo a las necesidades de este, garantizando una efectiva solución. La caracterización debe considerar no solo como un requisito administrativo para la biorremediación si no como una de las principales necesidades técnicas del proyecto.

Dentro de la literatura se encuentran información a nivel internacional de los datos que se deben consideran para una buena remediación como lo es la caracterización del suelo (Fiorenza *et al*., 2000), sin embargo, son insuficientes las investigaciones científicas enfocadas a biorremediar los llamados pasivos ambientales, para lo cual esta investigación se nutre de los estudios que se enfocan a biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos generados por actividad antropogénica derivados de emergencias ambientales, dado a la similitud del contaminante.

Las investigaciones en México sobre caracterización de suelos contaminados por hidrocarburos han sido pocos como los que han presentado (Hernández *et al*.,2004; Santos-Jallath,2007; Llado, 2008; Vázquez *et al*., 2013), donde el suelo es el factor que más se ha estudiado; sin embargo, esta información básica no se puede generalizar para todo el país dado a la diversidad que presentan diversos tipos de procesos de formación del suelo.

Esta investigación busca definir la caracterización de los llamados pasivos ambientales ya que no surgen en las mismas circunstancias que una contaminación provocada por una emergencia ambiental, ya que estos son acumulados tras años, por una mala gestión en las industrias que no siguen la normatividad indicada al ser generadores de residuos. Estas características hacen que las variables cambien para una buena aplicación de tecnologías de biorremediación.

METODOLOGÍA

El área de estudio se apoyó con base en los registros del Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO, 2013) el cual cataloga al estado de Veracruz como el número uno por tener el mayor registro de pasivos ambientales en México, para obtener los sitios de muestreo se ocuparon los registros del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE,2017) dependencia derivada del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI,2017), a los cuales se les aplico el método estadístico: muestreo no probabilístico.

Se tomaron cuatro muestras de la zona conurbada Veracruz- Boca del Río, las muestras se tomaron de acuerdo con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y la NMX-AA-132-SCFI-2006 las cuales de acuerdo con las características del área indican que el tipo de muestra es irregular y la técnica a utilizar es muestra superficial.

Las pruebas para la caracterización de los pasivos ambientales que se realizaron fueron: humedad, pH, conductividad, densidad de sólidos, densidad aparente, velocidad de flujo, viscosidad, determinación de textura. Las metodologías utilizadas fueron del Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados del Instituto Mexicano del Petróleo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los análisis para la caracterización de los pasivos ambientales (Ver tabla I) muestran las concentraciones de los factores que inciden en la actividad

microbiana, siendo los parámetros puntuales para definir la capacidad de biodegradación de los contaminantes en estos pasivos ambientales.

Tabla I Características fisicoquímicas de pasivos ambientales de Veracruz-Boca del Río.

Sitio de muestreo	Humedad	pH	Conductividad	Materia orgánica (%)	Densidad de solidos	Densidad aparente	Determinación de textura (%)		
							Arcilla	Limo	Arena
Blanco	8.8%	9.2	84.4 μs	3.89	$2.41x10^{-6}$	1.6	17.2	61.2	21.6
Boca 1	3.6%	3.7	251 μs	2.16	$3.12x10^{-4}$	1.7	20.8	35.4	43.8
Boca 2	6.49%	4.6	27.6 μs	2.37	$3.67x10^{-5}$	1.6	10.8	58.8	30.4
Ver 1	7.41%	5.8	20.20 μs	3.29	$5.28x10^{-4}$	1.6	13.2	59.6	27.2
Ver 2	1.39%	5.5	141.9 μs	1.63	$4.33x10^{-4}$	1.8	15.5	28.8	55.7

DISCUSIÓN

Los porcentajes de humedad que presentaron los pasivos ambientales varían 1.39 a 7.41 de bajos a medios, lo que favorece a un buen movimiento de aire a través del suelo, lo que beneficia los procesos de biorremediacion (Van Deuren *et al.* 1997).

Se obtuvieron pH 3.7 a 5.5 resultando valores ácidos, pero ideales para algunos tipos de microorganismo tales como *CCR8*, estos valores determinan el grado de adsorción de iones por las partículas del suelo, beneficiando así su solubilidad, movilidad, disponibilidad y formas iónicas de un contaminante y otros constituyentes del suelo (Alexander 1994).

Los resultados que se obtuvieron de conductividad eléctrica fueron de 20.20 a 251μs lo que resulta en suelos salinos-solidos La determinación de la conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo.

Los porcentajes de materia orgánica van de 1.63 a 3.29 de bajo a medio lo que indica que poca fracción de desechos vegetales y animales a lo que se le conoce como humus este

aumenta la movilidad de los compuestos orgánicos (Van Deuren *et al.*,1997, Eweis *et al*., 1998.), al ser bajos estos datos, mismos que pueden corregirse aplicando bioestimulación microbiana (Korda *et al*., 1997).

En la densidad aparente se obtuvieron datos 1.6 a 1.8 que es el peso del suelo por unidad de volumen, incluyendo agua y espacios. Es importante considerar que el suelo está compuesto por sólidos y espacios llenos de agua y/o aire, y que su densidad dependerá de su humedad. Es útil para realizar cálculos para el transporte del material (Van Deuren *et al.* 1997).En la textura, predominó la fracción arena en el suelo. Se conoce que cuando existe en el suelo mayor porcentaje de arena, los procesos de biorremediación pueden llevarse a cabo con más éxito (Alexander, 1999). Es importante considerar esta propiedad, ya que la relación área/volumen de los diferentes tipos de partícula, tienen un impacto directo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y por consiguiente en las tecnologías de remediación. En general, los materiales no consolidados (arenas y gravas finas) son más fáciles de tratar (Van Deuren *et al.* 1997, Eweis *et al.* 1998).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos de las muestras de los pasivos ambientales de zona conurbada Veracruz-Boca del Río se acondicionan para una buena biorremediación con el microorganismo *Burkholderia cepacia,* a excepción de los porcentajes de materia orgánica los cuales se pueden acondicionar a los requerimientos del microorganismo, lo cual resulta de una manera oportuna en para el control de una de las variables importantes para una excelente biorremediación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Veracruz por prestar las instalaciones del laboratorio de Química Analítica, así como también al Instituto Tecnológico de Boca del Río por prestar las instalaciones del Laboratorio de Recursos Acuáticos para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

Alexander, M. (1999). *Biodegradation and bioremediation* . San Diego, USA: Academic Press.

Eweis, E. E. (1998). Bioremedation principles. McGrae-Hill International Editions.

Fiorenza, S. O. (2000). Phytoremedation of hydrocarbon-contaminated soil. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers.

Hamawand, I. Y. (2013). Recycling of waste engine oils using a new wasching agent.

Hernández. (2004). CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y PLANTAS DE UN SITIO. *Terra Latinoamaericana*, 24:463-470.

Korda, A. S. (1997). Petroleum hydrocarbon bioremediation:sampling and analytical techniques, in situ treatments and comercial microorganisms currently used. *Microbiol Biotechnol*, 48: 677-686.

Llado, F. (2008). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos pesados y caracterización de comunidades microbianas implicadas. Barcelona, España.

Santos-Jallath, J. (2007). CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS. México.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). RESIDUOS.

Uribe, J. G. (2000). CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LADERA MANEJADOS. *Agrociencia*, 34:403-412.

Van Deuren, J. W. (1997). *EPA*. Obtenido de http://www.epa.gov/tio/remed.htm.

Vásquez, M. G. (2010). Biorremediación de lodos contaminadis con aceites lubricantes usados. *Revista Colombiana Biotecnológica*, 141-157.

Vázquez, L. R. (2013). Caracterización de suelos contaminados con HAPs en el Valle de Metztitlan, Hgo., y aplicacion de un proceso de biorremediación con menbranas limitantes de oxigeno. . *CHEMISTRY SCIENCES*, 18-24.

EFECTO DE LAS NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN LA REGENERACIÓN *IN VITRO* DE VAINILLA *(Vanilla planifolia* Jacks.)

MIRIAM CRISTINA PASTELÍN SOLANO[1], NINA BOGDANCHIKOVAB [2], MARÍA ELENA GALINDO TOVAR [3], JERICÓ JABÍN BELLO BELLO[4]

RESUMEN

La utilización nanopartículas de plata (AgNPs) durante la regeneración *in vitro* de plantas es una alternativa en la micropropagación comercial. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las nanopartículas de plata (AgNPs) en la regeneración *in vitro* de *Vanilla planifolia*. Se cultivaron segmentos nodales de 2 cm de longitud en medio Murashige y Skoog (MS), suplementados con 2 mg L^{-1} de bencilaminopurina (BAP) y diferentes concentraciones de AgNPs (0, 25, 50 y 200 mg L^{-1}) en el medio MS semisólido. El mayor número, longitud y número de brotes se obtuvo en la concentración de 25 mg L^{-1} y 50 mg L^{-1} de AgNPs. Los tratamientos con AgNPs no tuvieron un efecto en el enraizamiento de los brotes o la supervivencia de las plántulas durante la aclimatación. Estos resultados sugieren que el uso de AgNPs puede ser una alternativa efectiva para promover el desarrollo durante la micropropagación de *V. planifolia*.

[1] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Carretera Peñuela-Amatlán de los Reyes Km 1, 94950, Veracruz, México.
[2] Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Carretera Tijuana-Ensenada Km 107, Ensenada. 22800, Baja California, México.
[3] CONACYT-Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Municipio Amatlán de los Reyes. 94946, Veracruz, México.
[4] CONACYT-Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Municipio Amatlán de los Reyes. 94946, Veracruz, México.
jericobello@gmail.com

PALABRAS CLAVE: Bionanotecnología, AgNPs, micropropagación, vainilla.

INTRODUCCIÓN

La vainilla es uno de los cultivos de especias más importantes del mundo (Bory et al., 2008). En los últimos años, la propagación de *Vanilla planifolia* Jacks por cultivo de tejidos ha mostrado ventajas sobre los métodos convencionales (Zuraida et al., 2013; Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu, 2016; Gantait y Kundu, 2017).

Los avances en nanotecnología que se han integrado en la biología han llevado al surgimiento de una nueva disciplina llamada nanobiotecnología (Razzaq et al., 2015). Las nanopartículas (1-100 nm de diámetro) son pequeñas formas de material de origen natural o manufacturado cuyas propiedades difieren notablemente de las formas a granel respectivas del "mismo" material (Buzea et al., 2007; Ju-Nam y Lead, 2008; Calabrese, 2016a). Actualmente, las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen numerosas aplicaciones médicas e industriales debido a sus propiedades antimicrobianas (Mahna et al., 2013).

En el cultivo de tejidos vegetales las nanopartículas de plata (AgNPs) además de sus propiedades antibacterianas, tienen una gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ma et al., 2010). Este efecto, caracterizado por la estimulación de dosis bajas y la inhibición de dosis altas, se denomina hormesis (Calabrese, 2008). Estudios anteriores han documentado pruebas de que algunas nanopartículas (aluminio, dióxido de titanio y nanopartículas de plata) pueden iniciar hormesis en plantas (Stovbun et al., 2012; Calabrese, 2016b; Spinoso-Castillo et al., 2017).

Argovit ™ es una formulación comercial de AgNPs que ya ha demostrado tener un amplio espectro de actividad antimicrobiana (Vázquez-Muñoz et al., 2014). Este producto está actualmente aprobado en Rusia y otros países para su uso en aplicaciones veterinarias y humanas (es decir, cosméticos, esponjas hemostáticas para cirugías y suplementos nutricionales) (Borrego et al., 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de las NPsAg en la micropropagación de *V. planifolia.*

METODOLOGÍA

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Postgraduados, campus Córdoba ubicado en Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.

Efecto de las nanopartículas de plata en la multiplicación de brotes

Los brotes de *V. planifolia* de 2 cm de longitud se obtuvieron de cultivos *in vitro* previamente establecidos. Estos se usaron como explantes y se sembraron en frascos de cultivo de 500 ml, con 30 ml de medio MS suplementado con 2 mg L^{-1} de BAP (Sigma Chemical Company, MO, EE. UU.) y diferentes concentraciones de AgNPs (0, 25, 50, 100 y 200 mg L^{-1}). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N. Como agente gelificante se utilizó el fitagel 0.27% (p/v) (Sigma Chemical Company, MO, EE. UU.). Posteriormente se esterilizó en autoclave durante 15 minutos a 120°C. Los explantes se incubaron a 24 ± 2°C, manteniendo fotoperíodo de 16 h luz y 30-40 µmol m^{-2} s^{-1}. Después de 60 días de cultivo, se registró el porcentaje de contaminación total, el número de brotes por explante, la longitud del brote y el número de hojas para cada tratamiento. Los experimentos incluyeron cinco tratamientos, con cinco repeticiones. Cada repetición incluía cinco explantes en frascos de cultivo.

ENRAIZAMIENTO Y ACLIMATACIÓN

Los brotes de 2.0 cm de altura se individualizaron y se subcultivaron en un medio de enraizamiento (medio MS con sus sales reducidas a la mitad), suplementados con 20 g de L^{-1} sacarosa, sin la adición de AgNPs y reguladores de crecimiento. El tiempo de cultivo fue de 30 d.

Las plántulas con raíces bien desarrolladas se lavaron con agua corriente para eliminar los residuos del medio y se sumergieron en Captan® al 0.2% (v/v) durante 1 minuto antes de

transferirlas a charolas de plástico con agrolita/peatmoss (1:2) Las plantas se cultivaron en el invernadero para su aclimatación y se mantuvieron a una temperatura de 30°C con 95 ± 2% de humedad relativa. Las plantas se regaron con agua corriente cada 2 días. Un total de 38 plántulas se aclimataron para cada tratamiento proveniente de la multiplicación con AgNPs y se colocaron en bandejas con 38 cavidades.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó un diseño completamente al azar. El experimento se realizó por triplicado y se analizaron con análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias fue por prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se realizó con el software estadístico SPSS (versión 22 para Windows).

RESULTADOS

Efecto de las nanopartículas de plata en la multiplicación de brotes

No se observó contaminación en ninguno de los tratamientos estudiados que incluían AgNPs durante la multiplicación *in vitro* de brotes. Sin embargo, se encontraron diferencias en el número y la longitud de los brotes entre las concentraciones de AgNPs utilizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de nanopartículas de plata (AgNPs) en la multiplicación de Vainilla (*V. planifolia*) in semi-solid médium durante 60 días de cultivo in vitro.

AgNPs (mg L^{-1})	Contaminación (%)	No. de brotes/explante	Longitud del brote (cm)	Número de hojas
0	0.0±0	4.3±0.3 b	2.1±0.1 b	1.7±0.15 b
25	0.0±0	7.3±0.3 a	4.4±0.1 a	2.5±0.16 a
50	0.0±0	7.9±0.4 a	4.7±0.2 a	2.7±0.15 a
100	0.0±0	3.3±0.3 c	1.7±0.1 c	1.8±0.13 b

Medias ± error estándar dentro de una columna la misma letra no son significativamente diferentes según prueba de Tukey $P \leq 0.05$.

Los resultados muestran que el mayor número y longitud de brotes, así como el mayor número de hojas, se encontraron en concentraciones de 25 mg L^{-1} y 50 mg L^{-1} de AgNPs.

Por otro lado, el menor número y longitud de los brotes, así como el menor número de hojas, se encontraron en el tratamiento control (sin la adición de AgNPs) y para la concentración de AgNPs de 100 mg L^{-1}.

A partir de los datos obtenidos, se observó que las bajas concentraciones de AgNPs tienen un efecto positivo en el desarrollo de brotes, en comparación con el tratamiento de control. Sin embargo, en concentraciones superiores a 50 mg L^{-1} de AgNPs, se observó una disminución en el desarrollo de los brotes en medio de cultivo semisólido (Fig. 1).



Figura 1. Efecto de AgNPs sobre los brotes adventicios en la micropropagación of *V. planifolia* después de 60 días de cultivo. (a-d) Concentraciones de AgNPs 25, 50, 100 mg L^{-1} respectivamente. Barra=2 cm.

ENRAIZAMIENTO Y ACLIMATIZACIÓN

Todos los brotes obtenidos de los diferentes tratamientos con AgNPs pudieron formar raíces en medio MS sin el uso de reguladores de crecimiento. Los brotes crecieron hasta 30 cm después de 30 días de cultivo. Durante la etapa de aclimatación, los tratamientos con AgNPs no tuvieron un efecto sobre la supervivencia de las plantas en invernaderos (Fig. 2). La tasa de supervivencia se produjo entre 98 y 100% para todos los tratamientos.



Figura 2. Aclimatización de *Vanilla planifolia* provenientes de la multiplicación *in vitro* con nanopartículas de plata. a) Plantas establecidas en charolas de plastico agrolita/peatmoss (1:2); b) Plantas individuales en maceta.

DISCUSIÓN

Nuestros resultados mostraron un claro efecto de las nanopartículas de plata en la regeneración *in vitro* de vainilla. Un estudio realizado en *Phaseolus radiatus* y *Sorghum* por Lee et al., (2012), mostró una correlación entre la eficiencia del crecimiento y la concentración de AgNPs, por lo que se observó un desarrollo favorable en concentraciones bajas y un menor crecimiento en concentraciones más altas de AgNps. Por otro lado, Sarmast et al. (2015) informaron cómo los explantes de *T. undulata*, cultivados en medio MS y suplementados con AgNPs (30, 60 y 120 mg L^{-1}), aumentan el porcentaje de brotes generados. También describieron que las concentraciones de AgNPs superiores a 60 mg L^{-1} pueden disminuir el porcentaje de explantes capaces de generar brotes. Arruda et al., (2015) describieron cómo las plantas expuestas a bajas concentraciones de AgNPs muestran un mayor crecimiento que las plantas de control, y que a mayores concentraciones de AgNPs se observa un menor crecimiento. Esto fue probablemente debido a cambios en la morfología celular y características estructurales. Cabe señalar que la aplicación de AgNPs, en bajas concentraciones, promueve el crecimiento y el número de hojas en los brotes de *V. planifolia*. Según Almutairi y Alharbi (2015), laexposición a concentraciones específicas de AgNPs

podría mejorar el crecimiento de las plantas, en comparación con las plantas no expuestas, mientras que las concentraciones más altas podrían afectar negativamente el crecimiento de las plantas. Este fenómeno de dosis-respuesta, que se caracteriza por la estimulación de dosis baja y la inhibición de dosis altas, se denomina hormesis (Calabrese, 2008) y puede verse como "un proceso compensatorio de adaptación después de una interrupción inicial en la homeostasis" (Calabrese et al., 2016b). La estimulación hormonal del crecimiento se ha observado frecuentemente en plantas expuestas a bajas concentraciones de iones metálicos no esenciales y tóxicos (Calabrese y Blain, 2009). Sharma et al., (2012) demostraron que el uso de 25, 50 y 100 mg L^{-1} de AgNPs mejora el brote y la longitud de la raíz y los contenidos de clorofila, mientras que 400 mg L^{-1} afectan adversamente estos parámetros en *Brassica juncea*. Nejatzadeh-Barandozi et al. (2014) obtuvieron resultados similares en *Ocimum basilicum*, donde la aplicación de 20, 40 y 60 mg L^{-1} de AgNPs incrementó el peso seco de la planta, el peso seco de la inflorescencia y la producción de semillas en comparación con los tratamientos sin AgNPs. De manera similar, en *Solanum tuberosum*, Homaee y Ehsanpour (2015) informaron que 2 mg L^{-1} de AgNPs dieron como resultado una mejora en algunos parámetros de crecimiento como el peso seco, la longitud de la raíz y el área foliar.

Nuestros resultados están de acuerdo con Spinoso-Castillo et al., (2017), quienes informaron la existencia de un efecto hormético en el desarrollo de brotes de *V. planifolia* al usar el Sistema de Inmersión Temporal Automatizada (RITA®) y al exponerlos a AgNPs en concentraciones de 25 y 50 mg L^{-1}. Cuando se exponen los brotes a concentraciones de AgNPs más altas (100 mg L^{-1} y 200 mg L^{-1}), la calidad de los brotes disminuye. Sin embargo, no siempre es posible cuando se producen plantas comercialmente la disponibilidad de sistemas de inmersión temporal, lo que puede ser un contratiempo al usar esta tecnología.

Según Spinoso-Castillo et al., 2017, el efecto observado en la regeneración de brotes (25 y 50 mg L^{-1} de Argovit) en la fase de micropropagación se debe a una acumulación de N y Mg. A estas concentraciones no se han observado efectos genotóxicos considerables (≤1% aberraciones). Sin embargo, en concentraciones elevadas de 100 y 200 mgL^{-1} de

nanopartículas de plata, se manifiesta un aumento en el porcentaje de polimorfismo (Bello-Bello et al., 2018).

Por todo lo anterior, es recomendable utilizar las AgNPs a bajas concentraciones ya que a elevadas concentraciones se pueden presentar efectos genotóxicos.

CONCLUSIONES

Las AgNPs evaluadas en este estudio promueven el desarrollo de los explantes. El uso de AgNPs puede ser una alternativa para la micropropagación durante la multiplicación de *V. planifolia* y otras especies. Las concentraciones más bajas de AgNPs (25 y 50 mg L^{-1}) causan un efecto positivo en el desarrollo de brotes durante la micropropagación *in vitro* de *V. planifolia,* mientras que, concentraciones elevadas pueden ocasionar daños tóxicos en los explantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por la Red Internacional de Bionanotecnología - CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) de México. Programa de mejora de la competitividad de la Universidad Politécnica de Tomsk, subvención VIU-TOVPM-316/2017.

LITERATURA CITADA

Almutairi, Z.M., Alharbi, A., 2015. Effect of silver nanoparticles on seed germination of crop plants. Journal of Advances in Agriculture 4, 283-288.

Arruda, S.C.C., Silva, A.L.D., Galazzi, R.M., Azevedo, R.A., Arruda, M.A.Z., 2015. Nanoparticles applied to plant science: A review. Talanta. 131, 693-705.

Bello-Bello, J.J., Spinoso-Castillo, J.L., Arano-Avalos, S., Martínez-Estrada, E., Arellano-García, M.E., Pestryakov, A., Toledano-Magaña Y., García-Ramos J.C., and Bogdanchikova N. 2018. Cytotoxic, genotoxic, and polymorphism effects *on Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews after long-term exposure to Argovit® silver nanoparticles. Nanomaterials.8,754:2-14.

Borrego, B., Lorenzo, G., Mota-Morales, J. D., Almanza-Reyes, H., Mateos, F., López-Gil, E., De La Losa, N., Burmistrov, V.A., Pestryakov, A.N., Brun, A., Bogdanchikova, N., 2016. Potential application of silver nanoparticles to control the infectivity of Rift Valley fever virus *in vitro* and *in vivo*. Nanomedicine 12, 1185-1192.

Bory, S., Grisoni, M., Duval, M.F., Besse, P., 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. Genetic Resources and Crop Evolution 55, 551-571.

Buzea, C., Pacheco, I.I., Robbie, K., 2007. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. Biointerphases. Vol 2. Issue 4. The American Vacuum Society 172p.

Calabrese, E.J., 2008. Hormesis: why it is important to toxicology and toxicologists. Environmental Toxicology and Chemistry 27, 1451-1474.

Calabrese, E.J., 2016a. Preconditioning is hormesis part I: Documentation, dose-response features and mechanistic foundations. Pharmacological Research 110, 242-264.

Calabrese, E.J., 2016b. Preconditioning is hormesis part II: How the conditioning dose mediates protection: Dose optimization within temporal and mechanistic frameworks. Pharmacological Research 110, 265-275.

Calabrese, E.J., Blain, R.B., 2009. Hormesis and plant biology. Environmental Pollution 157, 42-48.

Gantait, S., Kundu, S., 2017. In vitro biotechnological approaches on *Vanilla planifolia* Andrews: advancements and opportunities. Acta Physiologiae Plantarum 39,196.

Homaee, M.B., Ehsanpour, A.A., 2015. Physiological and biochemical responses of potato (*Solanum tuberosum*) to silver nanoparticles and silver nitrate treatments under *in vitro* conditions. Indian Journal and Plant Physiology 20, 353-359.

Ju-Nam, Y., Lead, J.R., 2008. Manufactured nanoparticles: an overview of their chemistry, interactions and potential environmental implications. Science of the Total Environment 400, 396-414.

Lee, W.M., Kwak J.I., An Y.J., 2012. Effect of silver nanoparticles in crop plants *Phaseolus radiatus* and *Sorghum bicolor*: media effect on phytotoxicity. Chemosphere 86, 491-499.

Ma, Y., Kuang, L., He, X., Bai, W., Ding, Y., Zhang, Z., Zhao, Y., Chai, Z., 2010. Effects of rare earth oxide nanoparticles on root elongation of plants. Chemosphere 78, 273-279.

Mahna, N., Vahed, S.Z., Khani, S., 2013. Plant *in vitro* culture goes nano: nanosilver-mediated decontamination of *ex vitro* explants. Journal of Nanomedicine and Nanotechnology 4, 1. DOI: 0.4172/2157-7439.1000161

Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15, 473-497.

Nejatzadeh-Barandozi, F., Darvishzadeh, F., Aminkhani, A., 2014. Effect of nano silver and silver nitrate on seed yield of *Ocimum basilicum* L. Organic and Medicinal Chemistry Letters 4, 11.

Ramírez-Mosqueda, M.A., Iglesias-Andreu, L.G., 2016. Evaluation of different temporary immersion systems (BIT®, BIG, and RITA®) in the micropropagation of *Vanilla planifolia* Jacks. In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant 52,154–160.

Razzaq, A., Ammara, R., Jhanzab, H.M., Mahmood, T., Hafeez, A., Hussain, S., 2015. A novel nanomaterial to enhance growth and yield of wheat. Journal of Nanoscience Technology 2, 55-58.

Sarmast, M.K., Niazi, A., Salehi, H., Abolimoghadam, A., 2015. Silver nanoparticles affect ACS expression in *Tecomella undulata* in vitro culture. Plant Cell Tissue and Organ Culture 121, 227-236.

Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M.G.H., Saradhi, P.P, Khanna, P.K., Arora, S., 2012. Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. Applied Biochemistry and Biotechnology 167, 2225-2233.

Spinoso-Castillo, J.L., Chavez-Santoscoy, R.A., Bogdanchikova, N., Pérez-Sato J.A., Morales-Ramos V., Bello-Bello J.J., 2017. Antimicrobial and hormetic effects of silver nanoparticles on *in vitro* regeneration of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. DOI:10.1007/s11240-017-1169-8

Stovbun, S.V., Kiselev, A.V., Zanin, A.M., Kalinina, T.S., Voronina, T.A., Mikhailov, A.I., Berlin, A.A. 2012. Effects of physicochemical forms of phenazepam and Panavir on their action at ultra-low doses. Bulletin of Experimental. Biology and Medicine 153,455-458.

Vazquez-Muñoz, R., Avalos-Borja, M., Castro-Longoria, E., 2014. Ultrastructural analysis of *Candida albicans* when exposed to silver nanoparticles. PLoS One 9, e108876.

Zuraida, A.B.R., Izzati K.H.F.L., Nazreena, O.A., Zaliha W.S.W., Radziah, C.M.Z.C., Sreeramanan, S., 2013. A simple and efficient protocol for the mass propagation of *Vanilla planifolia*. American Journal of Plant Sciences 4,1685-1692.

EFECTO DEL GRADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE RÍOS CON BASE EN INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

ANA KAREN TRUJEQUE MARÍN[1], GABRIELA VÁZQUEZ HURTADO[2]; MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ[3]; FABIOLA LANGO REYNOSO[4].

INTRODUCCIÓN

La vegetación ribereña funciona como amortiguador contra impactos naturales y humanos: las raíces estabilizan las riberas y reducen los impactos erosivos durante las crecientes y previenen los deslaves de las mismas (Hawes, 2005). Proporciona sustrato para los organismos acuáticos y terrestres, la cobertura que proporcionan las copas de los árboles regula la temperatura del agua y la cantidad de luz, lo que influye en la productividad del sistema (Naiman & Décamps, 1997). Aumenta la rugosidad de la superficie del suelo, para que el agua se infiltre fácilmente disminuyendo las escorrentías (Hawes, 2005). De esa manera, frena los escurrimientos cargados de sedimentos y, dependiendo de su amplitud y complejidad, puede retener o absorber sedimentos, nutrientes y contaminantes asociados a ellos (CRJC, 2005). Es por ello que los bosques ribereños funcionan como filtros, transformadores y sumideros de las altas concentraciones de nutrientes y contaminantes. El cambio de uso de suelo es el principal estresor en los ecosistemas ribereños. La remoción de

[1] Instituto Tecnológico de Boca del Río, 94290
[2] Instituto de Ecología, 91090. ktruje@hotmail.com
[3] Instituto Tecnológico de Boca del Río, 94290
[4] Instituto Tecnológico de Boca del Río, 94290

la vegetación ribereña tiene como resultado la degradación de la calidad del agua disminuyendo los servicios ecosistémicos (Welsch, 1991).

PALABRAS CLAVE: Vegetación ribereña, calidad del agua, diatomeas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la vegetación ribereña sobre la calidad del agua y la estructura y composición del epiliton de ríos en diferentes usos de suelo, de la cuenca del La Antigua, Veracruz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la variación espacial y temporal de la calidad del agua de ríos.
2. Analizar el cambio en la composición y estructura del epiliton (diatomeas) de ríos en diferentes escenarios de uso de suelo.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos ríos, donde se plantearon dos escenarios: Un área de bosque, seguida de un área con uso de suelo de pastizal siguiendo el flujo del río. Un área con uso de suelo de pastizal, seguida de un área con bosque siguiendo el flujo del río. En cada río se establecieron dos puntos de muestreo donde se midieron in situ temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH.

Se tomaron muestras de agua para la determinación de nitratos, nitritos, amonio, fosforo total y sílice; solidos suspendidos totales, y clorofila. Se colectaron piedras de cada punto para identificación cualitativa y cuantitativa de diatomeas.

RESULTADOS

La temperatura tiende a ser más alta en el uso de suelo pastizal, debido a la ausencia de cobertura vegetal que regula la temperatura del agua, en comparación a la de uso de suelo de bosque que es más baja. En cuanto a la concentración de nutrientes como amonio, nitratos y fosforo se encontró una tendencia a ser más elevada en el pastizal y menor en el bosque.

Se identificaron un total de 18 géneros de diatomeas epilíticas en la evaluación preliminar de los escenarios, de las cuales 10 se identificaron hasta especie. Se encontró una mayor diversidad de especies en el uso de suelo pastizal del escenario B/P, de este mismo escenario pero del uso de suelo bosque se encontraron tres especies exclusivas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el primer escenario mostraron una concentración baja de nutrientes en el agua del bosque y enseguida una elevación de estos al pasar por la zona de pastizal, esto sugiere que puede ser debido a las escorrentías superficiales; en contraste con el segundo escenario donde el pastizal está primero, observamos una concentración de nutrientes alta, y cuando pasa por el área de bosque esta concentración de nutrientes baja notablemente, cumpliendo con lo esperado y propuesto en este trabajo. En cuanto al epiliton, los resultados preliminares muestran que es muy marcada la riqueza de especies encontradas en el uso de suelo de pastizal, sobretodo en el del escenario B/P el cual mostró la riqueza más alta en todos los análisis.

Estudios previos, respaldan estos resultados (Vázquez *et al.*, 2011) nos presenta un trabajo donde habla del conjunto de algas y su relación con la calidad de agua en ríos con diferentes usos de suelo, dentro de sus resultados nos demuestran que las altas concentraciones de nutrientes son encontradas en el pastizal y cafetal, y menores en el bosque.

CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados en el escenario P/B, se ve claramente como la carga de nutrientes del pastizal es más alta que cuando pasa por el bosque, esto sugiere que la vegetación ribereña funciona como filtro de contaminantes y nutrientes. En el escenario B/P la carga de nutrientes en el bosque fue menor que cuando pasa por el pastizal, en este se elevan las concentraciones ya que al no tener vegetación ribereña se propician las escorrentías superficiales acarreando todos los nutrientes y contaminantes directo al río y esta constante la encontramos en todos los análisis de la calidad de agua de los dos ríos.

LITERATURA CITADA

Connecticut River Joint Commission. 2005. Riparian Buffers for the Conneticut River Valley, no. 1. Available online at http://www.crjc.org/riparianbuffers.htm.

Hawes. 2005. Riparian Buffer Zones: Functions and Recommended Widths. Eightmile River Wild and Scenic Study Committee from Yale School of Forestry and Environmental Studies.

Naiman, R. & H. Décamps. 1997. The Ecology of Interfaces: Riparian Zones. Annu Rev Ecol Syst 28: 621-658.

Vázquez, G., J. Aké-Castillo & M. Favila. 2011. Algal assemblages and their relationship with wáter quality in tropical mexican streams with different land uses. Hydrobiología 667:173-189.

Welsch, D.J. 1991. Riparian forest buffers: function and design for protection and enhancement of water resources. USDA Forest Service, NA-PR-07-91.

EVALUACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR Y ATENUACIÓN POR LA HUMEDAD UTILIZANDO MODELO WRF: CASO DE ESTUDIOS SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

DULCE MARÍA OROZCO CORONA,[1]; JOSÉ NOEL CARBAJAL PÉREZ,[2]; JUAN JOSÉ GARCÍA ESCALANTE[1]; CONSUELO LETECHIPÍA DE LEÓN[3]; JUAN VALENTE MEGCHÚN GARCÍA[4]; HÉCTOR RENÉ VEGA CARRILLO[3]

RESUMEN

Para modelar la evolución anual de la humedad relativa y la radiación solar, se aplicó el modelo WRF Mesoscale para simular la dinámica atmosférica en el estado de San Luis Potosí por el período de un año. El objetivo principal fue localizar áreas con baja y alta atenuación de la radiación solar por la presencia de vapor de agua. El conocimiento de estos procesos físicos es fundamental para un proyecto de generación de electricidad a partir de energía solar. Se realizaron cálculos para determinar la distribución de humedad diaria, mensual y anual y el promedio de energía solar. El aplicar la metodología del modelo número WRF se calcularon la humedad relativa y radiación solar y se generaron mapas de la atenuación. Teniendo en cuenta el conocimiento sobre la eficiencia de las celdas solar para generar

[1] Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147, Zacatecas Centro, C.P. 98000 Zacatecas, Zacatecas. ing.dulceorozco87@gmail.com
[2] Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Camino a La Presa de San José 2055, Lomas 4 sección, C. P.78216 San Luis, S.L.P.
[3] Unidad Académica de Estudios Nucleares. Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147, Zacatecas Centro, C.P. 98000 Zacatecas, Zacatecas. ing.dulceorozco87@gmail.com
[4] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Región Orizaba-Córdoba, Veracruz, México

electricidad, se realizaron recomendaciones sobre los mejores lugares para la instalación de campos de celdas solares en San Luis Potosí. De todos los cálculos se concluye que es posible la generación de electricidad a una escala para suministrar electricidad a un gran número de consumidores, teniendo en cuenta la población y la distribución de las ciudades. La información generada establece la viabilidad de los campos de células solares en San Luis Potosí.

PALABRAS CLAVE: WRF, Energía Solar, Humedad

INTRODUCCIÓN

La radiación irradiada por el sol en el planeta se estima en alrededor de 175,000 TW. La energía recibida del sol se utiliza de muchas maneras algunas de las cuales son: producir calor directamente en una forma más utilizable, para el proceso de fotosíntesis o para inducir movimientos de electrones en celdas solar y producir electricidad (Angelis-Dimakis et al., 2011).

La radiación solar es inagotable, en contraste existen los elementos pétreos. Debido al dramático aumento en los precios del petróleo y la disminución de sus reservas ha obligado a la industria y los gobiernos a buscar fuentes alternativas de energía.

En el año 2005 la industria tuvo una demanda aproximada de 450 x 1018 J. Esta enorme cantidad de energía se suministra principalmente por las reservas de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) lo que ocasiona problemas ambientales graves entre ellos emisión de CO_2 a la atmósfera, contaminación ambiental, calentamiento global y problemas asociados al efecto invernadero.

El CO_2 que se encuentra en la atmósfera absorbe parte de la energía de la onda larga emitida por la Tierra, lo que lleva a un desequilibrio y al calentamiento global (Galicia et al., 1999).

Según las mediciones de los cambios climáticos naturales, nunca se había visto un cambio tan rápido en los parámetros climáticos involucrados (CO_2, CO, temperatura, O_3, entre otros).

En este problema global, la energía irradiada por el sol en nuestro planeta es extremadamente interesante. La energía solar es renovable, es limpia y hay grandes cantidades de ella. Se estima que la energía irradiada por el sol en nuestro planeta, en un año es 14000 veces mayor que el consumo total anual de energía por parte de la industria y todas las actividades humanas (Krauter et al., 2006).

El uso de la energía solar requiere conocimientos globales, regionales y locales del clima. Hay eventos climáticos que se originan a escala global, otros son causados por sistemas orográficos regionales, y a nivel local es importante la influencia de los valles, montañas y la biosfera. Varios factores pueden afectar la incidencia de la radiación solar entre ellos la humedad (Pineda-Martínez, et al., 2011).

El vapor de agua es un elemento atmosférico esencial, es muy variable y atenúa la radiación solar. Básicamente, el vapor de agua observado en un ecosistema particular tiene dos orígenes, puede ser transportado por los sistemas de viento desde áreas marítimas donde es generado por la radiación solar, o es emitido a la atmósfera por el fenómeno biológico y físico de evapotranspiración de las plantas (Adame Miranda, 2010; Garatuza-Payan *et al.,* 2001; Gudiño Ayala, 1995). Por lo tanto, es necesario investigar la evolución de un ciclo anual de la cantidad de vapor en la atmósfera y estimar la atenuación de la radiación solar causada. En general, la radiación solar es absorbida en la atmósfera en diferentes bandas por la presencia de elementos tales como: CO_2, O_2, CH_4, NO_2 y vapor de H_2O.

El modelo de mesoescala WRF Weather Research and Forecasting (WRF), es un modelo atmosférico abierto a la comunidad científica internacional. Este modelo es más realista y contiene el método existente para calcular el efecto del vapor de agua, sobre la radiación solar en la superficie. Por lo tanto, el conocimiento de datos precisos sobre la radiación solar es muy importante para una buena planificación y operación de los sistemas solares. La radiación solar es la cantidad de energía que llega a la superficie en un intervalo de tiempo especificado, expresado como W/m^2 (Suri et al., 2007).

En el caso particular del estado de San Luis Potosí, es importante estimar la radiación que llega a la superficie de la tierra, ya que hay una gran variedad de climas y grandes gradientes topográficos. La huasteca se caracteriza por un clima tropical húmedo. La zona central, que alberga la ciudad de Río Verde, tiene un clima seco en invierno y húmedo en verano. El área del Altiplano tiene un clima árido y relativamente húmedo en el verano.

Es interesante en esta diversidad, en la biosfera y en la orografía, investigar la atenuación de la radiación solar, por la presencia de vapor de agua y el potencial para generar electricidad, a partir de la radiación solar en todas las áreas del estado.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de San Luis Potosí se encuentra en el centro de México, entre la Sierra Madre Oriental, las montañas de Zacatecas y la llanura costera del Golfo. Representa el 3% de la superficie del país. Debido a su área de tierra, el estado se encuentra en el decimoquinto lugar a nivel nacional (INEGI, 2011).

San Luis Potosí presenta cuatro áreas geográficas distintas que dividen el estado en cuatro áreas principales: Altiplano, zona central, zona media y Huasteca. Esta clasificación está relacionada principalmente con la altura sobre los niveles del mar (Figura 1).

Las regiones se caracterizan por varias cadenas de montañas, por diversos tipos de vegetación y por una topografía compleja. Es importante tener en cuenta que esta división es necesaria para comprender el comportamiento de los parámetros físicos y meteorológicos. La topografía influye en gran medida en los valores de temperatura y la intensidad de la radiación solar. Dada la cercanía de la Huasteca con el Golfo de México esta región se caracteriza por altos valores de humedad relativa.



Figura 1. Principales áreas de San Luis Potosí (COAPU, 2011)

PASOS METODOLÓGICOS

Para investigar la atenuación de la radiación solar, por la presencia de humedad en la atmósfera, se aplicó el modelo WRF para simular la evolución en un ciclo anual de la humedad relativa, que es una medida de la humedad que contiene y de la radiación en la superficie terrestre.



Figura 2. Esquema metodológico. (Elaboración propia)

IMPLEMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DEL MODELO WRF

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el modelo WRF versión 3.5.1 los datos de entrada son datos meteorológicos de re-análisis. Este conjunto de datos incluye a México y al estado de San Luis Potosí. Los datos permitieron la simulación atmosférica, se realizaron en el año 2013, después de asignar los parámetros y coordenadas correctas para establecer las condiciones límite, se asignaron los datos meteorológicos del sistema de preprocesamiento. Estos datos provienen del Centro Nacional para la Predicción Ambiental (NCEP) y se denominan Análisis Final de NCEP (FNL). El conjunto de datos de entrada tiene una resolución temporal de 6 horas y una resolución espacial de 1.0 X 1.0 (grados).

Estos datos se pueden descargar temporalmente desde el año 1999, hasta la fecha (Centros Nacionales de Predicción Ambiental, Servicio Nacional de Meteorología, NOAA, Departamento de Comercio de los Estados Unidos 2000).

El caso de estudio se llevó a cabo en la superficie y a diferentes niveles de presión que van desde 10 mb a 1000 mb. El estudio realizó un análisis complejo de muchas variables, que incluyen radiación solar, humedad relativa, movimiento vertical del viento, tasa de precipitación, temperatura del aire, evaporación, componentes del viento, entre otros.

ADAPTACIÓN DEL MODELO WRF

Para adaptar el modelo se utilizó la herramienta WRF Domain Wizard (interfaz gráfica de preprocesamiento) y se eligieron los dominios anidados, la región estudiada así como el calculó de los parámetros de coriolis, escalas, altitud, latitud y la longitud y la interpolación de los datos de entrada variables de datos terrestres e invariantes de tiempo como la altura del terreno y datos de la tierra, así como los campos meteorológicos en dominios de otro modelo de simulación. (Duda, 2012; Dudhia, 2013).

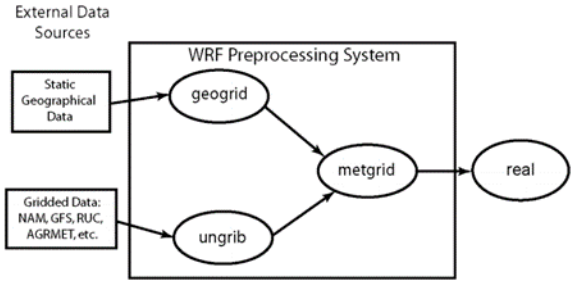


Figura 3. Diagrama de flujo WRF (Duda, 2012).

Para definir el área, se utilizó el módulo de geogrid (Figura 3). Para realizar la interpolación de datos topográficos, tipo de suelo, albedo, máscara de agua, tierra, vegetación, cuadrícula y la distancia entre los puntos en todo el dominio.

Para el estudio de caso, el período de modelado numérico fue de un ciclo anual, dividido en períodos mensuales. Se seleccionaron 2 dominios (Figura 4). El tipo de configuración de dominio que se eligió fue proyección Lambert. El primer dominio tuvo un tamaño de malla

de 27 km, la coordenada central está ubicada en la latitud 24.451 °N y la longitud 102 315 °W, cubriendo gran parte del país. El segundo dominio presentó un tamaño de malla de 9 km, la coordenada central de este dominio es la latitud 22.584 ° N, longitud 100 407 ° W y abarca el estado de San Luis Potosí.



Figura 4. Dominios seleccionados para las simulaciones numéricas del estado de San Luis Potosí usando la herramienta WRF Domain Wizard (Elaboración propia).

La distancia del punto de la cuadrícula (resolución) del primer dominio fue de 28.2 km, con una resolución de datos geográficos de 10 m. La dimensión horizontal (eje X) de los puntos de cuadrícula fue de 100 puntos de cuadrícula, y la dimensión vertical (eje Y) de 67 puntos de cuadrícula. Para el segundo dominio, la dimensión horizontal del nido fue 69 puntos, mientras que la dimensión de la malla vertical fue de 63 puntos de la cuadrícula.

Después de seleccionar el dominio del área de estudio, se seleccionaron los esquemas físicos, dinámicos y el tiempo del estudio de caso. La parametrización o configuración local del modelo se llevó a cabo teniendo en cuenta el área de estudio seleccionada y se eligieron los esquemas WRF que mejor se adaptaron a ella.

Para la variable de radiación solar de onda larga se seleccionó el esquema de RMTN, este esquema toma en cuenta el vapor de agua y otros factores atmosféricos como el CO_2, el ozono y otros gases (Fernández et al., 2011) .

Para la radiación solar de onda corta, el esquema de Dudhia (2013) se adaptó mejor debido a que calcula la radiación ionizante, la fotoquímica, la absorción, la reflexión y la dispersión por factores como: vapor de agua, cubierta de nubes y albedo.

Una vez ajustado, el modelo realizó un análisis piloto para estimar la duración del modelado de una semana, tomando nota de los resultados para calcular la duración para simular un año. El análisis se realizó en el Instituto de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) con una computadora modelo hp dv6000, núcleo AMD turion dual donde el análisis numérico para simular una semana necesitó un período aproximado de 1 día.

Al estimar el tiempo necesario para la simulación de un año, se realizaron ejecuciones mensuales para completar la simulación numérica del ciclo anual. Los principales problemas se presentaron en esta etapa, principalmente problemas de compilación que obligaron a repetir las ejecuciones de algunos meses. Al final del análisis numérico del modelo WRF, y una vez que se generaron los doce archivos de salida (uno para cada mes), fue necesario utilizar la herramienta para transformar los archivos de salida del WRF en el tipo de archivo de salida GrADS ('archivos de datos ieee' o archivos NetCDF) para realizar los mapas mensuales.

ELABORACIÓN DE MAPAS DE HUMEDAD Y RADIACION

Para elaborar los mapas con los datos de salida del modelo WRF se utilizaron los softwares MATLAB versión 8.1 (mapas anuales) y GrADS 2.0.2 (mapas mensuales) debido a que este último puede leer datos de estaciones meteorológicas, así como el manejo de datos de cuadrícula y su entorno de datos de 5 dimensiones. Un conjunto de datos puede ser temporal o espacial y puede superponerse gráficamente (CIMA, 2008). Por otro lado, MATLAB permitió realizar la operación de promedio anual basándose en los resultados de los datos de salida y fue posible realizar los mapas anuales de radiación y humedad.

VALIDACIÓN

Para evaluar la precisión de la salida del modelo matemático y la reproducción de los parámetros físicos analizados, se realizó la validación teniendo en cuenta los datos observados y los datos producidos por el modelo.

Para llevar a cabo la comparación y la evaluación, la dependencia del Servicio Meteorológico Nacional (NWS), a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), proporciona una base de datos de estaciones meteorológicas EMA. Fue necesario utilizar la base de datos de estaciones meteorológicas para evaluar algunos meses del año 2011. Las estaciones meteorológicas seleccionadas fueron 3 de las cuatro ubicadas en San Luis Potosí, la tabla 1 muestra la ubicación y el nombre de las estaciones seleccionadas (SMN, 2013a).

Estación Meteorológica	Latitud	Longitud
Matehuala	23º 38' 51"	100º 39' 27"
Ciudad Valles	21º 58' 47"	99º 01' 51"
Ciudad Fernández	21º 56' 102"	100º 01' 18"

Tabla I. Ubicación estaciones meteorológicas.

Una vez consideradas las 3 estaciones meteorológicas, para la medición cualitativa se consideraron 3 variables (temperatura, humedad relativa y radiación solar) durante tres meses del año (febrero, julio y agosto). No fue posible hacer otras comparaciones para otras ubicaciones debido a la falta de información de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs).

La validación se realizó mediante la comparación de observaciones en puntos específicos con la celda correspondiente en la red aplicada, es decir, el análisis se llevó a cabo solo en los puntos donde se podían generar datos en estaciones meteorológicas, comparando los datos observados por las estaciones meteorológicas en contraste con los datos de salida del modelo WRF en puntos específicos. Se tomaron valores de salida utilizando para una serie temporal mensual 4 valores diarios (0:00, 6:00, 12:00 y 18:00).

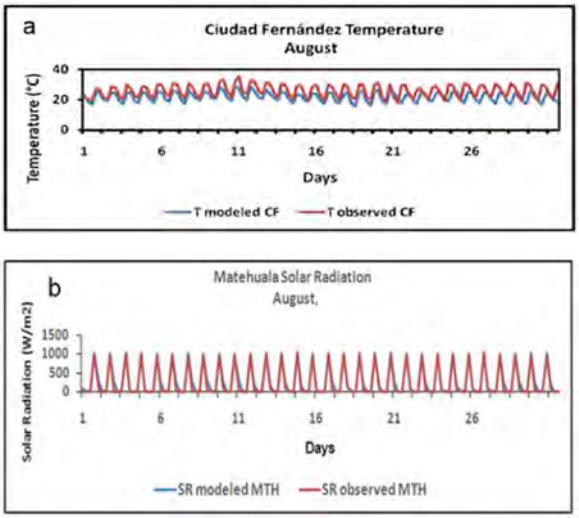


Figura 5. Ejemplo de validación (a) Series de tiempo de temperaturas observadas y calculadas en Ciudad Fernández para agosto de 2013. (b) Series de tiempo de radiación solar observadas y calculadas, las series de tiempo se basan en cuatro valores diarios diferentes en las horas 00:00, 6:00, 12:00 y 18:00.

RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue investigar el potencial de generación de energía eléctrica por radiación solar. Dado que la radiación solar es fuertemente absorbida por la presencia de agua (en vapor, líquido y fases sólidas) en la atmósfera, y la humedad sufre grandes cambios diarios, estacionales y anuales, se calculó la evolución de la humedad relativa para un año para tener una primera idea sobre la radiación anual promedio en la superficie terrestre del estado de San Luis Potosí. Dado que el Trópico de Cáncer atraviesa

esta región en el lado norte (Altiplano), el área de estudio se ubica en el área de hundimiento, es decir, en áreas donde el aire tiende a fluir desde las zonas altas de la troposfera hasta el suelo. En estas áreas, la precipitación es pequeña y la cercanía con el Golfo de México aumenta la humedad relativa.

La circulación y la evolución de todos los parámetros físicos y atmosféricos se modelaron en el año 2013. La cantidad de información generada es enorme. Por esta razón, se consideró trazar los resultados en gráficos promediados mensuales del dominio considerado (San Luis Potosí). Como resultado se obtuvieron 26 mapas promedio mensuales, tomando en cuenta 4 datos diarios de radiación y humedad relativa (00:00, 06:00, 12:00 y 18:00).

A partir de estos mapas promedio mensuales, se calculó un mapa promedio anual para la radiación solar y un mapa promedio anual para la humedad relativa. Finalmente, se generaron dos bases de datos de radiación solar promedio mensual y datos de humedad relativa.

La figura 6 muestra el ejemplo de mapas de radiación solar y humedad relativa para el mes de enero.

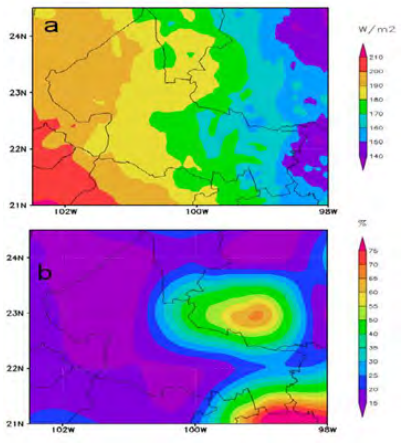


Figura 6. Distribución de los promedios mensuales de radiación solar (a) y humedad relativa (b) para el mes de enero.

Para el mes de enero (figura 6) se muestran los mapas de los promedios mensuales de la distribución de la radiación solar y la humedad relativa. Se observa que durante este período se producen valores más altos de radiación solar en el lado occidental del estado. El área del Altiplano alcanza valores máximos de aproximadamente 200 W/m^2 y un promedio mínimo de 170-180 W/m^2 (Figura 6a). Las áreas con menos radiación solar durante el mes de enero están ubicadas en el lado este del dominio con valores que varían entre 140 y 160 W/m^2. En la parte central, la radiación solar alcanza valores de 180-210 W/m^2. Por el contrario, la distribución de la humedad relativa alcanza valores máximos en el lado este.

Los valores de radiación solar en julio (figura 7) son ligeramente más pequeños que en junio. Hay una reducción en el valor más alto de 330 W/m^2 a 320 W/m^2 en el Altiplano. También se observa un mínimo de la radiación solar en el área de Xilitla. La explicación de una ligera disminución de la radiación solar en julio es que la humedad relativa aumentó notablemente en este mes. El valor mínimo de la humedad relativa, que normalmente se encuentra en la región del Altiplano, aumentó del 20% en junio al 45% en julio, lo que explica la disminución de la radiación solar.

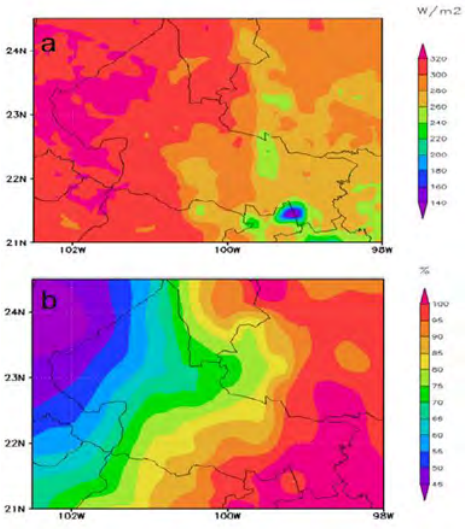


Figura 7. Distribución de los promedios mensuales de radiación solar (a) y humedad relativa (b) para el mes de julio.

Es interesante observar que la altitud sobre el nivel del mar es muy importante para la intensidad de la radiación solar en la superficie de la tierra. De manera similar, la cercanía de la región Huasteca con el Golfo de México es muy importante por los altos valores de humedad relativa observados allí. Dado que el objetivo principal de este trabajo es calcular la media anual de radiación solar, a fin de ubicar las regiones con los valores más altos y las áreas con los más pequeños.

La figura 8 muestra el mapa anual promedio de la radiación solar. Esta imagen revela una transición suave de valores altos en la región de las Tierras Altas (~ 280 W/m^2) a valores más pequeños en la Huasteca (~ 230 W/m^2). Se detectan valores mínimos en el área de Xilitla de aproximadamente 210 W/m^2. Los valores máximos de radiación solar se encuentran en los municipios de Santo Domingo, Villa de Ramos, Catorce, Charcas, Salinas y Villa de Arriaga. La figura 8 y la tabla I, para representar todos estos municipios con sus valores.

Los resultados muestran que si un campo de celdas solares está programado en el estado de San Luis Potosí, todos los lugares analizados, la Huasteca, la zona Central, la zona Media y el Altiplano, serían apropiados para un proyecto solar respectivo. De hecho, todas las áreas del Altiplano y parte de la región central también serían excelentes para la construcción de campos de celdas solares.

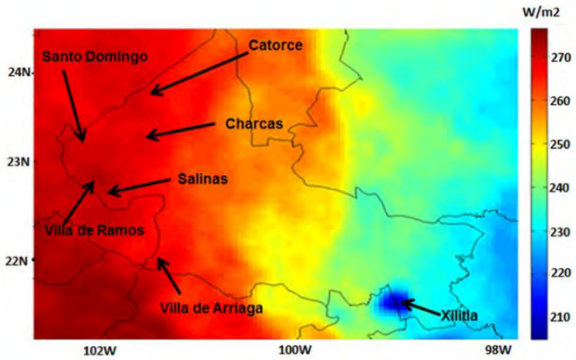


Figura 8. Promedio anual de radiación solar en San Luis Potosí (Elaboración propia).

La media anual de humedad relativa se muestra en la figura 9. Se detectan valores mínimos de humedad relativa en las Tierras Altas, que se extienden de sur a norte. Los principales gradientes de humedad relativa se encuentran en la zona media y en la región de la Huasteca. En el altiplano, los gradientes no son fuertes. También es relevante mencionar que en la parte sureste del dominio los valores de humedad relativa alcanzan casi el 100%. En general, esta imagen concuerda con la distribución de la radiación solar, es decir, los valores altos de humedad relativa implican valores bajos de radiación y, al contrario, en regiones con valores de humedad relativa bajos, se observan valores altos de radiación solar. Se puede concluir que la humedad en la atmósfera en relación con la atenuación de la radiación solar es muy importante para encontrar los mejores lugares y proyectar la construcción de campos de células solares para la generación de energía eléctrica con una buena eficiencia.

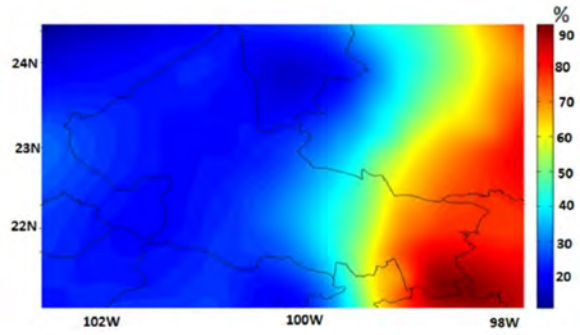


Figura 9. Humedad relativa promedio anual (Elaboración propia).

DISCUSIÓN

El impacto que la humedad relativa tiene en la intensidad de la radiación solar a lo largo de un ciclo anual se calculó para el estado de San Luis Potosí, México. Con esto se demostró que la humedad de la atmósfera de esta región determina fuertemente la variabilidad de la radiación solar.

El área de estudio abarca una topografía compleja con varias cadenas de montañas que delimitan tres regiones principales a diferentes alturas sobre el nivel del mar; la región Huasteca (300 m.s.n.m), la zona Media (1000 m.s.n.m.) y la zona del Altiplano (2000 m.s.n.m) (INEGI, 2011).

Estas alturas diferentes determinan los caminos de longitud, que la radiación solar debe recorrer a través de la atmósfera y la presencia de vapor de agua, para llegar a la superficie de la tierra. Todos estos efectos son considerados en los cálculos.

Las regiones con la mayor radiación solar se identifican e indican en los medios anuales calculados de los mapas de radiación solar. Los promedios calculados se basaron en cuatro datos diarios, ya que es común en las mediciones de radiación solar a lo largo de las estaciones meteorológicas en México. Estos cuatro datos calculados y observados sobre la radiación solar son representativos de un día.

Según SENER (2012), México ocupa el primer lugar en niveles de irradiación solar en todo el país en comparación con otros países de América Latina, con niveles de irradiancia promedio de 5 a 6 kWh/m^2 en el 90% del territorio. Si se aprovechará solo un área de México de 22351 km^2 o el 1.1% del territorio del país para generar electricidad con energía solar, sería suficiente para cubrir la demanda total de energía nacional.

Las Figuras 8 y 9, muestran mapas promedio anuales de radiación solar diaria y de humedad relativa. La región con el potencial solar más alto es la región del Altiplano con un rango de valores promedio anuales de 260 a casi 300 W/ m^2, seguida de las regiones Media y Central con un rango de valores de 250-270 W/m^2. La región Huasteca es la región con valores más pequeños de radiación solar promedio, principalmente en los rangos de 210-230 W/ m^2.

En orden de importancia en términos de la cantidad de radiación solar recibida, el área del Altiplano ocupa el primer lugar, el segundo lugar la zona central, el tercer lugar la zona media y el último lugar es la región Huasteca.

La humedad relativa que prevalece en la región de la Huasteca alcanzó valores promedio a lo largo del año del 70% al 90% de la humedad relativa. La región del Altiplano tiene un promedio anual de 20-30% de humedad relativa. En las regiones centrales se puede observar

una humedad relativa promedio del 30%, principalmente en lugares cercanos a la Huasteca, donde los valores promedio se convierten en 40% de humedad relativa en estas regiones.

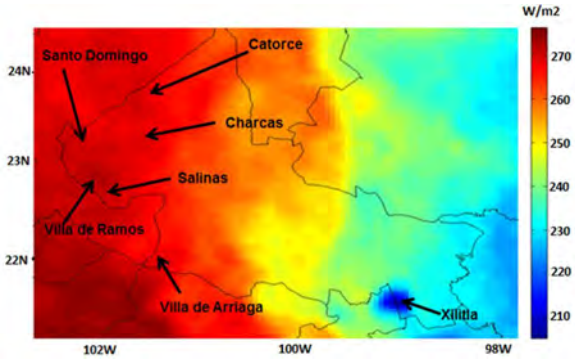


Figura 10. Municipios seleccionados según la radiación solar promedio anual. (Elaboración propia).

En el caso del estado de San Luis Potosí, se seleccionaron seis focos regionales, basados en el mapa de resultados de radiación solar promedio anual. Estos municipios se seleccionaron según la mejor ubicación geográfica, donde la radiación solar estaba en sus niveles máximos y la humedad relativa en sus niveles mínimos. En otras palabras, los focos seleccionados fueron aquellos que presentaron el mayor potencial para la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar disponible, y también donde se calcularon los niveles más bajos de humedad relativa. Estos municipios son (Figura 10): Charcas, Catorce, Salinas, Santo Domingo, Villa de Ramos y Villa de Arriaga por otro lado se seleccionó Xilitla por ser el municipio que se encuentra en una zona de alta humedad y atenuación solar. Un breve panorama eléctrico de los sitios se muestra en la tabla 2 (INAFED, 2010):

Tabla II. Panorama eléctrico por municipio.

Municipios	Extensión Km^2	No. de viviendas	Viviendas/ Electricidad	Ventas anuales de Electricidad (kWh) 2010
Charcas	2164.66	5434	4896	17721000
Catorce	1865.99	2469	2208	6795000
Salinas	1745.31	6803	6538	----------
Santo Domingo	4446.94	3060	2931	242000
Villa de Ramos	1745.31	9090	8731	----------
Villa de Arriaga	860.50	3670	3364	----------
Xilitla	414.95	11723	10087	16026000

Xilitla, (Figura 10) tiene los niveles más bajos de radiación solar con una radiación promedio anual de 210 W/m^2 día o 1800 kWh/m^2 anual. Sin embargo, estos valores superan los valores de radiación solar de muchos países que utilizan tecnología fotovoltaica o solar térmica. Como el caso de Alemania, que es un país con bajos niveles de radiación solar. La Figura 11 muestra que la producción promedio anual de energía eléctrica a partir de la radiación solar alcanza un valor máximo que varía en el rango de 1150 a 1200 kWh/m^2 anual. También es uno de los países líderes en inversión e investigación en nuevas tecnologías renovables y líderes clave en la producción de energía a partir de energía solar. Como referencia, en 2011 se generó un 0,8% del consumo final de energía en Alemania mediante el uso de energía fotovoltaica. Esto es equivalente a GJ 9204 (BMU, 2012).



Figura 11. Irradiación solar annual en Alemania kWh/m^2. (Solar feed in tariff, 2013).

En México, hay dos tecnologías solares ya en uso, una de ellas consiste en sistemas solares térmicos y la otra en sistemas fotovoltaicos para la producción de electricidad. Se considera que el mayor nicho de potencial de energía fotovoltaica es el uso de paneles fotovoltaicos en áreas domésticas o residenciales. Actualmente, existen políticas públicas mexicanas que apoyan este nicho, incluido el contrato de interconexión a la red a fuentes de energía solar a pequeña escala. El sistema de interconexión de la red CFE evita el uso de baterías (CIE-UNAM, 2011).

La Tabla 3 muestra la irradiancia solar disponible durante todo el año. Se observa que los niveles de radiación solar son muy altos en los municipios seleccionados, cabe destacar que a pesar de seleccionar estos municipios, toda el área de la meseta, la región media y la región central tienen valores similares de humedad relativa y radiación solar durante todo el año lo que hace de estas regiones el mayor potencial de recursos solares en la actualidad en el estado de San Luis Potosí.

Tabla III. Radiación solar promedio.

Municipios	Promedio diario de radiación solar anual en W / m^2.	Radiación solar diaria promedio en kWh/m^2 por hora	Radiación solar media anual en kWh/m^2
Charcas	270	6.48	2365
Catorce	269	6.456	2356
Salinas	270	6.48	2365
Santo Domingo	272	6.528	2383
Villa de Ramos	275	6.6	2409
Villa de Arriaga	265	6.36	2321
Xilitla	210	5.04	1839

Con el fin de evaluar la factibilidad del uso de paneles solares en el estado de San Luis Potosí se tomó como caso hipotético el instalar paneles solares en una residencia, considerando que en México el consumo promedio anual de electricidad para un hogar es de 2643.57 kWh por año (Baena Garza et al., 2010) y los datos del promedio anual de radiación solar de la tabla 3 así como la fórmula del sistema solar fotovoltaico de dimensionamiento y el valor de potencia pico (Ppeak), que también se conoce como potencia nominal en la industria fotovoltaica (SMA, 2013) se calculó para conocer la potencia máxima necesaria para un consumo de energía de un hogar promedio en San Luis Potosí. La fórmula es la siguiente (Bhandari, 2012):

$$\text{Ppeak} = E_{el} * Q * E_{glob} * I_{stc}$$

P_{peak}= Potencia máxima del generador fotovoltaico (kWp)

E_{el}= Salida eléctrica real del sistema (kWh).

Q= Factor de calidad del sistema (0.75)

E_{glob}= Radiación solar global anual (kWh / m^2)

I_{stc}= Potencia máxima del generador fotovoltaico bajo (1 kW / m^2)

Con estos cálculos, el resultado muestra que es necesario una potencia de 2kWp para suministrar a una casa promedio en México valores de 5kWh de radiación solar utilizando celdas solares (ENNERA, 2013). Los resultados muestran que, dados los niveles de radiación solar en los municipios seleccionados, se necesita mucha menos energía para abastecer a una vivienda promedio. El área estimada requerida también se muestra en la tabla X.

Tabla. IV Tabla de resultados. Según INEGA (2013), 1 kWp necesita aproximadamente una área de 8 a 10 m^2.

Municipio	P_{peak} (Kwp)	Área aproximada en m^2 de paneles fotovoltaicos considerando $8m^2$ por Kwp	Área aproximada en m^2 de paneles fotovoltaicos considerando m^2 por Kwp
Charcas	1.49	11.92	13.41
Catorce	1.50	11.96	13.46
Salinas	1.49	11.92	13.41
Santo Domingo	1.47	11.83	13.31
Villa de Ramos	1.46	11.70	13.16
Villa de Arriaga	1.51	12.09	13.60
Xilitla	1.91	15.328	17.24

Como se observa se necesitan unos pocos metros cuadrados de panel para satisfacer la demanda de radiación solar anual promedio.

Esto se debe a los altos niveles de radiación solar recibida en las regiones de los municipios es posible instalar paneles fotovoltaicos en todo el estado de San Luis Potosí, como se señala en estudios anteriores (Crónica, 2013) los techos de las casas en México reciben mucha energía solar para producir 200 veces la cantidad de consumo.

CONCLUSIÓN

El modelo WRF (Weather Research and Forecasting) se aplicó para calcular la evolución de la circulación atmosférica y de parámetros físicos como la humedad relativa y la radiación solar en un ciclo anual en el estado de San Luis Potosí, México.

Dado que el interés principal era investigar el potencial de generación de energía eléctrica por radiación solar debido a que la radiación solar es fuertemente atenuada por la presencia

de vapor de agua en la atmósfera, se elaboraron mapas promedios mensuales y anuales de humedad relativa y se calculó la radiación solar.

El modelado numérico consistió en dos dominios anidados, uno de ellos incluyendo completamente el estado de San Luis Potosí. La resolución para cada dominio fue: de 27 km para el dominio grande y de 9 km para el dominio más pequeño. Estas resoluciones fueron lo suficientemente precisas para los objetivos de este trabajo de investigación.

Aunque la topografía es muy compleja en el área de estudio, con una serie de montañas y gradientes topográficos fuertes, el modelo se calibró de modo que la diferencia entre los datos calculados y observados fue de la misma precisión que en otros trabajos de investigación informados (Ituen et al., 2012; Timilsina et al., 2012;).

La comparación entre los datos observados y los modelados se realizó en lugares ubicados en diferentes regiones (zona Huasteca, 300 sobre el nivel del mar, zona media, 1000 m sobre el nivel del mar y zona del Altiplano, 2000 m sobre el nivel del mar). Se aplicaron varias fórmulas estadísticas para medir las desviaciones de los valores calculados de los observados.

Una vez que el modelo se adaptó de manera aceptable para el modelado numérico de la circulación atmosférica y para el cálculo de la evolución anual de la humedad relativa y de la radiación solar, se realizó un análisis estadístico para obtener los promedios mensuales y anuales de la humedad relativa y de la radiación solar, gracias a esto fue posible evaluar y documentar los cambios en los patrones de humedad relativa y de radiación solar.

Fue muy interesante demostrar que la humedad relativa y la radiación solar son inversamente proporcionales, es decir, una gran humedad relativa en una región produce una radiación solar más baja. Aunque la radiación solar cambia con la latitud, es decir, disminuye desde el Ecuador hasta los polos, en estos cálculos, la presencia de humedad en la atmósfera era más determinante en los valores calculados de la radiación solar.

Los mapas calculados de promedios mensuales y anuales, proporcionan información fundamental sobre la evolución estacional de la humedad relativa y sobre la atenuación de la radiación solar, a lo largo del año y sobre la distribución de la humedad relativa y la radiación solar en todo el dominio. El conocimiento de la distribución espacial permite tomar

decisiones sobre dónde podría instalarse un campo de celdas solares. La intensidad de la media anual calculada, de radiación solar se comparó con la radiación en otros lugares del mundo.

Los campos de celdas solares son una poderosa alternativa para suministrar energía eléctrica a comunidades ubicadas en todo el estado de San Luis Potosí. Aunque los patrones calculados de radiación solar revelaron diferencias en la intensidad de la media anual de insolación, aún los valores más bajos son económicamente viables para la instalación de campos de celdas solares.

LITERATURA CITADA

Adame Miranda, J. 2010. Potencial Nacional de las Energías Eólica y Geotérmica: Historia, Desarrollo y Futuro del Sector Eléctrico de Mexico. Consultado: http://www.umai.org.mx/Noticias/2010/Foro_CFE/Ponencias/22_Febrero_2010_Energia_Eolica_y_Geotermica_CI/100222_III_Potencial_Energia_Eolica_y_Geotermica_Julian_Adame_Miranda.pdf

Angelis-Dimakis, A., Biberacher, M., Dominguez, J., Fiorese, G., Gadocha, S., Gnansounou, E., Guariso, G. 2011. Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 1182–1200

Baena Garza, Max Alonso, González Aranda, Juan Carlos, & López Nuñez, V. 2010. Diseño de los Sistemas Eléctricos e Hidráulicos para el Desarrollo de una casa ecológica autosuficiente en el estado de Querétaro (Tesis). Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

Bhandari, R. 2012. Solar System design and system sizing Fachhochschule köln, Koln, Germany.

BMU. 2012. Development of renewable energy sources in Germany 2011: Graphics and tables: Federal Ministry for the Environment Nature Conservation and Nuclear

Safety. Consultado: http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/english/pdf/application/pdf/ee_in_deutschland_graf_tab_en.pdf

CIE-UNAM. 2011. Evaluación económica y ambiental de escenarios de la energía solar en el sector residencial de México 2030. Temixco, Morelos: CIE-UNAM.

CIMA. 2008. Introducción al GrADS. Buenos Aires, Argentina. Consultado: http://4dvarenkf.cima.fcen.uba.ar/.

COAPU. 2011: Mapa regiones de San Luis Potosí. Consultado: http://evirtual.uaslp.mx/Agronomia/clubdeaves/Paginas/COAPU.aspx.

COLA. 2013. Grid Analysis and Display System (GrADs): COLA.

Crónica 2013. México, entre los cinco países con mayor potencial de energía solar. Crónica. Consultado: http://www.cronica.com.mx/notas/2012/639094.html

Duda, M. 2012. The WRF Preprocessing System: Description of General Functions.

Dudhia, J. 2013. WRF Modeling System Overview. Consultado: http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/tutorial/201107/WRF_Overview_Dudhia.ppt.pdf

Dudhia, J., Gill, D., Manning, K., Wang, W., & Bruyere, C. 2005. Mesoescala Modeling System.: Modeling System Version 3. Tutorial Class Notes and User´s Guide.

ENNERA. 2013. Solar Energy fAQs. Consultado http://www.ennera.com/es-es/energia-solar/preguntas-frecuentes/pregunta.php?faq=12

Estrada Gasca, Claudio A., Arancibia Bulnes, Camilo A., Rodríguez Dorantes, R., Islas Samperio, J., & Muhlia Velásquez, A. 2005. Visión a largo plazo sobre la utilización de las Energías Renovables en Mexico. Mexico.

Fernandez, R., Lakkis, G., Allende, D., Santos, R., Cremades, P., & Puliafito, E. 2011. Modelación de un evento meteorológico de mesoescala utilizando el modelo WRF. Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina, 289–298.

Galicia, L., Lopez-Blanco, J., Zarco-Arista, A., Filips, V., & Garca-Oliva, F. 1999. The relationship between solar radiation interception and soil water content in a tropical deciduous forest in Mexico. CATENA, 36(1), 153–164.

Garatuza-Payan, J., Pinker, R. T., Shuttleworth, W. J., & Watts, C. J. 2001. Solar radiation and evapotranspiration in northern Mexico estimated from remotely sensed measurements of cloudiness. Hydrological Sciences Journal, 46(3), 465–478. doi:10.1080/02626660109492839

Gudiño Ayala, D. 1995. Energía Solar. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México.

INAFED. 2010. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.: San Luis Potosí.

INEGA. 2013. Energía Solar Fotovoltaica. Consultadohttp://www.inega.es/informacion/preguntas_frecuentes/enerxia_solar_fotovoltaica.html?idioma=en

INEGI. 2011. Información por entidad: San Luis Potosí. Retrieved from http://cuentame.inegi.org.mx/

Ituen, E. E., Esen, N. U., Nwokolo, S. C., & Udo, E. G. 2012. Prediction of global solar radiation using relative humidity, maximum temperature and sunshine hours in Uyo, in the Niger Delta Region, Nigeria. Pelagia Research Library, 3(4), 1923–1937.

Krauter, S. C., Alt, F., & Scheer, H. 2006. Solar Electric Power Generation -: Photovoltaic Energy Systes: Modeling of Optical and Thermal Performance, Electrical Yield, Energy Balance, Effect on Reduction of Greenhouse, Gas Emissions: Springer.

Pineda Martínez, L., Carbajal, N., Campos-Ramos, A. A., Noyola Medrano, C., & Aragón Piña, A. (2011). Numerical Research of extreme wind induced dust transport in a semiarid human impacted region of Mexico., 45(27), 4652–4660.

SENER. 2012. Balance Nacional de Energía 2011. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. Mexico. Consultado: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf

SMA. 2003. Portal de la Sustentabilidad Verde. Consultado_http://www.sma.df.gob.mx/sma

SMA. 2013. Photovoltaic technology and how it works. Consultado: http://www.solar-is-future.com/faq-glossary/faq/photovoltaic-technology-and-how-it-works/what-does-kilowatt-peak-kwp-actually-mean/

SMN. 2013. Cátalogo de Estaciones. Consultado: http://smn.cna.gob.mx/emas/catalogoa.html

Suri, M., Huld, T. A., Dunlop, E. D., & Ossenbrink, H. A. 2007. Potential of Solar Radiation generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, 1295–1305. Consultado: http://www.egea.eu/upload/member/3270/Potential_Solarelectricity_EU+Suri_etAl_2007.pdf

Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. A. 2012. Solar Energy: Markets, Economics and Policies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 449–465.

EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN RIO GRANDE POR INFLUENCIA DE FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN

ABRAHAM DAVID CRUZ PENAGOS[1], PAULA ZUÑIGA RUIZ[2], ISABEL ARACELI AMARO ESPEJO[3], CHRISTIAN REYES VELÁZQUEZ[4]

RESUMEN

La generación de residuos sólidos urbanos se produce como resultado de las actividades propias de los seres humanos. Los problemas que trae consigo se deben al descontrol de la disposición final, causando deterioro al medio ambiente que los rodea. Los residuos sólidos urbanos ocasionan gran cantidad de agentes contaminantes en los que se destacan los metales pesados, ya que repercuten nocivamente al ecosistema. El municipio de Veracruz, cuenta con un relleno sanitario que opera como tiradero a cielo abierto que podría estar causando un impacto sobre los cuerpos de agua cercanos. El presente estudio tiene por objetivo evaluar la presencia de metales pesados Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en sedimentos del Río Grande, adyacente al relleno sanitario. Se establecieron tres sitios de muestreo durante temporadas de lluvias y estiaje. Los resultados mostraron la presencia de todos los metales; la mayor concentración encontrada de Pb en el sitio 1 fue durante la temporada de lluvia con 0.1535 mg/kg, para el caso de Zn, demostró un comportamiento significativamente distinto entre el sitio 1 y 3; por otro lado, la concentración de As reportó valores hasta los 0.1578 mg/kg. Se observa que el río trae consigo metales, a causa de otras fuentes puntuales antes de acercarse al relleno sanitario. De los resultados obtenidos, sólo As

[1] Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 CP. 24290 Boca del Río, Veracruz. abrahamdcp@hotmail.com
[2] Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 CP. 24290 Boca del Río, Veracruz.
[3] Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 CP. 24290 Boca del Río, Veracruz.
[4] Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 CP. 24290 Boca del Río, Veracruz.

supera los LMP de la NOM 001 de la SEMARNAT; normativa mexicana más cercana con la que pudiera ser comparada.

PALABRAS CLAVE: Metales pesados, lixiviados, sedimentos, residuos sólidos urbanos.

INTRODUCCIÓN

La disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) generalmente debe ubicarse en áreas definidas por las autoridades municipales para su control. Sin embargo, no todas las poblaciones cuentan con los recursos o la infraestructura para el control de los residuos sólidos urbanos

En México, se usan diversos métodos para la disposición final de los residuos sólidos urbanos como son los tiraderos a cielo abierto, tiraderos controlados y los rellenos sanitarios, a pesar de ello, no se cuenta con una proyección para minimizar la generación de la gran cantidad de residuos.

EL INEGI reporta que en México se recolectan diariamente 86, 343 toneladas de basura, donde el 52.4% de los RSU en México se componen principalmente de residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares. En Veracruz de Ignacio de la Llave se recolectan diariamente 4,451 toneladas que representa el 5.2% del total de la población mexicana (INEGI, n.d.).

El relleno sanitario de la ciudad de Veracruz, Ver, México es el sitio de disposición final que recibe los residuos sólidos de la población desde 1997.

Sin embargo, este relleno sanitario no ha cumplido su función como tal, operando sólo como un tiradero a cielo abierto. Los reportes indican que para el año 2007, llegó a su máxima capacidad y a pesar de eso, continuó operando hasta el día de hoy (Villa, 2009).

Los residuos sólidos municipales, representan no solo un problema ambiental, sino también un problema político, social y económico. Se sabe que la generación de residuos sólidos de una ciudad, estado o país, está estrechamente relacionada con el número de habitantes y su

desarrollo tecnológico e industrial principalmente (Capistrán y Morosini, 1997). En Veracruz el problema de la basura se agudiza al ocupar la tercera entidad federativa más poblada con 8 112 505 habitantes, después del estado de México y Ciudad de México (INEGI, 2015).

La producción real de residuos municipales no ha sido posible de cuantificar, debido principalmente a que: a) no todos los municipios del estado cuentan con un servicio de limpia pública; b) de los que prestan este servicio público a la ciudadanía, en su inmensa mayoría no llevan un registro de pesaje de sus vehículos recolectores que permite, en todo momento, estimar la generación de basura en la localidad; c) los servicios de limpia pública que prestan los ayuntamientos, en raras ocasiones cubren a la mayoría de la población municipal, (Capistrán y Morosini, 1997).

El mal manejo de los RSU, trae consigo la generación de gran cantidad de gases y lixiviados, debido a la cantidad de materia orgánica existente en los residuos sólidos urbanos. Los lixiviados se originan por la descomposición de los RSU y su contacto con el agua que contienen, en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos o escurren fuera de los sitios de depósito. La norma oficial mexicana (NOM-083-SEMARNAT-2003) define como lixiviado al "líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar riesgo potencial a la salud humana y de los organismos vivos", (SEMARNAT, 2004).

Los lixiviados pueden contaminar los suelos y los cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo para la salud humana y de los demás organismos (SNIARN, 2016). Estos traen consigo diversos agentes contaminantes, muchas veces en concentraciones elevadas tal como residuos orgánicos e inorgánicos, incluyendo ácidos húmicos, sustancias orgánicas, nutrientes y metales pesados, así como, sales inorgánicas que elevan la conductividad eléctrica y agentes infecciosos (Hernández et al.,2012).

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general (Acosta et al., 2002).

Los metales pesados se han definido como elementos que tienen una densidad mayor a 4.5 g/cm3 y que a concentraciones muy bajas pueden ser tóxicas para la vida del planeta. Estos en el medio llegan a causar diversas reacciones químicas al ceder electrones, formando cationes simples, (Gawdzik y Gawdzik, 2012). Los metales pesados si se introducen en la cadena trófica en altas concentraciones son nocivos para la salud, causando daños o la muerte.

Al determinar la presencia de metales pesados en los sedimentos de un cuerpo de agua, permitirá conocer la calidad del cuerpo de agua y las fuentes puntuales de contaminación. La presencia de los metales en un sistema puede ocasionar efectos nocivos sobre la flora y fauna, y los efectos a largo plazo, si se continúa impactando sobre el medio ambiente.

Por lo anterior, el presente estudio tiene por objetivo evaluar la presencia de metales pesados Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en el sedimento del Río Grande por la influencia del relleno sanitario de la ciudad de Veracruz.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO.

Fueron identificados los cuerpos de agua adyacentes al relleno sanitario de la ciudad de Veracruz. Y se estableció desarrollar el estudio en el Río Grande, el cual se encuentra más cercano al relleno sanitario. Éste se encuentra en las coordenadas 19°13'54.0"N 96°13'44.3"W como se muestra en la figura 1.

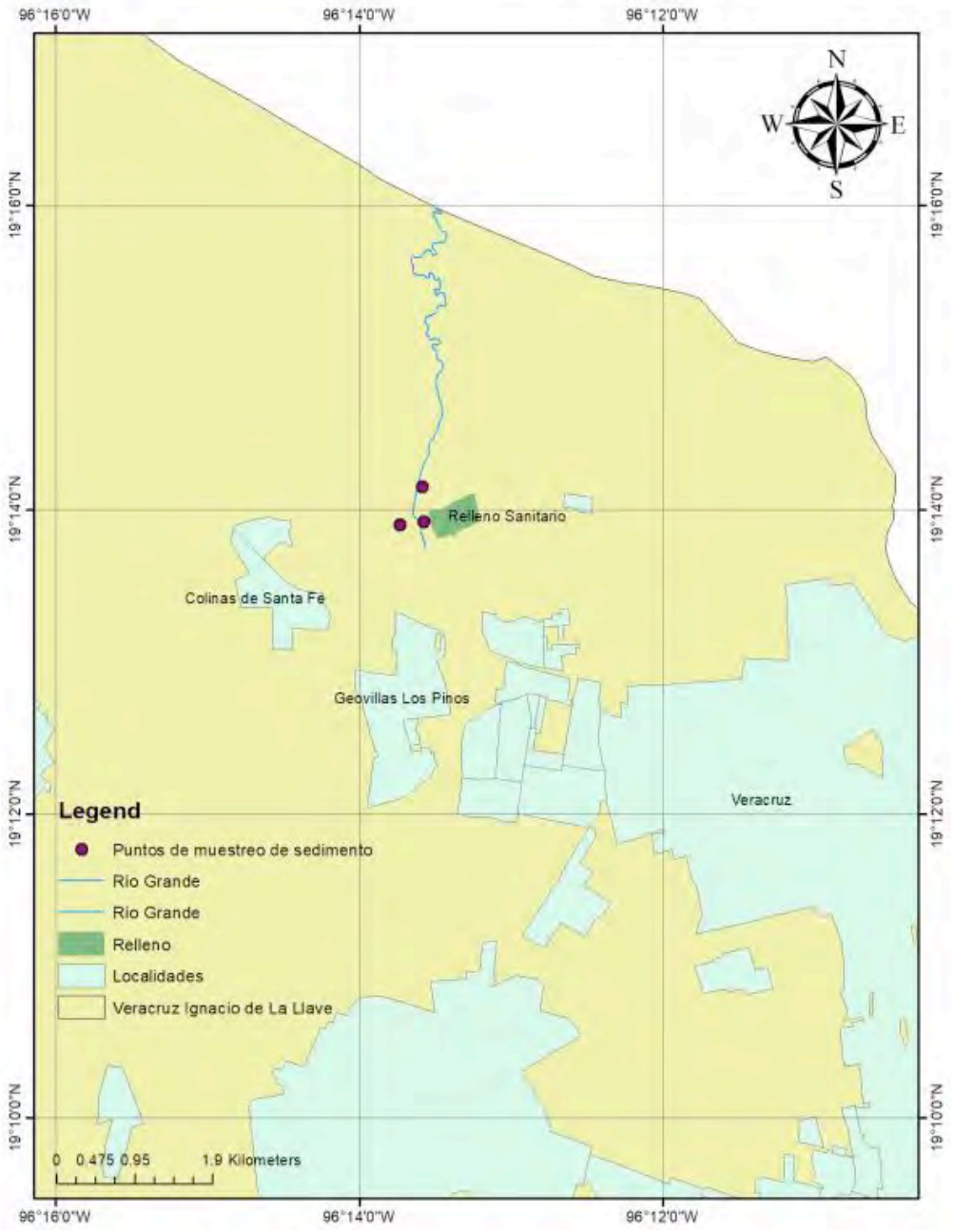


Figura 1.-Área de estudio, fuente edición propia con ArcMAp e información de la INEGI.

MUESTREO.

Los muestreos se realizaron en tres sitios de muestreo durante dos temporadas climáticas: lluvias y estiaje.

Los tres puntos de muestreo se ubicaron a 50 metros cada uno. El criterio para la selección del sitio de muestro y toma de muestra de los sedimentos es la cercanía de los puntos con la posible fuente de contaminación, el relleno sanitario, los puntos fueron seleccionados antes de que el río pase adyacentemente a relleno, adyacente al relleno y después del relleno. Esto con el fin de determinar si existe una aportación de metales pesados por el relleno sanitario.

El tipo de muestreo seleccionado es el muestreo exploratorio, debido a que no existe información de estudios previos del área de estudio. El procedimiento para la toma de muestra está basado en la norma mexicana NMX-AA-132 SCFI 2006 muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, manejo de la muestra (UNAM, 2006).

Las muestras fueron recolectadas por triplicado en cada sitio de muestreo en bolsas ziploc de 500 gr. Las tomas de muestras se realizaron usando un nucleador de PVC.

Debido a que el equipo con el cual se toma la muestra debe encontrarse libre de contaminantes, ésta se lavó con agua destilada cada vez que se tomaba la siguiente muestra. De esta manera, se evitó la contaminación de muestras de cada uno de los sitios.

Las muestras posteriormente fueron almacenadas en neveras a 4°C para su transporte al laboratorio de investigación de recursos acuáticos en el ITBOCA, donde se almacenaron a temperatura de congelación. Subsecuentemente las muestras procedieron a los análisis de determinación de metales pesados.

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS.

Se establecieron 5 metales como es el caso de Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu). La determinación de metales pesados se realizaron de acuerdo a la NOM-117-SSA1-1994 (SSA, 1994).

La digestión de muestras de sedimento se realizó en un horno de microondas marca CEM. Antes de iniciar el proceso digestión en el horno, la preparación de la muestra consistió en adicionar a 0.5 g de sedimento, 10 ml de ácido nítrico (HNO3) grado reactivo al 70% (suprapuro). Las muestras fueron analizadas con una muestra blanco, que contenía 0.5 ml de

agua bidestilada y 10 ml de HNO3 y un control de referencia. La programación del proceso de digestión fue el Método Soil-3051 HP500. Una vez terminada la digestión de las muestras el líquido obtenido se filtró y se trasvasó a matraces de 25 ml donde se aforó con agua ácida (HNO3 al 10 %). Al término del aforo se agitó y se cambió nuevamente a frascos de polipropileno para su almacenamiento hasta el día de su lectura.

La lectura de los metales Pb, Cd, Zinc, Cu y As se realizó por espectrofotometría de absorción atómica de flama con un equipo Thermo Cientific Modelo Ice 3500 AA System, ubicado en el Instituto Tecnológico de Boca del Río.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para el análisis de datos se realizaron las pruebas de normalidad. También se realizó un análisis de varianza ANOVA con la confiabilidad de 95%. Para determinar si existe influencia significativa en metales pesados espacio-temporal, se utilizaron pruebas de Tukey. Los datos fueron realizados en el software Minitab 16.

RESULTADOS

Los datos obtenidos de la lectura de los metales Pb, Cd, Zinc, Cu y As por espectrofotometría de absorción atómica de flama con un equipo Thermo Cientific Modelo Ice 3500 AA System fueron procesados en el software Minitab, en donde se les realizaron las pruebas de ANOVA y de Tukey por temporada y sitio de muestreo.

A continuación en la tabla 1 reportan los resultados obtenidos de la lectura en el espectrofotómetro.

Tabla I Resultados de concentraciones de metales pesados por sitios de muestreo y por temporada de estiaje y lluvia.

Metal	Concentración de metales mg/kg					
	Estiaje			Lluvia		
	Sitios de muestreo			Sitios de muestreo		
	1	2	3	1	2	3
Cd	0.0036	0.0036	0.0034	0.0036	0.0038	0.0039
As	0.1374	0.1369	0.1360	0.1578	0.1515	0.0470
Pb	0.0426	0.0056	0.0032	0.1536	0.0271	0.0106
Zn	0.1255	0.0823	0.1078	0.1165	0.0979	0.0980
Cu	0.0157	0.0083	0.0179	0.0259	0.0181	0.0154

Los valores reportados muestran la presencia de los metales desde el primer sitio de muestreo, que corresponde a 627 metros antes del área del relleno sanitario. Lo cual indica la presencia de otras fuentes de contaminación que llegan a Río Grande antes de que pase adyacente al relleno.

Los resultados del ANOVA y Tukey indican que existe diferencia significativa por sitio en los metales pesados plomo (P, 0.019) y zinc (P, 0.014); la comparación de medias en los sitios 1 y 3 es significativamente diferente con respecto al Zn; Pb muestra evidencia de diferencia significativa entre el sitio 1 comparado con 2 y 3. Todos los demás metales No tienen diferencias significativas por sitio o temporada.

La Figura 2 y 3, muestra la concentración promedio de Cd por temporada y sitios de muestreo respectivamente. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas de estiaje y lluvia, así como entre los sitios de muestreo. Dicho metal no tuvo cambios en su concentración tanto en temporada como por sitio.

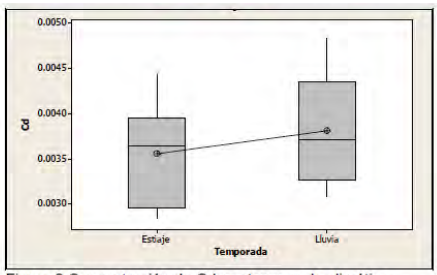


Figura 2 Concentración de Cd por temporada climática.

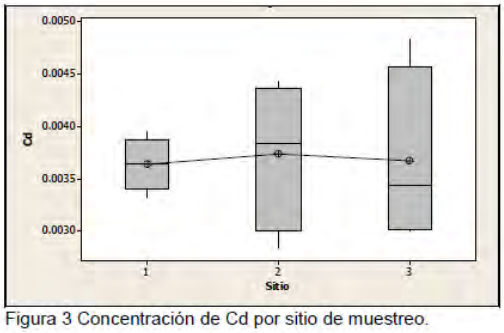


Figura 3 Concentración de Cd por sitio de muestreo.

Los valores más altos reportados de metales pesados fueron de As, durante las dos temporadas y en todos los sitios de muestreo (Figura 4 y 5 respectivamente).

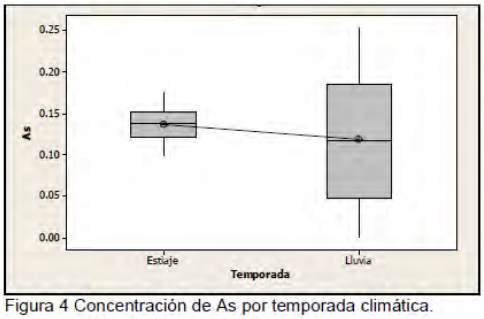


Figura 4 Concentración de As por temporada climática.

La mayor concentración se observó en la época de lluvias, sin embargo, los valores no variaron en los sitios seleccionados antes de la llegada al área del relleno sanitario. El valor más alto reportado fue de 0. 1578 mg/kg durante la temporada de lluvias en sitios de muestreo 1, y el valor más bajo fue en la misma temporada con 0.0470 mg/kg en el sitio 3.

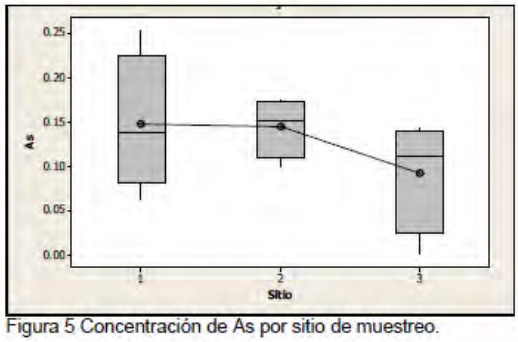


Figura 5 Concentración de As por sitio de muestreo.

Los valores reportados de Pb no tuvieron diferencias significativas entre temporadas (figura 6).

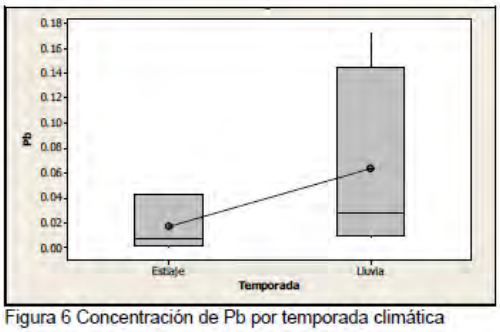


Figura 6 Concentración de Pb por temporada climática

En cuanto a los valores reportados por sitio, el sitio 1 tiene diferencias significativas con respecto a los sitios 2 y 3 (figura 7). El valor más alto reportado es 0.1536 mg/kg en el sitio 1 en temporada de lluvia y el valor más bajo es en temporada de estiaje en sitio 3 con 0.0032 mg/kg. El plomo tiene el comportamiento más definido, mostrando que conforme avanza el cuerpo de agua, las concentraciones van decreciendo.

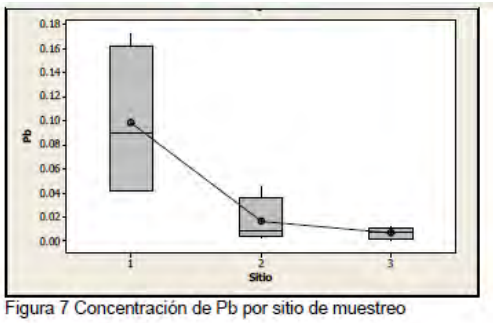


Figura 7 Concentración de Pb por sitio de muestreo

Los valores más altos reportados para Zn son en el sitio 1 en temporada de estiaje con 0.1255 mg/kg tal como se puede apreciar en la figura 8.

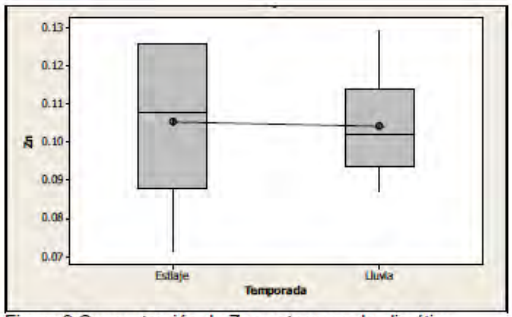


Figura 8 Concentración de Zn por temporada climática

La figura 9 permite observar que el mayor contenido de Zn está presente en el sitio 1 de muestreo.

Por temporada tienen el mismo comportamiento y el sitio uno demuestra un comportamiento significativamente diferente al sitio 3.

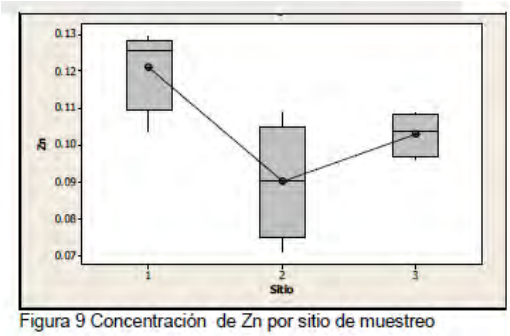
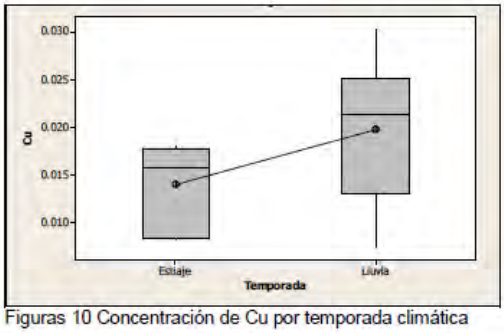


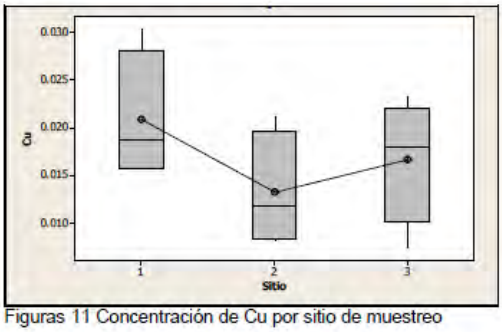
Figura 9 Concentración de Zn por sitio de muestreo

Los valores reportados para el Cu no tienen diferencias significativas por temporada o sitios (figuras 10 y 11 respectivamente).



Figuras 10 Concentración de Cu por temporada climática

La mayor concentración reportada es 0.0259 mg/kg en sitio 1 en temporada de lluvia y la menor concentración reportada es de 0.0083mg/kg en el sitio dos en estiaje.



Figuras 11 Concentración de Cu por sitio de muestreo

DISCUSIÓN

En los Estados Unidos de México no se cuenta con normativa que considere los límites permisibles de metales pesados como contaminantes en sedimento, por lo tanto se compararan los resultados obtenidos en este estudió de Río Grande con guías internacionales y distintos autores que establecen límites de efectos a ciertas concentraciones de metales y con la Norma Oficial Mexicana 001 – SEMARNAT – 1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

En la tabla ll se reportan los resultados del Cd y ninguna de las muestras de Cadmio sobrepasa el valor de NOAA (Administración Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos de América) y de la CEQG (Guías de Calidad Ambiental Canadiense), tampoco llega a superar el rango de efecto bajo de Long and Morgan (1991).

Tabla II Comparación de los resultados obtenidos de Cd con la literatura

Concentraciones promedio Cd en el presente estudio		Long and Morgan (1991) mg/kg		CEQG mg/kg		NOAA mg/kg
		ERL	ERM	ISQG	PEL	
E1	0.0036					
E2	0.0036					
E3	0.0034					
L1	0.0036	5	9	0.6	3.5	0.1-0.3
L2	0.0038					
L3	0.0039					

Nota 1: E significa estiaje y L lluvias. Los números 1, 2 y 3 indican el sitio de muestreo.

Nota 2: Las tablas lll, lV, V, Vl y Vll fueron realizadas con datos de la investigación presente y con información de los trabajos (Laino et al., 2015) y de (MacDonald et al., 2000) De donde se obtuvieron los siguientes datos:

*CEQG: Guías de Calidad Ambiental Canadiense (por sus siglas en inglés, Canadian Environmental Quality Guidelines) para sedimentos de cuerpos de agua continental.

** ISQG: Guía Provisional de Calidad del Sedimento (por sus siglas en inglés, Interim Sediment Quality Guideline). PEL: Nivel de Efecto Probable (por sus siglas en inglés, Probable Effect Level)

**PEL: Probeble Effec Level

***ERL; Rango de efecto bajo, representa la concentración química por debajo de la cual los efectos adversos se observarán raramente. ERM; Rango de efecto mediano, representa la concentración química por encima de la cual los efectos adversos ocurrirían con frecuencia

****Long ER, Morgan LG (1991) The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, WA, 175 pp 1appendices

*****NOAA: Administración Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés, National Oceanic and Atmospheric Administration), niveles de fondo (background levels) de la tabla de referencia (Screening Quick Reference Table for Inorganics in Freshwater Sediment).

El As fue uno de los metales pesados en más alta concentración que se reportó en el presente estudio con 0.1578 mg/kg, sin embargo esta concentración no llega a el rango de efecto bajo (tabla lll) que representa la concentración química por debajo de la cual los efectos adversos se observarán raramente y tampoco supera los valores de la guía de calidad de Canadá ni los valores de la NOAA.

Tabla III Comparación de los resultados de As con bibliografía y guías internacionales

Concentración de As en el presente estudio ppm - mg/kg		Long and Morgan (1991) mg/kg		CEQG mg/kg		NOAA mg/kg
		ERL	ERM	ISQG	PEL	
E1	0.1374	33	85	5.9	17	1.1
E2	0.1369					
E3	0.1360					
L1	0.1578					
L2	0.1514					
L3	0.0469					

El Pb es uno de los metales pesados más comunes como contaminante de manera antropogenica, en el presente estudio dicho metal se reportó en concentraciones bajas, al compararse con Long and Morgan (1991) y con la guía de Canadá y la NOAA, el plomo no supera los valores (tabla lV).

Tabla IV Comparación de los resultados de Pb con bibliografía y guías internacionales

Concentraciones promedio de Pb en el presente estudio ppm - mg/kg		Long and Morgan (1991) mg/kg		CEQG mg/kg		NOAA mg/kg
		ERL	ERM	ISQG	PEL	
E1	0.04262	35	110	35	91.3	4-17
E2	0.00562					
E3	0.00317					
L1	0.1535					
L2	0.02711					
L3	0.01060					

En el presente estudio las concentraciones de Zn reportadas (tabla V) se encuentran por debajo de los limites de la literatura Long and Morgan (1991), de la guía CEQG y NOAA. Debe tenerse en cuenta que el zinc al ser un metal esencial tiene limites permisibles mayores.

Tabla V Comparación de los resultados de Zn con bibliografía y guías internacionales

Concentraciones promedio de Zn en el presente estudio mg/kg		Long and Morgan (1991) mg/kg		CEQG mg/kg		NOAA mg/kg
		ERL	ERM	ISQG	PEL	
E1	0.1255	120	270	123	315	7-38
E2	0.0823					
E3	0.1077					
L1	0.1165					
L2	0.0979					
L3	0.0980					

Las concentraciónes del Cu reportadas en la tabla Vl no reportaron altas concentraciones en el presente estudio comparandolo con los limites de la literatura Long and Morgan (1991), de la guía CEQG y NOAA, pues no superó ninguno de dichos límites.

Concentraciones promedio de Cu en el presente estudio mg/kg		Long and Morgan (1991) mg/kg		CEQG mg/kg		NOAA mg/kg
		ERL	ERM	ISQG	PEL	
E1	0.0157	70	390	35.7	197	10-25
E2	0.0083					
E3	0.0178					
L1	0.0259					
L2	0.0180					
L3	0.0153					

Al comparar los resultados obtenidos con investigaciones como la de (Salas, 2008), en áreas de estudio similares, analizando contenidos de metales pesados cuyos resultados fueron: 14.4 mg/kg de concentración de cobre, 97.5 en Zinc, 42.2 de plomo en su nucleo A y en el nucleo B obtuvieron 11.6 mg/kg de concentración de cobre, 94.2 en Zinc, 30.04 de plomo, podemos observar que las concentraciones obtenidas en el presente estudio son inferiores a diferencia de los valores reportados en su estudio. Solo se compara con estos dos puntos, pues son los sedimentos más cercanos a un cuerpo de agua en la tesis de Salas y su área de estudio es un basurero a cielo abierto.

En el caso de (Mendoza et al., 2017) que analizaron los contenidos de metales pesados obteniendo: 13.2581 mg/kg como mínimo y 23.1309 como máximo de Zinc, 1.0071 como mínimo y 14.0759 máximo de plomo, siendo estos los metales en común, nuestra concentración es inferior. Cabe destacar que su zona de estudio abarcó un radio aproximado de 1500 m alrededor de la ubicación del relleno sanitario de Sonsonate.

Comparando con (Sánchez, 2010) en su trabajo en el botadero de basura de Moravia Medellin reportó una concentración promedio de 2339.5 mg/kg en plomo y 5.32 mg/kg de cadmio siendo superiores a los resultados en el presente estudio; cabe destacar que su matriz de residuos correspondió en el pasado, a una zona de explotación minera y que recibía 100 toneladas diarias de todo tipo de basura (domésticos, hospitalarios, industriales y de construcción); además que tienen estudios previos de metales pesados en sus lixiviados con resultados altos.

En particular, (Gomez et al., 2015), ellos investigaron el impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario de linares en Nuevo León sobre la calidad del agua e identificaron altas concentraciones de nitrato (NO3), Pb, Magnesio (Mn) y Fierro (Fe) en el agua subterránea y en escurrimientos superficiales que generaron una importante contaminación del suelo y del agua. Los valores de concentración son; en el pozo P8; concentraciones de Pb (>10 µg/l) en el pozo P3; concentraciones de Mn (>150 µg/l) en el pozo P4 y finalmente concentraciones de Fe (>300 µg/l) en los pozos P3, P4 y P8; cuyos valores exceden la Norma Oficial Mexicana (NOM) y la legislación de la Agencia de Protección Ambiental (US EPA). Reportando ellos valores muy altos de concentración en el agua de metales pesados en comparación a los de la presente investigación en sedimento.

En el trabajo de (Espinosa et al., 2010). Realizaron un análisis del comportamiento de los resultados del monitoreo de los lixiviados del vertedero de Calle 100 en la Habana Cuba efectuado en los años 2004, 2007 y 2008. Teniendo como resultado: Concentración en mg L-1, Cu: 0.15 en lluvia, 1.40 en estiaje. Hg-T: 0.05 En lluvia, 0.30 en estiaje, Pb: 0.11 en lluvia, 0.71 en estiaje, Zn: 0.24 en lluvia, 6.2 en estiaje. Se compararon los resultados con los límites máximos permisibles promedios de la norma cubana NC 27:99, comprobándose que se incumplía con la normatividad. En este trabajo se observa que aun en un vertedero, los lixiviados no contienen altas concentraciones de metales pesados.

Comparando los resultados obtenidos con la normativa mexicana cuyos valores de referencia (tabla Vll), podemos observar que aunque la norma mexicana es en agua y no en sedimento, los resultados de la presente investigación no superan los límites máximos permisibles del promedio diario de dicha norma., siendo la excepción el As en cuanto el promedio mensual, ya que supera los Límites Máximos Permitidos (LMP) en temporada de estiaje en sus tres sitios y en lluvias solo en el sitio 1 y 2.

Tabla VII Valores de LMP de la NOM 001

NOM 001 SEMARNAT* (mg/L)	Cd	As	Pb	Zn	Cu
PD	0.2	0.2	0.4	20	4.0
PM	0.1	0.1	0.2	10	6.0

*Norma Oficial Mexicana 001 – SEMARNAT – 1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (SEMARNAT, 1996). Datos extraídos de la tabla 3 "límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros en promedio diario y mensual.

CONCLUSIÓN

En general, los resultados de las concentraciones de los metales pesados en el presente estudio no superan los LMP de la normativa mexicana más cercana a la que pueda ser comparada en este caso la NOM 001 de la SEMARNAT, a excepción del As. Tampoco supera ni se acerca a los casos de estudios de zonas similares, esto puede ser debido a que no existen similitudes en cultura o en el proceso de disposición final de los residuos en las ciudades punto de estudio; al mismo tiempo se desconoce cuáles son los residuos sólidos urbanos (RSU) y las cantidades que son vertidas en los sitios de disposición final de los casos de estudio.

En cuanto a la comparación con guías internacionales, la presente investigación tampoco superó los niveles en los cuales empiezan a verse efectos adversos poco frecuentes.

El comportamiento observado en la concentración de plomo con respecto a los puntos de muestreo se considera debido a las actividades que se desempeñan en esa zona durante la temporada descrita ya que se observaron los inicios de una obra de construcción.

El relleno sanitario fuente puntual de contaminación adyacente a Río Grande, podría no estar influenciando en las concentraciones de los metales pesados, pero si con la presencia. Dicho resultado podría atribuirse a la funcionalidad de la membrana que podría estar reteniendo los

lixiviados evitando ser transportados por escorrentías hacia el cuerpo de agua en estudió; evitando así el aumento en la concentración de los metales pesados.

Las concentraciones de todos los metales no se incrementa conforme el cuerpo de agua avanza adyacente al relleno.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del Proyecto TecNM 6401.18-P "Evaluación de la contaminación por fuentes puntuales y difusas sobre Río Grande, Veracruz". Bajo la Dirección: Dra. Paula Zúñiga Ruíz.

Al personal del Instituto Tecnológico de Boca del Río por tener las puertas abiertas en toda su Institución.

LITERATURA CITADA

Acosta, V., Lodeiros, C., Senior, W., & Martínez, G. (2002). Niveles de Metales Pesados en Sedimentos Superficiales en Tres Zonas Litorales de Venezuela. Interciencia, 27(12), 686–690. https://doi.org/0378-1844

Capistrán, F., & Morosini, F. (1997). Los residuos sólidos urbanos en el estado de Veracruz. La Ciencia Y El Hombre.

Espinosa, C., López, M., Pellón, A., Robert, M., Diaz, S., González, A., & Rodríguez, N. (2010). Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 26(4), 313–325.

Gawdzik, J., & Gawdzik, B. (2012). Mobility of heavy metals in municipal sewage sludge from different throughput sewage treatment plants. Polish Journal of Environmental Studies, 21(6), 1603–1611.

Gomez, H., Cruz, C., Porcel, R. A., & Velasco, F. (2015). Impacto del Lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo Leòn) sobre la calidad del agua superficial y subterranea. Revista Mèxicana de Ciencias Biològicas, 32(3), 514–526. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v32n3/2007-2902-rmcg-32-03-00514.pdf

Hernández, M. del C., Álvarez, N. O., Vaca, R., Márquez, L., & Lugo, J. (2012). Determinación de metales pesados en residuos sólidos y lixiviados en biorreactores a diferentes tasas de recirculación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28(1), 77–82. INEGI. (n.d.). Medio ambiente. Cuéntame de México. Retrieved December 12, 2017, from http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/ambiente/basura.aspx?tema=T

INEGI. (2015). Número de habitantes. Veracruz. Retrieved October 14, 2018, from http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/poblacion/

Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. Tecnología Y Ciencias Del Agua, VI(4), 61–74. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n4/v6n4a4.pdf

MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 39(1), 20–31. https://doi.org/10.1007/s002440010075

Mendoza, L. M., Rivas, J. R., & Alfaro, K. L. V. (2017). Determinación de metales pesados cadmio, níquel, plomo y zinc en la zona de influencia del relleno sanitario de Sonsonate, El Salvador. Universidad de El Salvador. Retrieved from http://ri.ues.edu.sv/12786/1/Determinación de metales pesados Cadmio%2C Níquel%2C Plomo y Zinc en la zona de influencia del Relleno Sanitario de Sonsonate%2C El Salvador.pdf

Salas, B. G. (2008). Determinación de metales en sedimentos y lixiviados del ex-basurero a cielo abierto el Zapote. Instituto Politécnico Nacional.

Sánchez, M. (2010). Contaminacion Por Metales Pesados En El Botadero De Basuras De Moravia En Medellin: Transferencia a Flora Y Fauna Y Evaluacion Del Potencial Fitorremediador De Especies Nativas E Introducidas. Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf

SEMARNAT. NOM-001-SEMARNAT-1996 Límites Máximos Permisibles De Contaminantes En Las Descargas De Aguas Residuales En Aguas Y Bienes Nacionales., Diario Oficial de la Federación § (1996).

SEMARNAT. NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, Diario Oficial de la Federación § (2004). Retrieved from http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/nom-083.pdf

SNIARN. (2016). Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. Retrieved from www.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf

SSA. (1994). Norma Oficial Mexicana. NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica., 14.

UNAM. NMX-AA-132-SCFI-2006 Muestreo De Suelos Para La Identificación Y La Cuantificación De Metales Y Metaloides , Y Manejo De La Muestra (2006). México.

Villa, V. M. (2009). Verificación del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, en el relleno sanitario del municipio de Veracruz, Veracruz, México. Universidad Veracruzana.

PRUEBA DE COMPATIBILIDAD EN AISLAMIENTOS SILVESTRES DE *Ustilago maydis* PARA LA PRODUCCIÓN DE HUITLACOCHE EN ZONAS TROPICALES

ROSA NASHIELY MORALES RAMÍREZ[1]; OTTO RAÚL LEYVA OVALLE[2]; RÉGULO CARLOS LLARENA HERNÁNDEZ[3]; ROSALÍA NÚÑEZ PASTRANA[4].

RESUMEN

Ustilago maydis es el hongo causante de la formación de agallas o tumores que se forman en plantas de maíz (*Zea mays ssp. mays*) y teozintle (*Zea mays ssp. parviglumis*). Estas agallas se conocen como "Huitlacoche" o "cuitlacoche". Se realizaron estudios con ocho cepas silvestres de *U. maydis* colectadas en el centro-sur del estado de Veracruz, la prueba consistió en identificar la compatibilidad mediante reacción "fuzz" mezclando asilamientos de células haploides y registrando su desarrollo a las 72 h de incubación. Esta prueba permitió seleccionar cepas compatibles con potencial para la producción de huitlacoche. En la combinación de aislamientos se identificaron 14 de 28 combinaciones con morfología irregular, borde ondulado, color de blanco a café claro y superficie rugosa consideradas como fuzz negativa (-), esto indica la presencia de esporidias haploides sin posibilidad de iniciar un proceso infeccioso en el hospedero; la reacción fuzz positiva se consideró en colonias con la misma forma, borde, color, superficie, presencia escasa de micelio en los bordes (+), estas

[1] Laboratorio de Microbiología. Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
[2] Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. oleyva@uv.mx
[3] Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
[4] Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

características se observaron en 8 de 28 combinaciones, con presencia de micelio abundante en la superficie (++) se observó en 6 de 28 combinaciones. La reacción fuzz positiva indica la compatibilidad y reproducción entre células haploides capaces de infectar el hospedero e inducir el crecimiento de agallas. Las combinaciones UV02/UV06, UV04/UV06, UV07/UV06, UV06/UV14, UV06/UVMT Y UV07/UVMT, demostraron compatibilidad al formar micelio algodonoso en la colonia, lo cual indica que son combinaciones adecuadas para inoculación artificial en cultivos de maíz de la región donde son originarias.

PALABRAS CLAVE: *Ustilago maydis*, cruzas, patogenicidad

INTRODUCCIÓN

Huitlacoche es el nombre que se le da a las agallas o tumores que se forman en plantas de maíz (*Zea mays ssp. mays*) y teozintle *(Zea mays ssp. parviglumis*) por la acción del hongo *Ustilago maydis*. La infección natural algunas veces no es muy confiable, ya que la aparición del hongo en el maíz depende de las condiciones ambientales que conducen a la infección por el carbón y a la asociación entre la etapa en el desarrollo del hospedante durante el período de infección y el tejido de la planta en el cual se forman las agallas (Aguayo-González., *et al*., 2016).

En los Estados del centro y algunos del sur de México, el "cuitlacoche" es considerado un alimento muy apreciado y se ha observado un incremento en su demanda, tanto en México como en algunas zonas urbanas de los E.U.A., así como en Asia y la Unión Europea (Tracy *et al*. 2007).

La importancia del desarrollo de biotecnología eficiente para la producción controlada de agallas de cuitlacoche radica en el hecho de que el hongo presenta características relevantes en México, incluyendo historia, cultura, valor nutricional y funcional, así como de consumo, entre otras, que deben ser revaloradas para la promoción de su cultivo e inclusión en el sistema agroalimentario microbiano (Castañeda de León *et al*. 2010), El huitlacoche o

cuitlacoche (*Ustilago maydis Cda*.) es un hongo comestible que se consume principalmente en la región de los Valles Altos de México, (Madrigal-Rodríguez, Villanueva-Verduzco, y Sahagún-Castellanos 2010); sin embargo, este hongo aparece en casi todas las regiones productoras de maíz, aunque las condiciones climáticas favorables para su desarrollo aún no han sido generalizadas, pues algunos autores aseguran que el ataque de este patógeno puede ser más severo en ambientes húmedos (humedad relativa de 72 a 80 %) y templados (17 a 20 °C) (De León, 1984; Villanueva *et al*.,1999). Por el contrario, otros autores indican que el ataque es más frecuente en áreas cálidas (26 a 34 °C) y moderadamente secas (Agrios, 1999). Algunos trabajos previos (Bakkeren, Kronstad, y Lévesque 2000; Jiménez-Becerril 2010; Valverde *et al*. 2000) describen una correlación que sugiere una coevolución entre el patosistema maíz (*Zea mays L*.)-huitlacoche (*Ustilago maydis D. C. Corda*); sin embargo, los principales problemas que presentan los agroecosistemas en las regiones tropicales de nuestro país, giran en torno a condiciones de escaso nivel tecnológico, bajos índices de productividad y tendencia al abandono de la tierra (Martínez-Castro *et al*., 2015).

En nuestro país, los esfuerzos científicos y tecnológicos por colectar, aislar y seleccionar cepas de hongos silvestres con potencial de cultivo y comercialización están en proceso de desarrollo, el germoplasma nativo tiene un enorme potencial para la diversificación de las especies de hongos comestibles y se puede adaptar mejor a condiciones locales, contribuyendo a la economía regional (Barrales y Mata 2016).

U. maydis presenta tres etapas importantes durante su desarrollo: i) teliosporas diploides, que germinan fuera del huésped para producir basidios septados sobre la cual se originan las basidiósporas haploides, ii) las basidiósporas haploides germinados se dividen por brotes, para formar colonias levaduriformes, e iii) hifas dicarióticas filamentosas, formadas como producto de la reproducción sexual entre células haploides compatibles que colonizan la planta huésped e inducen la formación de agallas (soros). Los micelios haploides y los micelios diploides de las cepas solopatogénicas pueden crecer bien en medios artificiales (Galicia-García *et al*. 2016).

Para lograr infecciones más exitosas, primero se debe de elaborar un inóculo con una suspensión de esporidios correspondientes a dos cepas haploides de *U. maydis* genéticamente compatibles (Castañeda de León *et al*. 2010), debido a que para que se produzca el reconocimiento y fusión de las células haploides, los alelos de ambos loci deben de ser diferentes (*a1b1 y a2b2*). Si consideramos que el locus a tiene dos alelos y que el locus b más de 30, con 11 variedades alélicas reportadas para México (Jiménez-Becerril 2010), la probabilidad de que ocurra un evento de apareamiento donde coincidan específicamente los cuatro locus diferentes no es un suceso habitual.

El objetivo del presente trabajo radica en analizar la compatibilidad entre cepas silvestres nativas de la región centro-sur del estado de Veracruz para la producción de huitlacoche.

METODOLOGÍA

Se realizaron estudios con siete aislamientos silvestres de *U. maydis* colectadas en cultivos de maíz localizadas en cinco municipios del centro-sur del estado de Veracruz y una muestra obtenida de agallas comerciales provenientes de la ciudad de Puebla (Tabla 1), las muestras fueron llevadas a la "Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos" de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la UV para su tratamiento. Las agallas de huitlacoche fueron separadas de las mazorcas y desinfestadas mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 1% (Cloralex®) durante 3 minutos y lavadas con agua destilada estéril en condiciones asépticas, posteriormente se colocaron teliosporas en cajas petri con medio agar dextrosa y papa (PDA, laboratorios Bioxon) de cada muestra para su germinación con resiembras continuas para obtener células haploides. La prueba de compatibilidad *in vitro* consistió en identificar la compatibilidad mezclando aislamientos de células haploides y registrando su desarrollo a las 72 h de incubación. Cada muestra se resembró en medio liquido de papa dextrosa para posteriormente colocar 30 µL en cajas petri con PDA adicionado con carbón activado (CA) al 5% confrontándose entre pares obteniendo 28 combinaciones, el experimento se realizó por triplicado, los datos fueron registrados en una

tabla con una disposición similar de dialelos parciales (Galicia-García *et al*., 2016), La compatibilidad en los apareamientos se registró como reacción de fuzz positiva.

Tabla 1. Datos de colecta

Muestra	Lugar de colecta	Temperatura media anual (°C)	Altitud del área de colecta (msnm)
UV01	Ejido Lázaro Cárdenas (mpio. Tierra Blanca, Ver.)	26.3	145
UV02	Ejido Lázaro Cárdenas	26.3	153
UV04	Ejido Lázaro Cárdenas	26.3	143
UV05	Ejido Nuevo Arroyo Tambor (mpio. Tierra Blanca, Ver.)	25.5	52
UV06	Ejido el Conejo (mpio. Acatlán de Pérez Figueroa, Oax.)	25.9	85
UV07	Mpio. de Cotaxtla, Veracruz.	26.3	70
UV14	Mpio. de Otatitlan	25.4	18
MT00	Mpio. Tehuacán	22.4	>1500

RESULTADOS

La descripción morfológica de los diferentes desarrollos de las colonias obtenidas de las combinaciones entre los aislamientos describe la compatibilidad entre las combinaciones realizadas (Figura 1). La clasificación de acuerdo con la morfología fue la siguiente: el desarrollo de colonias blancas o grisáceas, lisas o rugosas, sin micelio circundante se consideraron como no compatibles (-) (Figura 1a y 1b); colonias con aspecto rugoso, presencia de micelio circundante y coloración marrón (+) (Figura 1c,1d), colonias con mayor densidad de micelio circundante y coloración marrón (++) (Figura 1e). Todas las colonias con presencia de micelio circundante son consideradas patogénicas. Los aspectos de las colonias formadas en las combinaciones son similares a las descritas por Galicia-García *et al*. (2016).

De las veintiocho combinaciones realizadas catorce de ellas no presentaron formación micelial por lo cual se consideraron como no compatibles. Ocho de las combinaciones fueron positivas (+) y seis fueron (++) de acuerdo con la descripción de la Figura 1.

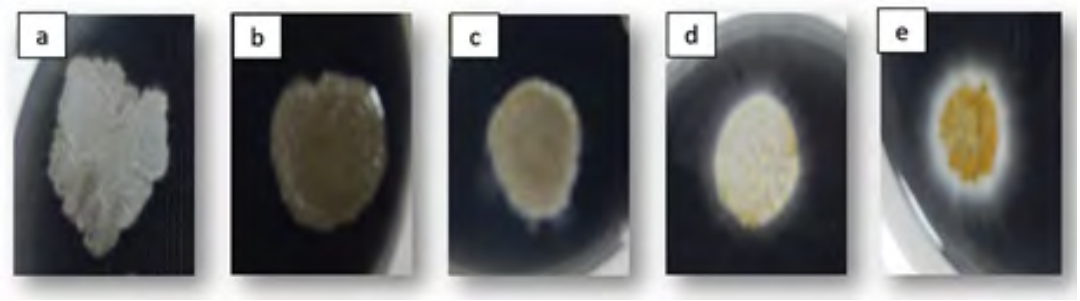


Figura 1. Desarrollo observado de colonias a las 72 h de incubación. **(a)(b)** aspecto levaduriforme, rugoso, de color blanco o grisáceo y sin presencia de micelio, **(c)(d)** aspecto rugoso, presencia de micelio circundante y coloración beige o marrón, **(e)** colonia con abundante micelio circundante y color marrón.

Las combinaciones UV02/UV06, UV04/UV06, UV07/UV06, UV06/UV14, UV06/MT00 Y UV07/MT00, presentaron mayor desarrollo de micelio circundante en las colonias. Es importante destacar que no se observaron cruzas compatibles de aislamientos provenientes del mismo municipio (UV01, Uv02 y UV04)

DISCUSIÓN

Las cruzas obtenidas entre aislamientos de una región tropical y un aislamiento proveniente del altiplano presentaron diferencias en su desarrollo como un indicador de su compatibilidad, este comportamiento es similar al trabajo presentado por Galicia-García *et al* (2016) y de acuerdo con Brefort *et al* (2009) El desarrollo *in vitro* representa la fase infecciosa y parasita del hongo y la formación de micelio dicariótico representa la fusión de esporidias haploides compatibles.

Los aislamientos UV01, UV02 y UV04 provenientes del mismo lugar de colecta no tuvieron compatibilidad entre ellos por lo que es importante estudiar más para conocer sobre su compatibilidad mediante estudios adicionales.

La compatibilidad entre las cruzas provenientes de los aislamientos silvestres y la muestra comercial (UV06/MT00 y UV07/MT00) es un interesante debido a las diferencias agroclimáticas de su procedencia lo cual podría aportar una mejora durante la infección.

Este trabajo aporta colectas procedentes de nuevos lugares y los aislamientos obtenidos serán importantes para nuevas investigaciones las cuales aportarán información sobre *U. maydis* además de contribuir a generar valor agregado a productores de maíz de regiones cálidas.

CONCLUSIÓN

Debido a la creciente demanda de huitlacoche en México y en el extranjero en los últimos años, y considerando que es un hongo parasito cuyo hospedero es el maíz y esté se encuentra en casi cualquier parte del mundo se ha considerado importante el estudio de cepas silvestres adaptadas a lugares donde puede implementarse un cultivo comercial de este hongo; al identificar cepas con capacidad de infección desarrolladas y adaptadas a una región permitirá realizar estudios adicionales para implementar la producción masiva enfocado en la producción.

LITERATURA CITADA

AGRIOS, G. N. 1999. Fitopatología. 2da. edición. UTEHA Noriega Editores. D. F., México 838 p

Aguayo-González., Dulce J; Acosta-Ramos, Marcelo; Pérez-Cabrera, Laura E.; Guevara-Lara, Fidel;, y Alberto M. García-Munguía. 2016. “Producción Natural de Huitlacoche [Ustilago Maydis (DC) Corda] En El Estado de Aguascalientes.” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(Dc): 1043–50.

Bakkeren, G;, J .W.; Kronstad, and André G. Lévesque. 2000. "Comparison of AFLP Fingerprints and ITS Sequences as Phylogenetic Markers in Ustilaginomycetes." *Mycologia* 92(3): 510–21.

Barrales, Miguel, y Gerardo Mata. 2016. "Selección De Cepas Nativas Del Hongo De Maguey (Pleurotus Opuntiae) Y Evaluación De Su Producción En Sustratos Fermentados." *Interciencia* 41(5): 346–52.

Brefort, Thomas; Doehlemann, Gunther; Mendoza-Mendoza, Artemio; Reissmann, Stefanie; Djamei, Armin; Kahmann, Regine. 2009. "Ustilago Maydis as a Pathogen." *Annual Review of Phytopathology* 47(1): 423–45..

Castañeda de León, Vladimir; et al. 2010. "El Cuitlacoche, Producto de La Interacción Ustilago Maydis - Maíz, Una Aportación de México Al Mundo En El Sistema Agroalimentario Microbiano." In *Ciencia , Tecnología E Innovación Para El Desarrollo De México*, eds. Daniel Martínez-Carrera and Javier Ramírez-Juárez. México, D.F., 2008.

Galicia-García, Porfirio Raúl; et al. 2016. "Selection of Aggressive Pathogenic and Solopathogenic Strains of Ustilago Maydis to Improve Huitlacoche Production." *Acta Botanica Brasilica* 30(4): 683–92.

Jiménez-Becerril, María Fernanda. 2010. "Estudio de La Diversidad Genética y Análisis Molecular Del Locus b de Ustilago Maydis." Instituto Politécnico Nacional.

Madrigal-Rodríguez, José, Clemente Villanueva-Verduzco, and Jaime Sahagún-Castellanos. 2010. "Ensayos de Producción de Huitlacoche (Ustilago Maydis Cda) Hidropónico En Invernadero." *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 177–82.

Martínez-Castro, César Julio; Ríos-Castillo, Maricela; Castillo-Leal, Maricela; Jiménez-Castañeda, Julio César; Cotera-Rivera, Julián. 2015. Sustentabilidad de agroecosistemas en regiones tropicales de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 18, núm. 1, enero-abril, 2015, pp. 113-120.

Tracy, W F et al. 2007. “Production and marketing of Huitlacoche.” *Fruits, Vegetables, and Nursery Crops*: 233–36.

Valverde, M E, G J Vandemark, O Martínez, and O Paredes-López. 2000. “Genetic Diversity of Ustilago Maydis Strains.” *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 16(1): 49–55.

EVALUACIÓN DE SITIO PARA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA RIVIERA VERACRUZANA, ALVARADO, VERACRUZ.

EVALUATION OF SITE FOR FINAL DISPOSITION OF URBAN SOLID WASTE FOR THE RIVIERA VERACRUZANA, ALVARADO, VERACRUZ.

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ RAMIREZ[1], LUIS ALBERTO GARCÍA PÉREZ[2], MANUEL ALBERTO SUSUNAGA MIRANDA[3], PAULA ZÚÑIGA RUIZ[4], FABIOLA LANGO REYNOSO[5], ROCÍO GUADALUPE BERNAL RAMÍREZ[6].

RESUMEN

La generación de residuos sólidos es un problema a nivel mundial, por lo que se han determinado algunas soluciones o alternativas, debido a esto el uso de un relleno sanitario es una técnica basada en ingeniería para de eliminación de los residuos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Debido a esto se han desarrollado métodos para evaluar los microelementos de afectación. La zona residencial Riviera Veracruzana ubicado en el Boulevard Riviera Veracruzana, abarcando las localidades de Mandinga y el Conchal, Localidad de Antón Lizardo, Alvarado, Veracruz no cuenta con un

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre. malopez@tecmartinez.edu.mx.
[2] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río
[3] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz
[4] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río
[5] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río
[6] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río

sitio de disposición final, por lo tanto, este proyecto considera 3 posibles sitios destinados para la implementación de un relleno sanitario usando la matriz de microelementos de afectación al ambiente y la salud pública la cual es una modificación de la matriz de Leopol diseñada en un principio para proyectos de construcción, consiguiendo los siguientes grados de impacto: Sitio 1: 2.56, Sitio 2: 2.54 y Sitio 3: 2.80. donde el microelemento bienestar ha sido el más sobresaliente y el factor visual el de mayor impacto.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería, relleno sanitario, microelementos de afectación

INTRODUCCIÓN

Se les denomina a los desperdicios, desechos, residuos sólidos, Residuos Sólidos Urbanos (RSU) a todos los desechos que provienen de las actividades humanas y animales, que habitualmente son sólidos y se consideran como inútiles o no deseados. Dentro de éstos se encuentran los domiciliarios y/o municipales (casas habitación, colegios, instituciones públicas o privadas, limpieza y barrido de calles) comerciales (supermercados, oficinas, hoteles, restaurantes), Industriales (pequeños comercios, talleres industriales) y de construcción y/o demolición (obras nuevas, refacciones o demoliciones).

En las grandes ciudades el problema es mayor y es ocasionado por la densidad poblacional; debido a esto se ha estimado que el promedio mundial de producción por persona se encuentra por encima de un kilogramo diario (Muñoz y Bedoya, 2009), cifra elevada teniendo en cuenta que la población mundial es de 6,700 millones de habitantes aproximadamente (US Census Bureau, 2009) y esto mismo ha empeorado la calidad de los residuos,

Sánchez en 1996 menciona los residuos municipales como todos aquellos materiales derivados de las actividades urbanas, por lo tanto, las fuentes generadoras se clasifican en función de las actividades particulares que en ellas se desarrollan. En la tabla siguiente:

Tabla 1. Fuentes de generación.

Fuentes de generación	
Domicilios	Unifamiliar y plurifamiliar
Comercios	Tiendas de autoservicios, departamentales y locales.
Servicios	Restaurantes, bares, servicios públicos, hoteles, centros educativos, de espectáculos y oficinas públicas y privadas.
Especiales	Unidades médicas, laboratorios, veterinarias, transporte, centros de adaptación e instalaciones militares.
Áreas Púbicas	Espacios abiertos y vía pública.
Otros	Construcción y materiales de desuso

Fuente: Sánchez, 1996.

Los residuos una vez recolectados pueden ser asignados a diversos procesos de transformación; incluyendo el reciclaje, el aprovechamiento energético, etc. Estos procesos deben estar enmarcados dentro de una Gestión Integral de residuos sólidos, de tal forma que representen beneficios sanitarios, ambientales, sociales, económicos e inclusive culturales. Sin embargo, cada día se insiste con mayor frecuencia en el aprovechamiento de los residuos y la tendencia actual es la disminución de la fracción de aquellos destinados en rellenos sanitarios. La meta de muchos países, en particular los europeos, es en un futuro no utilizar rellenos sanitarios (Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental, 2003). Sin embargo, para los países latinoamericanos los RSU se disponen mayoritariamente a cielo abierto, sin recibir ningún tipo de tratamiento o en rellenos sanitarios técnicamente mal operados.

En grandes ciudades de los Estados Unidos, cada persona genera en promedio entre 1.5 y 3 kilogramos diarios (Feuerman, 2002), mientras que, en América Latina, la producción per cápita de basura, aunque se ha duplicado en las últimas tres décadas, oscila entre 0.5 y 1 Kg/día como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Producción diaria de toneladas de RSU en las principales ciudades de Latinoamérica.

País	Toneladas diarias	No. de Habitantes
Argentina	5,000	2,768,772
Chile	7,100	5,875,013
Colombia	5,891.8	6,778,691
Cuba	1,060	2,201,600
El Salvador	1,609.62	316,090
Guatemala	1,5000	3,762,960
México	12,000	8 720,916
Perú	8,938.5	8,845,200

Fuente: Noguera y Olivero, 2010.

El estado de Veracruz durante el año del 2013 contaba con una producción del 5.2% del total diario nacional. Un año posterior, la producción diaria nacional de RSU registró un aumento del 19%, llegando a cifra de hasta 102,887 Tn representando dicho estado el 6% de la contribución total en la producción per cápita equivalente a 0.76 Kg/día (INEGI, 2014).

El municipio de Alvarado, generan 11 000 toneladas de RSU diarios, teniendo una producción de 0.20 Kg/día de los cuales los residuos con mayor índice de producción son los alimenticios representando más del 50% según estudios realizados por INBIOTEC durante el programa denominado "Programa estatal de rehabilitación de basureros" cuya finalidad era proponer sistemas de disposición final para el municipio de Alvarado, Veracruz.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por dicha empresa del porcentaje de subproductos más representativos para el municipio de Alvarado, Veracruz.

Tabla 3. Composición de los residuos en el municipio de Alvarado, Veracruz.

Componentes	Porcentaje (%)
Residuos alimenticios	51.87
Papel	9.12
Pañal desechable	6.51
Plástico rígido y de película	6.14
Vidrio transparente	6.51
Residuos de jardinería	5.69
Cartón	3.47
Otros	10.69

Fuente: INBIOTEC, 1991.

El relleno sanitario, de acuerdo con la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), es una "técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública (Meléndez, 2004). Básicamente consta de celdas previamente impermeabilizadas donde una vez depositados, compactados y nivelados los residuos sólidos, estos son cubiertos con tierra u otro material inerte, al menos una vez al día. El manejo de los subproductos de la descomposición de los residuos es realizado en instalaciones cercanas al relleno. Estos subproductos en su mayoría corresponden a líquidos percolados, comúnmente denominados lixiviados, y el biogás (gas metano en su mayor composición), producto de la descomposición anaerobia de los residuos. El municipio de Alvarado, Veracruz contaba con un tiradero a cielo abierto denominado "El capricho" ubicado a 3 Km de la zona urbana y ubicado entre la laguna de Alvarado y el Golfo de México, dicho sitio fue clausurado debido a la presencia de fauna nociva, lixiviados esparcidos y no presentar material de cobertura, así mismo no cumplir con los requerimientos de la NOM-083-SEMARNAT-2003, que estable las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Actualmente el sitio de disposición final de los residuos producidos en la Riviera Veracruzana de la localidad de Antón Lizardo se ha convertido en un tiradero a cielo abierto, repercutiendo en la salud de los habitantes y en el ambiente (aire, agua y suelo) debido a la presencia de subproductos impactantes como son el biogás, lixiviados, la presencia de fauna nociva y un manejo inadecuado de los residuos sólidos como se observa en la figura 1.

Fig. 1. Tiradero a cielo abierto del municipio de Antón Lizardo.



Fuente: Propia

Por lo tanto, la implementación de un relleno sanitario es un método viable, seguro y controlado para disponer los residuos sólidos municipales de la Riviera Veracruzana y la localidad de Antón Lizardo de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003.

METODOLOGÍA

Antón Lizardo es una localidad perteneciente al municipio de Alvarado del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, se localiza a unos 23 kilómetros al sureste de la localidad de Boca del Río, con la que se comunica por una carretera asfaltada denominada Boulevard Riviera Veracruzana, en la cual la mancha urbana se ha localizado a los costados, además de comunicar con localidades como Mandinga y el Conchal.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se efectuó un análisis de factores de factores ambientales del entorno, denominado "Impactantes Potenciales de la Instalación" para elegir el sitio más adecuado de entre los 3 propuestos de acuerdo con sus características del medio que pueden ser afectadas (Sánchez, 1998).

A continuación, se mencionan los diferentes microelementos de afectación al ambiente y la salud pública que pueden verse afectados y deben tomarse en cuenta.

Ambiente: Emisión de agentes contaminantes, físicos, químicos y biológicos, que pueda llegar a afectar el ambiente en general, en especial aire y suelo.

Salud: Generación de polvos, microorganismos y contaminantes químicos, que inciden directamente al ser humano y animales domésticos, o bien dispersarse sobre elementos del ambiente, así mismo la aparición de fauna nociva.

Bienestar: Generación de polvos, ruidos y olores, dispersión de residuos sólidos y afectación de la estética del paisaje.

Infraestructura: Facilidad de acceso y deterioro de la infraestructura hidráulica.

Existe una relación de causa-efecto que se puede identificar en un enfoque sistemático, por lo anterior se propone un porcentaje de impacto para cada uno de los microelementos: Bienestar 35%, Ambiente 20%, Infraestructura 15% y Salud 30%.

Se propone una tabla (tabla 4) que relaciona las variables con las acciones del hombre sobre su entorno, evaluando el impacto de cada una de ellas sobre el medio:

Tabla 4. Características y fundamentos de la matriz acciones del hombre/entorno

Impacto potencial	Fundamentos de los límites	Calculo
Material de cobertura	Área con material de cobertura. Valores: 1.- Menores a 5 Km 2.- Entre 5 y 10 Km 3.- Mayores a 10 Km	$\frac{x}{3}$
Acondicionamiento del sitio	Se asignan 2 valores: 3.- Acondicionamiento 0.- Cuando no	$\frac{x}{3}$
Cercanía a población o zona agrícola	Distancia mínima 50 m, distancias mayores a 200 m se asigna 0	$\frac{1.33x}{150}$
Incidencia de vientos	Días que el viento incide desfavorablemente	$\frac{x}{365}$
Visibilidad del sitio	Se asigna un valor entre 0 a 2, donde el valor mínimo es para sitios ocultos y 2 visibles.	$\frac{x}{2}$
Distancia a cuerpos de agua superficiales	El Rango varía entre 0 y 1, el valor corresponde a la distancia mínima que de 300 m	$\frac{300}{x}$
Distancia a pozos de agua potable	Distancia mínima recomendada 360 m	$\frac{360}{x}$

Fuente: Sánchez, G.J., 1998.

RESULTADOS

El predio no. 1 se ubica dentro de las coordenadas: Latitud. 18°59´39.07´´N, Longitud. 95°59´36.74´´O. en la localidad de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz. (Ver figura 2 y 3)

El sitio se encuentra a 856 m de la carretera Antón Lizardo – La Piedra, y a 814.6 m de la localidad El Zapote, municipio de Alvarado, Veracruz.

Se tiene acceso al predio por un camino, el cual, sin inconvenientes topográficos ni sociales, cruza dos propiedades y se recorren 856 m hasta la entrada de la zona de interés.

Dentro del sitio se logran apreciar diferentes especies de flora y fauna, las cuales no presentan inconveniente debido a que ninguna de ellas se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fig. 2. Sitio 1 propuesto, vista satelital.



Fuente: Google Earth

Fig. 3. Sitio 1 propuesto, vista en campo.



Fuente: Propia

El predio no. 2 está ubicado dentro de las coordenadas: Latitud. 18°59'28.15"N, Longitud. 96° 1'33.58"O. en la localidad de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz. (Ver figura 4 y 5)

El sitio se encuentra a 2,624 m de la carretera Antón Lizardo–La Piedra. Este sitio presenta diversos factores los cuales dificultan el acceso al área de interés. Es importante mencionar que existe un cuerpo de agua cercano denominado Laguna Real Mandinga Grande el cual está a 1742.75 m en línea recta.

Se pueden apreciar, dos localidades aledañas al sitio, las cuales son:

- La Laguna ubicada a 4,624 m.
- El Zapote ubicada a 3,474 m.

Dentro del sitio se logran apreciar diferentes especies de flora y fauna, las cuales no presentan inconveniente debido a que ninguna de ellas se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fig. 4. Sitio 2 propuesto, vista satelital.



Fuente: Google Earth

Fig. 5. Sitio 2 propuesto, vista en campo



Fuente: Propia

El predio no. 3 se encuentra dentro de las coordenadas: Latitud. 19° 2'33.18"N, Longitud. 96° 0'7.57"O. en la localidad de Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Veracruz. (Ver figura 6 y 7)

El sitio se encuentra a 1,504 m de la carretera Boca del Rio – Antón Lizardo. Durante la pre-exploración completa del sitio, se pudo observar que el camino de acceso al predio es demasiado estrecho para la circulación de vehículos.

Se puede apreciar una localidad aledaña al sitio la cual es:

- Antón Lizardo que se encuentra ubicado a 592 m.

Dentro del sitio se logran apreciar diferentes especies de flora y fauna, en las cuales se presentan inconveniente debido a que algunas de ellas se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fig. 6. Sitio 3 propuesto, vista satelital.



Fuente: Google Earth

Fig. 7. Sitio 3 propuesto, vista en campo



Fuente: Propia

Con base a los resultados obtenidos del muestreo e inspección de los sitios como propuesta para sitios de disposición final se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Material de cobertura

Sitio	Distancia	Valor	Función
1	0 Km	1	0.33
2	0 Km	1	0.33
3	0 Km	1	0.33

Los tres sitios se encuentran a menos de 5 Km de la zona más próxima donde se puede extraer material de cobertura.

a) Acondicionamiento del sitio

Sitio	Requiere acordonamiento	Función
1	No	0
2	Si	1
3	Si	1

Los 3 sitios son terrenos planos; los sitios 2 y 3 presentan caminos estrechos, los cuales dificultan el paso de los vehículos, por lo tanto, se necesita un acondicionamiento en las rutas de entrada y salida para los sitios propuestos, previo a la construcción.

a) Cercanía a la población o zonas agrícolas y ganaderas.

Sitio	Distancia	Función
1	>50 m	0.443
2	<200 m	0
3	< 200 m	0

El sitio número 1 se encuentra a menos de 50 metros de una zona ganadera, en la cual se observa presencia de ganado vacuno; el sitio 2 y 3 no presenta ningún tipo de ganado o zona agrícola dentro del límite permisible.

a) Incidencia del viento

Sitio	Días Viento desfavorable	Función
1	108	0.295
2	108	0.295
3	100	0.273

Se toma en consideración como factor los días de vientos desfavorables presentes en los sitios, los 3 sitios se encuentran en terrenos con terracería lo que aumenta la emanación de polvos.

a) Visibilidad del sitio

Sitio	Visibilidad	Función
1	Visible	1.5
2	Parcialmente visible	1.0
3	Oculto	0.5

El sitio 1, se encuentra visible debido a que la mancha urbana se encuentra a menos de 1 Km y es un sistema llano; el sitio número 2 se encuentra visible y cerca de La Gran Laguna de Mandinga en un predio completamente llano; el sitio 3 se encuentra parcialmente oculto debido a que los accesos presentados se encuentran entre lomeríos, por lo tanto, dicho predio es óptimo para la instalación de las celdas.

a) Distancia de cuerpos de agua superficiales

Sitio	Distancia	Función
1	0 m	0
2	1700	0.17
3	550	0.54

Existen cuerpos de agua superficiales cercanos, pero se encuentran dentro de los parámetros permisibles en los sitios propuestos para la disposición final, el cuerpo de agua próximo al sitio 2 es la Laguna Real Mandinga Grande se encuentra en el sitio 2 a 17000 m en línea recta y en sitio 3 es el Arroyo "El Giote" ubicado a 550 m.

a) Distancia a Pozos de extracción

No existen pozos de extracción en los sitios propuestos para la disposición final, por lo que la función sensibilidad es 0.

Una vez obtenido las funciones de sensibilidad se procede a realizar el análisis de sitios propuestos.

Tabla 5. Matriz de calificación de sitio 1

Factor	Microelementos de afectación				
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	∑
Cobertura	0.12	0.07	0.05	0.10	0.33
Acondicionamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cercanía de población	0.15	0.09	0.06	0.13	0.43
Incidencia de vientos	0.10	0.06	0.04	0.09	0.30
Visibilidad	0.53	0.30	0.23	0.45	1.50
Distancia a cuerpos superficiales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Distancia a pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑	0.90	0.51	0.38	0.77	2.56

En la tabla 5 se puede apreciar que el factor que más incide en la calificación del sitio 1 es el factor de visibilidad, seguido a la cercanía de la población; además de que el elemento de afectación con más índice es el de bienestar.

Tabla 6. Matriz de calificación de sitio 2

Factor	Microelementos de afectación				
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	∑
Cobertura	0.12	0.07	0.05	0.10	0.33
Acondicionamiento	0.35	0.20	0.15	0.30	1.00
Cercanía de población	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Incidencia de vientos	0.10	0.06	0.04	0.09	0.30
Visibilidad	0.35	0.20	0.15	0.30	1.00
Distancia a cuerpos superficiales	0.06	0.03	0.03	0.05	0.17
Distancia a pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑	0.98	0.56	0.42	0.84	2.80

En la tabla 6 se puede apreciar que los factores que más inciden en la calificación del sitio 2 es el factor de visibilidad y acondicionamiento del sitio; además de que el elemento de afectación con más índice es el de bienestar.

Tabla 7. Matriz de calificación de sitio 3

Factor	Microelementos de afectación				
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	∑
Cobertura	0.12	0.07	0.05	0.10	0.33
Acondicionamiento	0.35	0.20	0.15	0.30	1.00
Cercanía de población	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Incidencia de vientos	0.10	0.05	0.04	0.08	0.27
Visibilidad	0.18	0.10	0.08	0.15	0.50
Distancia a cuerpos superficiales	0.19	0.11	0.08	0.16	0.54
Distancia a pozos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
∑	0.93	0.53	0.40	0.79	2.64

En la tabla 7 se puede apreciar que los factores que más inciden en la calificación del sitio 3 es el factor de acondicionamiento del sitio; además de que el elemento de afectación con más índice es el de bienestar y en segundo lugar la salud.

DISCUSIÓN

La localización y construcción de un relleno sanitario es una de las construcciones más relevantes debido a que en este sitio se dispondrán nuestros residuos sólidos por lo tanto la realización de un método para estimar el grado de impacto a diversos factores es de suma importancia, por ejemplo, Umaña Granados et al., en el 2002, realizó un método de evaluación y selección de sitio para relleno sanitario, a partir de una matriz de priorización de variantes y ficha de evaluación, mientras que Armas y Yaselga et al., en Ecuador en el 2005 utilizó factores específicos para la selección del sitio y construcción del relleno sanitario obteniendo un estudio de la evaluación de impactos ambientales lo cual que generó la construcción del relleno sanitario de San Miguel de Ibarra, en el sector las Tolas de Socapamba.

En México Susunaga-Miranda en el año 2000 realizó un estudio de diseño de un sistema de manejo y disposición final para los Residuos Peligros con características Biológico-Infeccioso (RPBI's) generados en zonas rurales de atención salud en Tenabo, Campeche el cual utilizó la metodología denominada "Impactantes Potenciales de la Instalación" propuesta por Sánchez en 1998 siendo una modificación de la matriz de Leopold diseñada en un principio para proyectos de construcción; la utilización de este método dio como resultado el más adecuado de acuerdo a la características del medio (factores sociales y ambiental) para la propuesta de la instalación de una celda especial para RPBI's.

CONCLUSIÓN

Los accesos a los sitios 2 y 3 presentan complicaciones debido a desniveles y caminos estrechos dificultando el acceso a estos.

La flora y fauna de los 3 predios son óptimas para la selección del sitio de disposición final debido a que ninguna de las especies se encuentra en NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece 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, por lo tanto, solo se necesita de un programa de reubicación de especies.

Los 3 predios cumplen con características óptimas de acuerdo con el área destinada, sin embargo, el predio no. 2 y 3 se encuentran cerca de recursos hídricos como la Laguna Real de Mandinga Grande y el arroyo El Giote, respectivamente. Esto es un factor importante para la toma de decisiones pues es posible que el impacto ambiental incremente por la relativa cercanía de cuerpos de agua.

El factor de mayor impacto para la selección de los sitios de disposición final es el factor visual.

El microelemento “bienestar” es el factor más sobresaliente para la selección del sitio de disposición final.

El sitio 1 presenta menor cantidad de impacto obteniendo como resultado 2.56 siendo el sitio óptimo para la selección del sitio además de no presentar cuerpos de agua cerca de este.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo económico para la realización del proyecto de investigación.

Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río y al Instituto Tecnológico de Veracruz por el apoyo brindado.

LITERATURA CITADA

Armas, Y. y Yaselga, G. (2005). Estudio de la evaluación de impactos ambientales que genera la construcción del relleno sanitario de San Miguel de Ibarra, en el sector Las Tolas de Socapamba. (Tesis para optar el grado de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador).

Collazos, H. (2009). La situación de la disposición final de las basuras en Colombia, Innovación y Ciencia, (16):19-25.

Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental. (2003). La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos.

Diario Oficial de la Federación de México. (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Diario Oficial de la Federación de México. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Que establece 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 dicha norma se determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas y las sujetas a protección especial.

Feuerman, A. (2002). Los residuos sólidos (la basura) un enfoque basado en los derechos de propiedad. http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/basura.pdf (Accesado 10 de septiembre de 2018)

INBIOTEC. (1999). Programa estatal de rehabilitación de basureros. Alvarado, Veracruz.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005) Conteo de Población y Vivienda.

Meléndez, C. (2004). Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos PROARCA.

Muñoz, K. y Bedoya, A. (2009). El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales. Economía Autónoma. Edición virtual. http://www.eumed.net/rev/ea/03/mvbo.htm (Accesado 4 septiembre de 2018)

Noguera, K.M. y Olivero, J.T. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 34(132):347-356.

Sánchez, G.J., Semadeni, M.I. y Rodríguez, V.M. (1998). Impacto Ambiental en rellenos sanitarios. Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos. México. D.F.

Sánchez, G.J. (1996). Estaciones de transferencias de residuos sólidos y peligrosos. Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Campus, Estado de México), Ciudad de México.

Susunaga-Miranda, M.A. (2000). Diseño de manejo de disposición final para los RPBI's generados en centros rurales de la ciudad de atención a la salud. "Caso de estudio: Tenabo: Campeche. (Tesis para obtener el grado de Maestro, Universidad Veracruzana, Veracruz, México).

Umaña-Granados, J.G. (2002) Método de evaluación y selección de sitio para relleno sanitario. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

US Census Berau, (2009). U.S. & World Population Clocks. Disponible en: http://www.census.gov/main/www/popclock.html. (Accesado el 20 de agosto de 2018).

DIAGNÓSTICO DE LAS FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN HACIA EL PARQUE NACIONAL COSTA OCCIDENTAL DE ISLA MUJERES, PUNTA CANCÚN Y PUNTA NIZUC, QUINTANA ROO.

FABIOLA LANGO REYNOSO, JOSÉ ADÁN CABALLERO VÁZQUEZ, MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ, JESÚS MONTOYA MENDOZA Y EDGAR FRANCISCO HUESCA VELÁZQUEZ.

RESUMEN

Se realizó el diagnóstico de las fuentes de contaminación que pueden afectar al ecosistema costero marino del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún, Punta Nizuc. Fueron observadas malas prácticas por parte de los prestadores de servicios turísticos en cuanto a disposición de desechos sólidos y efluentes. De igual manera, se identificaron fuentes puntuales de contaminación hacia el Parque Nacional, encontrándose una comunicación permanente con el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez, descrito por otros autores como impactado por las actividades humanas que se llevan a cabo en las inmediaciones. Se realizó un listado de los principales contaminantes de acuerdo a la importancia de la actividad económica a la que están asociados. El transporte terrestre, marítimo y los residuos urbanos son los que presentan mayor riesgo de infiltrarse al acuífero kárstico que predomina en la región y contaminar los cuerpos de agua.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas costeros son de suma importancia para el paisaje y la biodiversidad mexicana, en ellos interactúan diversos procesos como los fluviales, marinos, subterráneos, eólicos, biológicos, solares y factores antrópicos (Herrera-Silveira et al. 2005a). Se considera que del 70 al 75% de la contaminación marina global es causada por las actividades humanas que se llevan a cabo en la superficie terrestre (Escobar 2003), ya sea por hidrocarburos, aceites, aguas municipales de desecho, pesticidas orgánicos, nutrientes, patógenos, metales pesados, desechos radiactivos, plásticos y microplásticos, el mar siempre es el depositorio final de los contaminantes generados en tierra (Clark 1992, Derraik 2002; Islam y Tanaka 2004; Fendall y Sewell 2009). Consecuencia de esto es que muchos ecosistemas críticos o de conservación han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación (Escobar 2003; Herrera-Silveira et al. 2005b). La zona costera del Caribe mexicano, recibe una importancia económica gracias a la gran cantidad de complejos turísticos que alberga (Barrera y Namihira 2004); y al mismo tiempo, una gran importancia ecológica, al tener Quintana Roo cerca del 85% de su superficie cubierta de selva, un suelo kárstico sumamente permeable y 865 km de litoral donde se encuentra el Sistema Arrecifal Mesoamericano (Herrera-Silveira 2005 b; INEGI 2017). El estado de Quintana Roo alberga 1 millón 500 mil residentes y recibe una cantidad de 8 millones 400 mil turistas al año (INEGI 2017), y debido a esa gran carga turística susceptible a cambios en la estructura ecosistémica de sus áreas naturales debido a la contaminación generada por las distintas actividades antropogénicas. En el estado existen 17 áreas naturales protegidas (ANP) de competencia federal, entre Áreas de protección de flora y fauna, Parques Nacionales, Reservas de la Biósfera y Santuarios; es el estado con más ANPs en la región Península de Yucatán y Caribe mexicano (SEMARNAT 2017). La ciudad más poblada y con más afluencia turística del estado es Cancún, la primer ciudad Centro Integralmente Planeado FONATUR para el turismo, fue creada en 1974 como un gran centro turístico de 23 km de frente de playa y una ciudad de servicios tierra adentro (FONATUR

2016). Por su cercanía a la ciudad y zona hotelera de Cancún, las ANPs más impactadas por las actividades que ahí se realizan, son el Área de protección de Flora y Fauna (APFF) Manglares de Nichupté y el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (PNCOIMPCPN). Entre estos dos se encuentra el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez, hasta la fecha sin protección especial y donde ocurren diversas actividades de tráfico marítimo y descargas de aguas de uso antropogénico. En este trabajo, se analizó la naturaleza de los aportes de contaminantes, que eventualmente llegarán al mar, mediante la observación y toma de evidencias de fuentes puntuales de contaminación y malas prácticas en el área de influencia del PNCOIMPCPN y sus posibles impactos al equilibrio ecológico de la zona costera.

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar las fuentes puntuales de contaminación hacia el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Registrar las fuentes puntuales de contaminación hacia el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.

Identificar las actividades con impacto antropogénico que se realizan en las cercanías del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.

Categorizar los contaminantes que se aportan hacia el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.

METODOLOGÍA

Área de estudio.

El Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (PNCOIMPCPN) se localiza en el mar Caribe, al noroeste del estado de Quintana Roo y frente a los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres. Tiene una extensión total de 8 mil 673-06-00 hectáreas. Está dividido en tres polígonos, costa occidental de Isla Mujeres con 2 mil 795-48-25 ha, punta Cancún con 3 mil 301-28-75 y punta Nizuc al sur con 2 mil 579-29-00 ha. Los tres polígonos se caracterizan en su zona terrestre por ser llanuras costeras con poca o ningún relieve o inclinación y un suelo permeable de tipo kárstico, lo que no permite escurrimientos permanentes y propicia la formación de dolinas o cenotes. En la parte costera marina, la pendiente es de 4 a 15 km desde la línea de costa hasta las 100 brazas. El clima en la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano y la temperatura media es de 29.3° C, se advierte la presencia de canícula entre los meses de julio y agosto. El PNCOIMPCPN se encuentra en una zona frecuentemente azotada por huracanes, con 16 ciclones tropicales registrados de 1995 a 2016. El área de influencia del PNCOIMPCPN incluye a la ciudad y zona hotelera de Cancún, el sistema lagunar Nichupté-Bojórquez y el ÁPFF Manglares de Nichupté (Fig. 1).



Figura 1. Polígonos y zona de influencia del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún, Punta Nizuc. Tomado de SEMARNAT 2016.

OBSERVACIÓN Y TOMA DE EVIDENCIA

Se hicieron recorridos a pie por la franja litoral de los tres polígonos. Se prestó especial atención a los establecimientos que se encuentran junto a la línea de playa o sobre de ella. En el caso de observar irregularidades en el manejo de efluentes o desechos urbanos, se consultó con los encargados de las operaciones la frecuencia con que estas sucedían y si existían situaciones similares. Al final, se tomó evidencia fotográfica de los hechos observados con el fin de relacionarlos con la entrada de contaminantes específicos al ecosistema costero.

RESULTADOS

No se encontraron descargas de aguas residuales permanentes ni vertederos a cielo abierto, pero sí se encontraron malas prácticas en el mantenimiento de albercas (Fig. 2), desagües pluviales (Fig. 3), residuos de turistas como colillas de cigarro y embarcaciones sin control sobre sus emisiones (Fig. 4). Se registraron intercambios de agua de manera natural con el sistema lagunar Nichupté-Bojórquez a través de la boca Cancún y la boca Nizuc, donde además se encuentran bombas de combustible para embarcaciones.

El listado de las actividades económicas más importantes en la zona de influencia del PNCOIMPCPN con los contaminantes generados por dicha actividad se presentan en la Tabla 1.



Figura 2. Desagüe para alberca que da directamente al mar en Punta Nizuc.

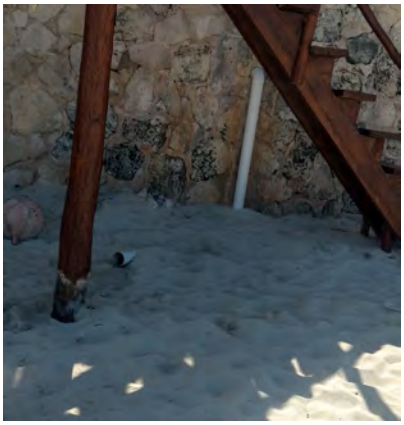


Figura 3. Desagüe pluvial proveniente de un centro turístico cercano a Punta Cancún.



Figura 4. Embarcación sin control de emisiones en la boca del canal de Cancún.

Tabla 1. Actividades y residuos antropogénicos generados en el área de influencia del PNCOIMPCPN.

Actividad	Fuente de contaminación	Sustancias asociadas	Impacto al medio ambiente
Transporte	Gasolinas	Dióxido de carbono	Contribuye al calentamiento global y depósitos de carbono en el mar
		Monóxido de carbono	Gas presente en la combustión carente de oxígeno. Es un gas tóxico para el humano.
		Óxidos de nitrógeno	Resultado natural de la combustión, se concentran en la atmósfera como gas de efecto invernadero.
		Óxido de azufre	Son irritantes de la mucosa animal y pueden formar compuestos ácidos, se encuentran como impurezas en el combustible.
		Benceno	Parte incombustible de las gasolinas, su presencia porvoca malestares, intoxicación y cáncer.
	Aceites	Aluminio, zinc, cobre	Se encuentran en aceites provenientes de motores en mal estado o afectados por corrosión.
		Aceites minerales y sintéticos	Los aceites mal desechados son graves contaminadores del suelo y mantos freáticos. Su depositorio final es el sedimento marino donde dañan la vida acuática bentónica.
	Anticongelantes	Etilenglicol	Componente principal de los anticongelantes debido a sus elevados puntos de ebullición y fusión. La exposición alta y prolongada produce daño renal.
	Toma de gasolinas	MTBE	Sustituto del plomo para elevar el octanaje de la gasolina. Es soluble en agua y se degrada con la luz solar, por lo que puede permanecer en aguas subterráneas mucho tiempo.
Residuos sólidos municipales	Desechos orgánicos	Biológicos	Incluye todos los restos de frutas, vegetales y animales. Son causantes de la eutrofización del suelo y posteriormente del mar
	Desechos inorgánicos	Plásticos	PETs, PVCs, PEHDs, PPs. Interfieren con la vida de muchas especies acuáticas, su degradación deriva en microplásticos, lo que los incorpora a la cadena trófica.
Turismo	Bloqueadores	Oxibenzona, avobenzona	Sustancias activas de algunos bloqueadores. En el mar se les asocia con el blanqueamiento del coral y han sido prohibidos en

			algunas ANP. Su uso ha decrecido en favor de bloqueadores minerales con óxido de zinc.
		Aceites minerales, emulsificantes	Son usados para dar consistencia cremosa a los bloqueadores. Contribuyen a la entrada de grasas al medio marino.
		Nicotina	Sustancia activa del cigarrillo. Es una neurotoxina que afecta de mayor manera a animales pequeños. Tiene un gran desplazamiento por el medio marino.
		Alquitrán	Material resultante de la combustión del tabaco, es un remanente en colillas y filtros de cigarrillo. Afecta a animales, plantas y sedimentos en el medio marino.
	Colillas de cigarro	Arsénico	La planta de tabaco absorbe el arsénico presente en el suelo durante su cultivo. En el medio marino forma precipitados insolubles lo que reduce su toxicidad.
		Plomo	Se encuentra en la planta de tabaco desde su cultivo. Forma distintos compuestos cuando entra en contacto con el sedimento marino y puede ser biomagnificado por otras plantas.
		Cadmio	Se desprende de la hoja del tabaco durante su combustión. Es un metal pesado sumamente tóxico para el medio ambiente.
	Sascab	Piedras calizas	Se usa como relleno y material de construcción en toda la península. Su escurrimiento puede aumentar los niveles de dureza del agua.
Construcción	Asfalto	Vanadio, níquel, hierro, calcio, magnesio	Derivados del petróleo, metales pesados y otros subproductos son encontrados en el asfalto. Su contacto con el suelo los hace infiltrarse al subsuelo con las lluvias o la misma hidratación durante el proceso de aplicación.
	Desechos de construcción	Concretos, maderas, varillas	Si no son contenidos de manera apropiada pueden causar azolves y contaminación en los cuerpos de agua.
Pesca	Artes de pesca descartadas	Redes de enmalle, tarrayas, anzuelos	Interfieren con la vida marina al no tener vigilancia adecuada. Causan la muerte de organismos acuáticos por descuido.
	Carnadas	Restos biológicos	Eutrofizan las aguas y pueden estar contaminadas con agentes patógenos.
Residuos de manejo especial	Baterías	Zinc	Componente de los ánodos de las pilas zinc-carbono
		Manganeso	Reacciona con el zinc en las pilas alcalinas no reutilizables para producir energía
		Litio	Se emplean sales de litio en baterías de celulares y litio metálico en pilas recargables. Son susceptibles a sobrecalentarse y explotar.
		Níquel	Usado junto al cadmio en baterías recargables NiCd y con metales hidruros en baterías NiMH.
		Cadmio	Se ha ido descontinuando su uso en baterías NiCd. Es sumamente contaminante.
	Lámparas	Plomo	Se usa como cubierta aislante para cables y en lámparas antiguas
		Mercurio	Usado en lámparas fluorescentes

	Televisores y monitores	Mercurio, arsénico	Metales pesados contenidos en paneles antiguos.
	Electrodomésticos	Antimonio	Usado en soldaduras metálicas
		Clorobencenos	Retardador de llama, se aplica en fundas y recubrimientos
		Metales pesados	Se incorporan a la red de drenaje como lixiviados debido al manejo deficiente de los productos que los contienen.
Drenaje	Aguas residuales	Patógenos	Es muy fácil su incorporación a la red de aguas residuales, ya sea los de origen humano o de otros animales.
		Residuos biológicos	Causan eutrofización de los cuerpos de agua. Pueden ocasionar sobreproducción primaria por exceso de nutrientes e interferir con el oxígeno disuelto en el medio.

DISCUSIÓN.

Debido a la naturaleza cárstica del suelo de la región del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc PNCOIMPCPN; los recorridos terrestres por la costa ofrecieron un panorama superficial de la problemática de descargas en las costas del mar Caribe. Se coincide con lo descrito por otros autores (Carbajal 2009; González 2016), que señalan que, de manera superficial, existen dos grandes zonas de intercambio de agua entre el sistema lagunar Nichupté-Bojorquez y el PNCOIMPCPN, el canal de Cancún y el canal de Nizuc. El sistema de agua y saneamiento de la ciudad de Cancún, Quintana Roo, "Aguakan" reporta en su sitio web (consultado en noviembre, 2019), que las aguas residuales de uso doméstico son bombeadas a distintas plantas de tratamiento y después son inyectadas a 100 m en el subsuelo. En el año 2015 había 11 plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR en funcionamiento en el municipio de Benito Juárez, tres de estas PTAR se localizan en la zona hotelera de la ciudad de Cancún, y son operadas por FONATUR (CONAGUA 2015; Reynolds 2001). Las actividades económicas del estado de Quintana Roo son mayormente dirigidas hacia el sector terciario o de servicios. Las actividades extractivas mineras representan el 0.46% de la totalidad de las actividades económicas y solo se presenta la extracción de piedra caliza y otros agregados pétreos, la extracción petrolífera es inexistente (INEGI 2017). De acuerdo con Maldonado et al. 2010 y Maya y Ferrusca 2014, el acelerado crecimiento turístico ha vulnerado las áreas naturales cercanas.

CONCLUSIÓN

Las fuentes de contaminación encontradas durante el desarrollo de este trabajo se deben a dos grandes factores, el turismo y los efluentes municipales. Conforme avance el conocimiento sobre los impactos que generan estas dos actividades, se deben establecer e implementar políticas que aseguren la conservación de los recursos y ecosistemas costeros de manera sostenible. Con centros turísticos construyéndose constantemente, el ecosistema costero debe ser conservado, ya que al mismo tiempo es el sustento del turismo en la región.

LITERATURA CITADA

Barrera-Escorcia, G., & Namihira-Santillán, P. E. (2004). Contaminación microbiológica en la zona costera de Akumal, Quintana Roo, México. Hidrobiológica, 14(1), 27-35.

Carbajal Pérez, N. 2009. Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CQ063. México D. F.

CONAGUA. (2015). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de AguasResiduales en Operación. Diciembre 2015. México: SEMARNAT.

Cervantes Martínez, A., Gutiérrez Aguirre, M. A., & Álvarez Legorreta, T. (2015). Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla Mujeres, Quintana Roo, México.

Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine pollution bulletin, 44(9), 842-852.

Duarte, L., Rodriguez, S., Areco, L., & Martínez, C. (2018). Monitoreo de los niveles de benceno, hidrocarburos aromáticos y compuestos oxigenados en combustibles fósiles

importados en Paraguay. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay, 23, 57-66. doi: 10.32480/rscp.2018-23-1.57-66

Escobar, J. (2003). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (Vol. 50): United Nations Publications.

Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. Marine pollution bulletin, 58(8), 1225-1228.

FONATUR (2016). Cancún, el destino turístico mexicano más reconocido a nivel mundial. Fondo Nacional de Fomento al Turismo. México.

Fong Silva, W., Quiñonez Bolaños, E., & Tejada Tovar, C. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. Prospectiva, 15(2), 135-144.

Herrera-Silveira, J. A. (2006). Lagunas Costeras de Yucatan (SE, México) Investigación, Diagnóstico y Manejo. ECOTROPICOS 19 (2): 94-108 2006, 19(2), 94-108.

González Arrellano, N. A. (2016). El karst y su relación con la actividad turística en Quintana Roo.

Herrera-Silveira$_a$, J. A., Aranda, N., Troccoli-Ghinaglia, L., Comín, F. A., & Madden, C. (2005). Eutrofización costera en la Península de Yucatán.

Herrera-Silveira$_b$, J. A., Comín, F. A., & Capurro, L. (2005). Los usos y abusos de la zona costera en la península de Yucatán.

INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017. México: Gobierno del Estado de Quintana Roo.

Islam, M. S., & Tanaka, M. (2004). Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Marine pollution bulletin, 48(7-8), 624-649.

Maya, J. R. C., & Ferrusca, J. R. (2014). Contaminación ambiental del sistema lagunar de Nichupté (Cancún-México).

Merino, M., González, A., & Czitrom, S. (1992). Laguna Bojórquez, Cancún: Un sistema de características marinas controlado por la atmósfera. An Inst Cienc del Mar y Limnol Univ Nal Auton México, 19(1), 59-71.

Páez-Osuna, F., & Osuna-Martínez, C. (2011). Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. Hidrobiológica, 21, 229-238.

Reynolds, K. A. (2001). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Latinoamérica, 48-49.

Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B., & Jordán-Dahlgren, E. (2016). Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014–2015). Florecimientos algales nocivos en México. Ensenada, Mexico: CICESE, 352-365.

Rubio Maldonado, E., Murad Robles, M., Sanroque, R., & Vicente, J. (2010). Crisis ambiental en la costa de Quintana Roo como consecuencia de una visión limitada de lo que representa el desarrollo sustentable. Argumentos (México, DF), 23(63), 161-185.

SEMARNAT. (2016). Programa de Manejo Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc. Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEMARNAT (2017). Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.

Robles López, José Isidro. (2010). Aplicacion de un sistema de aireacion en la laguna de Bojorquez, Cancun, Mexico." *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 31, no. 3, p. 28+. *Gale OneFile: Informe Académico*, Accessed 5 Dec. 2019.

Vázquez Botello, A., & Páez, F. (1987). El problema crucial: la contaminación: Centro de Ecodesarrollo.

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB Y V) EN SEDIMENTOS ACUÁTICOS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA, TABASCO.

MARGUERITE NAVARRETE DOMÍNGUEZ [1], ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMÁN[2], MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ [3], FABIOLA LANGO REYNOSO [4]

RESUMEN

Se identifican y cuantifican en un espectrofotómetro de absorción atómica, las concentraciones de tres metales pesados: Cd, Pb y V, en muestras de sedimentos colectadas en ocho sitios de muestro en la Reserva de la Biosfera Los pantanos de Centla, Tabasco. La media de las concentraciones determinadas concluye que la zona de estudio se encuentra contaminada por cadmio de acuerdo a las directrices canadienses de la calidad de los sedimentos, con concentraciones que oscilan entre los 30.673 y 12.272 mg/kg. También se cuantifican concentraciones significativas para plomo y vanadio que no rebasan dichos lineamientos.

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. marg.navd@gmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. rosazamudio@bdelrio.tecnm.mx
[3] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. mariacastaneda@bdelrio.tecnm.mx
[4] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. fabiolalango@bdelrio.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del ritmo de crecimiento y producción de la civilización moderna, uno de los principales problemas que enfrentamos es el desgaste y el incremento del nivel de contaminación de los recursos naturales debido al vertimiento de sustancias tóxicas generadas por actividades antropogénicas: domésticas, urbanas, industriales y agrícolas (Santana Romero et al., 2012). Las principales sustancias introducidas que alteran los ecosistemas son los compuestos organoclorados, productos derivados del petróleo y metales pesados (Arias, et al., 2010).

En los ecosistemas acuáticos, estas sustancias ingresan por los vertidos, contralados o incontrolados, principalmente de fuentes industriales, agrícolas y domésticas; los contaminantes permanecen suspendidos en la columna de agua, donde pueden ser incorporados a la biota acuática o ser depositados sobre el fondo e integrase a los sedimentos (González-Lozano, 2006). Con el tiempo la actividad biológica favorece la degradación de los compuestos orgánicos, sin embargo, en el caso de las especies inorgánicas, como los metales, son continuamente acumulados en el medio ambiente y una porción de estos pueden ser ingeridos por los organismos (Martínez, 2002).

Los metales pesados se pueden clasificar de acuerdo a su número atómico, propiedades u otros factores, sin embargo, el uso de este término se ha utilizado para designar aquellos elementos metálicos y metaloides que son muy propensos a generar problemas de toxicidad en plantas, animales y seres humanos cuando son descargados al entorno natural en conentraciones relativamente altas. Los metales pesados constituyen uno de los contaminantes más importantes en el medio ambiente debido a su elevada persistencia y toxicidad (Alloway, 2013).

Los metales potencialmente tóxicos pueden clasificar en dos categorías: metales de transición, los cuales son esenciales para el metabolismo en bajas concentraciones, pero pueden ser tóxicos en concentraciones elevadas, tales como el cobalto, cobre, manganeso y

zinc; y los metales y metaloides, que generalmente no son requeridos para el metabolismo y son tóxicos en bajas concentraciones, tales como el plomo, cadmio, mercurio, arsénico, selenio y estaño.

Los metales pesados se encuentra de manera natural en el ambiente en concentraciones trazas formando parte de los ciclos biogeoquímicos. Algunos de estos metales son de fácil transporte y disposición; cuando las características del ambiente cambian, ya sea favorecidas por causa naturales o antropogénicas, sumado a las características propias de los sedimentos, se facilita la presencia de estos elementos, su precipitación y acumulación. En el ambiente acuático se pueden encontrar de manera natural debido al intemperismo de las rocas, desgasificación, vulcanismo y los procesos relacionados con los sedimentos marinos. Entre las principales causas de movilización antropogénica están los procesos industriales y minero-metalúrgicos, producción de cemento, consumo de combustibles fósiles, fertilización de suelos, extracción de petróleo, etc. Los metales pesados tienden a acumularse en la columna de agua, sedimentos suspendidos y depositados y agua intersticial. Los principales reservorios abióticos de metales son:la columna de agua, los sedimentos suspendidos son depositados, ya sea en el agua o en el sedimento (Senior, 2015).

La mayoría de los metales pesados se presentan en concentraciones en el mar del orden de ug/l o menores. Las aguas de escurrimiento, incluyendo los ríos, probablemente son la ruta principal de entrada a la zona costera de estas sustancias. Las actividades humanas han contribuido al aumento e incremento de algunos metales pesados con potencialidades tóxicas (Ponce-Velez y Botello, 1992.)

Los metales tienen la capacidad de formar complejos con la materia orgánica y tienden a fijarse en los tejidos de los organismos expuestos, este fenómeno es uno de los problemas más graves que los metales pesados presentan como contaminantes del medio acuático (Mandelli, 1979) ya que la facilidad que tiene la vida silvestre para acumular y concentrar metales pesados, incrementan el riesgo de toxicidad sobre la cadena alimenticia, siendo la dieta una de las principales vías de exposición a metales (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta, 2011).

El problema de la contaminación por metales pesados es actualmente uno de los problemas ambientales que tiene mayor atención, debido a la movilidad que tienen estos en el medio en que se encuentren, debido a su persistencia y capacidad de formar enlaces con distintos compuestos químicos encontrados en las distintas matrices ambientales (agua, suelo, aire), lo cual dificultan su control.

El presente trabajo tiene por objetivo evaluar la concentración de metales pesados, cadmio, plomo y vanadio, en sedimentos acuáticos de la Reserva de la Biosfera Los pantanos de Centla, en el estado de Tabasco.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la Reserva dela biosfera Pantanos de Centla (RBPC) ubicada al noreste del estado de Tabasco, entre las coordenadas 17°57'53" y 18°39'03" de latitud norte y los 92°06'39" y 92°47'58" de longitud oeste. Abarca 302,706 ha. La Reserva se encuentra en su mayor parte dentro del Municipio de Centla con 225,108 ha; el de Jonuta con 65,651 ha y en menor proporción el Municipio de Macuspana con 6,280 ha (DOF, 2000), (Romero et al., 2000).

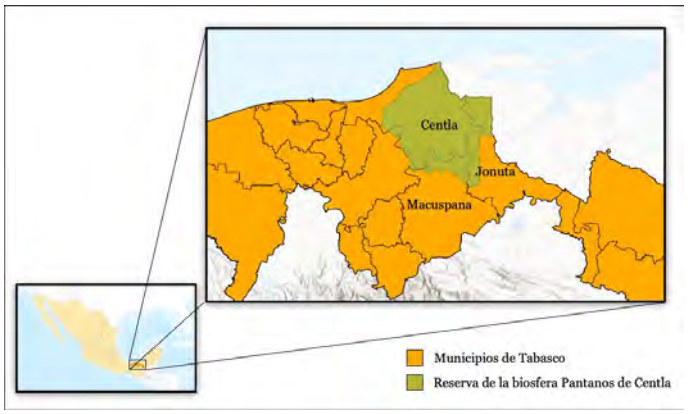


Figura 2 Ubicación de la RBPC

Alberga uno de los sistemas hidrológicos más grandes de México los ríos Grijalva y Usumacinta. La longitud de los ríos en la Reserva es de 463 km, con 110 cuerpos de agua dulce temporales y permanentes y adicionalmente cuerpos de agua salobre (González et al., 2000). Por decreto federal la Reserva se divide en dos zonas núcleo y una zona de amortiguamiento.

La zona núcleo I, al sur del área, ocupa una superficie de 57 738 ha. La zona núcleo II, al norte del área, comprende una superficie de 75 857 ha. El resto del territorio está ocupado por la zona de amortiguamiento con una superficie de 169 111 ha (DOF, 2000).

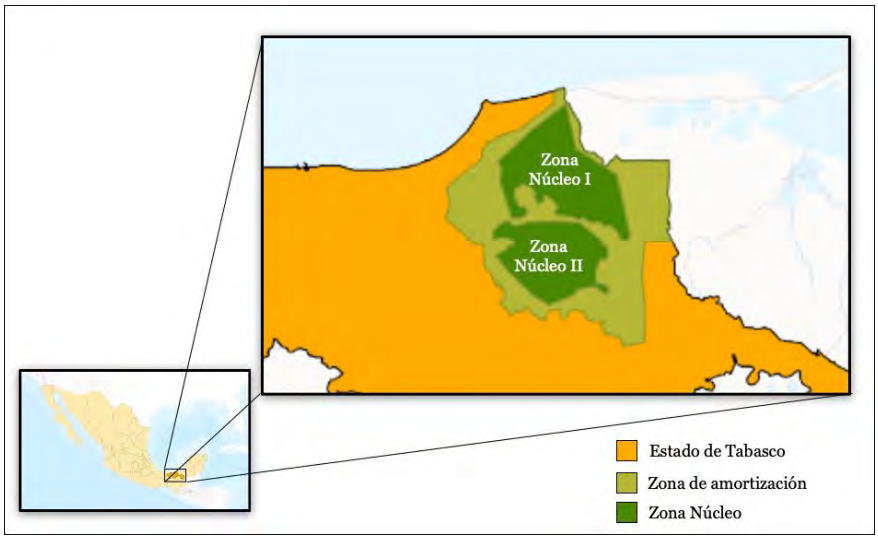


Figura 3 Distribución de las zonas núcleo y de amortización de la RBPC

En el caso de las actividades consideradas en este proyecto de investigación para logística de campo, la realización de las entrevistas, colecta de muestras, análisis de estas y trabajo de gabinete se desarrollarán en el Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos (LIRA). El cual se encuentra constituido de las áreas de Microbiología y Biología Molecular, Histología en Recursos Acuáticos, Toxicología Acuática y de Nutrición Acuícola. Dicho laboratorio se encuentra dentro las instalaciones del Instituto, ubicado en la carretera Veracruz-Córdoba Km 12, Boca del Río, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

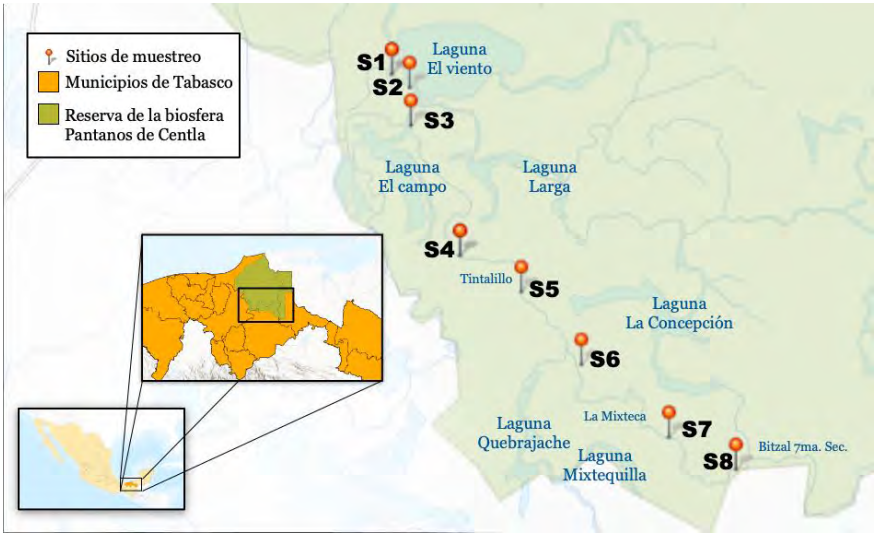


Figura 4 Sitios seleccionados para la recolección de muestras de sedimento

Con base en la visita de prospección que se realizó utilizando una embarcación menor con motor fuera de borda, se identifican ocho sitios de muestreo en la RBPC de Tabasco. El muestreo comenzó en la Laguna El viento y continuó a lo largo del río Chilapa hasta terminar en el río Bitzal 7ma. Sección, como se muestra en la Figura 4. Las coordenadas, mostradas en la

Tabla 2, se fijaron utilizando un GPS Garmin eTrex 32x con un margen de error de 10 m. Estas estaciones de muestreo se seleccionaron a partir de la identificación fuentes puntuales de las actividades antropogénicas, así como la ubicación de las principales zonas de pesca.

Tabla 2 Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo

Sitio de muestreo	Coordenada	Referencia
Sitio 1	18º13'48.98'', -92º40'06.03''	Laguna El viento
Sitio 2	18º13'27.97'', -92º39'36.73''	Laguna El viento
Sitio 3	18º12'29.01'', -92º39'34.78''	Laguna El campo
Sitio 4	18º09'06.16'', -92º38'14.10''	Tintalillo
Sitio 5	18º08'09.50'', -92º36'33.47''	Laguna Concepción
Sitio 6	18º06'16.29'', -92º34'54.76''	La Mixteca
Sitio 7	18º04'23.03'', -92º32'31.02''	Laguna Mixtequilla
Sitio 8	18º04'29.14'', -92º31'29.50''	Bitzal 7ma sección

En cada sitio de muestreo se recolectaron tres muestras de sedimento, aproximadamente de 500 gramos. Fueron tomadas con ayuda de una pala de madera, se almacenaron en bolsa de plástico herméticas debidamente etiquetada y se almacenan en neveras con hielo para ser transportadas al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río donde permanecerán en congelación hasta su análisis.

TRABAJO DE LABORATORIO

La determinación cuantitativa de los metales cadmio, plomo y vanadio, se realizó por espectrofotometría de absorción atómica técnica. Las muestras fueron preparadas por digestión ácida asistida por microondas.

Primeramente, las muestras fueron secadas en una estufa durante 72 horas a 60°C, al concluir el secado se dejaron enfriar en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente para poder

ser triturados con ayuda de un mortero con pistilo hasta obtener un tamaño de partícula fino; finalmente las muestras fueron tamizadas y guardadas en bolsas herméticas.

Para realizar la digestión de las muestras, se tomó una submuestra de 0.5 g con 9 ml de ácido nítrico (HNO_3) grado suprapro de la marca JTBaker®. El equipo utilizado fue un microondas CEM modelo Mars 5 (CEM, Corporation Mathews, NC, EE. UU.). El microondas se programó con dos tiempos de rampeo, la primera con una presión de 120, temperatura 150° C, 5 minutos, y la segunda presión de 100 PSI, temperatura 190°C y 10 minutos.

La digestión ácida se realizó por lote de muestras, para su procesamiento las muestras se agruparon en: muestras para análisis, un control negativo preparado con agua desionizada (Milli-Q®) y una muestra de control positivo preparada con sedimento estéril. Concluida la digestión, las muestras son filtradas en membranas de nitrocelulosa Millipore® de 0,45 µm y la solución obtenida se aforo hasta un volumen de 25 ml con agua desionizada (Milli-Q®) y el extracto final se deposita en un vial de polietileno color ámbar para su cuantificación en el equipo de absorción atómica.

La cuantificación de los metales pesados se realizó en un espectrofotómetro marca Thermo Scientific iCE 3500 AAS (Thermo Scientific®, China). Para la preparación de la curva de calibración se utilizaron estándares certificados de alta pureza marca High Purity Standards® (Charleston, SC), con una concentración de 1000 µg ml-1 en HNO3 al 2%. El espectrofotómetro se ajustó con una longitud de onda de 217 nm para Pb, Cd y Va con 324.8 nm. La preparación de la curva de calibración con los estándares certificados se realizó con un rango ajustado de una concentración menor a mayor cerca del analito, para obtener un coeficiente de correlación mayor de 0.95. La precisión y exactitud de los resultados se evaluaron a partir de la determinación de la repetibilidad de recuperación de 10 muestras de concentración conocida para cada metal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las concentraciones obtenidas de la determinación por espectrofotometría de absorción atómica de metales pesados: cadmio, plomo y vanadio en sedimentos superficiales acuático, se exponen en la Tabla 3. Los datos de concentración están organizados por metal, replica y sitio de muestreo.

Tabla 3 Resultados de las concentraciones obtenidas de metales pesados para los sitios de muestreo.

Metal	Replica	Concentración (mg/kg)							
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7	Sitio 8
Cadmio	1	21.837	13.451	23.145	34.231	14.291	34.231	11.958	11.958
	2	19.941	17.851	23.341	28.893	14.893	28.893	12.314	12.314
	3	25.796	21.276	23.562	28.895	13.985	28.895	12.543	12.543
	$\bar{x}$	22.525	17.526	23.349	30.673	14.390	30.673	12.272	12.272
Plomo	1	12.941	20.562	41.672	12.893	21.671	20.783	16.231	16.231
	2	23.941	18.892	22.568	12.672	17.342	34.231	17.781	17.781
	3	30.213	18.676	27.562	12.672	13.783	28.893	16.329	16.329
	$\bar{x}$	22.365	19.377	30.601	12.746	17.599	27.969	16.780	16.780
Vanadio	1	22.569	13.217	28.982	12.453	21.984	28.895	28.982	20.783
	2	16.563	18.281	25.781	22.569	16.894	20.783	20.672	20.672
	3	13.894	14.012	12.942	18.782	11.563	18.342	32.427	11.459
	$\bar{x}$	17.675	15.170	22.568	17.935	16.814	22.673	27.360	17.638

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de los análisis para cada metal estudiado y se comparan contra los límites máximos permisibles (LMP) de la norma oficial mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, de acuerdo a las concentraciones de referencias totales por tipo de uso de suelo, para este caso de estudio será de uso agrícola, residencial y comercial. Sin embargo, esta norma solo es aplicable para suelos, y al no existir una norma mexicana que especifique los LMP en materia de sedimentos acuáticos también se tomarán de referencia los valores estándares de las *Directrices provisionales de calidad de sedimentos* (ISQG, por sus siglas en inglés) *de agua dulce* establecidos en el *Lineamiento canadiense de la calidad ambiental*.

CADMIO

Se encontró la presencia de cadmio en todos los puntos de muestreo. Los sitios de muestreo 4 y 6 son los de mayor concentración de cadmio con un promedio de las tres replicas realizadas de 30.673 mg/kg en ambos sitios, mientras que los sitios 7 y 8 fueron los de menor concentración con una media de 12.272 mg/kg y el Sitio 5 con una media de 14.390 mg/kg.

Para suelo de uso agrícola, la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 establece que la concentración de referencia para el cadmio es de 37 mg/kg mientras que los lineamientos canadienses establecen que los efectos adversos pueden ocurrir en el rango de los 0.6 a los 3.5 mg/kg, es decir, estos efectos raramente aparecerán debajo de los 0.6 mg/kg y se intensifican arriba de los 3.5 mg/kg.

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares canadienses se determina que la totalidad de los sitios estudiados se encuentran contaminados por cadmio ya que la concentración promedio de todos los sitios de muestreo es 20.46 mg/kg, que es 34 veces mayor al límite inferior del rango establecido. Sin embargo, de acuerdo a la norma oficial mexicana se puede concluir que no existe contaminación por cadmio en la zona de estudio.

PLOMO

Para el caso del plomo, los análisis determinaron que hay presencia de este metal pesado en todos los sitios de muestreo. El sitio con mayor presencia de plomo es el sitio 3 con una concentración de 30.601 mg/kg seguido del punto 6 con una media de 27.969 mg/kg. Mientras que el sitio 4 es el menos contaminado con solo 12.746 mg/kg.

El LMP de plomo para suelo de uso agrícola presuntamente contaminado, de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 es de 400 mg/kg. Los lineamientos canadienses establecen el ISGQ de 35 a 91.3 mg/kg. De acuerdo a esto, a excepción de la réplica 1 del Sitio 3 [41.672 mg/kg], todos los sitios de muestreo se encuentran por debajo de los límites por lo que se consideran libres de contaminación por plomo, sin embargo, la media de concentraciones de los sitios 3 y 6 se encuentran cercanos rebasar el límite inferior establecido por los lineamientos canadienses, con 30.601 y 27.969 mg/kg respectivamente.

Al igual que en los casos para el cadmio y el plomo, se encontró presencia de vanadio en todos los sitios de muestreo. Los análisis de concentración vanadio en sedimentos determinaron que el sitio de muestreo 7 es el de mayor concentración promedio con 27.360 mg/kg seguido de los sitios 4 y 6 con 22.568 y 22.673 mg/kg respectivamente, mientras que el Sitio 2 es el de menor concentración promedio con 15.170 mg/kg.

Para el vanadio no se cuenta con datos de ISGQ en los lineamientos canadienses; pero de acuerdo a la norma mexicana el LMP para vanadio en suelo de uso agrícola es de 78 mg/kg, por lo que para este caso tampoco se considera que exista contaminación por vanadio ya que el 100% de las muestras se encuentran por debajo de este límite.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los resultados se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar diferencias significativas de la concentración de metales pesados encontrados respecto a los puntos de muestreo; se hará una prueba de Tukey en caso de ser significativas ($p<0.05$), se utilizará el software IBM SPSS versión 25.

Conforme al análisis de varianza realizado se determinó que existen diferencias significativas en las concentraciones de metales pesados en los sitios de muestreo 4 y 7, lo cual se confirmó con la prueba de Tukey que demuestra que las parejas diferentes Sitio 4 son: Cd-Pb, Cd-V, Pb-Cd y V-Cd; mientras que en el Sitio 7 las parejas significativamente diferentes son: Cd-V, Pb-V, V-Cd y V-Pb.

Esta diferencia se debe principalmente a que en mientras en el Sitio 4 la concentración de cadmio es la más alta con, en el Sitio 7 se encuentra la concentración más baja de este metal, que genera una diferencia de 18.401 mg/kg; mientras que en estos dos mismos sitios las concentraciones de vanadio también varían considerablemente en comparación con el resto de los sitios.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de cadmio obtenidas de los sitios de muestreo presentan valores que exceden los límites de las Directrices de la calidad de sedimentos para agua dulce establecidos por los lineamientos canadienses de la calidad ambiental; y aunque las concentraciones medias de plomo no exceden estas directrices, deben mantenerse en observación ya que existen sitios que están cercanos a alcanzar los límites establecidos. Para el caso del vanadio es necesario realizar estudios que permitan establecer un límite de concentración de este metal pesado en los sedimentos, porque aunque se encontró presencia de vanadio, de acuerdo a la NOM-127-SEMARNAT/SSA1-2004 no existe contaminación por vanadio, sin embargo, tomando de referencia los casos del cadmio y del plomo de este estudio, donde los ISGQ fueron 62 y 11 veces menores, respectivamente, a los LMP especificados en la norma mexicana, es fácil intuir que el ISGQ para el vanadio también será menor.

Con los datos obtenidos se puede concluir que el área de estudio se encuentra contaminada por metales pesados, tal como como ya se había planteado en el estudio de Pérez-Cruz et al., 2013, quienes encontraron concentraciones de Cadmio total (1.28 ± 0.77 µg/g), Ni total (107.51 ± 23.02 µg/g), Pb total (44.50 ± 18.97 µg/g) y V total (48.98 ± 6.88 µg/g).

La presencia de concentraciones elevadas de estos compuestos en los sedimentos de la zona de estudio se puede asociar a que existen fuentes de contaminación y a que las características hidrodinámicas del mismo sistema y las propiedades químicas de los metales estudiados favorecen la acumulación de los metales pesados en los sedimentos.

No hay que olvidar que la exposición a los metales pesados puede causar efectos biológicos negativos a los organismos expuestos y son asociados con riesgos a la salud pública ya que plantas, peces y otros animales pueden incorporarlos a su organismo y así ingresar a la cadena trófica, además están listados por la US-EPA como probables cancerígenos en humanos, en el caso del plomo puede causar deterioro del sistema nervioso y el cadmio tiende a acumularse en los riñones y causar enfermedad renal crónica. Es por esto que es importante

identificar y mantener actualizados los sitios contaminados por metales, identificar la magnitud de la influencia antropogénica, así como establecer y mantener regulaciones y políticas que reduzcan su uso (ATSDR, 2017), (ATSDR, 2018).

Para el caso específico de los sedimentos acuáticos, es necesario contar con normas y lineamientos oficiales que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes porque, aunque sirven de guía, no es correcto emplear límites para suelos ya que las características de estrato son diferentes, además de que los lineamientos existentes, por ser extranjeros o meramente informativos, no se está obligado a cumplirlos.

LITERATURA CITADA

Alloway B.J. (2013) Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In: Alloway B. (eds) Heavy Metals in Soils. Environmental Pollution, vol 22. Springer, Dordrecht

Arias, A. H. y otros, 2010. *Análisis de fuentes y toxicidad equivalente de sedimentos contaminados con PAHs en el estuario de Bahía Blanca, Argentina*. Hidrobiológica, 20 (1), pp. 41-56.

ATSDR. Cadmio. Resumen de Salud Pública Cadmio CAS: 1306-19-0. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. 2018. Disponible en línea en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html (fecha de consulta: 1 de febrero de 2020).

ATSDR. Plomo. Resumen de Salud Pública Plomo CAS: 7439-92-1. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. 2007. Disponible en línea en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.pdf (fecha de consulta: 1 de febrero de 2020).

Canadian Council of Ministers of the Environment, 1995. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME EPC-98E. Prepared by

Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa. [Reprinted in Canadian environmental quality guidelines, Chapter 6, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg.]

González, I. M., O. L. Benítez, C. R. Garza, A. E. Flores y M. H. Badii (2000), La diversidad vegetal en el manglar de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, Reporte privado, PEMEX, UANL, ITESM. México.

Gonzalez-Lozano, M. C., Mendez-Rodriguez, L. C., Lopez-Veneroni, D. G. & Vazquez-Botello, A., 2006. Evaluación de la contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México. Interciencia, 31(9), pp. 647-656.

Mandelli, E. (1976, December). Pollution research and monitoring for heavy metals. In Collected contributions of invited lecturers and authors to the 10C/FAO/UN EP International Workshop on Marine Pollution in the Caribbean and Adjacent Regions (p. 106). Disponible en línea en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/21761/S7600496_en.pdf?sequence=2#page=114 (fecha de consulta: 1 de febrero de 2020).

Martínez, Gregorio, 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. Venezuela, Univ. Oriente 41 (1&2): 83-96 (2002); 4 Figs., 4Tabs.

Nava-Ruíz, Concepción, Mendez-Armenta, Marisela, 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Arch Neurocien (Mex), 16 (3), pp 140-147.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el Viernes 2 de marzo de 2007

Pérez-Cruz, Yanet Guadalupe, Rangel-Ruiz, Luis José, & Gamboa-Aguilar, Jaquelina. (2013). Metales en almejas y sedimentos en la Reserva de la Biósfera "Pantanos de Centla" Tabasco, México. Hidrobiológica, 23(1), 01-08. Disponible en línea en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972013000100001&lng=es&tlng=es (fecha de consulta: 03 de febrero de 2020).

Ponce Vélez, Guadalupe, & Botello, A.V. (1992). Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Lagunade Términos, Campeche. Hidrobiológica, 1(2),1-10. ISSN: 0188-8897.Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=578/57820101 (fecha de Consulta 3 de febrero de 2020).

Romero, G. J., M. A. García, J. A. Bautista y A. P. Pérez (2000), "Caracterización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla", Universidad y Ciencia, vol. 15, núm. 30, México, pp. 15-20.

Santana-Romero, Jorge Luis, Valdés-Callado, Michel, Olivares-Rieumont, Susana, Lima-Cazorla, Lázaro Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos ligeros en aguas superficiales de los ríos Almendares y Luyanó en La Habana. Revista CENIC. Ciencias Químicas [en linea]. 2012, 43( ), 1-7 ISSN: 1015-8553. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181628775002 (fecha de Consulta 3 de febrero de 2020).

Diario Oficial de la Federación, (2000, 26 de septiembre). AVISO por el que se informa al público en general, que la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, ha concluido la elaboración del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, ubicada en los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana, Estado de Tabasco, declarada por Decreto Presidencial publicado el 10 de agosto de 1992.

Senior, W. J., G., Valarezo, C., O, S., T, J., Yaguachi, A. C., G., R., … Márquez, A. (2016, December 15). Evaluación de la distribución del contenido total y biodisponibles de los metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales del estero de santa

rosa, provincia de el oro, ecuador. 1. Disponible en línea en: https://doi.org/10.31219/osf.io/knsyz (fecha de Consulta 3 de febrero de 2020).

PROCESOS INDUSTRIALES Y CIENCIAS EN EL AGRO



ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CENIZAS DE ESTIERCOL DE POLLO OBTENIDAS POR DISTINTAS TÉCNICAS

VERÓNICA ROSAS MARTÍNEZ[1], ODÓN CASTAÑEDA CASTRO[2], NELSON MILANÉS RAMOS[3], JOSÉ OCTAVIO RICO CONTRERAS[4], DANIEL ARTURO RODRÍGUEZ LAGUNES[5]

RESUMEN

Los adelantos tecnológicos y el incremento de la población intensifican la producción avícola, lo cual trae como resultado el incremento de subproductos como estiércol de pollo, lo que genera impacto negativo al medio ambiente debido a la gran cantidad que se genera y aunque los productores avícolas trabajan de manera sistemática con la finalidad de obtener buenos resultados en el trabajo de cuidado del medio ambiente, cabe señalar que la estrategia de buscar alternativas para minimizar los residuos avícolas no cumplen con un tratamiento para el uso adecuado de estos. Por lo que se sugiere incinerar pollinaza para reducir el volumen, evitar malos olores y así usarla como fertilizante orgánico contribuyendo al cuidado del medio ambiente. El objetivo de esta investigación fue identificar el mejor tiempo para la obtención de mayor cantidad de cenizas sin afectar el contenido de nutrientes presentes en ellas. De acuerdo a los resultados el mejor tiempo para incinerar pollinaza es de 1 hora 30 minutos a 550°C, ya que el contenido de materia orgánica tanto en horno como en mufla se mantuvo (horno 6.5%) y (mufla 5.8%), el carbono total se hizo presente en ambas muestras (horno 3.7 y mufla 3.4), el fósforo se presentó en porcentajes altos (horno 17.2 % y mufla

[1] Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
[2] Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas.
[3] Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
[4] Grupo Pecuario San Antonio, S.A. de C.V
[5] Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. darodriguez@uv.mx

19%), de igual manera el potasio (horno 11.7% y mufla 13.1%). Finalmente, otros elementos encontrados en ambas muestras fueron Ca, Mg, Na, Fe, mientras que elementos como el Cu, Zn y Mn no se hicieron presentes en ambas muestras.

PALABRAS CLAVE

Pollinaza, minerales, materia orgánica.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial, la avicultura es una de las ramas de la producción animal de mayor importancia, ya que contribuye a satisfacer las necesidades proteicas de la población. En los últimos 20 años, muchos países han incrementado considerablemente el consumo de carne de pollo, provocando un aumento en la producción anual de aves, lo que da como resultado un alto contenido de excretas de pollo. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), catalogado como el organismo de referencia en consumo mundial de carnes, ha revelado en su último informe que la producción mundial en carne de pollo aumente un 1% en este año, alcanzando 91,3 millones de toneladas (USDA, 2018).

Esto es debido al poderoso impulso de crecimiento demográfico y a la urbanización, lo cual da pie a que la industria avícola siga creciendo e industrializándose en muchas partes del mundo, actualmente entre los principales países productores de carne de pollo en el mundo se encuentra Estados Unidos con un total de 18,634 millones de toneladas como el mayor productor, seguido de Brasil con 13,440 millones de toneladas, consecutivamente China con un total 11,000 millones de toneladas, India 4,500 millones de toneladas , Rusia 3,450 millones de toneladas y ocupando el sexto lugar está México con un total de 3,384 millones de toneladas (USDA, 2017).

A nivel Latinoamérica México ocupa el segundo lugar en producción de pollo con un aporte total del 21% de la producción total. Es así que, dentro de la producción del país, el estado

de Veracruz es el número uno en producción de carne de pollo, contribuyendo con el 12% de la producción nacional de esta carne (FIRA, 2017).

Es por eso que debido al gran volumen de producción avícola se genera una incalculable cantidad de desechos en todos los procesos de producción que incluyen desechos sólidos, los cuales comprenden cáscaras vacías, huevos infértiles, embriones, pollos muertos y excretas de aves, y por otro lado están las aguas residuales. Entre los residuos generados por la industria avícola, existe uno el cual es de mayor producción, ya que el ciclo de engorde de pollos dura 7 semanas, lo que da lugar a una producción significativa de pollinaza, quedando compuesta por excretas de pollo, cascarilla de arroz usada como cama y algunas plumas. Williams, (2010) reporta que las estimaciones de heces excretadas por 1000 aves al día basadas en el promedio de peso diario vivo durante el ciclo de producción, se sitúa en 80 kg. En México están posicionados cinco grupos avícolas, entre los tres principales se encuentra en primer lugar Bachoco con una producción de 595 millones de aves, en segundo lugar, Pilgrims con 470 millones de aves y en tercer lugar Grupo Pecuario San Antonio con una producción de 83.4 millones de aves; este último se encuentra situado en el centro del estado de Veracruz, tiene una producción de 150 mil toneladas de pollinaza al año, y reportan que las estimaciones de excretas generadas por pollo al mes es de 1.5 kg., cuenta que diariamente en su planta procesadora de aves entran un total de entre 80,000 y 100,000 aves diarias a dicho proceso, las cuales son desplazadas a los mercados locales, solo esto nos da una idea de la gran cantidad de desechos avícolas que se producen.

Uno de los procesos de la industria avícola es la engorda de pollos, de este proceso de engorda resulta la pollinaza (excreta de pollo y cascarilla de arroz), que en la mayoría de los casos no se sabe cuál es su destino final, cuenta con dos canales de comercialización, uno es venderla para aplicar al campo, y el segundo para alimento de ganado, de esta forma es utilizándola para aplicarse de manera directa al campo lo que conlleva a la contaminación de suelo y aguas subterráneas. En la actualidad los sistemas intensivos de producción avícola han presentado problemas de contaminación, debido a las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre), es por ello que la pollinaza debe pasar por

proceso de tratamiento térmico o compostaje, y así ser utilizada para enmiendas en el suelo, sin embargo, el proceso de compostaje requiere tiempo y espacio para llevarse a cabo, ya que esto recae en la acumulación de residuos, lo que ha llevado a preocupaciones ambientales asociadas con la generación de focos de infección para quienes habitan cerca de las plantas de composta (Wells, 2013).

Los métodos tradicionales para la eliminación de desechos sólidos incluyen el compostaje, el procesamiento y la incineración, entre los métodos para la eliminación de aguas residuales tenemos la digestión anaerobia, proceso térmico que transforma los lodos residuales en biofertilizantes estabilizados ricos en nutrientes (Das *et al*., 2002).

Aunque no presenta mucha importancia, dentro del ámbito de producción avícola están presentes algunas enfermedades que son transmisibles a los humanos. Es importante hacer notar que tales enfermedades no son tan comunes y que para la mayoría de la gente las enfermedades transmitidas por las aves no son cosa seria, pero sí, se debe hacer consciencia de que al tener excretas acumuladas estás se secan y el material es llevado por el aire. Un factor de cambio estructural ha sido dar paso a la combustión de pollinaza para continuar con la cadena productiva obteniendo como resultado cenizas ricas en P y K permitiendo así acceder a una transformación en la cual se reduce el tiempo y volumen, al mismo tiempo que contribuimos a la disminución del impacto negativo en el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La pollinaza o materia prima estaba compuesta por excretas de pollo, cascarilla de arroz y plumas, dicha pollinaza fue donado por una empresa situada en la zona Córdoba-Fortín, del estado. Se realizó la solicitud de pollinaza y posteriormente esta fue llevada hasta la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FACBAC) de la Universidad Veracruzana, ubicada en Amatlán de los reyes, Ver. Dicha pollinaza presentaba alto contenido de humedad lo que dio lugar a buscar una forma de secado. Para el secado se hizo necesario extenderla sobre un hule por 5 días dando volteo manual constante apoyados con palas, tapándola por las noches

y destapando por la mañana y posteriormente fue encostalada para después realizar las pruebas de combustión.

Se tomó una pequeña muestra de pollinaza y se llevó al laboratorio, ahí se realizaron tres pruebas de combustión a través de una mufla situada en el laboratorio de suelos de la FACBA-UV, las pruebas se sometieron a una temperatura de 550°C a diferentes tiempos quedando de la siguiente manera: 1 hora 30 minutos, 2 horas y 2 horas 30 minutos, se tomaron tres crisoles, se pesaron, e inmediatamente se taró la balanza para luego pesar 10 gramos de pollinaza los cuales fueron colados en cada uno de los crisoles y posteriormente fueron llevados a la mufla (Figura I).

Figura I: Muestras de pollinaza puestas en los crisoles y dentro de la mufla.



Al cumplirse el tiempo estipulado se apagó la mufla y se deja enfriar por un periodo de 10 a 12 horas; este es el tiempo aproximado en que tarda en enfriarse la mufla hasta llegar a temperatura ambiente y poder abrirla para poder retirar las muestras y pasarlas luego a un desecador por un tiempo de 20 a 30 minutos posteriormente se toma el peso del material final.

Este mismo procedimiento se repitió en cada una de las muestras de ceniza con diferente tiempo de incineración y cada prueba contó con tres repeticiones, en las cuales se tomó el peso a cada una.

COMBUSTIÓN DE CENIZAS POR MEDIO DE HORNO DE INCINERACIÓN

Al realizar las pruebas en la mufla nos sirvió para conocer el mejor tiempo para la mayor obtención de ceniza, una vez obtenido este dato se optó por buscar otro método de combustión a gran escala, por lo que se visualizó realizar la combustión de pollinaza a través de un horno de incineración para mascotas, dicho horno tenia medidas de $1x1x1m^2$.

Para logar esto se realizó el contacto con la empresa y se ubicó a la persona encargada del lugar. Una vez que estuvimos de acuerdo ambas partes sobre el procedimiento y costo, se acordó el día y la hora para la incineración, dicho horno se ubica en la zona centro de la ciudad de Córdoba, Veracruz,

Al lugar se llevaron 28 kilos de pollinaza, los cuales fueron pesados y posteriormente puestos dentro del horno de incineración, el horno se programó una temperatura de 600°C, se encendió y se tomó el tiempo para el apagado.

Estando dentro la pollinaza y después de 1 hora de iniciado el proceso, la temperatura empezó a elevarse más de lo programado lo que dio lugar a realizar la apertura del horno cada 10 minutos y dar un volteo manual a la pollinaza (Figura II). Esto se realizó para que se quemara por completo la muestra hasta cumplir con el tiempo establecido

Al cumplirse el tiempo se apagó el horno y se dejó enfriar por un periodo de 7 horas, se recogió la ceniza con la ayuda de una pala, se depositó en una bolsa y se pesó.

Figura II: Pollinaza en combustión dentro del horno de incineración de mascotas.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado en las pruebas de combustión fue un completamente al azar, esto para las muestras que fueron combustionadas por medio de la mufla, los experimentos se realizaron por triplicado, pero únicamente se tomó en cuenta el peso total de cada repetición. Los resultados obtenidos fueron analizados de manera descriptiva tomando en cuenta las dos muestras de cenizas, una obtenida por mufla a 1 hora y 30 minutos y la otra tomada de la ceniza del horno de incineración, en las cuales se describe el contenido nutrimental de cada una de ellas.

RESULTADOS

OBTENCIÓN DE CENIZAS POR MUFLA

En la obtención de cenizas por el método mufla, se observaron datos muy similares de acuerdo al contenido de nutrientes resultantes de los análisis químicos. El mayor contenido de materia orgánica se obtuvo en la muestra que estuvo en la mufla por 1 hora 30 minutos (5.88%), esta muestra también presenta un mayor contenido de carbono total (3.78%), al

igual que el mejor resultado obtenido de acuerdo al peso de ceniza, la variabilidad de peso en ambas repeticiones quedó de la siguiente manera:

La muestra de 1 hora 30 minutos con peso de (1.9 g) en la repetición 1, (1.7 g) en la repetición 2 y (1.6 g) en la repetición 3.

En consiguiente la segunda muestra que estuvo 2 horas en la mufla resultó con un contenido de materia orgánica (2.87%), (1.66%) de carbono total, de acuerdo al peso no presentó variabilidad quedando en cada crisol (1.2g) de cenizas de los 10 Gramos de pollinaza puestos.

La muestra 3 que estuvo en la mufla por 2 horas 30 minutos a 550°C igual que las anteriores presentó contenido de materia orgánica de (3.01%), carbono total (1.74%) y con una variabilidad en peso de (1 g) la repetición 1, (0.9g) repetición 2 y (0.8 g) repetición 3 (Tabla I, Figura III).

Tabla I: Contenido de las muestras de cenizas de pollinaza obtenidas por mufla.

TIPO DE MUESTRA	%			
	HUMEDAD	CENIZAS	MATERIA ORGÁNICA	CARBONO TOTAL
Cenizas Mufla 550°C (1 hora 30 minutos)	1.24	94.12	5.88	3.41
Cenizas Mufla 550°C (2 horas)	0.99	97.13	2.87	1.66
Cenizas Mufla 550°C (2 hora 30 minutos)	1.04	94.99	3.01	1.74

Figura III: Cenizas de pollinaza obtenidas por mufla.



OBTENCIÓN DE CENIZAS POR HORNO DE INCINERACION

La muestra de pollinaza que fue sometida a combustión por medio del horno de incineración de mascotas, tenía un peso de 28 kilogramos, lo que se obtuvo posteriormente de cenizas al finalizar la combustión fue un peso total de 4.200 kg, que finalmente resulta en el 17% del total del material sometido a este proceso (Figura IV). El contenido de materia orgánica presentada por la obtención de ceniza a través de horno fue de (6.5%), presentando también una relación C/N de (23.6%), un contenido alto de potasio (11.7%) predominando más en la muestra el fósforo con (17.2%), calcio (10.5%), sodio (3.3%), en cuanto al contenido de zinc, manganeso y cobre se hizo presente en pequeñas cantidades en esta ceniza obtenida por incineración a través del horno (Tabla II).

Tabla II: Contenido de nutrientes presente en las cenizas obtenidas a través de horno de incineración.

% CONTENIDO	HORNO 600°C
Humedad	1.2
Cenizas	93.47
MO	6.53
Carbono total	3.78
Nitrógeno total	0.16
C/N	23.76
Calcio (CaO)	10.5
Magnesio (MgO)	4.47
Sodio (Na_2O)	3.38
Potasio (K_2O)	11.79
Fósforo (P_2O_2)	17.22
Hierro (Fe)	0.11
Cobre (Cu)	0.009
Zinc (Zn)	0.008
Manganeso (Mn)	0.092

Figura IV: Cenizas de pollinaza obtenidas por horno de incineración de mascotas.



DISCUSIÓN

En este estudio se observó que la incineración de pollinaza ayuda a reducir la fuente de contaminación que generan los residuos avícolas, ya que en este proceso el estiércol se reduce a una cantidad mucho menor en ceniza, y que al aplicarla al campo esta le devuelve al suelo P y K siempre y cuando existe requerimiento de estos nutrientes.

Primero tenemos que saber que, con la combustión, consumimos prácticamente en su totalidad el carbono orgánico, quedándonos en la ceniza resultante principalmente calcio, potasio, aluminio, magnesio, hierro, fósforo y manganeso. Pero es fosforo y potasio lo que en mayor parte encontramos en la ceniza de pollinaza. Esto lo convierte en un producto muy apreciado como fuente de potasio y enmienda agrícola. Newell (2007), menciona que los indicadores fecales orgánicos se destruyen más fácilmente por incineración, aunque estos organismos no deben ser motivo de preocupación cuando se aplica estiércol composteado a las tierras de cultivo, ya que la práctica habitual dura varios meses antes de esparcirlo. Esto

permite suficiente tiempo para que la mayoría de los indicadores fecales orgánicos se extingan durante el período de almacenamiento.

Es ampliamente documentado que la aplicación de cenizas en la agricultura ayuda en el mejoramiento de los suelos al mismo tiempo que provee a las plantas de los nutrientes necesarios para su desarrollo, esto es un ejemplo actual del uso beneficioso que podemos dar a los productos, ya que muchos materiales no solo son eficientes para corregir la acidez del suelo, sino también para proporcionar nutrientes para las plantas, lo que lleva a altos rendimientos en muchos cultivos (Basu *et al.,* 2009; Skousen *et al*., 2013; Ram y Masto, 2014).

En nuestros resultados de análisis químico encontramos macro y micronutrientes (Ca, Mg, P, K, Na, Fe). Wurr *et al*., (2018), en sus resultados de análisis realizados a cenizas de coque de petróleo (que es un sólido carbonoso derivado de las unidades de coquización en una refinería de petróleo), encontró contenido de macro y micronutrientes (Ca, Mg, Mo, Ni y S), elementos beneficiosos (Co y Si) y elementos potencialmente peligrosos (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Cu, Cr).

Otro estudio realizado por Perna *et at*., (2016), con cenizas de madera en el cual menciona que la calidad de la fertilización varía según la biomasa quemada y también el equipo de combustión industrial, de igual forma reporta dominantes resultados de Ca, silicio (Si) y K, como también es confirmado por otros autores (Vamvuka y Zografos 2004).

También Metcalfe, 2007 demostró que, para logar eficiencias en la combustión, la cámara de combustión de lecho fluilizado es el tipo que incorpora reciclaje de gases para controlar la temperatura; ya que la pollinaza se mantiene a una temperatura de 850°C y los gases de combustión calientes se utilizan para elevar el vapor, que suministra una unidad de generador de turbina de vapor.

Li *et al.,* (2017), también observó concentraciones más altas para otros elementos en ceniza, a excepción de N. La mayor parte del N en la biomasa se perdió en forma gaseosa durante el proceso de combustión y la concentración más alta de K se midió en ceniza provenientes de

un proceso de combustión. Otro aspecto relevante de la ceniza en el suelo es su efecto en la reacción del suelo (pH).

La ceniza es altamente básica, y provoca un aumento rápido del pH del suelo. Para suelos ácidos esto es muy interesante, ya que desbloquea nutrientes y ayuda a corregir su acidez acercándola a niveles más correctos para la mayoría de especies cultivadas. Pero en suelos básicos puede traernos problemas (Wurr *et al.,*2018). Omill, 2007, encontró que las aplicaciones en cantidades moderadas de ceniza, incrementaron ligeramente, y de forma temporal el pH de la fracción sólida del suelo en algunas parcelas. Estos aumentos, sin embargo, fueron inferiores a los registrados por otros autores que aportan cenizas volantes (Saarsalmi *et al.,* 2001; Ludwing *et al*., 2002; SollaGullón *et al*., 2004). Los incrementos de pH del suelo posiblemente no fueron suficientes para modificar sustancialmente las especies vegetales, pero posiblemente afectaron de alguna manera a diferentes procesos químicos y biológicos influenciados por la acidez. De este modo la concentración de Al en disolución disminuyó, mientras que mejoró la actividad biológica, lo que pudo modificar la dinámica del N. Igualmente, la mayor disponibilidad de P en el suelo podría deberse parcialmente a la menor acidez (Omil, 2007).

Por otra parte, el uso de cenizas de estiércol de pollo ha sido usadas en algunos cultivos obteniendo buenos resultados además de aumentar el pH, proporcionan bastante Ca, Mg y también K, P y Mn, como los reporta Reiter *et al.,* (2003), donde menciona que la cama de ave incinerada proporcionó una producción superior de biomasa de arroz en comparación con el otro tratamiento. Del mismo modo, la absorción de la planta de P fue mayor, ya que su disponibilidad para la planta parecía ser mejorado por la combinación del contenido de la cama de aves.

En base a investigaciones sobre los residuos avícolas de las granjas Goodlass *et al.,* (2006), menciona que la mayoría de los desperdicios de aves de corral en granjas de pollos de engorde se aplican en otoño y principios de invierno, por lo que la eliminación de esta entrada de N dará como resultado una reducción significativa en las pérdidas de N (del 30% de pérdida)

en referencia al suelo al que se aplica este residuo, ya que el contaminante se reduce en la fuente.

Para el fósforo, Cuttle *et al*., (2006) estimaron que la incineración de estiércol de aves de corral reduciría el componente de estiércol de la pérdida de P de línea de base en un 90% (suponiendo que todo el estiércol de pollos de engorde se eliminaría de la granja). Este proceso de incineración también lleva a la producción de efectos secundarios pues el contenido de N del estiércol se pierde en la atmosfera, pero como un gas de nitrógeno inofensivo, en comparación con la propagación de la tierra, hay reducciones en las emisiones de amoníaco y óxido nitroso, pero un pequeño aumento en las emisiones de dióxido de carbono (Newell, 2007).

Entre los diversos nutrientes en la cama de las aves de corral, N y P causan algunas preocupaciones ambientales. El fósforo en la cama de aves de corral está presente principalmente en fase sólida como P orgánico e inorgánico. La cantidad de P total en la cama de aves de corral varía con la dieta y el material de cama, y varía entre el 0,3 y el 2,4% de la materia seca. Los estudios de fraccionamiento han demostrado que una gran proporción de P en la cama de aves de corral está en una fracción soluble en ácido, lo que indica una baja biodisponibilidad.

Las especies minerales, como la estruvita (mineral de la clase del fosfato) ($MgNH_4PO_42H_2O$), el fosfato de octo-calcio ($Ca_4H\ (PO_4)_3\ 3H_2O$) y el fosfato de di-calcio ($CaHPO_4.2H_2O$) se han identificado en la fracción sólida de estiércol de aves (Bolan, 2012). De acuerdo a nuestro estudio, si se compara la ceniza obtenida por cada una de las técnicas utilizadas, podemos notar que ambas muestras presentan contenidos similares en los análisis químicos (Tabla III).

Tabla III: Contenido de nutrientes presente en las cenizas obtenidas a través de horno de incineración y mufla.

% CONTENIDO	HORNO 600°C	MUFLA 550°C
Humedad	1.2	1.2
Cenizas	93.47	94.1
MO	6.53	5.8
Carbono total	3.78	3.4
Nitrógeno total	0.16	0.2
C/N	23.76	16.2
Calcio (CaO)	10.5	13.6
Magnesio (MgO)	4.47	4.9
Sodio (Na_2O)	3.38	2.9
Potasio (K_2O)	11.79	13.1
Fósforo (P_2O_2)	17.22	19
Hierro (Fe)	0.11	0.1
Cobre (Cu)	0.009	0
Zinc (Zn)	0.008	0
Manganeso (Mn)	0.092	0

Desde años atrás se ha venido utilizando el uso de las cenizas en la agricultura; Omil, 2007, reporta un importante contenido en compuestos alcalinos como hidróxidos y carbonatos de K, Ca y Mg y también menciona que el N en las cenizas se pierde durante la combustión y estas a su vez contienen menores cantidades de Ca y Mg y mayores de K y P. ya para finalizar terminaremos citando a Sims *et al*., (2005), quién dice que la forma más directa de resolver los excedentes de P a nivel regional o nacional es simplemente transportar los desperdicios de aves a las áreas geográficas donde se necesita P para la producción de cultivos. Sin embargo, el aumento del costo de transporte sigue siendo una limitación importante para la reutilización de P económica y ambientalmente segura (Keplinger y Hauck, 2006). Para que la reubicación de estiércol P sea sostenible, es necesario algún tipo de procesamiento para disminuir el volumen de estiércol, aumentar la concentración de P y producir un producto más valioso con opciones de uso alternativas (Greaves et al., 1999). Según lo mencionado

por estos autores nos hizo darnos cuenta que el proceso de incineración de pollinaza si bien reduce el volumen de la materia prima, también incrementa los costos para la producción de ceniza, es esta investigación para obtener los 4,2 kg de ceniza se hizo una inversión de 1035 pesos, esto en base a la cantidad de energía eléctrica y gas utilizados.

Pero tenemos que tener cuidado con la calidad de cenizas que usemos, ya que debemos contar con un lugar específico para la obtención de cenizas de pollinaza, de lo contario quemar por obtener nos llevaría a encontrarnos con otro tipo de resultados en los análisis químicos que podrían ser dañinos para la salud y el entorno. Me refiero a que si en el lugar donde vamos a quemar se queman otro tipo de cosas, la ceniza resultante pudiera ser un concentrado de metales pesados altamente tóxicos, lo que resultaría totalmente desaconsejable para la aplicación en la agricultura de las cenizas resultantes.

Como punto final mencionamos que los resultados de este estudio demuestran que, de acuerdo al contenido de elementos presentes en las cenizas, estas son aptas para la fertilización de cultivos, aunque no se debe asumir que los productos recuperados con las nuevas tecnologías son fertilizantes ya que antes de ser aplicados a las plantas se debe realizar un análisis químico a dichos materiales, así como al suelo y sobre todo saber cuáles son los requerimientos del cultivo al que se va a fertilizar.

CONCLUSIÓN

De manera general concluimos que a través de la combustión de pollinaza estamos reduciendo significativamente el volumen de estiércol de pollo, lo que se traduce a la eliminación de malos olores, reducción de las emisiones de amoníaco a la tierra, reducción de las emisiones de metano por el almacenamiento de la pollinaza, evitar emisiones de carbono, evitar la llegada de moscas y así también disminuir los focos de infección.

Por otra parte, el uso de enmiendas orgánicas como las cenizas provenientes del estiércol de las granjas de pollo de engorde aplicados a la agricultura tiene beneficios no solo al campo sino también para la industria productora de estos desechos, ya que, para estas industrias, la

aplicación de la tierra es una vía principal para el reciclaje seguro y beneficioso de estos materiales. Para los productores agrícolas, estas enmiendas orgánicas son una fuente alternativa de nutrientes y, por lo tanto, se evita el manejo inadecuado de estos valiosos recursos; estas cenizas orgánicas también pueden usarse para mejorar la tierra.

El uso óptimo de estos subproductos requiere el conocimiento de su composición en relación con los usos beneficiosos y las implicaciones ambientales. La mayoría de los problemas ambientales asociados con la aplicación a la tierra de enmiendas orgánicas se han centrado en la posible contaminación de las aguas subterráneas y / o superficiales con nutrientes principales, nitrógeno (N) y fósforo (P). La aplicación de enmiendas orgánicas como fuente de nutrientes generalmente se basa en la entrada de N que es probable que proporcione más nutrientes (especialmente P) de lo que requieren los cultivos.

Es así que llegamos a la conclusión que, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante las pruebas de combustión a través de diferentes procesos, el mejor tiempo para incinerar pollinaza es el de 1 hora y 30 minutos a una temperatura de 550 y 600 °C, ya por los resultados de contenido nutrimental del análisis químico realizado con estos parámetros se obtuvieron los mejores resultados en el contenido de elementos utilizados como fuentes de fertilizante orgánico.

LITERATURA CITADA

Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P.B.S., Mahapatra, S.C., 2009. Potential fly-ash utilization in 461 agriculture: a global review. Prog. Nat. Sci. 19, 1173-1186. doi: 10.1016/j.pnsc.2008.12.006

Bolan, S. N. Naidu R. y Chris Anderson. 2012. Management of phosphorus in organic amendments for sustainable production and environmental protection. Centre for Environmental Risk Assessment and Remediation, University of South Australia, Australia

Cuttle, S., Macleod, C., Chadwick, D., Scholefield, D., Haygarth, P., Newell Price, P., Harris, D., Shepherd, M., Chambers, B. & Humphrey, R. (2006) An Inventory of Methods to Control Diffuse Water Pollution from Agriculture (DWPA) USER MANUAL. Defra report, project ES0203, 115 pp. p. 43-44 http.

Goodlass, G., Thomas, M., Welch, W., and Newell Price, J.P. (2006). British Survey of Fertilizer Practice: fertilizer use on farm crops for crop year 2006. The BSFP Authority, London ISBN 978-0-95525-692-9.

Greaves, J., Hobbs, P., Chadwick, D. and Haygarth, P. (1999). Env. Technol. 20, 697-708

Keplinger, K.O. and Hauck, L.M. (2006). J. Agric. Resour. Econ. 31, 424-440

Li X., Gitte H. Rubæk & Peter Sørensen 2017: Availability of potassium in biomass combustion ashes and gasification biochars after application to soils with variable pH and clay content, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI: 10.1080/03650340.2017.1414198

Ludwig, b.; Rumpf, s.; Mindrup, m.; Meiwes, k.j.; Khanna, P. 2002. Effects of lime and wood ash on soil-solution chemistry, soil chemistry and nutritional status of a pine standin northern Germany. Scandinavian Journal of Forest Research 17: 225-237.

Metcalfe, P. 2007. Large-scale combustion of animal manure in the United Kingdom ADAS UK Ltd United Kingdom. Afbrænding af husdyrgødning - hvad er mulighederneM2

Newell P. J. P. 2007. Incinerate poultry manure. Transport poultry litter to an incinerator where it is burnt. First DRAFT.

Omil, B. I. (2007). Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante de plantaciones jóvenes de pinus radiate. Tesis doctoral. Universidad de santiago de compostela, Escuela politecnica superior de lugo, departamento de edafología y química agrícola EPS. Universidad de Santiago de Compostela.

Perná, O. P. I. Száková J., Hanzlíček T. & Tlustoš T. 2016. Determination of Plant-Available Nutrients in Two Wood Ashes: The Influence of Combustion conditions, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 47:13-14, 1664-1674, DOI:10.1080/00103624.2016.120657

Ram, L.C., Masto, R.E., 2014. Fly ash for soil amelioration: a review on the influence of ash 590 blending with inorganic and organic amendments. Earth-Sci. Rev. 128, 52-74. 591 doi:10.1016/j.earscirev.2013.10.003.

Reiter M. S., Daniel T. C., Slaton N. A., C. Wilson, Jr., C. Tingle, and B. Bock. 2003. Effects of Poultry Litter Ash and Raw Litter on Rice in an Eastern Arkansas Rice, Wheat, and Soybean Rotation. Wayne E. Sabbe Arkansas Soil Fertility Studies.

Saarsalmi, a.; Mälkönen, e.; Piirainen, S. (2001). Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. Silva Fennica 35, 355-368.

Skousen, J., Yang, J.E., Lee, J.S., Ziemkiewicz, P., 2013. Review of fly ash as a soil amendment. 621 Geosyst. Eng. 16, 249-256. doi:10.1080/12269328.2013.832403

Solla-Gullón, F. (2004) Aplicación de cenizas de biomasa arbórea como fertilizante y encalante en plantaciones forestales de Galicia. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela.

USDA, 2018. United States Department of Agriculture. Economic Research Service. https://www.ers.usda.gov.

Vamvuka, D., y D. Zografos. 2004. Predicting the behaviour of ash from agricultural wastes during combustion. Fuel 83:2051–57. doi: 10.1016/j.fuel.2004.04.012.

Wells, D. E. (2013). Poultry litter ash as a phosphorus source for greenhouse crop. Submitted to the Graduate Faculty of Louisiana State University, Agricultural, and Mechanical College in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in The School of Plant, Environmental and Soil Sciences.

Willians C. M. 2010. Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. North Carolina State University, Depertament of Poultry Science, Raleigh, NC, Estados Unidos de América.

Wurr R. B, Siqueira D. F, Oliveira L. G. J. E, Rodrigues dos R. A., Schulze J., Guimarães G. L. R 2018. Beneficial use of Ni-rich petroleum coke ashes: product characterization and effects on soil properties and plant growth, doi: 10.1016/j.jclepro. Journal of Cleaner Production 2018.07.090

MANEJO DEL THIAMETHOXAM EN LOS AGROECOSISTEMAS CON PAPAYA, EN MÉXICO Y CASO DE AGRICULTURA AMAZONICA EN ACRE, BRASIL

JUAN VALENTE MEGCHÚN GARCÍA[1]; MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ[2]; DANIEL ARTURO RODRÍGUEZ LAGUNES[3]; JOAQUÍN MURGUÍA GONZÁLEZ[4]; FABIOLA LANGO REYNOSO[5]; OTTO RAÚL LEYVA OVALLE[6]

RESUMEN

La agricultura convencional, está contaminando el agua y el suelo, el uso masivo del thiamethoxam, genera presencia de residuos que se acumulan en las frutas, con el riesgo de causar daños a la salud pública. El objetivo es conocer el manejo del thiamethoxam en el agroecosistema con papaya en Veracruz, México y conocer el manejo orgánico que se realiza en el agroecosistema Amazónico de Brasil. La investigación se desarrolló en Cotaxtla, Veracruz, y en el estado de Acre, Brasil. Consistió en realizar dos recorridos técnicos con entrevistas a productores. Para conocer las concentraciones de thiamethoxam, se muestreó en agua, suelo, planta y fruta en sandía y papaya, y se realizaron las determinaciones con el equipo HPLC-UV. Se georreferenciaron las parcelas de papaya para realizar una proyección de riesgo del thiamethoxam. Posteriormente en el estado de Acre, se visitaron productores que realizan manejo orgánico. Existe concentración de thiamethoxam en suelo, agua de riego, planta y fruta; en papaya se encontró valores de 0.25 a 0.6 ppm y en sandía de 0.2 a 0.6 ppm,

[1] Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. juanmg_3@hotmail.com
[2] Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnologico de Boca del Río
[3] Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
[4] Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
[5] Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnologico de Boca del Río
[6] Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

estas concentraciones superan los límites máximos permisibles establecidos por las normas internacionales (EPA Y EFSA). Con la dosis de 0.3 kg/ha de thiamethoxam para el control de plagas, existe un riesgo de contaminación sobre el río Soyolapa y Cotaxtla. El modelo conceptual del manejo orgánico de la Amazonia, Brasileña, nos permite comprender que es posible mejorar los esquemas de producción agrícola incorporando técnicas amigables con el ambiente. El thiamethoxam como parte del manejo agronómico, causa impactos negativos al ecosistema, el uso de la agricultura orgánica es una alternativa para mejorar los esquemas de producción.

PALABRAS CLAVES: Neocotinoides, plaguicidas, sistemas

INTRODUCCIÓN

El agroecosistema es una representación de la realidad denominado modelo, se sustenta en la concepción de sistemas aplicado a la agricultura. Observa la realidad y sus estructuras, el arreglo de sus componentes, la interacción entre sus elementos (Morales *et al.,* 2004). La agricultura debe iniciar a través de un manejo sustentable de los recursos naturales, es decir, la obtención de los bienes y servicios, no deben poner en riesgo el potencial del ecosistema para las generaciones futuras. El manejo sustentable, persigue la conservación de la calidad de agua, la protección de la vida silvestre o el paisaje, esto implica balancear los aspectos productivos con los servicios ambientales (Rusch, 2008).

El inició de un manejo sustentable de los recursos en los agroecosistemas, nos permite impulsar el desarrollo rural sustentable, además que se considera de interés público para México; se define como: “El mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio (DOF, 2018).

Actualmente el manejo agronómico que se realiza en la agricultura, se fundamente en el manejo de plaguicidas para la producción de alimentos, existen alrededor de 85 000 químicos sintéticos que se utilizan en la agricultura, que pueden destruir el agua, el aire, el suelo y los tejidos biológicos, alterando los paisajes y los ecosistemas en el mundo (Hayes y Hansen, 2017). Los neonicotinoides es un grupo químico de plaguicidas de acción sistémica y de contacto, con posibles efectos negativos en las especies polinizadoras, especialmente las abejas quienes representan al 85% de los insectos polinizadores. Los neonicotinoides son considerados como los principales responsables de la disminución de las poblaciones y del síndrome de despoblamiento de las colmenas de abejas (Simón *et al.,* 2013).

El thiamethoxam es un neonicotinoide, que se utiliza para el tratamiento de semilla y control de plagas; existen reportes en Brasil, África y Europa, de especies de *Apis mellifera* que son intoxicados por el uso masivo del thiamethoxam (Oliveira *et al.,* 2012). El insecticida por sus características de alta movilidad, puede participar en los procesos de escorrentía, infiltración y contaminar el agua subterránea. El insecticida puede generar daños que pueden causar la muerte de especies acuáticas y daños a la salud pública. Tienen capacidad de bioacumularse en el suelo afectando la macrofauna y microflora del suelo, el uso del thiamethoxam en los cultivos es eficiente en el control de plagas (Megchún *et al.,* 2016). Actividades como la acuacultura, la apicultura y la agricultura, podrían verse afectado por el uso masivo y sin control de estos plaguicidas.

El manejo que se realizan en las huertas, está en función del productor como tomador de decisiones en el agroecosistema, es decir la efectividad de los plaguicidas en el control de las plagas, juega un papel importante en el manejo agronómico, ya que de esta depende el volumen total de químicos por ciclo de cultivo que se utilizan para la producción de alimentos.

Las formulaciones químicas contaminan los recursos naturales, tal es el caso, del uso del thiamethoxam en el control de *Bemisia tabaci*; actualmente estudios en Israel demuestran la alta resistencia de *Bemisia tabaci* con el uso del thiamethoxam, por lo que es necesario utilizar otros esquemas de producción, o usar nuevos plaguicidas para el control efectivo de plagas (Macías *et al.,* 2013). El uso de bioinsecticidas o repelentes de origen vegetal, y los métodos de producción orgánica, son esquemas de producción que buscan la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La Norma Oficial Mexicana la NOM- ROSALÍA -FITO-1995, establece que la "agricultura orgánica está orientada a la alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que permite interacciones con los sistemas y ciclos naturales para promover la vida, mejore y extienda los ciclos biológicos en los agroecosistemas, incluyendo los microorganismos en los ecosistemas", motivo por el cual el manejo que se realiza en la agricultura convencional para la presente "Ley de productos orgánicos" genera contaminación, degradación de suelo, agua, biodiversidad y del ambiente, y los productos químicos sintéticos causan daños negativos a los ecosistemas.

Ante esta situación, es importante generar un modelo sobre el manejo sustentable de los agroecosistemas, con el propósito de impulsar el desarrollo rural sustentable en las áreas marginadas, principalmente en áreas donde la agricultura como actividad ha sobrexplotado los recursos naturales; un ejemplo, es la Amazonia Brasileña, el cual representa un potencial para la biodiversidad, recursos hídricos y energéticos y fuentes de materias primas, por lo que la comunidad internacional considera que la Amazonia Brasileña, tiene que ser del mundo y no de Brasil (Montañez, 2011). La Amazonia Brasileña, ocupa un territorial de 4, 871, 500 kilómetros cuadrados, correspondiente al 66% de toda la región Amazónica y al 56% del área de Brasil, en ella viven 18 millones de personas, y representa el 11.2% de la población de Brasil; la Amazonia Brasileña, en el ámbito del desarrollo sustentable y de la economía mundial, se ha convertido en un laboratorio de observaciones de las transformaciones y mutaciones, por los desafíos locales y compromisos internacionales, entre

políticas de conservación y proyectos, por la enorme cantidad de recursos naturales que existen, en este sentido el agua, madera, suelo, planta, etc. (Pinto y Congretel, 2016). A pesar de que los suelos de la Amazonia, son clasificados como oxisoles y ultisoles, con bajos contenidos de materia orgánica y de nutrientes esenciales, su composición fisicoquímica garantiza una elevada productividad en los cultivos tradicionales amazónicos, su formación está asociada a un agroecosistema donde existen, actividades sociales, económicas y ambientales, y también están establecidos asentamientos humanos, quienes desarrollan la agricultura, que sigue siendo el motor económico de la región, donde los principales cultivos se basan en diversas variedades, un ejemplo es la mandioca (*Manihot esculenta*) y los frutales nativos manejados como cultivos asociados, intercalados o cultivos intensivos, estos esquemas de producción, es producto de los orígenes, que inició por los procesos de la conquista y colonización (Torres y Cuartas, 2013).

En México existe la ley de productos orgánicos y la ley sobre el desarrollo rural sustentable, estas leyes promueven la calidad de vida de la población, esta debe ser garantizada por los sistemas de producción. Por lo anterior el abuso de los plaguicidas está causando daños, y superando las normas mexicanas e internacionales, como la EPA (Agencia de Protección Ambiental) y la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria).

El objetivo de la investigación es conocer el impacto negativo del manejo del thiamethoxam en el agroecosistema con papaya en México y generar un modelo conceptual del manejo orgánico en el agroecosistema Amazónico como una alternativa para mitigar el impacto del uso del thiamethoxam en los cultivos.

METODOLOGÍA

La investigación consistió en analizar el manejo del thiamethoxam en el agroecosistema con papaya en México y analizar el manejo de la agricultura en la Amazonia, Brasileña.

La primera parte de la investigación se desarrolló en el municipio de Cotaxtla, Veracruz, México

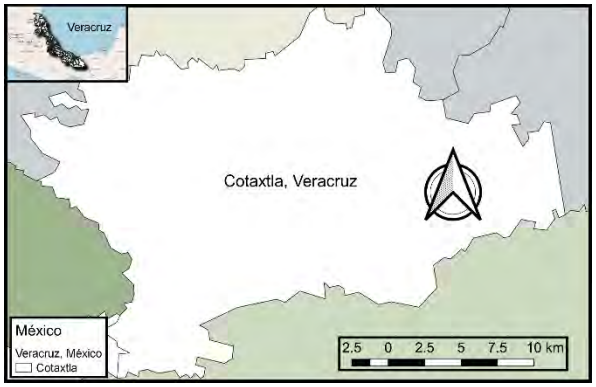


Figura 1. Municipio de Cotaxtla, Veracruz, México.

Se realizó un recorrido técnico y se entrevistó a las familias que integran a los productores. Estos son principalmente los que están inmersos en el agroecosistema con papaya en el municipio de Cotaxtla, Veracruz. Se georreferenció las parcelas de papaya, conociendo la superficie que plantan con el manejo de insecticidas químicos. Se identificó a un productor líder, que manejará el insecticida sistémico thiamethoxam en el cultivo de papaya y otros cultivos de importancia económica de la región, como los cultivos asociados o de rotación, para este caso en específico fue el cultivo de la sandía.

EL muestreo fue con base a las normas mexicanas, para suelo la NOM-AA-105-1988, que consiste en levantar una muestra en forma de zig-zag a una profundidad de 30 cm, para agua de riego la norma NMX-AA-003-1980 y la norma NOM-AA-104-1988, las muestras de agua de riego se levantaron con bolsas de calidad alimenticias, para las determinaciones en planta fue con base a las normas NOM-AA-103-1988 y para fruto en el cultivo de papaya la norma NMX- FF-041-1996, se utilizó el método de cuarteo y cinco de oro, que consiste en seleccionar en la parcela 5 plantas con fruta, y seleccionar las mejores con buena apariencia física, sanas libre de enfermedades y daños mecánicos, básicamente en madurez fisiológica. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio del Instituto Tecnológico de Boca del Río. Las determinaciones se realizaron con el equipo HPLC-UV, en las matrices de suelo, agua, planta y fruto de papaya. Las condiciones instrumentales de la columna cromatografica es de C18 RP 5 µm, con una temperatura de 25° C, una fase móvil de 45/55 (AC/AG), con un flujo de 1mL min^{-1} y λ= 254 nm, un intervalo de trabajo de 10 a 100 µg de thiamethoxam L^{-1}, la

linealidad de R≥0.9 y una recuperación de ≥90%. Para la determinación de thiamethoxam, las muestras se conservaron en refrigeración, posteriormente se adicionó 5 g de la muestra con 10 ml de acetonitrilo (CH3CN), se dio un reposó de 5 minutos; se agito con vórtex un minuto, se agregó 3 ml de agua grado HPLC con 6 ml de hexano (C6H14), 4 g de Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$), 1 g de N-acetilcisteina (NAC), 500 mg de citrato de sodio ($Na_3C_6H_5O_7$); posteriormente se realizó una agitación manual durante 20 segundos más una agitación con vórtex un minuto; después se continuó con 10 minutos de centrifugación; se tomó 6 ml de sobrante y se depositó en el tubo II 90 mg de sulfato de magnesio, 150 mg de Amina Primaria Secundaria (PSA), 150 mg de octadecyl carbon chain (C18); se procedió con la agitación de 1 minuto en vortex, y se centrifugó a 5000 rpm durante 10 minutos; se tomaron 3 ml de sobrenadante y se llevó a sequedad a 40°C y con N_2; se adicionó 200 µl de metanol (CH3OH), y se midió 100 µl+ 900 µl en la fase móvil, y después se filtró con discos 0.22 µl, posteriormente se recuperaron en viales. Todos los reactivos utilizados fueron de calidad cromatografía (Mr). Se utilizó como estándar el thiamethoxam 37924-100MG-R, con intervalo de confianza= 95%/n=6, su punto de función es de 139.2-139.6 °C, y su ensayo analítico (HPLC) es al 99.6%, en agua (Karl Fischer) de 0.01 %. Los picos eluidos para thiamethoxam, presentes fueron superiores a 0.1 mg/kg. Con base a los resultados publicados por Megchún *et al.,* 2018, sobre la dosis óptima para el control de plagas asociados en el cultivo de papaya, se utilizó la dosis baja de 0.3 kg/ha de thiamethoxam, y se realizó una proyección del riesgo sobre las aguas superficiales en el agroecosistema con papaya en el municipio de Cotaxtla, Veracruz, México.

De acuerdo a los resultados obtenidos se desarrolló en los meses de octubre a noviembre un recorrido técnico y se entrevistó a productores del estado de Acre, Brasil. Esta actividad consistió en visitar las parcelas agrícolas para conocer el manejo agronómico que realizan los productores. Por lo que se realizó entrevistas focalizadas en el agroecosistema tropical Amazónico, estos fueron productores de hortalizas, frutales nativos y arboles forestales que se encuentran en el área Amazónica de Brasil. Con los resultados obtenidos se diseñó un modelo cibernético de la agricultura amazónica, con la finalidad de conocer cuáles son las

alterativas sustentables al problema de la introducción de químicos como el thiamethoxam que están afectado a los ecosistemas en México. En la Figura 2, se presentan las parcelas de productores brasileños que realizan manejo orgánico, y utilizan insecticidas de origen orgánico. Se visitaron un total de 15 parcelas de productores que utilizan productos orgánicos o realizan manejo orgánico en sus huertas en Cruzeiro do Sul y Río Branco.

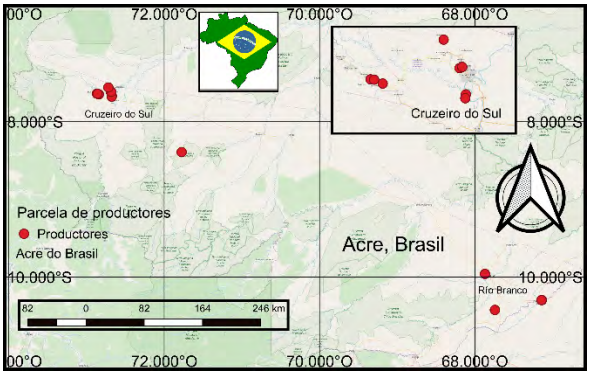


Figura 2. Estado de Acre, Brasil, principales productores que realizan manejo orgánico en el agroecosistema tropical.

Para el análisis de la información se utilizó Sistema de Información Geográfica con el programa QGIS versión 3.2 y el programa de interpolación lineal SUPRAKML. Los datos se analizaron con el programa estadístico Minitad versión 17.

RESULTADOS

En el municipio de Cotaxtla, el 54% de los productores que están inmersos en el agroecosistema con papaya, son actores con una edad avanzada entre 50 y 55 años; solamente el 6% de los productores tiene una edad de 30 años, las familias en su mayoría la integran mujeres y el 55% de las familias están conformadas entre 5 y 6 personas, por lo que es necesario establecer esquemas sostenibles para mejorar la calidad de vida de los productores (Tabla 1).

En esta perspectiva la mayor población que se dedican a la agricultura en este agroecosistema es de una población de edad avanzada con poca participación de jóvenes.

Tabla I. Características de las familias de los productores del Agroecosistema con papaya de Cotaxtla, Veracruz.

Ed Pr	Pbl (%)	I. F.	Ind. (%)	I.M.	Fam (%)	I. F.	Fam (%)
30	6	2	17	1	17	1	11
35	6	4	28	2	44	2	33
40	11	5	22	3	39	3	50
50	22	6	33			4	6
55	32						
60	17						
65	6						

Ed. Pr= Edad de los productores; Pbl=Población; I.F.=Integrantes de la familia; Ind=Individuos; I.M=Individuos Masculinos; I.F=Integrantes Femeninos; Fam=Familias

El agroecosistema con papaya está conformado por pequeños productores en su mayoría, son productores que cultivan una superficie de 3 a 4 hectáreas (Figura 3). Estas parcelas son utilizadas para las plantaciones de frutales, como la papaya, ya que se considera un frutal de importancia económica para el estado de Veracruz, esta especie se asocia con las hortalizas y otras especies de gramíneas. Las áreas donde se establece el cultivo de papaya, son parcelas que presentan las condiciones fisicoquímicas ideales para la plantación de estas especies, son muy pocos productores que establecen una superficie mayor a 10 hectáreas,

Las actividades de manejo que realizan los productores, es principalmente para el control de plagas, enfermedades y nutrición de las plantas, el manejo consiste en utilizar altos insumos químicos, denominados plaguicidas. La papaya como uno de los frutales de importancia económica en México, es una especie vulnerable a las plagas, por lo que es necesario realizar un manejo eficiente en las plantaciones para obtener altos rendimientos, esto implica el uso de dosis altas para la erradicación de las plagas y enfermedades.

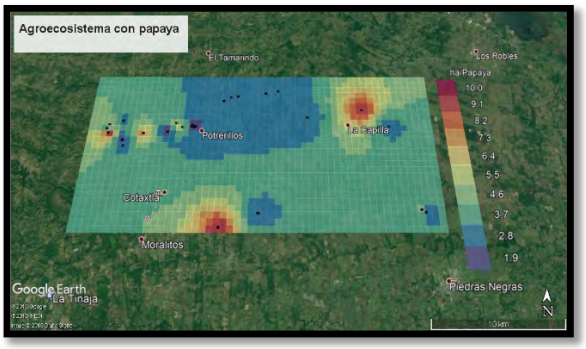


Figura 3. Superficie que se dedica para el establecimiento huertas de papaya en el municipio de Cotaxtla, Veracruz.

El insectida thiamethoxam es un químico sistémico y de contacto que se utiliza para el control de plagas en el agroecosistema. De las muestras analizadas se encontró, que el agua de riego que se utiliza en el cultivo de sandía, presenta la mayor concentración de thiamethoxam de 0.6 ppm, las concentraciones en agua de riego, es superior a las muestras analizadas en la planta de sandía y en el suelo cultivable, esto es cuando la sandía se encuentra en la fase desarrollo vegetativo (Figura 4).

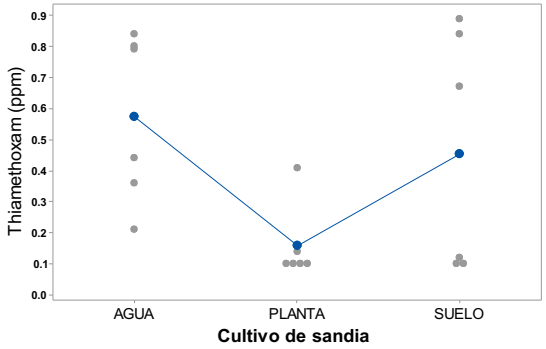


Figura 4. Concentraciones de thiamethoxam en el cultivo de sandía en Cotaxtla, Veracruz.

En la papaya, de los muestreos realizados durante el ciclo de cultivo, se encontró que de las muestras analizadas en suelo, agua, planta y fruta, los valores de thiamethoxam presentaron diferencias estadísticas.

Las concentraciones en suelo de 0.6 ppm son superiores al resto, pero los valores de thiamethoxam en fruta de 0.27 ppm, son similares a los encontrados en la planta de papaya

(Figura 5). Al comparar los valores entre ambientes las mayores concentraciones se encuentran en el suelo y en el agua de riego, lugar donde la planta de papaya se suministra de nutrimentos y agua para los procesos biogeoquímicos.

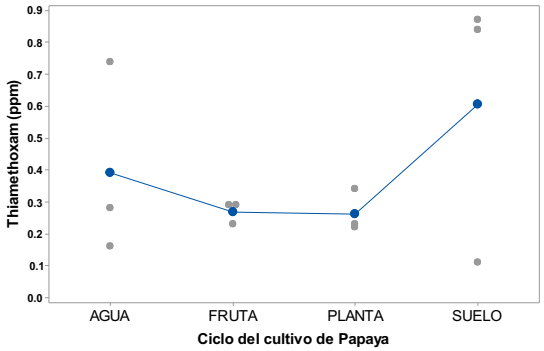


Figura 5. Concentraciones de thiamethoxam en el cultivo de papaya en Cotaxtla, Veracruz

De las parcelas de papaya ubicados en el agroecosistema (Figura 6), el manejo del thiamethoxam para el control de plagas en las huertas de papaya, genera un riesgo de contaminación sobre el afluente el río Soyolapa, esto es por la cercanía del 50% de las huertas ubicados cerca del agua superficial; caso contrario sobre el riesgo de contaminación por el manejo de thiamethoxam en las huertas establecidas cerca del río Cotaxtla. Sin embargo, no se descarta que la movilidad del thiamethoxam, permita que el plaguicida esté presente en aguas someras; además, que en este mismo agroecosistema se encontró partículas de thiamethoxam en agua de riego proveniente de noria, establecidos en el cultivo de sandía y papaya (Figura 4 y 5).

Estas concentraciones presentes en agua de riego podrían dar indicios de que el agua de los ríos que se encuentran en el municipio de Cotaxtla, presente concentraciones de thiamethoxam que estén afectando la vida acuática del agua dulce superficial. Si consideramos el efecto residual del thiamethoxam en la planta, esta molécula podría formar parte de los procesos del ciclo del agua, generando contaminación en los ecosistemas que están cerca de los cultivos, y formar parte de los procesos de escorrentía e infiltración en los periodos de lluvias. Por otra parte la capacidad del thiamethoxam de ser retenido por las arcillas, genera contaminación de las aguas someras que se utilizan para el riego de los cultivos de papaya dentro del agroecosistema.

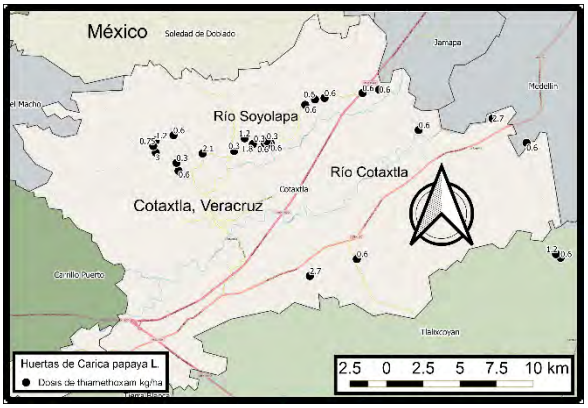


Figura 6. Proyección de la dosis optima de thiamethoxam para el manejo en las parcelas de papaya en el municipio de Cotaxtla, Veracruz.

Al conocer la diagnosis del manejo del thiamethoxam en el agroecosistema con papaya, se analizó el agroecosistema del área amazónica del estado Acre, de Brasil (Figura 7). El modelo conceptual cibernético del agroecosistema Amazónico, permite conocer que el manejo sustentable de los recursos está en función de la toma de decisiones que el productor realiza en el agroecosistema, y la respuesta del ambiente hacia los procesos evolutivos que ocurren en los ecosistemas, es decir uno de los propósitos que se persigue es el desarrollo regional, a través de una agricultura amigable con el ambiente.

El productor como principal controlador del agroecosistemas y tomador de decisiones, genera conocimiento, bienestar y una agricultura de subsistencia y autoconsumo. Esto permite que se generen leyes y normas para controlar los procesos que se ven involucrados en el agroecosistema, como los biológicos y sociales, considerando aquellos que están en un proceso de transición, es decir, la agricultura tradicional a una agricultura sostenible.

Desde la perspectiva de la teoría de sistemas, del consumismo y marxista, la agricultura orgánica, persigue mejorar las condiciones del ambiente optimizando los recursos naturales. La agricultura que se realiza en el área Amazónica, está dirigida a productores, que optimizan los recursos, esto les permite mejorar las condiciones de suelo, agua, y los procesos biogeoquimicos permanecen en armonía y en equilibrio, por lo que, se han generado métodos

de manejo agronómico como el uso de cultivos asociados, intercalados, y los esquemas de producción están enfocados al uso racional de los productos químicos para la producción, en su caso la utilización de insumos de origen natural para el control de pestes agrícolas, y la nutrición de cultivos con el uso de abonos de origen orgánico, en este sentido toma mayor relevancia.

Por otra parte el intercambio de conocimientos y la transferencia de tecnología, juega un papel importante en el desarrollo de capacidades. Las instituciones como INCRA (Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria), FUNAI (Fundación Nacional del Indio), y las Universidades Federales y centros de investigación y tecnología como EMBRAPA (Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria), son importantes en el manejo sustentable en la agricultura del estado de Acre. Los modelos de transferencia, permite que los productores mejoren sus condiciones de vida, con el uso de nueva técnicas de cultivo que les permita tener buenos rendimientos y mejorar las condiciones ecológicas donde se realiza agricultura. El productor obtiene recursos económicos, alimentos inocuos del agroecosistema, e integra todos los recursos de forma sistémica, para obtener alimentos de origen vegetal y animal para la subsistencia, como parte de su cultura. Dada la circunstancia el impacto negativo por el uso masivo de los plaguicidas, como es el fenómeno de la contaminación y el consumo de alimentos con presencia de plaguicidas que dañan la salud pública, se ve minimizada con los esquemas de producción orgánica, con los sistemas agroforestales, cultivos asociados, agricultura familiar, sistema agrosilvopastoril y la granja, considerando estos esquemas de producción como unidades de producción donde todos los subproductos son transformados para su utilización en abonos, bioinsecticidas, repelentes naturales, biofungicidas, reduciendo de esta manera el impacto de la contaminación y degradación de los recursos naturales (Figura, 7).

En la granja los cultivos que están integrados con frutales amazónicos son el Buriti (*Mauritia flexuosa*), Acai (*Euterpe oleracea*), Castaña (*Castanea sativa*), Pataua (*Oenocarpus bataua* var. Bataua) y papaya, permiten la asociación con hortalizas, gramíneas y leguminosas, el sistema de producción, integra también los animales domésticos como las aves, porcinos y

peces, estos sistemas de producción minimizan en su mayor proporción el uso de plaguicidas, ya que permite el reciclaje, la subutilización de los subproductos para la nutrición de los cultivos, de manera integral.

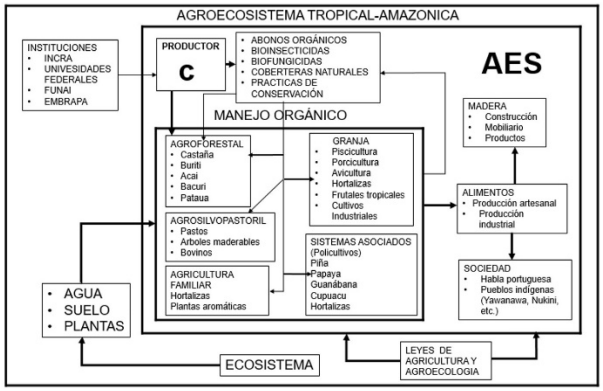


Figura 7. Modelo conceptual cibernético del manejo orgánico en los Agroecosistemas Amazónica del Acre, Brasil.

DISCUSIÓN

Con respecto al manejo de los cultivos en el agroecosistema con papaya, en el municipio de Cotaxtla, Veracruz; la edad de los productores demuestran la similitud con lo reportado en Soledad de Doblado, Veracruz, donde el 40% de los productores tiene una edad entre 40 a 70 años; además, cuentan con una superficie de 14.8 ha en promedio, el agroecosistema está integrado en su mayoría por la siembra de papayo, maíz y ganado (Hernández *et al.,* 2008). Caso contrario para el municipio de Cotaxtla, ya que son pequeños productores entre un rango de 2 a 10 hectáreas únicamente para el establecimiento de papaya; el agroecosistema está integrado por papaya en su mayoría, asociada con sandía, maíz y hortalizas, solamente el 30% de los productores establece papaya y el 45% de los productores asocia papaya con sandía (*Citrullus lanatus*).

De la población total de los productores en Cotaxtla, para la producción de los cultivos utilizan en el manejo los plaguicidas neonicotinoides, el 6% usa el thiamethoxam y el otro 6% el Imidacloprid en el control de plagas (Megchún *et al.,* 2017). En Colombia se realiza el manejo de estos productos neonicotinoides en los cultivos, porque presentan eficacia en el control de insectos, se reporta para thiamethoxam una eficacia del 38% y para el Imidacloprid del 87% en el control de *Corythucha gossypii* (Herney *et al.,* 2010).

En la India en el cultivo de papaya el thiamethoxam presenta una eficacia de 46.7% en el control de *Paracoccus marginatus*, el thiamethoxam combinado con Dichlorvos tiene una tasa de mortalidad del 79% (Basana *et al.,* 2013). En México plagas asociadas al cultivo de papaya como *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae*, *Frankliniella occidentalis* y *Toxotrypana cuirvicauda*, son controladas eficientemente con el manejo del thiamethoxam durante 16 días con la dosis de 0.3 kg/ha, esta reacción es por la acción sistémica y de contacto, además que presenta una capacidad de movilidad de la zona radical hasta los órganos vasculares de la planta (Megchún *et al.,* 2018). Su principal función y forma de control, consiste en el bloqueo de la sinapsis nerviosa, al unirse al receptor colinérgico de acetilcolina (Fuentes *et al.,* 2007). El thiamethoxam tiene la ventaja que se puede aplicar asperjado al dosel de los árboles y al suelo, en la zona radicular de las plantas, esto le permite actuar de manera sistémica, con una eficiencia del 90% en el control de *Frankliniella shultzei*, que es la principal plaga que actúa como vector de la virosis en tomate (Raetano *et al.,* 2003).

En Brasil se ha demostrado la eficiencia del thiamethoxam para *Aphis gossypii,* durante varios años de prueba, pero no se descarta la resistencia de las plagas a la aplicación de neonicotinoides, un ejemplo es la resistencia de *Bemisia tabaci* al Imidacloprid; este fenómeno permitiría el uso masivo de los plaguicidas neonicotinoides en los cultivos, con el riesgo de acelerar los procesos de contaminación del suelo, agua y ambiente de los agroecosistemas (Do Valle *et al.,* 2006).

Las concentraciones de thiamethoxam detectados en el cultivo de sandía, son valores ≤0.2 ppm en planta, similares a los encontrados en Brasil en el cultivo de papa (*Ipomoea batatas*), las concentraciones de thiamethoxam son de 0.12 ppm en fruto, pero los valores para suelo y agua de riego en el cultivo de sandía, son superiores a los reportados en el suelo en el cultivo de papa de 0.19 ppm (Rigueira *et al.,* 2013). En Brasil, se analizó la persistencia del thiamethoxam en plantas de café, se han encontrado valores en planta hasta los 240 días después de la aplicación en el manejo del cultivo, concentraciones en hojas inferiores que van de 0.02 a 0.17 ppm y valores en hojas superiores de 0.02 a 0.17 ppm, la persistencia del thiamethoxam en la planta y en las hojas, permite controlar plagas como *Leucoptera coffeella* (Diez *et al.,* 2006).

En Brasil se reporta concentraciones de thiamethoxam en mango con valores de 0.023 a 0.049 ppm (Ciscato *et al.,* 2015), concentraciones menores a los encontrados en el ciclo de cultivo de papaya, a nivel internacional se han establecido los niveles de tolerancia para el thiamethoxam de 0.4 ppm en Estados Unidos (Agencia de Protección Ambiental) y de 0.05 ppm para la Unión Europea (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), las concentraciones de thiamethoxam en sandía y papaya, superan los límites máximos permisibles, establecidos por las normas internacionales (Sánchez *et al.,* 2012).

La presencia de concentraciones de thiamethoxam en planta, podría desencadenar el fenómeno llamado colapso de las colonias de las abejas; además, de que existen reportes de fenómenos similares en Bélgica, Francia, España, Portugal, Italia, Holanda y Grecia (Nieves, 2013). La agricultura convencional, en el contexto de la producción de alimentos, ha generado contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, motivo por el cual, es importante generar esquemas de producción más sostenibles, para garantizan la autosuficiencia alimentaria, calidad y cuidado al ambiente, y el manejo de una agricultura sustentable dentro de las comunidades. El origen de los bioinsecticidas puede ser de bacterias, virus, hongos, nematodos, feromonas sexuales, insecticidas botánicos; los bioinsecticidas pueden ser utilizados para el control de plagas de los cultivos sin perturbar el ecosistema (Cantú *et al.,* 2012). Con el manejo de la agricultura orgánica permitiría a los productores

mejorar las condiciones edafoclimaticas en los territorios destinados a la agricultura, los rendimientos de los cultivos serían enfocados a la obtención de alimentos inocuos y de calidad para un mercado selecto, que consume productos libres de plaguicidas.

Existen reportes, sobre el manejo de entomopatógenos, entomófagos y derivados de *Azadirachta indica*, *Chysantemus sp.*, *Tagetes sp.,* para el biocontrol de plagas como Lepidópteros, Coleópteros y Dípteros (Tamez *et al.,* 2001). Se han encontrado que el uso de hogos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, en hortalizas controla en un 80% a las plagas de las hortalizas, sin el uso de insecticidas químicos (García *et al.,* 2010). También la combinación del uso de micorriza con el manejo de sulfocalcio (azufre+cal) y bioestimulantes (extractos de *Capsicum annuum*, *Allium sativum* L., *Allium cepa* L., *Piper auritum* Kunth, *Azadirachta indica* A. Juss, *Morinda citrifolia* L., Ricinus *communis* L.), como abonos foliares proporcionan un buen crecimiento y desarrollo en tomate de cáscara, además que controlan los insectos asociados al cultivo (Megchún *et al.,* 2017).

El manejo orgánico, es una alternativa para el desarrollo de los agroecosistemas, ya que permite la interacción de todos los elementos de los ecosistemas, sin perturbar su estado ecológico. Un ejemplo de ello es el agroecosistema Amazónico, donde grupos indígenas, han desarrollado diferentes procesos de adaptación al ecosistema, mejorando las condiciones para poder producir alimentos sanos sin causar daños a los recursos naturales (Espinosa *et al.,* 2015).

Últimamente, Brasil realiza un proceso de cambio al intentar ocupar tierras en áreas amazónicas, ya que son ideales para realizar agricultura, esto puede generar numerosos impactos ambientales, este fenómeno ponen en riesgo la competitividad de la agricultura amazónica, y de otras áreas agrícolas de Brasil; los impactos negativos en la Amazonia, es producto del cambio del uso del suelo, y por la expansión de la ganadería y la deforestación (Pasquis, 2006). Sin embargo, la generación del conocimiento, ha sufrido adaptaciones y transformaciones, que inicia desde la colecta de semillas en la selva hasta su evolución, generándose la agricultura familiar, desde sus orígenes, hasta el cultivo de frutas, y el

tratamiento postcosecha de las semillas, todos estos alimentos se vende para la obtención de ingresos económicos y solamente una parte es para el autoconsumo (Pinton y Congretel, 2016).

La agricultura orgánica en Brasil, tiene el objetivo de garantizar la sustentabilidad económica, la protección del ambiente, incremento de los beneficios sociales, minimización de la dependencia de la energía no renovable, el uso de organismos genéticamente modificados y radiaciones ionizantes, el uso de materiales sintéticos o químicos, como lo es, los plaguicidas (Brabo *et al.,* 2017).

CONCLUSIÓN

El manejo agronómico y convencional que se realiza en el agroecosistema con papaya, corresponde a una población de productores de una edad avanzada. Los productores recientemente están manejando el thiamethoxam como parte del manejo de los cultivos, el uso del thiamethoxam podría causar contaminación de las aguas superficiales y daños al ecosistema. Los resultados demuestran que existen concentraciones de thiamethoxam en agua, planta y suelo superando lo establecido por las normas internacionales. Los esquemas de producción orgánica como parte de los agroecosistemas, es una alternativa para mejorar las condiciones de suelo, agua y el ambiente, debido a que existen evidencias sobre el manejo de bioinsecticidas en el “Agroecosistema Amazónico”.

AGRADECIMIENTOS

Al C. Eduardo Pacca Luna Mattar, profesor investigador de la Universidad Federal do Acre-Campus Floresta, y al núcleo de agroecología por el apoyo brindado en los recorridos técnicos y de investigación a las áreas productoras de la zona Amazónica en el año 2017.

También al personal de las instituciones FUNAI, INCRA y EMBRAPA, ubicados en el estado Acre, Brasil; por el apoyo académico y la amistad, para realizar este trabajo en las principales zonas amazónicas.

LITERATURA CITADA

Brabo, M. F., Saraiva, C. M. C., Nascimiento, J. R., Reis, T. da S., Campelo, D. A. V., Veras, G. C., 2017. Piscicultura orgánica na Amazonia Brasileña: Limitacoes e possibilidades. Informaciones Economicas: 47(3): 16-26.

Cantú, S. L., Sáenz, G. A., Pérez, B. C. y Gutiérrez, A. L. G., 2012. Bioinsecticidas y insecticidas químicos. Revista de divulgación científica Ciencia y Tierra. No. 30. 5 p. http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC30/5.html.

Ciscato, C., Barbosa, C. y Gebara A. 2015. Analysis of pesticide residuos in mango by GC/MS/MS with bond elut quechers en kits. Angilent Technologies. 1-10 p.www.agilent.com/chem.

Diez, R. G. I., Baptista, G. C., Trevizan, L. R. P., Haddad, M. L. y Nava, D. E., 2006. Residuos de tiametoxam, Aldicarbe e de seus metabolitos em folhas de Cafeeiro e efeito no controle de Leucoptera coffeella (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Neotropical Entomology 35(2): 257-263.

Do Valle, P. R. S., Viera, B. A. H., Nechet, K. L., Junior M. M., 2006. Avaliacao de insecticidas no controle de pragas da melancia e seu impacto na incidencia de viroses. Rev. Acad. Curitiba, v. 4(1): 31-37.

DOF (Diario Oficial de la Federación), 2018. Ley de desarrollo rural sustentable. El Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ultima reforma DOF 20 -06-2018.

ElBasana G. G., Vijay K. L., Jagadish K. S., Subhash B. K. y Rani A. T., 2013. Efficacy of insecticides against papaya mealybug, Paracoccus marginatus Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae). Current Biotica. 7(3): 161-173.

Espinoza, A. J. A., León, S. T. E., Ríos, O. L. A., 2015. Tipología y usos del suelo en agroecosistemas del Valle del Guamuez, Putumayo-Colombia. Soc. & Nat. Uberlandia. 27(2): 255-266.

Fuentes, C. E., Basoalto, E., Sandoval, C., Pavez, P., Leal, C., Burgos, R., Muñoz, C., 2007. Evaluación de la eficacia, efecto residual y de volteo de aplicaciones en pretrasplante de insecticidas nicotinoides y mezclas de nicotinoides-piretroide para el control de Myzus persicae nicotianae (Hemiptera: Aphididae), en tabaco. Agricultura técnica. 67(1): 16-22.

García, G. C., González, M. M. B., Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. Ra Ximhai, 6(1): 17-22.

Hayes, TB., Hansen, M. 2017. From silent spring to silent night: Agrochemical and the anthropocene. Elem Sci Anth. 5(57): Doi: http://doi.org/10.1525/elmenta.246.

Hernández, C. E., Martínez, D. J. P., Gallardo, L. F. y Villanueva J. J. A., 2008. Aceptación de nueva tecnología por productores ejidales para el manejo integrado del cultivo de papayo. Tropical and subtropical Agroecosystem, 8: 279-288.

Herney V. E., Dionizio M. M., PaolaC. J., 2010. Efecto de corythucha gossypii sobre las hojas de higuerilla: criterios para su muestreo y control con insecticidas. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.11(1): 41-47.

Macías, F. A., Santillán, O. C., Robles, B. A., Ortiz, C. M., Cambero C. O. J., 2013. Casos selectos de resistencia a insecticidas en moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en el mundo. Revista Bio-ciencias: Vol 2(2): 4-16.

Megchún G. J. V., Castañeda C. M. del R., Rodríguez L. D. A., Adame G. J., Murguía G. J., Lango R. F., Leyva O. O. R., 2018. Use of thiamethoxam, associated with insect populations in papaya (*Carica papaya* Linnaeus) cultivation. International Journal of research-Granthaalayah. Vol. 6(1): 428-439.

Megchún G. J. V., Rebolledo, M. L., Rodríguez, L. D. A., Rebolledo, M. A., Castañeda, C. M. del R., 2017. Uso de micorriza y abonos foliares en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot. Ex. Horm), en Veracruz. Avances en investigación Agrícola, Pecuaria,

Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático-2017. INIFAP, CP, UV, UACH, AVC, ITBOCA, ITUG, ITSH, UPH. Medellín, Ver. México. Año 1, No. 1. Pp 362-368.

Megchún, G. J. V., Castañeda, C. Ma. del R., Murguía, G. J., Lango R. F., Leyva O. O. R., 2017. Thiamethoxam in papaya (*Carica papaya* Linnaeus) Agroecosystem. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. Vol. 2(2): 874-880. http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.2.40

Megchún, G. J. V., Castañeda, C. Ma. del R., Rodríguez, L. D. A., Murguía, G. J., Lango, R. F., Leyva O. O. R., 2016. Thiamethoxam in tropical agroecosistem. Global Journal of Biology, Agriculture& Health Sciences. Vol 5 (3): 75-81. DOI:10.5281/zenodo.1168978.

Montañez, L. C. H., 2011. Implicaciones de la Amazonia en la política exterior de Brasil. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Pag.101

Morales, M. M., Martínez D. J. P., Torres H. G., Pacheco V. E., 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistema en un ejido de Veracruz, México. Téc Pecu Méx. 42(3): 347-359.

Nieves, 2013. Estado libre asociado de Puerto Rico. 17 Asamblea Legislativa y 2 Sesión Ordinaria. 5 p.

NOM-037-FITO-1995. Por lo que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Oliveira, R. A., Roat T. C., Carvalho S. M., 2013. Side-Effects of thiamethoxam on the Brain and Midgut of the Africanized Honeybee Apis mellifera (Hymenopptera: Apidae). Environmental Toxicology. No. 2010/15628-7:1-12. Doi 10.1002/tox.21842.

Pasquis, R., 2006. Mercado y medio ambiente el caso de la soya en la Amazonía Brasileña. Revista de Ciencias Sociales. 24: 47-56.

Pintón, F., Congretel, M., 2016. ¿Innovar para resistir? La territorialización de la guaraná en la Amozanía (Brasil). Eutopía. No. 10: 25-40.

Raetano, C. G., Kobayashi, M. R., Kuwahara, W. R., Vinchi, R. R., 2003. Application methods and doseges of thiamethoxam in thrips control on tomato plants. Horticultura Brasileña, Brasilia. Vol 21(3): 429-432.

Rigueira L. M. B., Ribeiro K. de L., Queiroz Ma. E. L. R., Neves A. A., Zambolim L., Oliveira R. M., 2013. Determinación of Chlorpyrifos and Thiamethoxam in patato tuber (Solanum tuberosum L.), and soil of Brazil Using Solid-Liquid Extraction with Low Temperature Partitioning (SLE/LTP). J. Braz. Chem, Soc. Vol. 24(12): 2042-2049. http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20130256.

Rusch, 2008. Manejo sustentable ¿Cómo llevarlo a la práctica? Ecología forestal, manejo forestal sustentable, conservación y áreas protegidas INTA EEA Bariloche. No. 52. 14-18.

Sánchez, B. M. A., Santamaría, B. F., Zavala, L. M. J., López, N. M. C. 2012. Plaguicidas organosinteticos autorizados en México y el mercado internacional para su uso en papaya. Inifap, Campo Experimental Mocohá, Centro de investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 36 p.

Simón, G., Huxdorff, C., Santillo D. y Johnston P., 2013. Gotas de veneno para las abejas. Análisis de los insecticidas neonicotinoides presentes en al agua de gutacion de las plantas de maíz. Greenpeace. 15 p.

Tamez, G. P., Galán, W. L. J., Medrano, R. H., García, G. C., Rodríguez, P. C., Gómez, F. R. A., Tamez, G. R. S., 2001. Bioinsecticidas: Su empleo, producción y comerciaización en México. Ciencia UANL. Vol 4(2): 143-152.

Torres, S. C., Cuartas R. J. A., 2013. Uso de suelos antropogénicos amazónicos. Revista Gestión y Ambiente. Vol. 16 (2): 5-17.

PROCESOS BIOLÓGICOS PARA LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO DEL AGUA RESIDUAL

ANTONIO PURIEL HERNÁNDEZ[1], ITZEL GALAVIZ VILLA[2], CINTHYA ALEJANDRA SOSA VILLALOBOS[3]

RESUMEN

Actualmente existen esfuerzos por reducir las emisiones de compuestos de nitrógeno (amoníaco, nitrato, óxidos nitrogenados) a las aguas superficiales y la atmósfera. Dado que el sistema principal de tratamiento de aguas residuales domésticas generalmente ya está sobrecargado con amoníaco, la eliminación exclusiva de nitrógeno de las aguas residuales industriales o secundarias concentradas suele ser más rentable que la eliminación de dichos desechos para el tratamiento de aguas residuales domésticas. La rentabilidad de un tratamiento separado ha aumentado dramáticamente. En los últimos años, desde que se dispone de varios procesos para la eliminación biológica del amoníaco de las corrientes de desechos concentrados. A continuación, se analizaron aquellos procesos que utilizan nuevos conceptos biológicos: nitrificación parcial, desnitrificación del nitrificador y oxidación anaeróbica del amoníaco (ANAMMOX). La revisión aborda la microbiología, sus consecuencias para su aplicación, el estado actual de la aplicación y comparación.

PALABRAS CLAVE: Nitrógeno, Nitrificación, ANAMMOX, CANON, desnitrificación, agua residual.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río. apurielh@gmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río. itzelgalaviz.itboca@gmail.com
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río

INTRODUCCIÓN

La vida requiere nitrógeno, ($N2$) el cual se utiliza en procesos celulares esenciales como la síntesis de nucleótidos y aminoácidos. A pesar de que el nitrógeno es muy abundante en nuestra atmósfera como $N2$, la mayoría de los organismos no pueden procesar el $N2$ no reactivo y, por lo tanto, requiere Nr, como amonio, ($NH4+$) o nitrito, ($NO2\ -$). Los organismos capaces de la fijación de nitrógeno pueden catalizar la reducción de $N2$ a amonio y usarlo. Además, grupos especializados de microorganismos también pueden usar Nr como parte de las reacciones redox, en sus procesos de respiración celular (Stein LY,*et al,*2016). Existe un ciclo complejo en la naturaleza que involucra diferentes microorganismos donde el nitrógeno se transforma en diferentes formas químicas.

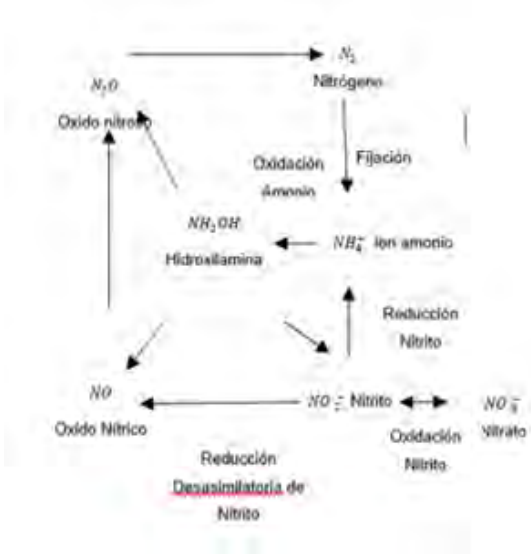


Ilustración 1. Ciclo del Nitrógeno. (Rick WY, et al, 2001).

La eliminación $N2$ en las aguas residuales se ha convertido en una preocupación emergente en todo el mundo porque las diferentes formas del $N2$ son tóxicas para las especies acuáticas y provoca la eutrofización en ambientes naturales acuáticos (Tchobanoglous G,et al, 2003).

TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS CONVENCIONALES

NITRIFICACIÓN

La eliminación de nitrógeno microbiano convencional se basa en la nitrificación autótrofa y la desnitrificación heterotrófica. En la primera etapa de la nitrificación, las bacterias oxidantes del amoníaco (AOB) oxidan el $NH4+$ al $NO2-$ a través de hidroxilamina $NH2OH$ (reacciones 1 y 2). En estas dos reacciones intervienen la enzima amonio mono oxigenasa (AMO) y la oxidorreductasa de hidroxilamina (HAO). En la segunda etapa, las bacterias oxidantes de nitrito (NOB) oxidan el $NO2-$ a nitrato, ($NO3-$) con la participación del nitrito oxidorreductasa (NOR) unida a la membrana (reacción 3) (Dapena-Mora A. *et al*, 2004; Tchobanoglous G, *et al,* 2003; Khin T, *et al,*2004;Zhu GB,*et al,* 2007a,b).

1. $NH_3 + O_2 + 2[H] \xrightarrow{AMO} NH_2OH + H_2O$
2. $HN_2OH + 0.5O_2 \xrightarrow{HAO} NHO_2 + 2H^+ + 2e^-$
3. $NO_2^- + 0.5O_2 \xrightarrow{NO_R} NO_3^-$

Estas bacterias oxidantes del amoníaco forman dos grupos monofiléticos, uno dentro de la beta y otro dentro de las gamma-proteobacterias (Purkhold U, *et al,* 2000). En general, se consideran quimiolitoautotrofos aeróbicos, pero recientemente se han descrito compuestos orgánicos que pueden servir como fuente de carbono y energía. El beta-amoníaco oxidantes comprenden los bien conocidos géneros *Nitrosomonas* y *Nitrosospira* (Batman A, 1997), *Nitrosococcus* es el género gamma-proteobacteria, pero no incluye *Nitrosococcus mobilis*, que está relacionado con *Nitrosomonas* (Steinert K,*et al,* 1997).

El segundo paso de la oxidación de $NO2-$ a $NO3-$ se realiza mediante bacterias oxidantes de $NO2-$, por ej. miembros de los géneros *Nitrobacter*, *Nitrococcus* y *Nitrospira* (Prosser JI, 1989). Los dos primeros géneros son parte de las alfapoteobacterias, mientras que

Nitrospira no está relacionada filogenéticamente con ninguna otra especie cultivada y forma una división separada (Ehrich S, *et al,* 1995).

Varias cepas de *Nitrobacter* y una cepa de *Nitrospira* son los únicos oxidantes de nitritos que no están restringidos a los ambientes marinos (Bock E, *et al,* 1991).

DESNITRIFICACIÓN

En la desnitrificación anóxica, $NO3-$ y $NO2-$ se reducen a $N2$ con una variedad de donantes de electrones, como metanol, acetato y sustancias orgánicas en aguas residuales (reacciones 4 y 5) (Tchobanoglous G,*et al,* 2003; Zhu GB, *et al,* 2007a;Zhu GB P. Y., 2007b).

4. $2NO_3^- + 10H^+ + 10e^- \rightarrow N_2 + 2OH^- + 4H_2O$
5. $2NO_2^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow N_2 + 2OH^- + 2H_2O$

La desnitrificación es la reducción de compuestos de nitrógeno oxidado como $NO2-$ o $NO3-$ a compuestos de $N2$. Este proceso se lleva a cabo mediante diversas bacterias quimioterotróficas, litoautotróficas y fototróficas y algunos hongos (Shoun H,*et al,* 1991;Zumft WG, 1997), especialmente en condiciones reducidas en oxígeno, ($O2$) o condiciones anóxicas (Focht DD, 1975).

Las enzimas involucradas son el $NO3-$ reductasa, el $NO2-$ reductasa, el óxido nítrico reductasa y finalmente el óxido nitroso reductasa (Zumft WG, *et al,* 1997). El $N2$ es el principal producto final de la desnitrificación, mientras que los gases nitrogenados (NO y $N2O$) se producen como intermedios en bajas concentraciones (Zumft WG,1992). Sin embargo, estos gases también se liberan como productos finales cuando las enzimas de desnitrificación no se expresan completamente, por ejemplo. cuando la concentración de oxígeno disuelto, (OD) es demasiado alta (Korner H, 1989). La desnitrificación también se produce en presencia de $O2$. El rango de concentraciones de $O2$ que permite la desnitrificación aeróbica es amplio y difiere de un organismo a otro (Robertson LA, *et al,* 1990). El inicio de la desnitrificación aeróbica no depende de la sensibilidad al $O2$ de las

enzimas correspondientes, sino de la regulación de los factores de detección de $O2$ o redox implicados en la regulación a nivel transcripcional.

SISTEMA DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Los sistemas de tratamiento para la remoción biológica de nitrógeno alternan fases aerobias y anóxicas bajo diferentes condiciones de operación. Estos sistemas presentan ventajas y limitaciones en el tratamiento, a continuación, se presenta los procesos y una comparación entre sus capacidades correspondientes para la remoción biológica de nitrógeno.

Procesos	Ventajas	Limitaciones
Bardenpho, BNR (4-etapas)	Concentración total de N $< 3\ mg \cdot L^{-1}$	Se requiere un gran volumen de reactor
	Muy adaptable a los procesos existentes de lodos activados	El segundo tanque anóxico tiene baja eficiencia
Pre-desnitrificación	Se pueden alcanzar $5-8\ mg \cdot L^{-1}$ de N total	La capacidad de eliminación de N es una función del ciclo interno
	Reparación de alcalinidad por desnitrificación	Se requiere control de Oxigeno Disuelto, OD antes de reciclar
Post-desnitrificación	Capaz de alcanzar niveles totales d N inferiores a $< 3\ mg \cdot L^{-1}$	Mayor costo operativo debido a la dosificación adicional de carbono
		Se requiere control de dosificación de carbono

Tabla 1 Ventajas y Limitaciones de Sistemas de Tratamiento Convencional

Debido a que la nitrificación y la desnitrificación son realizadas por diferentes microorganismos en diferentes condiciones, deben diseñarse y operarse en secuencias de tiempo o espacios separados (Lee HJ,*et al,* 2001). En consecuencia, se requiere un tiempo de retención largo o un gran volumen para lograr la eliminación completa del nitrógeno. Además, se requiere un alto nivel de $O2$, establecido como 4.2 $gO2 \cdot g{-}1NH4+$, para la nitrificación (Bruce ER, *et al,* 2001), y una fuente de carbono orgánico suficiente 2.86 g

demanda química de oxígeno $DQO \cdot g{-}1NO3-$ es necesaria para la desnitrificación (Gradly CPL,*et al,* 1980). Normalmente, se agrega un alto nivel de fuentes externas de carbono (metanol, acetato, etc.) en el proceso de desnitrificación cuando se tratan aguas residuales con alta concentración de nitrógeno o baja relación C: N (Tam NFY,*et al,* 1992), lo que aumenta el costo operativo para procesos biológicos convencionales. Las limitaciones de la baja eficiencia de eliminación, el alto requerimiento de $O2$, el largo tiempo de retención y una fuente de carbono externa son las causas para desarrollar nuevos procesos de tratamiento biológico de bajo costo para la eliminación completa de nitrógeno (Jetten MSM,*et al,* 2002).

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE TRATAMIENTO ANÓXICO / AEROBIO (PRE-DESNITRIFICACIÓN)

En este sistema el agua residual es tratada primero en la etapa anóxica y posteriormente en la aerobia. Los $NO3-$ llegan al tanque anóxico por medio de una corriente de recirculación interna del tanque aerobio al anóxico, utilizándose para la desnitrificación la materia orgánica contenida en el agua residual. Esta alternativa supone una reducción en las necesidades de $O2$ requeridas para la remoción de materia orgánica carbonosa porque parte de la materia orgánica carbonosa es removida utilizando $NO3-$ como aceptor de electrones (van Loosdrecht M, *et al,* 2005). En la tabla Anexo 1 se presentan los pasos de diseño de un sistema anóxico / aerobio (Metcalf & Eddy, 2003).

RECIENTES PROCESOS BIOLÓGICOS PARA REMOCIÓN DE NITRÓGENO NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN SIMULTANEA, NDS

La nitrificación y desnitrificación simultáneas, (NDS) significa que la nitrificación y la desnitrificación ocurre simultáneamente en el mismo reactor (Keller J, *et al,* 1997). Hay dos mecanismos para la NDS: físico y biológico (Hidaka T, *et al*, 2002). El mecanismo físico convencional es que la NDS se produce como consecuencia de gradientes de concentración

de OD dentro de los flujos de lodo activado o biopelícula debido a la limitación de la difusión. Los nitrificadores existen en regiones aeróbicas con OD superior a 1−2 $mg{\cdot}L{-}1$, mientras que los desnitrificadores permanecen vivos en zonas anóxicas con DO inferior a 0.5 $mg{\cdot}L{-}1$. La presencia de gradientes de concentración de $O2$ en los flóculos de lodos activados y biopelículas se ha verificado mediante mediciones de microelectrodos (Holman JB, *et al,* 2005) y técnicas de trazador $N.15$ (Wyffles S, *et al,* 2003). El mecanismo biológico para la NDS es más complicado que el físico y es contradictorio con la concepción tradicional de "ingeniería" de la nitrificación aeróbica autótrofa y la desnitrificación anóxica heterótrofa.

Se han identificado varias especies de nitrificadores heterotróficos y desnitrificantes aeróbicos en sistemas de tratamiento de aguas residuales y en el suelo marino. *Alcaligenes sp., Corynebacterium sp., Acinetobacter sp., Xanthomonas sp*. y cepas de *Bacillus* fueron identificadas como nitrificadores heterotróficos (Kim JK, 2005). *Thiosphaera pantotropha* se identificó como nitrificador heterotrófico y desnitrificador aerobio (Grupta AB., 1997). *Paracoccus desnitrificante*, un desnitrificador aeróbico se aisló de lodos activados el cual reduce el $NO3-$ incluso bajo saturación de $O2$ (Baumann B, *et al*, 1996). Desde un punto de vista microbiológico, la SND ha sido considerada como la consecuencia de la oxidación de $NH4+$ por nitrificadores heterotróficos y la reducción de $NO2-$ o $NO3-$ por desnitrificantes aeróbicos (Wyffles S, *et al,* 2003). La NDS tiene importantes ventajas sobre los procesos convencionales. Dado que la desnitrificación se lleva a cabo simultáneamente con la nitrificación en tanques de aireación, el proceso NDS puede ahorrar los costos de tanques anóxicos, y simplificar el diseño del proceso global. NDS es de particular interés en el tratamiento de aguas residuales con una baja proporción de C: N (<5), debido a que se ahorrará el costo de una fuente de carbono adicional (Guo HY*, et al,* 2005).

NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN DIRECTA

La nitrificación de acceso directo y la desnitrificación, es decir, la nitrificación parcial de la desnitrificación es el proceso en el que la nitrificación y la desnitrificación están correlacionadas por $NO2-$ en lugar de $NO3-$. Como producto intermedio, el $NO2-$ se produce en la nitrificación y se reduce a $N2$ en la siguiente desnitrificación del $NO2-$. En comparación con la nitrificación y desnitrificación tradicionales a través de $NO3-$, la reducción de acceso y la desnitrificación tienen las siguientes (Peng YZ, *et al,* 2006):

1. Un 25% menos de consumo de O_2en la fase aeróbica implica un 60% de ahorro de energía en todo el proceso.

2. El requisito para los donantes de electrones es hasta un 40% más bajo en la fase anóxica.

3. La tasa de desnitrificación NO_2^- es 1.5 a 2 veces más alta que la tasa de denitrificación NO_3^-.

La nitrificación parcial a través de $NO2-$ es técnicamente factible y económicamente favorable, especialmente cuando se tratan aguas residuales con alta concentración de amoníaco o baja relación C: N (Villaverde S, *et al,* 1997). El sistema de reactor único para el proceso de eliminación de $NH4+$ sobre $NO2-$ (SHARON), el primer proceso a gran escala con $NO2-$, como producto intermedio, es un sistema de tratamiento rentable para la eliminación total de nitrógeno de las aguas residuales con altas concentraciones de nitrógeno ($> 550 mg \cdot L-1$). El sistema se ha utilizado para tratar aguas residuales generadas a partir de lodos primarios deshidratados, lodos activados por desechos, secadores de lodos e incineradores (van Dongen U*, et al,* 2001).

La oxidación de $NO2-$ a $NO3-$ puede ocurrir al menos en dos semanas. Primero, haciendo uso de la diferencia de energía de activación de entre el $NH4+$ y la oxidación de $NO2-$ (68 $KJ \cdot mol-1$ y 44 $Kj \cdot mol-1$) respectivamente. La situación de activación de la oxidación de

$NH4+$ es más grande y a diferentes tasas de crecimiento del $NH4+$ y de oxidantes $NO2-$ a temperaturas suficientemente altas (más de 26 ° C), funcionan a un tiempo de retención hidráulica mayor que la tasa de crecimiento de los oxidantes de $NO2-$ pero inferior a los oxidantes de $NH4+$ (alrededor de un día) (Hellinga C, *et al,* 1999). Los oxidantes de $NO2-$ no que pueden permanecer en el reactor SHARON se lavan. Debido a que el SHARON depende de la temperatura alta, no es adecuado para todas las aguas residuales (pero muchas aguas residuales con alto contenido de $NH3$ también tienen una alta temperatura, como un licor del lodo). Además, no hay retención de lodos, y el tiempo de retención hidráulica es la reacción volumétrica de $NH3$ Para la carga depende de la concentración de $NH3$. Por lo tanto, los costos del proceso también dependen de la concentración de $NH3$ (costos crecientes con la disminución de la concentración de amonio). La aireación no es necesaria para el suministro de $O2$, sino también para extraer el $CO2$ del reactor para controlar el pH. SHARON todavía utiliza desnitrificación (con metanol añadido) para reducir el $NO2-$ a $N2$. El metanol se suministra periódicamente mientras que la aireación se suspende (Mulder JW, *et al*, 2001).

Una variación en el proceso de SHARON se con hace uso de la retención de lodos en lugar de la hora de la retención hidráulica, aquí se controla el tiempo de los lodos (en SHARON, el tiempo de retención de hidráulica). a bajas concentraciones de $O2$ (menos de 0,4 0.4 $mg{\cdot}L{-}1$ o 5% de saturación por aire) y con más $NH3$, los oxidantes no pueden crecer y los productos de nitrificación pueden ser probables para la nitrificación. No está claro por qué se inhiben los oxidantes de $NO2-$; Se ha sugerido la inhibición de la oxidación de del $NO2-$ por $NH4+$ o la baja afinidad por oxigenación como posibles explicaciones, pero por lo general no hay pruebas mecánicas. Este proceso no se ha aplicado aún a escala completa (Strous M, *et al,* 1997).

LA OXIDACIÓN DE AMONIO ANAERÓBICO (ANAMMOX)

El proceso de oxidación anaeróbica de amoniaco (ANAMMOX), desarrollado en la Universidad de Tecnología de Delft en la década de 1990, es un enfoque novedoso y de bajo

costo para eliminar el nitrógeno de las aguas residuales (Fux C *et al,* 2002). En ANAMMOX, el amoníaco se oxida a nitrógeno mediante AOB anaeróbico con NO_2^- como aceptor de electrones. La hidrazina, (N_2H_4) y la hidroxilamina, (H_3NO) son los productos intermedios. Las fuentes externas de carbono no son necesarias en ANAMMOX porque el CO_2 sirve como la principal fuente de carbono para el AOB anaeróbico. La ecuación 6 es la reacción ANAMMOX (Jetten MSM *et al,* 1999):

6. $$NH_4^+ + 1.31NO_2^- + 0.066HCO_3^- + 0.13H^+ \rightarrow 1.02N_2 + 0.26NO_3^- + 0.066CH_2O_{0.5}N_{0.15} + 2.03H_2O$$

La enzima reductora de NO_2^- (NR) se encuentra en el lado del citoplasma de la membrana celular, la cual cataliza la reducción de NO_2^- a H_3NO. La hidracina (N_2H_4) hidrolasa (HH) a través de la membrana celular que condensa la H_3NO y NH_4^+ a N_2H_4. La enzima oxidante N_2H_4 (HZO) se encuentra en el anammoxosoma del lado de la membrana celular y cataliza la N_2H_4 a N_2 . Los electrones generados a partir de estas reacciones son transferidos de nuevo a NR. Dos bacterias ANAMMOX, llamadas provisionalmente *Brocadia anammoxidans* y *Kuenenia stuttgartiensis*, se encontró que realizaban oxidación anaerobia del NH_4^+. *Brocadia anammoxidans* se detectaron en los Países Bajos, mientras que *Kuenenia Stuttgartiensis* fue detectado en Alemania y Suiza. Estas dos bacterias tienen estructuras similares y producen N_2H_4 a partir de fuentes exógenas H_3NO. Dos nuevas especies de bacterias ANAMMOX, *Candidatus Scalindua brodae* y *Candidatus Scalindua wagneri*, han sido recientemente descubierto (Schmid M *et al* ,2003).

Comparado con los procesos convencionales de nitrificación-desnitrificación, ANAMMOX tiene dos grandes ventajas. Primero, porque ANAMMOX es llevado a cabo por bacterias autótrofas, no hay necesidad de fuentes de carbono orgánico, lo que ahorra costes de dosificación química. En segundo lugar, el rendimiento de biomasa de ANAMMOX es muy bajo ($0.11\ g\ VSS \cdot g^{-1}NH_4^+$), lo que ahorra costos de tratamiento de lodos (Fux C *et al,* 2002).

A escala de laboratorio, el anammox se ha probado en diferentes reactores: lecho fijo, lecho fluidizado, lote de secuenciación y reactores de extracción de gas, todos parecen ser adecuados, aunque la economía del proceso difiere según las diferentes configuraciones del reactor (dependiendo de los reactores existentes que ya estén en su lugar y que puedan adaptarse al proceso). Uno de los principales desafíos del proceso ANAMMOX es el crecimiento bacteriano debido a que toma entre 100 y 150 días antes de que un reactivo de ANAMMOX inoculado con lodo activado alcance su capacidad total (van Dogen U *et al,* 2001). La experiencia en el tratamiento anaeróbico de aguas residuales (con reactores UASB) ha demostrado que este problema puede superarse una vez que las primeras plantas de ANAMMOX a gran escala están en operación y la siembra será posible.

PROCESO COMBINADO DE NITRIFICACIÓN PARCIAL Y ANAMMOX

El punto crítico para llamar a un proceso exitoso es mantener una población suficiente de AOB anaeróbico (Jetten MSM *et al*, 1999). Debido a que el alto NO_2^- inhibe la AOB anaeróbico, reducir la acumulación de NO_2^- será una solución para este proceso (Fux C *et al,* 2002). La nitrificación parcial puede convertir efectivamente NO_2^- - a N_2 sin acumulación significativa; por lo tanto, se espera que el acoplamiento con la nitrificación parcial resuelva el problema de NO_2^- en ANAMMOX. En este proceso combinado, parte de NH_4^+ se oxida a NO_2^- por AOB aeróbico, y NO_2^- se reduce a N_2 por desnitrificadores. La otra parte de NH_4^+ se oxida a N_2 con NO_2^- como un aceptor de electrones mediante AOB anaeróbico.

El requerimiento de O_2 de este proceso combinado es 40% menos que los sistemas tradicionales de eliminación de nitrógeno. También se ahorra la dosificación orgánica para la desnitrificación. Además, la producción de lodos es baja debido a la lenta tasa de crecimiento de AOB anaeróbico, que reduce los costos de tratamiento de lodos. Sin embargo, hay varios problemas para este sistema combinado (Jetten MSM *et al,* 1997):

1. El OD residual en el efluente de la nitrificación parcial podría inhibir la actividad bacteriana de ANAMMOX porque la AOB anaeróbico es sensible al O_2.

2. La relación óptima de NH_3 a NO_2^- debe ser 1.0: 1.3 para el proceso ANAMMOX. Esta relación puede ser difícil de mantener como resultado de la participación de reacciones bioquímicas complejas y diversos microorganismos en el proceso.

3. Debido a que el AOB anaeróbico (rendimiento celular, 0.11 $g\ VSS \cdot g^{-1} NH_4^+$) crece más lentamente que el AOB aeróbico (rendimiento celular, 0.13 $g\ VSS \cdot g^{-1} NH_4^+$), serán superados por el AOB aeróbico presente en el efluente de la nitrificación parcial.

El proceso SHARON modificado se ha aplicado con éxito en el laboratorio para generar mezclas de NH_4^+ / NO_2^-. Simplemente no suministrando metanol y eliminar los períodos anóxicos, en un reactor SHARON produce la mezcla de NH_4^+ / NO_2^- deseada, sin la necesidad de un control de retroalimentación. Esto es posible porque después del 50% del NH_4^+ oxidado, la disminución del pH (a 6.7) evita la oxidación del NH_4^+ restante. Al limitar el suministro de O_2 a un reactor de nitrificación con retención de lodo, se puede obtener el mismo resultado, aunque podría ser necesario un control de retroalimentación (Strous M *et al,* 1997).

ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO COMPLETAMENTE AUTÓTROFA SOBRE NITRITO (CANON)

Este concepto es la combinación de nitración parcial y anammox en un solo reactor aireado. El nombre 'CANON' también se refiere a la forma en que cooperan los dos grupos de bacterias: actúan dos reacciones secuenciales simultáneamente.

Los nitrificadores oxidan el NH_4^+ a NO_2^- , consumen O_2 y crean condiciones anóxicas que el proceso ANAMMOX necesita. CANON ha sido probado extensivamente a escala de laboratorio. La tasa de carga volumétrica (1.5 $kg\ N \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$ en un reactor de extracción de gas) es menor en ANAMMOX y también algo menor que la alcanzada con la nitración en reactores de alta gama. Sin embargo, debido a que solo se requiere un reactor, la economía aún podría ser ventajosa cuando la carga diaria de NH_4^+ sea baja. El CANON necesitaría control del proceso, para evitar la acumulación de NO_2^- por el exceso de O_2 (Third KA *et al,* 2002).

Bajo condiciones de O_2 limitado, NH_4^+ es oxidado a NO_2^- por nitrificadores aerobios.

$$7.\quad NH_4^+ + 1.5O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O$$

Subsecuentemente AOB anaeróbicos convierten el NH_4^+ y NO_2^- a N_2 y NO_3^+:

$$8.\quad NH_4^+ + 1.31NO_2^- \rightarrow 1.02N_2^- + 0.26NO_3^+ + 2H_2O$$

Con NO_2^- como donador de electrones en la formación de biomasa proveniente del CO_2, la oxidación de NO_2^- a NO_3^- es estequiométricamente emparejada con el crecimiento celular (Strous M, 2001).

$$9.\quad NH_4^+ + 0.85O_2 \rightarrow 0.435N_2 + 0.13NO_3^- + 1.3H_2O + 1.4H^+$$

Tanto CANON como ANAMMOX eliminaron el N_2 a través de la reacción de NH_4^+ y NO_2^-. Sin embargo, NO_2^- es el donante de electrones en CANON y se produce mediante nitrificación directa por AOB, mientras que NO_2^- es el aceptador de electrones en ANAMMOX y debe agregarse de otras fuentes. CANON se opera en condiciones de bajo O_2 (OD $< 0.5\, mg \cdot L^{-1}$), mientras que ANAMMOX se opera en condiciones anaeróbicas obligatorias. CANON es rentable para aguas residuales con altas concentraciones de NH_4^+. No se requiere fuente de carbono adicional, ya que es completamente autótrofa. Además, la eliminación de nitrógeno se puede lograr en un solo reactor con baja intensidad de aireación. CANON consume un 63% menos de O_2 que los procesos convencionales de eliminación de nitrógeno (Sliekers AO *et al,* 2002).

NITRIFICACIÓN / DESNITRIFICACIÓN AUTOTRÓFICA LIMITADA DE OXÍGENO (OLAND)

La eliminación de nitrógeno también se puede lograr en otro proceso de un solo paso, denominado proceso de desnitrificación-desnitrificación autotrófica limitada por oxígeno (OLAND) (Kuai L *et al,* 1998), en el que el AOB oxida una porción de NH_4^+ a NO_2^- con O_2 como aceptor de electrones y luego reducir NO_2^- a N_2 con la otra porción de NH_4^+ como donante de electrones. Se supone que OLAND tiene lugar a través de dos pasos (Muller EB, 1995):

$$10.\ NH_4^+ + 1.5O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+$$

$$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

Combinando los dos pasos, se puede obtener la reacción completa:

$$11.\ 2NH_4^+ + 1.5O_2 \rightarrow N_2 + 3H_2O + 2H^+$$

No hay una distinción clara entre OLAND y CANON. OLAND se logra mediante AOB aeróbica (*N. eutropha*) en condición de O_2 limitado, mientras que CANON se lleva a cabo tanto por AOB aeróbico como por AOB anaeróbico en condición de O_2 limitado. OLAND también muestra una buena tolerancia a las cargas de NH_4^+ y NO_2^- (Pynaert K *et al*, 2004). En comparación con los procesos de eliminación de nitrógeno convencionales, OLAND consume un 63% menos de O_2 y no requiere dosis de alcalinidad (Windey K *et al*, 2005).

Aunque OLAND es más fácil de operar que CANON, la aplicación de este proceso de un solo paso está muy limitada por la baja eficiencia de eliminación de nitrógeno (inferior al 40%) y la incertidumbre de las condiciones operativas. Para mejorar el rendimiento OLAND, la tasa de oxidación de NH_4^+ a NO_2^- y la tasa de crecimiento de AOB aeróbica en condiciones O_2 limitado deben mejorarse. Además, es necesario estudiar los impactos de la temperatura

y el pH, lo cual es importante para el crecimiento de la AOB y la eficiencia de la eliminación de nitrógeno (Peng Y *et al,* 2008).

COMPARACIONES OPERACIÓN DE LAS DIVERSAS TECNOLOGÍAS

Los nuevos y convencionales procesos de eliminación de nitrógeno se comparan en términos de complejidad del reactor, rendimiento del tratamiento y costos operativos. Desde el aspecto las tecnologías convencionales que requieren dos reactores, mientras que las nuevas tecnologías requieren solo uno, ahorrando así los costos de construcción. En cuanto al requerimiento de O_2, las tecnologías convencionales normalmente requieren altas concentraciones de OD para llevar a cabo la nitrificación completa, mientras que las nuevas tecnologías solo necesitan un suministro de O_2 bajo o limitado, lo que ahorra costos de aireación. En términos de la adición de fuentes de carbono, las tecnologías convencionales requieren altas proporciones de C: N para la desnitrificación, mientras que las nuevas tecnologías tienen un bajo requerimiento de carbono y muestran una buena adaptación a las altas y bajas relaciones de C: N (Peng Y *et al*, 2008).

CONCLUSIÓN

Esta revisión exhaustiva analiza diversas tecnologías convencionales y novedosas para la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales. Las tecnologías novedosas tienen distintas ventajas en términos de ahorro de configuración, aireación y fuentes de carbono. Desafortunadamente, el rendimiento de muchas de estas instalaciones no ha cumplido con los requisitos de los permisos de descarga. En muchos casos, las plantas de nueva construcción han sido modernizadas o modificadas a un costo considerable para cumplir con los requisitos de descarga y proporcionar un rendimiento más confiable. La necesidad de conservar energía y recursos está bien documentada y, por lo tanto, se está prestando más atención a la selección de procesos que conservan energía y recursos. Los costos de operación

y mantenimiento más el control confiable del proceso son extremadamente importantes para las agencias operativas. Por lo tanto, la operatividad del tratamiento. las plantas reciben más atención. Para diseñar y operar un sistema de tratamiento de aguas residuales (sistema de lodos activados) de manera eficiente, es necesario comprender la bioquímica de los microorganismos involucrados y la investigación básica es la clave para optimizar los procesos establecidos e inventar sistemas nuevos e innovadores. Descubrir el grupo de microorganismos ANAMMOX abrió nuevos caminos en la eliminación de nitrógeno. Se han desarrollado procesos como SHARON y Canon, que satisfacen las necesidades de las plantas de tratamiento, por ejemplo. Aguas residuales con alto contenido de nitrógeno. Además, el descubrimiento de la versatilidad de los oxidantes de amoníaco aeróbicos condujo al desarrollo de nuevos procesos de tratamiento (por ejemplo, el proceso de NO_x). En el futuro, la combinación de los diferentes grupos de microorganismos convertidores de nitrógeno y la optimización de la gestión del proceso (adaptación según las aguas residuales). composición; el diseño de las plantas de tratamiento, la temperatura, el oxígeno y el suministro de NO_x mejorarán la eliminación de nitrógeno. Una de estas opciones es una eliminación completa de nitrógeno (NH_4^+ a N_2) por una población mixta de oxidantes de amoníaco 'aeróbicos' y bacterias anammox bajo anóxico Condiciones en los presentes del NO_2^-. Técnicas nuevas e innovadoras como las descritas en la revisión podrían ofrecer una solución para muchas plantas de tratamiento. El proceso de lodos activados se ha utilizado ampliamente en su forma original, así como en muchas formas modificadas. En el método utilizado y el diseño del proceso, se debe tener en cuenta la selección del tipo de reactor, los criterios de carga, la producción de lodos, los requisitos y la transferencia de oxígeno, los requisitos de nutrientes, los organismos filamentosos de control y las características de fluidez. Las características más específicas de la parte biológica son los factores de operación como la cinética de reacción, la transferencia de oxígeno, la naturaleza de las aguas residuales, las condiciones ambientales locales, la construcción, el modo de operación y los costos de mantenimiento. En vista de estas consideraciones, creemos que no existe un mejor proceso para la

eliminación de amonio de las aguas residuales. En cada caso, debe evaluarse qué proceso es el más adecuado.

LITERATURA CITADA

A, B. (1997). The structure of a domain common to Archaebacteria and the homocystinuria disease protein. *Trends. Biochem. Sci.22*, 12-13.

Baumann B, S. M. (1996). Dynamics of denitrification activity of Paracoccus denutrificans in continous culture during aerobic-anaerobic changes. *J Becteriol 178*, 4367- 4374.

Bock E, K. H. (1991). The biochemistry of nitrifyng organisms. *Academic Press*, 171-200.

Bruce ER, P. L. (2001). *Environmental Biotechnology: Principles and Applications.* New York: McGraw-Hill.

Dapena-Mora A. Campos JL, M.-C. A. (2004). Stability of the ANAMMOX process in a gas-lift reactor and a SBR. *J. Biotechnol*, 159-170.

Eddy, M. &. (2003). *Wastewater Enineering: Treatment and Reuse.* New York: McGraw Hill.

Ehrich S, B. D. (1995). A new obligately chemolithoautotrophic, nitrate-oxodizing bacterium, Nitrospira moscoviensis sp and its phylogenetic relationship. *Arch. Microbiol.164.*, 16-23.

Focht DD, a. C. (1975). Nitrification and denitrification process related to wastewater treatment. *Adv. Appl. Microbiol.19*, 153-186.

Fux C, B. M. (2002). Biological treatment of amonium rich wastewater by partial nitrification and subsequent ANAMMOX. *J Biotechnol 99*, 295-306.

Gradly CPL, L. H. (1980). *Biological Wastewater Treatment.* New York: Dekker.

Grupta AB. (1997). Thiosphaera pantotropha: a sulphur bacterium capable of simultaneous heterotrophic nitrification and aerobic denitrification. *Enzyme Microb Technol 21*, 589-595.

Guo HY, Z. J. (2005). Integration of nitrification and denitrification in airlift bioreactor. *Biochem Eng J 23*, 57-62.

Hellinga C, v. L. (1999). Model based design of a novel process for nitrogen removal from concentrated flows. *Math Comp Model Dyn*, 351-371.

Hidaka T, Y. H. (2002). Effect of dissolved oxygen conditions on nitrogen removal in continuosly fed intermittent-aeration process with two tanks. *Water Sci Tecnol 45*, 181-188.

Holman JB, W. D. (2005). COD. ammonia and dissolved oxygen time profiles in the simultaneous nitrification/denitrification process. *Biochem Eng J 22*, 125-133.

Jetten MSM, H. S. (1997). Towards a more sustainable wastewater treatment system. *Water Sci Technol 35*, 421- 437.

Jetten MSM, S. M. (2002). Improved nitrofen removal by application of new nitrogen cycle bacteria. *Rev. Environ. Sci. BioTechnol. 1*, 51-63.

Jetten MSM, S. M.-S. (1999). The ANAMMOX. *FEMS Microbiol 22*, 421-437.

JI, P. (1989). Autotrophic nitrification in bacteria. In Advances in Microbial Pysiology. *Academic Press*, 125-181.

Keller J, S. K. (1997). Nutrient removal from industrial wastewater using single tank sequencing batch reactors. *Water Sci Technol 35.*, 137-144.

Khin T, A. A. (2004). Novel microbial nitrogen removal processes. *Biotechnol*, 519-532.

Kim JK, P. K.-W.-J. (2005). Aerobic nitrification-denitrification by heterotrophic Bacillus strains. *Bioresour Technol 96.*, 1897-1906.

Korner H, a. Z. (1989). Expression of denitrification enzymes in response to the dissolved oxygen level and respiratory substrate in continuous culture of Pseudomonas stuzeri. *Appl. Environ. Microbiol. 55*, 1670-1676.

Kuai L, V. W. (1998). Ammonium removal by the oxygen limited autotrophic nitrification-denitrification system. *Appl Environ Microbiol*, 4500-4506.

Lee HJ, B. J. (2001). Simultaneous nitrification and denitrification in a mixed methanotrophic culture. *Biotechnol Lett*, 935-941.

M, S. (2001). Microbiology of ANAMMOX. *PhD thesis, TU Delft University, Delft, The Netherlands.*, 1905-1914.

Mulder JW, v. L. (2001). Full scale application of the SHARON process for treatment of rejection water of digested sludge dewatering. *Water Sci Technol*, 127-134.

Muller EB, S. A. (1995). Simultaneous NH3 oxidation and N2 production at reduced O2 tensions by sewage sludge subcultured with chemolitrophic medium. *Biodegration 6*, 277-284.

Peng Y, S. G. (2008). Biological Removal of N from Wastewater. *Rev Environ Contam Toxicol*, 159-195.

Peng YZ, Z. G. (2006). Pilot scale studies on biological treatment of hypersaline wastewater at low temperature. *Water Sci Technol 52*, 10-11.

Purkhold U, P.-R. A. (2000). Phylogeny of all recognized species of ammonia oxidizers based on comparative 16S rRNA and amoA sequence analysis: implications for molecular diversity surveys. *Appl. Environ. Microbiol, 66.*, 5368-5382.

Pynaert K, S. R. (2004). Starup of autotrophic nitrogen removal reactor via sequential biocatalyst addition. *Environ Sci Technol 38*, 1228-1235.

Rick WY, S. M. (2001). Microbial nitrogen cycles: physiology, genomics and applications. *Curr Opin Microbiol*, 307-312.

Robertson LA, a. K. (1990). Combined heterotrophic nitrification and aerobic denitrification in Thiosphaera pantotropha an other bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek 57,*, 139-152.

Schmid M, W. K.-S. (2003). Candidatus Scalindua brodae sp nov. Candidatus Scalindua wagneri. Two new species of ANAMMOX. *Syst Appli Microbiol 26*, 529-538.

Shoun H, a. T. (1991). Denitrification by the fungus Fusarium oxusporum and involvement of cytochorome in the respiratory nitrite reduction. *J. Biol Chem 25*, 1527-1536.

Sliekers AO, D. N. (2002). CANON in one reactor. *Water Res 36.*, 2475-2482.

Stein LY, K. M. (2016). The nitrogen cycle. *Curr Biol*, 94-98.

Steinert K, W. V.-P.-S. (1997). Characterization and subunit structure of the ATP synthase of the halophilic archaeon Haloferax volcanii and organization of the ATP synthase genes. *J. Biol. Chem. 272*, 6261-6269.

Strous M, v. G. (1997). Ammonium removal from concentrated waste streams with the ANAMMOX. *Water Res 31*, 1955-1962.

Tam NFY, W. Y. (1992). Effect of exogenous carbon sources on removal of inorganic nutrients by the nitrification denitrification process. *Water Res 26.*, 1229.

Tchobanoglous G, B. F. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse, 4th.* New York: McGraw-Hill.

Third KA, S. A. (2002). The CANON system under ammonium limitation. *Syst Appl Microbiol 24.*, 588-596.

van Dogen U, J. M. (2001). The SHARON-ANAMMOX process for trearment of ammonium rich wastewater. *Water Sci Technol 44*, 153-160.

van Dongen U, J. M. (2001). The SHARON-ANAMMOX process for treatment of ammonium rich wastewater. *Water Scue Technol 44*, 53-60.

van Loosdrecht M, a. S. (2005). Biological treatment of sludge digester liquids. *Nutrient management in wastewater treatment processes abd recycle streams* (págs. 19-21). Cracow, Poland: IWA Specialized Conference.

Villaverde S, F.-P. F. (1997). Influence of pH over nitrifying biofilm activity in submerged biofilm. *Water Res 31*, 1180-1186.

Windey K, D. B. (2005). Oxygen limited autotrophic nitrification denitrification (OLAND) in a rotating biological contactor treating high salinity wastewater. *Water Res 39*, 4512-4520.

Wyffles S, P. K. (2003). Inditification and quantification of nitrogen removal in a rotating biological contactor by N tracer techniques. *Water Res 37*, 1252-1259.

Zhu GB, P. Y. (2007a). Automatic control strategy for step feed biological nitrogen removal process. *J Environ Sci China*, 455-457.

Zhu GB, P. Y. (2007b). Development and experimental evaluation of a steady-state model for the step-feed biological nitrogen removal process. *Chinese J of Chem Eng*, 411-417.

Zumft WG. (1992). The denitrifying prokaryotes, In: The Prokaryotes. *Springer*, 554-582.

Zumft WG. (1997). Cell biology and molecular basis pf denitrification . *Microbiol. Mol. Biol. Rev 61*, 533-616.

Zumft WG, a. K. (1997). Enzyme diversity and mosaic gene organization in fenitrification. *Antonie van Leeuwenhoek 71.*, 43-58.

PERFILES CROMATOGRÁFICOS DE DIFERENTES ESPECIES DE VAINILLA (*Vanilla* spp.) PROVENIENTES DE CULTIVO *in vitro*

OSCAR FLORES CASTAÑOS[1]; MARÍA TERESA GONZÁLEZ ARNAO[2]; JORGE MOLINA TORRES[3]; CARLOS ALBERTO CRUZ CRUZ[4]; MARÍA ALEJANDRA ROSAS MORALES[5].

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el perfil cromatográfico de aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos en extractos de tallos y hojas de tres especies de vainilla (*V. planifolia*, *V. insignis* y *V. odorata*). Se analizó cualitativa y cuantitativamente la presencia de estos metabolitos por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas con ionización por impacto electrónico (CG-EIMS). De las tres especies estudiadas se identificó un total de 11 aminoácidos, de los cuales 10 se detectaron en ambos extractos, siendo serina, ácido aspártico, asparagina y glutamina los comunes en todos los casos. Se identificó un total de 8 carbohidratos, de los cuales 5 se detectaron en ambos extractos. Fructosa, glucosa y sacarosa fueron los comunes. Se observó la presencia de 6 ácidos grasos, de los cuales 4 se identificaron en los extractos de tallos y 6 en los de hojas. Los ácidos: palmítico, linoleico y eleosteárico fueron detectados en ambos extractos de las tres especies. El resultado del análisis cuantitativo de los metabolitos demostró que, *V. odorata* presentó la mayor abundancia de aminoácidos (2.96 µg g^{-1} PF), carbohidratos (0.52 µg g^{-1} PF) y ácidos grasos (19.15 µg g^{-1} PF). El segundo mayor contenido de aminoácidos (1.48 µg g^{-1} PF) se detectó

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.
[2] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana
[3] Cinvestav, Unidad Irapuato
[4] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana
[5] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. ma_rosas@outlook.com.

en la especie *V. planifolia* y el de carbohidratos (0.38 µg g^{-1} PF) y ácidos grasos (4.205 µg g^{-1} PF) en *V. insignis*.

PALABRAS CLAVE: Perfil metabólico, CG-EIMS, Vainilla.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los metabolitos de las plantas a través de técnicas analíticas de gran precisión, permite brindar una visión de los compuestos vinculados al metabolismo primario o secundario, lo cual define sus funciones en base a que sean esenciales o no para la vida, el desarrollo y la reproducción (Van Dam y Van Der Meijden 2011; Glauser *et al*,. 2013; Nemesio Villa-Ruano *et al*., 2011).

Los aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos pertenecen al metabolismo primario (Van Dam y Van Der Meijden, 2011). Los aminoácidos son moléculas conformadas principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Entre las funciones fisiológicas y metabólicas que desempeñan, destaca la formación de proteínas (AEFA, 2014; Pajares, 2010).

Los carbohidratos son compuestos que contienen igualmente carbono, hidrógeno y oxígeno en distintas combinaciones. Entre las funciones que desempeñan se encuentran la metabólica, la estructural y la de reserva. (Mollinedo-Patzi y Benavides-Calderón 2014; Martínez-Trinidad *et al.* 2013; Grajales-Muñiz, 2005).

Los ácidos grasos conforman a los lípidos y tienen diferentes funciones como de reserva energética, estructural, inmunológica y fisiológica. Su característica principal es que son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como hexano o cloroformo (Cabezas-Zábala *et al*. 2016)

La concentración de los metabolitos puede variar dependiendo de las partes (raíz, tallo, hojas, etc) y las especies de las plantas (Van Dam y Van Der Meijden, 2011). La disciplina que estudia la síntesis, distribución y degradación, estructuras químicas y funciones biológicas

de los metabolitos en las especies vegetales, se conoce como fitoquímica (Baranowska y Kozlowska, 1995).

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas con ionización por impacto electrónico (CG-EIMS) es una herramienta poderosa para identificar estos compuestos y se basa en la separación física, identificación y cuantificación de los mismos, empleando una fase estacionaria la cual es una columna cromatográfica y una fase móvil o gas acarreadores. Hoy en día, esta técnica es la más empleada para la determinación de compuestos en bajas concentraciones (Stashenko y Martínez, 2010; Canosa-Rodríguez, 2009).

La vainilla es un cultivo de importancia mundial ampliamente utilizado en diferentes sectores industriales por la biosíntesis del metabolito secundario vainillina (González-Arnao y Engelmann, 2013). Es por esto, que la mayoría de los estudios fitoquímicos se han desarrollado utilizando sus cápsulas, sitio donde se sintetiza este metabolito. Por consiguiente, realizar la evaluación cualitativa y cuantitativa de ciertos metabolitos primarios presentes en otras partes de la planta y comparar las diferencias entre especies, permitirá seguir avanzando en la comprensión de su comportamiento bajo diversas condiciones de cultivo y estrés.

Este trabajo se enfocó en la caracterización fitoquímica de tres especies cultivadas *in vitro* (*V. planifolia*, *V. insignis* y *V. odorata*), evaluando cualitativa y cuantitativamente tres grupos de metabolitos primarios (aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos), a partir de extractos obtenidos de hoja y tallos de las plantas.

METODOLOGÍA

MATERIAL VEGETAL

Fracciones de tallo y hoja se disectaron en condiciones asépticas de plantas multiplicadas *in vitro* de las especies *V. planifolia, V. insignis y V. odorata* pertenecientes a la colección activa del laboratorio de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas,

perteneciente a la Universidad Veracruzana subcultivadas cada 12 semanas en medio semisólido MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 1 mg L^{-1} 6-bencil amino purina (BAP), 0.5 mg L^{-1} Acido Indol Butirico (IBA), 30 g L^{-1} sacarosa, y 3 g L^{-1} de fitagel e incubadas a 25 ± 2°C expuestas a un fotoperiodo de 16h luz/8h oscuridad con una intensidad lumínica de 36 µmol $m^{-2}s^{-1}$.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y DERIVATIZACIÓN

AMINOÁCIDOS Y CARBOHIDRATOS

Se pesaron 0.5 g de tallos y hojas de las tres especies de estudio y se trituraron utilizando NL hasta obtener un polvo fino. Se adicionaron 3 mL de etanol al 80%, se transfirieron a reactiviales, y se incubaron a 80°C por 30 minutos. Posteriormente, las muestras se colocaron en tubos de vidrio y centrifugaron a 2500 rpm por 5 minutos. Se recuperó el supernadante y la pastilla se Re suspendió en etanol al 80% y se incubo durante 30 minutos. Este paso se repitió 3 veces hasta obtener una pastilla totalmente blanca. El supernadante resultante se concentró en un evaporador rotatorio al vacío hasta un volumen final de 100 µL y se le adicionaron 20 µL de sorbitol y norleucina como estándar interno y se llevó a sequedad utilizando nitrógeno gas.

DERIVATIZACIÓN DE AMINOÁCIDOS Y CARBOHIDRATOS.

Para la derivatización por silanización a las muestras secas se les adicionaron 20 µL de piridina y 80 µL de N, O-bis (trimethilsilil) trifluoroacetamida (BSTFA) y se incubaron a 80°C por 30 minutos. Las muestras derivatizadas se transfirieron a un inserto y se colocaron en viales en un inyector automático para su análisis en el cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas.

EXTRACCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

Se pesaron 0.5 g de tallos y hojas y se colocaron en tubos independientes que contenían 3 mL de isopropanol a 70°C y se agitación durante 30 minutos. Una vez frías las muestras, se le añadió 0.6 mL de agua destilada y 1.5 mL de cloroformo y se dejaron en agitación por 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente, se retiró todo el líquido reservándolo en tubos de vidrio y la pastilla se lavó con 4 mL de una mezcla de cloroformo-metanol (2:1 v/v) en agitación por 1 h. Este procedimiento se repitió 3 veces hasta obtener una pastilla totalmente blanca. A los lavados resultantes se les añadió 1 mL de KCl 1 M y se agitaron en un vortex por 5 minutos, finalmente, se desechó la fase acuosa y a las soluciones restantes se les añadió 2 mL de agua destilada y se agitaron por 1 minuto. El extracto resultante se llevó a sequedad con nitrógeno gas, se le añadió 3 mL de cloroformo y se almacenó a -20°C.

DERIVATIZACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS.

Para la derivatización de ácidos grasos por metil-esterificación, se colocaron 60 µL del extracto en reactiviales y se adicionaron 10 µL de ácido heptadecanoico (C17) como estándar interno. Las muestras se llevaron a sequedad con nitrógeno gas, y se 1 mL de HCl 0.5 N disuelto en metanol, agitándose en un vortex por 5 minutos. La mezcla resultante se incubó a 90°C por 30 minutos. A tempera ambiente se adicionó 1 mL de trifluoruro de boro en metanol y se incubo nuevamente a 90°C por 5 minutos.

Cuando las muestras volvieron a alcanzar la temperatura ambiente se les añadieron 2 mL de agua destilada y 4 mL de hexano, agitándose en un votex por 5 minutos. Se desechó la fase acuosa y la mezcla con hexano se llevó a sequedad total resuspendiendose 200 µL de isooctano y se transfirió a un vial para su análisis por CG-EIMS.

ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADO A ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON IONIZACIÓN POR IMPACTO ELECTRÓNICO (CG-EIMS).

AMINOÁCIDOS Y CARBOHIDRATOS

Se utilizó un cromatógrafo Agilent Technologies modelo 7890A Series GC, equipado con una columna DB-1MS IU (60 µm x 250 µm x 0.25 µm) y acoplado a un detector de masas con ionización por impacto electrónico (EIMS) 5975C Series con electromultiplicador de Triple Eje. Las muestras fueron introducidas con un Automuestreador modelo 7693 Series Agilent Technologies. Las condiciones de operación fueron las siguientes: temperatura del inyector 230°C, volumen de inyección 1 µL en el modo Splitless. El horno se programó a una temperatura inicial de 70°C por 5 minutos, después se aumentó a 5°C por minuto hasta una temperatura de 280°C y se mantuvo por 15 minutos. Se utilizó como gas acarreador helio de alta pureza a un flujo constante de 1 mL min^{-1}. La fuente de ionización del espectro de masas se estableció a una temperatura de 230°C y la del cuadrupolo a 150°C.

Usando el software Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System (AMDIS) version 2.6, y el NIST MS search version 2.0 se compararon los espectros de masas con la base

de datos del software Mass Spectrometry from the National Institute of Standards and Technology (NIST) version 11.

ÁCIDOS GRASOS

Para el análisis de ácidos grasos, se modificó de las condiciones de operación del equipo la rampa de calentamiento y se estableció en 4°C por minutos hasta 250°C.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis comparativo evaluando los extractos de tallos y hojas de las tres especies de vainilla. Los experimentes se llevaron a cabo por triplicado y los datos se expresaron como la media ± desviación estándar y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico Minitab® versión 18.1. Las diferencias significativas de las medias se determinaron utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE AMINOÁCIDOS.

Los cromatogramas obtenidos de los extractos de tallos y hojas de las tres especies de vainilla mostraron la presencia de 11 y 9 aminoácidos respectivamente en un rango entre 16.4 y 33.6 minutos.

A modo de ejemplo se presentan dos espectros de masas de aminoácidos identificados en las tres especies de vainilla estudiadas a) asparagina y b) glutamina (Figura 1).

La asparagina (Asn) se observó en un tiempo de retención de 29.28 minutos con sus iones de referencia 73.1 y 159.1 m/z (Figura 1a) y la glutamina (Gln), se detectó a un tiempo de retención de 33.66 minutos con sus iones de referencia 73.1 y 156.1 m/z (Figura 1b).

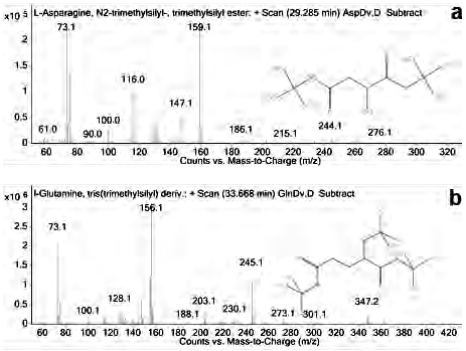


Figura 5. Espectros de masas de los aminoácidos a) Asparagina y b) Glutamina detectados en muestras analizadas de las especies *V. planifolia, V. insignis* y *V. odorata.*

En la Tabla 1 se muestra la presencia-ausencia de los aminoácidos identificados en los extractos de tallos y hojas de las tres especies en estudio.

Como se puede observar, los aminoácidos serina, ácido aspártico, asparagina y glutamina fueron comunes a las tres especies y ambos tipos de extracto. La alanina, glicina, treonina, prolina y ácido glutámico igualmente se identificaron en las tres especies y en al menos uno de los extractos analizados.

Aminoácidos	*Vanilla*					
	planifolia		*insignis*		*Odorata*	
	T	H	T	H	T	H
Alanina	+	-	+	-	+	+
Glicina	+	-	+	+	+	-
Isoleucina	-	+	-	+	-	-
Serina	+	+	+	+	+	+
Treonina	+	+	+	+	+	-
Prolina	+	-	-	+	+	+
Ac. Aspártico	+	+	+	+	+	+
Asparagina	+	+	+	+	+	+
Ac. Glutámico	+	+	-	+	+	+
Fenilalanina	+	-	-	-	+	-
Glutamina	+	+	+	+	+	+

T, Tallo; H, Hoja; +, Presencia; -, Ausencia

Tabla 4. Presencia-Ausencia de aminoácidos en extractos de tallo y hoja de las especies *V. planifolia*, *V. insiginis* y *V. odorata.*

En el caso de isoleucina se detectó solamente en dos especies (*V. odorata y V. insignis*) a partir de los extractos de hojas y la fenilalanina, en las especies *V. planifolia* y *V. odorata,* pero en los extractos obtenidos de tallos.

El análisis cuantitativo de aminoácidos para las tres especies de vainilla comparadas se muestra en la Figura 2.

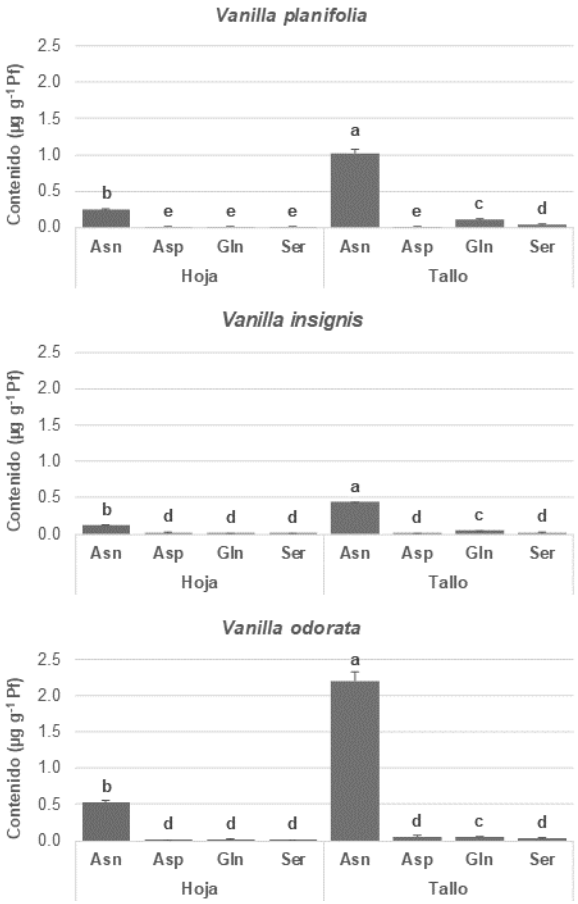


Figura 6. Contenido de aminoácidos identificados en común en extractos de tallos y hojas de las tres especies vainilla en estudio. Los resultados presentados son la media de tres replicas. Letras diferentes representan diferencias significativas de acuerdo con prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

De manera general se observó que Asn fue el aminoácido más abundante tanto en extractos de tallos como de hojas de las tres especies. El mayor contenido de asparagina detectado fue de2.19 µg g^{-1} PF (tallos de *V. odorata*) y el menor fue 0.11 µg g^{-1} PF (hojas de *V. insignis*). Por otro lado, Asp fue el aminoácido encontrado con menor abundancia en los extractos de las tres especies. El mayor contenido de ácido aspártico detectado fue de 0.06 µg g^{-1} PF (tallos de *V. odorata*) y el menor fue 0.01 µg g^{-1} PF (tallos de *V. planifolia* y hojas de *V. odorata*) (Figura 2).

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE CARBOHIDRATOS

Los cromatogramas obtenidos de los extractos de tallos y hojas de las tres especies de vainilla mostraron la presencia de 10 carbohidratos en ambos extractos en un rango entre 32 y 50.5 minutos.

A modo de ejemplo se presentan dos espectros de masas de carbohidratos identificados en las tres especies de vainilla estudiadas a) fructosa y b) sacarosa (Figura 3).Se observó fructosa en un tiempo de retención de 35.21 minutos con sus iones de referencia 73.1 y 217.1 m/z (Figura 3a) y la sacarosa a un tiempo de retención de 50.53 minutos con sus iones de referencia 73.0 y 361.2 m/z (Figura 3b).

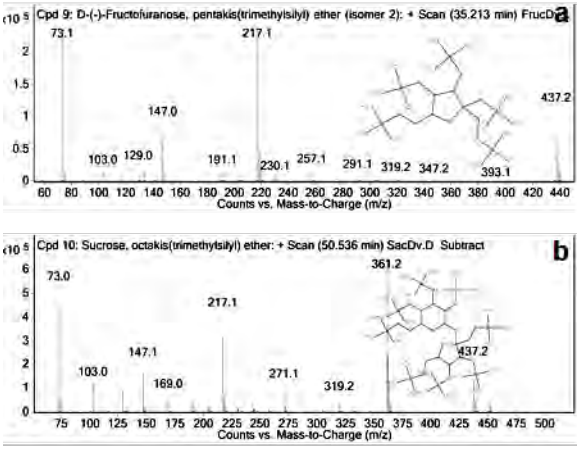


Figura 7. Espectros de masas de los carbohidratos a) fructosa, b) sacarosa detectados en muestras analizadas de las especies *V. planifolia, V. insignis* y *V. odorata.*

Los carbohidratos detectados en los extractos de tallo y hoja obtenidos de las diferentes especies se resumen en la Tabla 2.

En todas las muestras se pudieron identificar los azúcares fructosa, glucosa y sacarosa.

Tabla 5. Presencia-Ausencia de carbohidratos en extractos de tallo y hoja de las especies *V. planifolia, V. insiginis* y *V. odorata.*

Carbohidratos	*Vanilla*					
	planifolia		*insignis*		*odorata*	
	T	H	T	H	T	H
Fructosa	+	+	+	+	+	+
Xilosa	-	-	-	+	-	-
Talosa	-	-	+	-	+	-
Glucosa	+	+	+	+	+	+
Turanosa	-	-	-	-	+	+
Maltosa	-	-	-	+	-	-
Celobiosa	-	-	-	-	-	+
Sacarosa	+	+	+	+	+	+

T, Tallo; H, Hoja; +, Presencia; -, Ausencia

El análisis cuantitativo de carbohidratos para las tres especies de vainilla comparadas se muestra en la Figura 4.

De manera general se observó que la sacarosa fue el carbohidrato más abundante tanto en extractos de tallos como de hojas de las tres especies. El mayor contenido de sacarosa detectado fue de 0.25 µg g^{-1} PF (tallos de *V. odorata*) y el menor fue 0.029µg g^{-1} PF (hojas de *V. planifolia*), mientras que el carbohidrato identificado en menor abundancia fue fructosa que osciló de 0.05 µg g^{-1} PF (tallos de *V. odorata*) a 0.002 µg g^{-1} PF (tallos de *V. insignis*). (Figura 4).

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE ÁCIDOS GRASOS.

Los cromatogramas obtenidos de los extractos de tallos y hojas de las tres especies de vainilla mostraron la presencia de 4 y 6 ácidos grasos respectivamente en un rango entre 15.66 hasta 24.47 minutos.

A modo de ejemplo se presentan dos espectros de masas de ácidos grasos identificados en las tres especies de vainilla estudiadas a) palmítico y b) linoleico (Figura 5).

Se observó al ácido palmítico en un tiempo de retención de 20.55 minutos con su ion de referencia 74.0 m/z (Figura 5a) y el ácido linoleico se detectó a un tiempo de retención de 24.34 minutos con su ion de referencia 67.1 m/z (Figura 5 *b).*

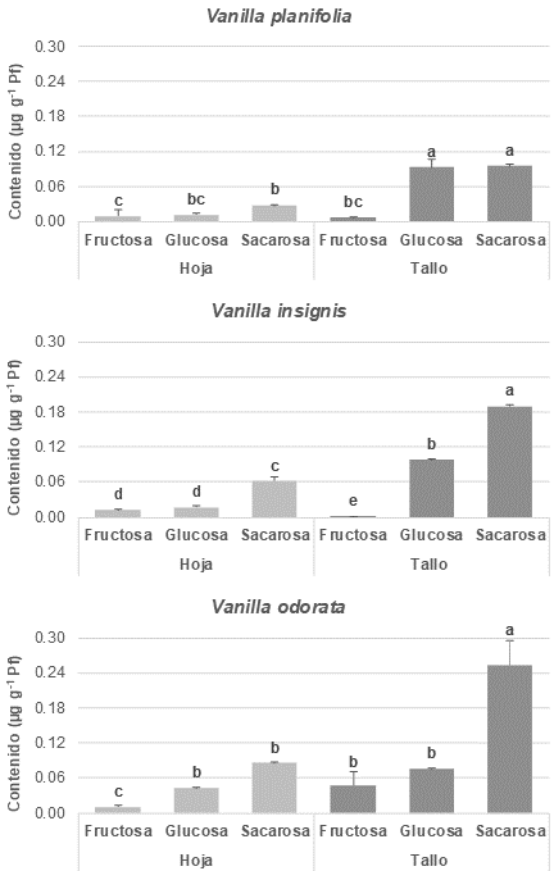


Figura 4. Contenido de carbohidratos identificados en común en extractos de tallos y hojas de las tres especies vainilla en estudio. Los resultados presentados son la media de tres replicas. Letras diferentes representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Se observó al ácido palmítico en un tiempo de retención de 20.55 minutos con su ion de referencia 74.0 m/z (Figura 5a) y el ácido linoleico se detectó a un tiempo de retención de 24.34 minutos con su ion de referencia 67.1 m/z (Figura 5b).

Se observó al ácido palmítico en un tiempo de retención de 20.55 minutos con su ion de referencia 74.0 m/z (Figura 5a) y el ácido linoleico se detectó a un tiempo de retención de 24.34 minutos con su ion de referencia 67.1 m/z (Figura 5b).

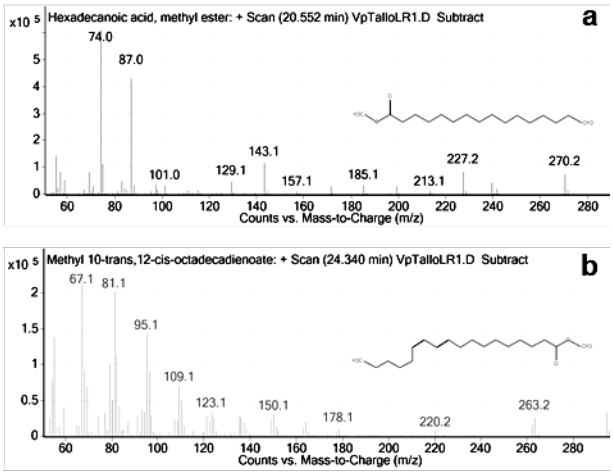


Figura 5. Espectros de masas de los ácidos grasos a) palmítico, b) linoleico detectados en muestras analizadas de las especies *V. planifolia, V. insignis* y *V. odorata.*

Los ácidos grasos detectados en los extractos de tallo y hoja obtenidos de las diferentes especies se resumen en la Tabla 3.

Tabla 6. Presencia-Ausencia de Ac. Grasos en extractos de tallo y hoja de las especies V. planifolia, V. insiginis y V. odorata

Ácido graso	*Vanilla*					
	planifolia		*insignis*		*odorata*	
	T	H	T	H	T	H
Ac. tridecilico	-	-	-	+	-	+
Ac. mirístico	-	-	-	+	-	-
Ac. palmítico	+	+	+	+	+	+
Ac. linoleico	+	+	+	+	+	+
Ac. eleosteárico	+	+	+	+	+	+
Ac. vaccénico	-	+	+	+	+	+

T, Tallo; H, Hoja; +, Presencia; -, Ausencia

De los 6 ácidos grasos identificados, los ácidos palmítico, linoleico y eleosteárico se detectaron en las tres especies analizadas en extractos de tallos y hojas. El ácido vaccénico sólo no se detecto en tallo de la especie *V. planifolia*.

Los resultados del análisis cuantitativo de ácidos grasos realizado para las tres especies de vainilla comparando ambos extractos se muestran en la Figura 6.

De manera general se observó que el ácido linoleico fue el ácido graso más abundante tanto en extractos de tallos como de hojas de las tres especies. El mayor contenido de ácido linoleico detectado fue de 4.205 µg g^{-1} PF (hojas de *V. odorata*) y el menor fue 0.960 µg g^{-1} PF (tallos de *V. planifolia*). En cambio, el ácido graso identificado en menor abundancia para las tres especies fue Ac. eleosteárico que osciló de 4.06 µg g^{-1} PF (hojas de *V. odorata*) a 0.38 µg g^{-1} PF (tallos de *V. planifolia*), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los contenidos de ac. palmítico en los extractos de tallos de las especies *V. insignis* y *V. odorata* (Figura 6).

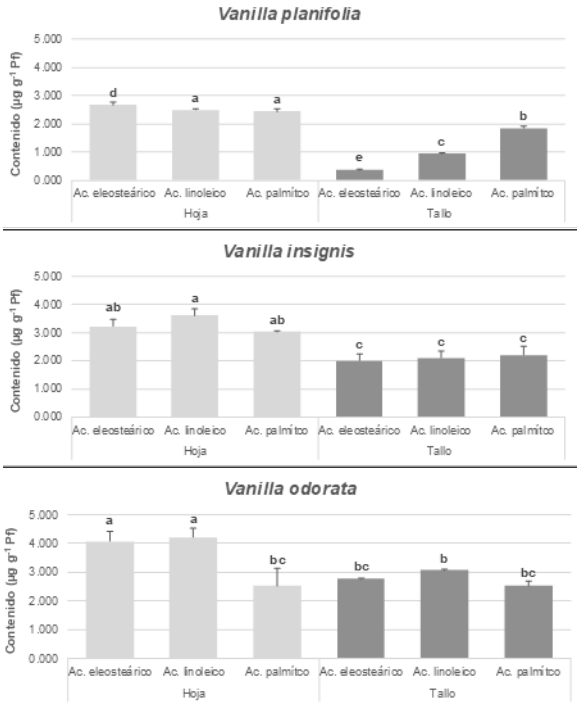


Figura *6*. Contenido de ácidos grasos identificados en común en extractos de tallos y hojas de las tres especies vainilla en estudio. Los resultados presentados son la media de tres replicas. Letras diferentes representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

DISCUSIÓN

El análisis cromatográfico realizado demostró que cuatro de los aminoácidos identificados (Alanina, Glicina, Isoleucina y Prolina) en las tres especies y que se encontraban en menor abundancia eran alifáticos, o sea, conformados por grupos R apolares, los cuales tienden a agruparse alrededor de las proteínas estabilizando las estructuras a través de interacciones hidrofóbicas (Nelson y Cox, 2008). En cambio, el aminoácido más abundante de los identificados (Asn) pertenece al grupo R polares sin carga y que, aunque no realiza funciones estructurales en las proteínas, se encuentra comúnmente en su superficie (Ellington y Cherry, 1997).

Con relación a los carbohidratos, los detectados en menor concentración (fructuosa y glucosa) son monosacáridos cuya función principal es ser fuente de energía en el metabolismo y en conjunto forman distintitos oligosacáridos complejos (Murray *et al*., 2003). De los dos disacáridos detectados (sacarosa y maltosa), la sacarosa fue el carbohidrato más abundante en las tres especies y es bien conocido que juega un papel fundamental en la inducción de tolerancia frente a diversas condiciones de estrés, lográndolo a través de la regulación de la expresión de genes asociados con la síntesis de almidón y con procesos de transcripción de la enzima que induce su ramificación (Muñoz *et al*., 2006; Rung *et al.*, 2004; Tofiño *et al*., 2007).

Los ácidos grasos, compuestos constituidos por un grupo funcional carboxilo y una cadena carbonada de longitudes variables, son considerados los bloques básicos que conforman a los lípidos. Estos metabolitos se encuentran de manera libre y predominan en especies vegetales y animales, siendo los más comunes los ácidos palmítico, linoleico, oleico y esteárico. (León-Sánchez *et al*., 2014).

El ácido eleosteárico, encontrado en menor abundancia para las tres especies, es un ácido conjugado de doble cadena y ha sido identificado igualmente en otras plantas (Napier, 2007). En contraste, el ácido linoleico que resultó el más abundante, es un ácido poliinsaturado

constituido por una cadena de 18 carbonos unidos a un grupo polar carboxilo con dobles enlaces y no puede ser sintetizado por mamíferos (Drago-Serrano *et al.*, 2006). Entre sus funciones se conoce que es precursor de ácidos grasos de mayor longitud de cadena y del ácido araquidónico el cual forma parte del sistema nervioso y visual de los humanos (Cerón *et al.,* 2012). El ácido linoleico se ha identificado en el aceite de semillas de palma, soja, girasol y cacao (Martinez-Force y Garces 2007), así como en extractos de hojas y raíces de *Plukenetia volúbilis* (Castaño *et al.,* 2012) y de algunas especies de Araceae (Collantes-Díaz *et al.,* 2011).

CONCLUSIÓN

En este trabajo se logró la identificación de tres grupos de compuestos pertenecientes al metabolismo primario: aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos en tres especies de vainilla (*V. planifolia, V. insignis* y *V. odorata*), a partir de extractos de tallos y hojas analizados por

CG-EIMS. Se comprobó que los extractos de tallos presentaban mayor acumulación de aminoácidos y carbohidratos en comparación con los de hojas, en los que se encontró un mayor contenido de ácidos grasos, independientemente de la especie.

El análisis cuantitativo igualmente demostró que, de los tres grupos de metabolitos identificados, la especie *V. odorata* presentó la mayor abundancia en comparación con *V. insignis* y *V. planifolia*.

Este trabajo aporta información que contribuye parcialmente al conocimiento del metaboloma de diferentes especies de vainilla, considerada una de las plantas más emblemáticas e importantes mundialmente.

LITERATURA CITADA

AEFA. 2014. Los aminoácidos y su interacción con las plantas los vegetales. *Terralia*, (99), 32–40.

Baranowska I. y Kozlowska M., 1995. TLC separation ande derivative spectrophotometry of some amino acids. Talanta, pp. 1-5.

Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., y Vargas-Zárate, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Rev. Fac. Med*, *64*(4), 761–769.

Canosa-Rodríguez, M. P. 2009. Desarrollo de metodología analítica para determinación de triclosán y parabenes. aplicación al estudio de su distribución y transformación en muestras ambientales. Edited by Univ Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Collantes-Díaz, I. E., Gonçalves, E. G., Marques, M., y Yoshida, M. 2011. Incidencia de ácidos grasos en especies de Araceas. *Soc Quim Perú*, *77*(4), 275–284.

Ellington, A., y Cherry, M. J. 1997. Characteristics of Amino Acids. *Current Protocols in Molecular Biology*, 32–38.

Glauser, G. Boccard, J. Wolfender, J. L y Rudaz, S. 2013. "Metabolomics: Application Plant Sciences." In *Metabolomics in Practice: Successful Strategies to Generate and Analyze Metabolic Data*, 313–43.

González-Arnao, M. T., y Engelmann, F. 2013. *Crioconservación de Plantas en América Latina y el Caribe* (IICA). San José, Costa Rica.

Grajales Muñiz, O., 2005. Apuntes de bioquímica vegetal. Bases para su aplicación fisiológica. 1 a ed. Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México: 79-82.

Martínez-Trinidad, T., Plascencia-Escalante, F. O., y Islas-Rodríguez, L. 2013. Relación entre los carbohidratos y la vitalidad en árboles urbanos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, *XIX*(3), 459–468.

Mollinedo-Patzi, M. A., y Benavides-Calderón, G. L. 2014. Carbohidratos. *Revista de*

Actualización Clínica, *41*, 2133–2136.

Muñoz, F. J., Morán Zorzano, M. T., Alonso-Casajús, N., Baroja-Fernández, E., Etxeberria, E., y Pozueta-Romero, J. 2006. New enzymes, new pathways and an alternative view on starch biosynthesis in both photosynthetic and heterotrophic tissues of plants. *Biocatalysis and Biotransformation*, *24*(1–2), 63–76

Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. a, y Rodwell, V. W. 2003. Harper's Illustrated Biochemistry. *Molecular Physiology*.

Nelson, D. L., y Cox, M. M. 2008. *Lehninger Principies de Biochemistry*. (W. H. F. & C. (Sd), Ed.) (5a ed.). New York, Basingstoke.

Nemesio Villa-Ruano, Y., Pacheco-Hernández, E. B., Lara-Zaragoza, J. F.-, Monsrea, I. M., Cardeña-Bozziere, O. T., Galván-Valencia, L. M., y Ruiz-Gómez. 2011. Biotecnología de plantas medicinales: generando fármacos de un futuro tornado presente. *Temas de Ciencia y Tecnología*, *15*, 13–20.

Pajares, M. de los Á. 2010. Las otras utilidades de los aminoácidos. *SEBBM La Ciencia Al Alcance de La Mano*, 2.

Rung, J. H., Draborg, H. H., Jørgensen, K., y Nielsen, T. H. 2004. Carbon partitioning in leaves and tubers of transgenic potato plants with reduced activity of fructose-6-phosphate , 2-kinase / fructose-2 , 6- bisphosphatase. *Physiologia Plantarum*, *121*(2), 204–214.

Stashenko, E.a E, y Martínez, J, R. 2010. "Algunos Aspectos Prácticos Para La Identificación de Analitos Por Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas." *Scientia Chromatographica* 2 (1):29–47.

Tofiño, A., Hernán, M., y Hernán, C. 2007. Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación de almidón . Una revisión. Agronomia Colombiana, 25(2), 245–254.

Van Dam, N. M., y Van Der Meijden, E. 2011. A Role for Metabolomics in Plant Ecology. *Annual Plant Reviews Volume 43: Biology of Plant Metabolomics*, *43*, 87–107.

EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN VAINILLA (*VANILLA* SPP.) MEDIANTE MARCADORES ISSR

FABIOLA HERNÁNDEZ RAMÍREZ[1], SERAFÌN PÉREZ CONTRERAS[2], MARÌA TERESA GONZÁLEZ ARNAO[3], MIRIAM CRISTINA PASTELÍN SOLANO[4].

RESUMEN

Se comparó la diversidad genética de diferentes especies de vainilla (*Vanilla insignis*, *V. odorata* y *V. planifolia*), de distintas accesiones (códigos *Vp*., *Vp*. 6, *Vp*. 12, *Vp*. 13 y *Vp*. 20) pertenecientes a *V. planifolia* y de material de esta especie proveniente de tres países (México, Costa Rica y El Salvador). Para el estudio se emplearon hojas de plantas *in vitro* y los marcadores moleculares ISSR. La extracción de ADN se realizó según el método modificado CTAB y las muestras se amplificaron por PCR con los cebadores T06, UBC 809, UBC 840, UBC 836 y UBC 825. Los productos se visualizaron en geles de agarosa al 3% teñidos con bromuro de etidio. Se construyeron dendogramas mediante el algoritmo UPGMA y se determinó el coeficiente de similitud de Jaccard. Los resultados demostraron que, de las tres especies de vainilla, *V. insignis* y *V. odorata* poseen características genéticas más cercanas comparadas con *V. planifolia.* Los genotipos *Vp.* 13 y *Vp*. 20 presentaron el mayor índice de similitud (0.903), mientras *Vp*. 12, el grado de polimorfismo más elevado (índice de similitud 0.299). Esto podría indicar que no se trate de un genotipo de la misma especie. Las accesiones con distinta procedencia mostraron bajos niveles de diversidad genética,

[1] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. fabiolhernandez@uv.mx
[2] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.
[3] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. teregonzalez@uv.mx
[4] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana

siendo las provenientes de Costa Rica y El Salvador, las más cercanas con un índice de similitud de 0.871. Este trabajo permitió caracterizar la colección activa de vitroplantas del Laboratorio de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Universidad Veracruzana destinadas a los estudios de crioconservación.

PALABRAS CLAVE: Vitroplantas, Caracterización genética y Polimorfismo

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad está compuesta por genes, especies y ecosistemas, los genes son la parte heredable y sus múltiples combinaciones conforman las diferentes especies. Una especie es un grupo de individuos similares en lo fundamental, capaces de intercambiar genes, y separados de otros grupos cercanamente relacionados por diferencias morfológicas y reproductivas que originan variabilidad entre ellos (Vargas-Espinoza, 2015).

La diversidad se origina cuando los genes, las especies y los ecosistemas que la componen interactúan formando nuevas combinaciones. Los genes pueden modificar su expresión y combinarse con otros para producir genotipos o especies. Los genotipos interactúan entre sí (recombinación) y con el ambiente, el ambiente por su parte modifica la expresión de los genotipos, la interacción que se manifiesta en diferencias de adaptación, rendimiento y respuesta a factores como el suelo, el agua y la temperatura, constituyendo los fenotipos (Vargas-Espinoza, 2015). Caracterizar un recurso filogenético tiene una amplia gama de objetivos como esclarecer la identidad taxonómica de un individuo o grupo de individuos para identificar y medir que tan variable (si se trata de una especie) o que tan diverso (si se trata de un género) es un recurso en comparación con otros.

Por otra parte, es fundamental conocer con exactitud el material con el que se trabaja y sobre todo, si el propósito es la conservación de los recursos genéticos aplicando estrategias *in vitro.* Esto es debido a que el uso de las técnicas de cultivo de tejidos por periodos prolongados y las condiciones de estrés que imponen los métodos para el almacenamiento de

germoplasma a mediano (crecimiento lento) y largo (crioconservación) plazo, pueden inducir variación somaclonal (Bairu et al., 2011). El empleo de marcadores moleculares constituye en la actualidad la opción más confiable para realizar el análisis y evaluación de las alteraciones inducidas y/o la caracterización genética de los diferentes individuos (González-Guzmán et al., 2015).

Igualmente, para la gestión de bancos de germoplasma el primer paso es conocer con exactitud el material de entrada, identificar posibles duplicados, medir la variabilidad y/o controlar la diversidad de lo que se está resguardando. También es importante disponer de colecciones activas bien caracterizadas y monitorear la ampliación de las ya existente tanto a nivel de Laboratorios y/o bancos. La evaluación molecular del germoplasma podría contribuir además a la selección de los individuos más representativos en apoyo a los programas de mejoramiento genético (Nuñez-Colin 2015).

Con el surgimiento de la reacción en cadena de la polimerasa a finales del siglo pasado, el desarrollo de técnicas basadas en el principio de la replicación del ADN se intensificó, lo que amplió el panorama y diversificó la forma en que se estudia la evolución y los cambios genéticos de los organismos (Mullis y Faloona, 1987; Nieto et al., 2005).

La caracterización de las especies y genotipos basada en el análisis del ADN mediante el uso de métodos moleculares, a diferencia de los marcadores morfológicos y bioquímicos, no están influenciados por las condiciones ambientales en las que se encuentre el organismo, además, tampoco se requiere el desarrollo completo de la planta, para poder llevar a cabo la evaluación (Zambrano-Blanco, 2015).

Entre los marcadores moleculares más utilizados para la caracterización genética se encuentran los ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat), los cuales tienen la capacidad para detectar de manera reproducible, loci polimórficos presentes en ADN nuclear y ADN de organelos dentro de un número de repeticiones (Jarne y Lagoda 1996; Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu, 2015).

Con base a lo anterior, esta investigación se enfocó en la caracterización molecular de las diferentes especies y accesiones de vainilla (*Vanilla* spp.) que constituyen el material biológico utilizado en los estudios criogénicos que se desarrollan en el Laboratorio de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana.

METODOLOGÍA

MATERIAL BIOLÓGICO

El material biológico se clasificó en tres grupos:

I. Plantas *in vitro* de tres especies de vainilla (*Vanilla insignis, Vanilla odorata* y *Vanilla planifolia*),

II. Plantas *in vitro* de cinco accesiones (códigos *Vp., Vp*. 6, *Vp*. 12, *Vp*. 13 y *Vp*. 20) pertenecientes a la especie *V. planifolia.*

III. Plantas *in vitro* de la especie *V. planifolia* procedente de colecciones activas de tres países (México Costa Rica y El Salvador).

El material correspondiente a los grupos 1 y 2, fue donado por el Banco de germoplasma de la Red Nacional de Vainilla, Teziutlán, Puebla, México e introducido *in vitro* en el Laboratorio de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de Orizaba, Veracruz. El material correspondiente al grupo 3, fue adquirido a través de un proyecto de colaboración científica con Centroamérica (clave 166332) y provino de colecciones activas pertenecientes a los Laboratorios: Biotecnología Vegetal del Tecnológico de Costa Rica (TCR), Cartago, Costa Rica, Cultivo de Tejidos de la Universidad Católica de El Salvador (UNICAES), Santa Ana, El Salvador y Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba, México; respectivamente.

PROPAGACIÓN Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL BIOLÓGICO *IN VITRO*

Las vitroplantas de los tres grupos fueron propagadas sistemáticamente cada 12 semanas sobre medio de cultivo semisólido MS (Murashige y Skoog, 1992) suplementado con 1mgL^{-1} de 6 bencilamino purina (BAP), 0.5mgL^{-1} de ácido indolbutírico (IBA), 30gL^{-1} de sacarosa y solidificado con phytagel^{TM} (Sigma-Aldrich) a razón de 2.5gL^{-1}. El pH del medio se ajustó a 5.7 y se esterilizó a 121ºC durante 15 min. Las plantas se mantuvieron incubadas a 25±1ºC bajo un fotoperiodo de 16 h luz/8 h oscuridad. La intensidad lumínica fue de 36 µmol m^{-2} s^{-1} provista por lámparas fluorescentes blancas.

La preparación del material vegetal utilizado en los análisis moleculares contempló la transferencia de las vitroplantas de todas las categorías a medio de cultivo semisólido MS basal durante dos meses en las mismas condiciones de incubación anteriormente descritas.

ESTUDIOS POR ISSR

EXTRACCIÓN DE ADN

Se utilizaron 0.2g de tejido obtenidos a partir de hojas de cinco vitroplantas por condición de estudio, independientemente del grupo en evaluación. Se empleó el método modificado Doyle y Doyle (1987), basado en la extracción con buffer CTAB al 2%, el cual se calentó a 65°C durante 60min y posteriormente se mezcló con el macerado de hojas a intervalos de 10min. La cuantificación del ADN extraído se realizó por espectrofotometría UV-VIS en el intervalo de 260-280 nm. La calidad del ADN fue evaluó en geles de agarosa al 1% (Sigma-Aldrich).

ANÁLISIS POR PCR

Se emplearon cinco cebadores ISSR (Tabla 1) y las amplificaciones por PCR se realizaron en un volumen de reacción de 25µL conteniendo 9.5µL de Agua libre de DNasas, 12.5µL de REDTaq® ReadyMix™ PCR Reaction Mix, 1µL (5µM) del cebador y 2µL de DNA (50ng). La amplificación de ADN se llevó a cabo en un Termociclador (Axygen, Maxygene II) y la PCR contempló 35 ciclos con las etapas de desnaturalización a 94°C por 4

min, extensión a 94°C por 50 s, alineamiento a 72°C por 1.3 min, y el último paso de extensión a 72°C por 10 min.

Tabla 1. Cebadores ISSR utilizados para la caracterización molecular.

Cebador	Secuencia de Nucleótidos (5'-3')	Temperatura de alineamiento (°C)
UBC-809	AGAGAGAGAGAGAGAGG	45
T06	AGAGAGAGAGAGAGAGT	50
UBC-840	GAGAGAGAGAGAGAGAYT	50
UBC-836	AGAGAGAGAGAGAGAGTA	50
UBC-825	ACACACACACACACACT	51

SEPARACIÓN ELECTROFORÉTICA EN GELES DE AGAROSA

Los fragmentos de ADN se separaron en geles de agarosa (Sigma-Aldrich) al 3% usando buffer TAE 1x y teñidos con bromuro de etidio. Se cargaron 8µl de cada producto de PCR en cada pozo y se utilizó como referencia un marcador de peso molecular de 50-10000pb para la lectura de las bandas. La electroforesis se realizó a 90V por 90 min. Los geles fueron fotografiados usando un fotodocumentador system AlphaImager® EC (Alpha Innotech Corporation, ChemiImagerTM Ready).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la información obtenida de los geles de electroforesis se determinó el número de loci polimórficos y monomórficos, además se elaboró una matriz de datos de presencia/ausencia (1/0) de bandas y se construyeron dendrogramas con el algoritmo de ligamento medio UPGMA (Unweighted Pair Group with Arithmetic Average), mediante el coeficiente de similitud de Jaccard (Jaccard,1908).

RESULTADOS

EVALUACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* DE TRES ESPECIES DE VAINILLA (*Vanilla insignis, Vanilla odorata* y *Vanilla planifolia*).

Los resultados de la amplificación con los cebadores ISSR para la comparación de las especies *Vanilla insignis*, *V. Odorata* y *V. planifolia*, se muestran en la Figura 1.

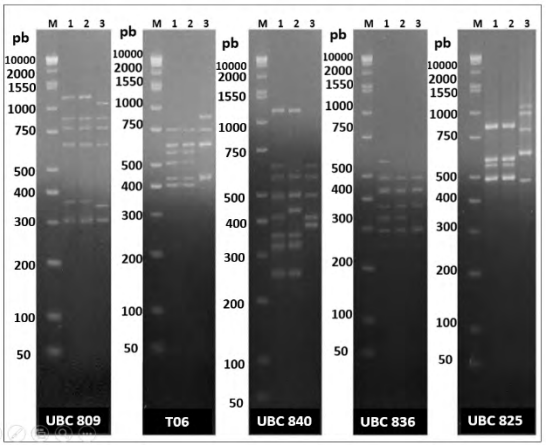


Figura 1. Perfiles de bandas por cebador para las tres especies de vainilla en estudio. Geles de agarosa al 3% teñidos directamente con bromuro de etidio. pb: Pares de bases, M: Marcador de peso molecular (50-10000 pb), 1: *V. insignis*, 2: *V. odorata* y 3: *V. planifolia*

En la Tabla 2 se muestra de manera resumida el total de bandas amplificadas (40) y las obtenidas por cada uno de los cinco cebadores empleados para el análisis de las diferentes especies. Como se puede observar, UBC 840 presentó la mayor capacidad de amplificar fragmentos con un total máximo de 10 bandas detectadas. El cebador con mayor número de bandas monomórficas (66.7%) fue UBC 836 y UBC 825 identificó el 100% de polimorfismo en las bandas amplificadas. El cebador que presentó la menor capacidad (33.33%) de detección polimórfica fue el UBC 836.

El dendograma de la comparación de las especies *V. insignis, V. odorata* y *V. planifolia* muestra un agrupamiento mediante el algoritmo UPGMA (Figura 2), con una clara

separación (índice de similitud de 0.364) entre *V. planifolia* y las otras dos especies (Grupo II), las cuales presentan una cercanía más acentuada con un índice de similitud de 0.875.

Tabla 2. Análisis molecular para los cinco cebadores utilizados en la evaluación de *Vanilla* spp

Cebador	Loci totales	Loci monomórficas	Loci polimórficas	% Polimorfismo	Rango (pb)
UBC 809	8	4	4	50.00	300-1275
T06	7	3	4	57.14	420-900
UBC 840	10	2	8	80.00	260-1250
UBC 836	6	4	2	33.33	300-580
UBC 825	9	0	9	100.00	490-1200
TOTAL	40	13	27	67.50	260-1275

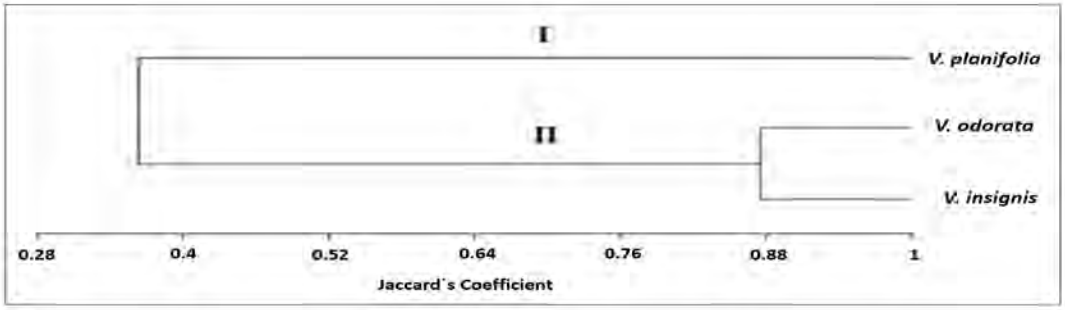


Figura 2. Dendograma construido a partir de la información molecular de *V. insignis*, *V. odorata* y *V. planifolia* mediante el algoritmo UPGMA y el coeficiente de similitud de Jaccard

EVALUACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* DE CINCO ACCESIONES (CÓDIGOS *Vp.*, *Vp.* 6, *Vp.* 12, *Vp.* 13 y *Vp.* 20) PERTENECIENTES A LA ESPECIE *V. planifolia.*

Los resultados de la amplificación con los cebadores ISSR para la comparación de distintas accesiones (Códigos *Vp.*, *Vp.* 6, *Vp.* 12, *Vp.* 13 y *Vp.* 20) de la especie *Vanilla planifolia,* se presentan en la Figura 3. Se encontró mayor homogeneidad en las bandas producidas, con excepción de la muestra *Vp.* 12 que reveló una clara diferencia en el patrón de fragmentos amplificados.

En la Tabla 3 se muestra de manera resumida el total de bandas amplificadas (48) y las obtenidas por cada uno de los cinco cebadores empleados para el análisis de las distintas

accesiones de *V. planifolia*. Como se puede observar UBC 840 y UBC 825 presentaron la mayor capacidad de amplificar fragmentos con un total máximo de 13 bandas detectadas por cada uno. Los cebadores UBC 809 y T06 presentaron un número ligeramente mayor de bandas monomórficas (30 y 50 %, respectivamente) y al igual que en la comparación entre especies, UBC 825 identificó el 100% de polimorfismo en las bandas amplificadas.

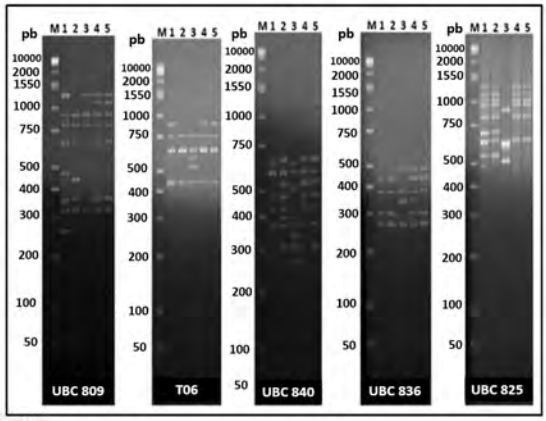


Figura 3. Perfiles de bandas por cebador para las distintas accesiones de *V. planifolia*. Geles de agarosa al 3% teñidos directamente con bromuro de etidio. pb: Pares de bases, M: Marcador de peso molecular (50-10000 pb), 1: *V. planifolia,* 2: *Vp.* 6, 3: *Vp.* 12, 4: *Vp*. 13, 5: *Vp*. 20.

El cebador que presentó la menor capacidad (50%) de detección polimórfica fue el T06.

El dendograma de la comparación de las distintas accesiones de *V. planifolia* muestra un agrupamiento mediante el algoritmo UPGMA (Figura 4), con una clara separación (índice de similitud de 0.299) entre *Vp* 12 y las otras accesiones (Grupo II), las cuales presentan una cercanía más acentuada con un índice de similitud de 0.649.

Dentro del grupo II, las accesiones con mayor cercanía son *Vp*. 13 y *Vp.* 20 (índice de similitud de 0.903), mientras la accesión identificada como *V. planifolia* fue la más distante de todo el grupo II, con un índice de Jaccard de 0.649.

EVALUACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* DE LA ESPECIE *V. planifolia* PROCEDENTE DE COLECCIONES ACTIVAS DE TRES PAÍSES (MÉXICO, COSTA RICA Y EL SALVADOR).

Los resultados de la amplificación con los cebadores ISSR seleccionados para la comparación de la especie *Vanilla planifolia* con distintos lugares de procedencia, se muestran en la Figura 5.

En la Tabla 4 se muestra de manera resumida el total de bandas amplificadas (35) y obtenidas por cada uno de los cinco cebadores empleados para el análisis de la especie *V. planifolia* de distinta procedencia. Como se puede observar, UBC 809 y UBC 825 presentaron la mayor capacidad de amplificar fragmentos con un total máximo de 9 bandas detectadas por cada uno.

Tabla 3. Análisis molecular de los cinco cebadores utilizados en la evaluación de distintas accesiones de *Vanilla planifolia* procedentes de México.

Cebador	Loci totales	Loci monomórficas	Loci polimórficas	% Polimorfismo	Rango (pb)
UBC 809	10	3	7	70.00	265-1380
T06	6	3	3	50.00	440-900
UBC 840	13	2	11	84.62	270-1300
UBC 836	6	2	4	66.67	280-490
UBC 825	13	0	13	100.00	490-1400
TOTAL	48	10	38	79.17	265-1400

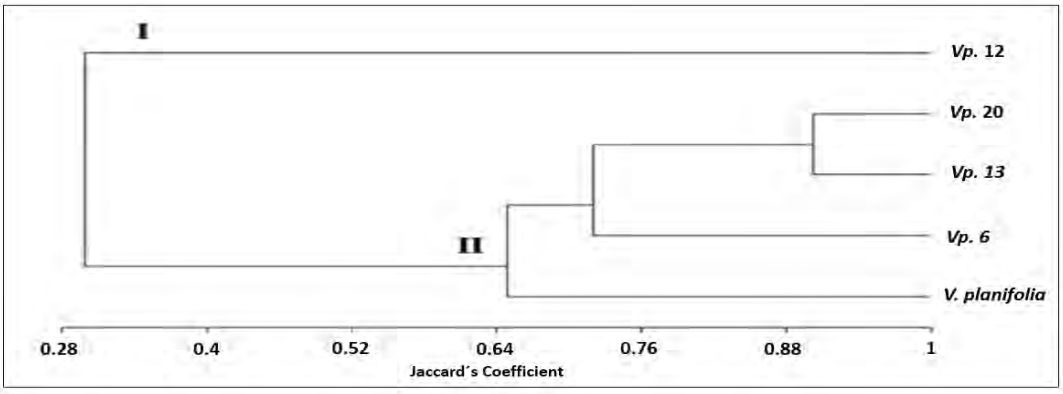


Figura 4. Dendograma construido a partir de la información molecular de las distintas accesiones *V. planifolia.*

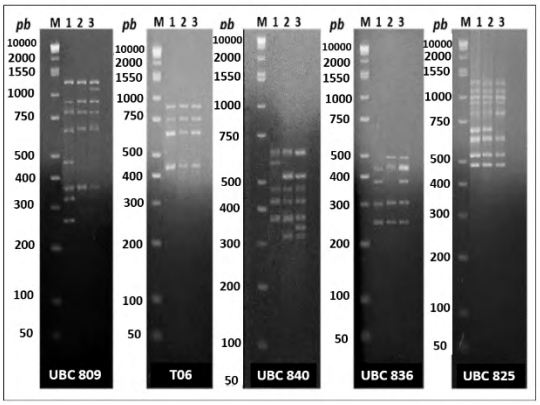


Figura 5. Perfiles de bandas por cebador para accesiones *V. planifolia* con distinta procedencia. Geles de agarosa al 3% teñidos directamente con bromuro de etidio. pb: Pares de bases, M: Marcador de peso molecular (50-10000 pb), 1: México, 2: Costa Rica y 3: El Salvador.

El cebador que identificó el mayor número de bandas monomórficas (89%) fue UBC 825, mientras que UBC 840, detectó el mayor número (50%) de bandas polimórficas. El cebador T06 solamente identificó 4 bandas y todas ellas monomórficas.

El dendograma de la comparación de la especie *V. planifolia* con distinta procedencia muestra un agrupamiento mediante el algoritmo UPGMA (Figura 6), con una clara separación (índice de similitud de 0.639) entre la especie *V. planifolia* procedente de México y las de Costa Rica y El Salvador (Grupo I), las cuales presentan una cercanía más acentuada con un índice de similitud de 0.871.

Tabla 4. Resumen del análisis molecular para los cinco cebadores utilizados en la evaluación de *Vanilla planifolia* con distinta procedencia

Cebador	Loci totales	Loci monomórficas	Loci polimórficas	% Polimorfismo	Rango (pb)
UBC 809	9	5	4	44.44	265-1280
T06	4	4	0	0	440-950
UBC 840	8	4	4	50.00	315-680
UBC 836	5	3	2	40.00	280-500
UBC 825	9	8	1	11.11	490-1400
TOTAL	35	24	11	31.43	265-1400

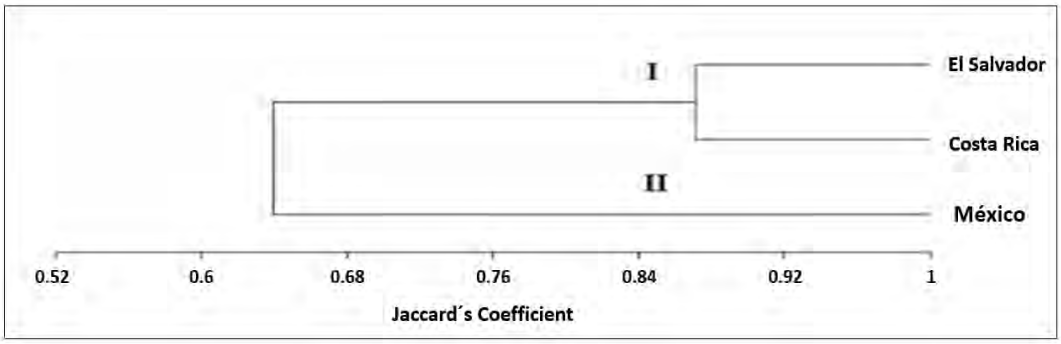


Figura 6. Dendograma construido a partir de la información molecular de *V. planifolia* con distinta procedencia, mediante UPGMA y el coeficiente de similitud de Jaccard.

DISCUSIÓN

La aplicación de los cinco cebadores ISSR utilizados en los estudios comparativos de este trabajo, permitieron identificar las diferencias entre plantas *in vitro* de vainilla de diferentes especies, de diferentes accesiones pertenecientes a una misma especie y de una especie, pero procedente de tres países.

Ramos-Castellá et al., 2016 empleando igualmente ISSR como marcador molecular en diversas especies de vainilla, identificaron un mayor número de bandas con relación a las producidas por los cebadores en este trabajo. Esto puede deberse por una parte a que caracterizaron otra especie más de vainilla (*V. pompona*) y a que usaron geles de poliacrilamida, los cuales presentan mayor resolución de bandas en la electroforesis y permiten visualizar mejor los productos de la PCR en comparación con los geles de agarosa (Verma et al., 2009).

Independientemente de las diferencias entre las tres especies de vainilla estudiadas, entre los genotipos y entre el lugar de procedencia, en general, el desarrollo de las plantas durante el cultivo *in vitro* es muy similar y aunque presentan un hábito de crecimiento relativamente lento, la producción de nuevos brotes es abundante con la sistematización de los subcultivos (micropropagación). Sin embargo, cuando se aíslan ápices caulinares de plantas

micropropagadas de estas especies y se someten a condiciones de estrés (hídrico y térmico), los tejidos de *V. insignis* y *V. odorata* tienen un comportamiento muy parecido, mostrando una menor tolerancia en comparación con los de *V. planifolia*. Los resultados de este trabajo basados en el índice de similitud genética pudieran explicar esta respuesta frente al estrés abiótico que presentan los tejidos de vainilla de ambas especies (Hernández-Ramírez y González-Arnao, 2015). Soto-Arenas y Dressler 2010, reportaron igualmente relaciones genéticas más cercanas entre estas dos especies, utilizando marcadores moleculares de secuencia ITS (Internal Transcribed Spacer).

Por otra parte, el alto índice de similitud encontrado entre la mayoría de las accesiones (4 de 5 evaluadas) de *V. planifolia,* fue congruente con lo esperado, por tratarse de individuos de la misma especie. Además, esto se asemeja a los resultados obtenidos por Ramos-Castellá et. al 2016, quienes obtuvieron valores de identidad mayores a 0.6 entre accesiones de *V. planifolia* de distintos estados de México. Sin embargo, en este mismo estudio se demostró que la accesión *Vp*. 12 era muy distinta genéticamente (índice de similitud de 0.299) del resto y que esto podría sugerir que pertenece a otra especie. Futuras investigaciones con marcadores de secuencias específicas de vanilla, similares a las desarrolladas por Soto-Arenas y Dressler 2010, basadas en ADN ribosomal, podrían esclarecer la identidad de esta accesión.

La evaluación de vitroplantas de *V. planifolia* procedentes de tres países, permitió identificar una gran similitud entre ellas a pesar de que el material introducido *in vitro* para la creación de las respectivas colecciones, provenía de entornos geográficos diferentes. Esto demuestra que las accesiones de esta especie poseen bajos niveles de diversidad genética, compartiendo mayores índices de similitud las de Costa Rica y El Salvador.

CONCLUSIÓN

De las tres especies de vainilla evaluadas, *V. insignis* y *V. odorata* poseen características genéticas más cercanas en comparación a *V. planifolia*. Los genotipos *Vp.* 13 y *Vp*. 20 de la especie *V. planifolia*, presentaron el índice de similitud más elevado, mientras que *Vp*. 12 mostró el grado de polimorfismo más alto con respecto a las demás accesiones. Esto indica, la posibilidad de que no se trate de un genotipo de la misma especie. La evaluación de muestras de *V. planifolia* con distinta procedencia mostró bajos niveles de diversidad genética, siendo la proveniente de México la más disímil en comparación con las de Costa Rica y El Salvador que presentaron un mayor índice de similitud. Los resultados de este trabajo han permitido caracterizar la colección activa de vitroplantas pertenecientes al Laboratorio de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Universidad Veracruzana, las cuales son destinadas a los estudios de crioconservación en vainilla (*Vanilla* spp.).

LITERATURA CITADA

Bairu, M.W., Aremu, A.O., Staden, J.V. 2011 Somaclonal variation in plants: causes and detection methods. Plant Growth Regulation, 63:147–173.

Doyle, J.J., Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemical Bulletin, 19:11-15.

González-Guzmán, M., Medina-Herranz, M. A., Palomares-Hernández, G. 2015. Identificación y selección de marcadores moleculares Inter-microsatelite (ISSR) para la diferenciación varietal en *Capsicum annum* L., Ciencia Agronómica, 12-14.

Hernández-Ramírez, F., González-Arnao, M. T. 2015. Crioconservación de germoplasma de *Vanilla* spp. Memorias del II Foro del Seminario de Investigación del Doctorado en Ciencias Agropecuarias, 7 y 8 de diciembre, Xalapa, Veracruz. 14.

Jaccard, P. 1908. "Nouvelles rescherches sur la distribution florale". Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles 44: 223- 270.

Jarne, P., Lagoda, P.J.L., 1996. Microsatellites from molecules to populations and back. Trends in Ecology Evolution 11:424–429.

Mullis, K., Faloona, F. 1987. Specific síntesis of DNA *in vitro* via a polymerase catalysed chain reaction. Methods enzymology, 335-340.

Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 15:473-497.

Nieto, J. E., Ramos, L., Motte, E. 2005. Extracción y purificación de ADN de *Tectona grandis* L. para su empleo en la técnica RAPD. Foresta Veracruzana, 1-6.

Núñez-Colín, C. A., Escobedo-López, D., 2015. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos, Acta Agrícola y Pecuaria, 1-6.

Ramírez-Mosqueda, M.A., Iglesias-Andreu, L.G. 2015 Indirect organogénesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. Plant Cell, Tissue and Organ Culture,123:657–664.

Ramos-Castellá, A. L., Iglesias-Andreu, L. G., Martínez-Castillo, J., Ortíz-García, M., Andueza-Noh, R. H., Octavio-Aguilar, P., Luna-Rodríguez, M. 2016. Evaluation of molecular variability in germplasm of vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson in Andrews) in Southeast Mexico: implications for genetic improvement and conservation. Plant Genetic Resources, 1-11.

Soto-Arenas, M. A., Dressler, R. L., 2010. A revision of the Mexican and Central American species of Vanilla Plumier ex Miller with a characterization of their ITS region of the nuclear ribosomal DNA. Lankesteriana, 9(3): 285-354.

Vargas-Espinoza, E. P. 2015. Análisis de la importancia de la diversidad biológica y de la biodiversidad en ecosistemas de fincas productivas. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

Verma, P. C., Chakrabarty, D., Jena, S.N., Mishra, D.K., Singh, P.K., Sawant, S.V., Tuli, R. 2009. The extent of genetic diversity among Vanilla species: comparative results for RAPD and ISSR. Industrial Crops and Products 29: 581–589.

Zambrano-Blanco, E. 2015. Diversidad genética del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe.) A nivel molecular: Avances de la última década. Entramado, 190–199.

BIOACUMULACIÒN DE METALES PESADOS EN TEJIDOS DE Oreochromis niloticus EN EL CAUCE DEL RIO BALSAS EN LA REGION CALENTANA DE GUERRERO.

LUDYBED ESCOBAR SARABIA[1]; DIANA PÈREZ DE JESÙS[2]; MARIBEL RAMÌREZ OROZCO[3]; JESÙS SÀNCHEZ ESPINOZA[4]; ALVARO PALACIOS MENDOZA[5].

RESUMEN

La ONU estima una población mundial de 7000 millones de habitantes, para los cuales se necesita producir alimentos. En México la autoridad responsable de salvaguardar la inocuidad y sanidad de los productos agroalimentarios es el SENASICA (servicio nacional de sanidad e inocuidad y calidad agroalimentaria), este órgano es desconcentrado de la SAGARPA.Anteriormente el estudio y la investigación por los ectoparásitos no eran del todo prioritarios, sin embargo con el paso de los años los investigadores se han dado cuenta que es de gran importancia el estudio y examinación de los ectoparásitos en la acuacultura, principalmente en el cultivo de Tilapia. Hasta nuestros tiempos se ha llevado un gran avance sobre las investigaciones de estos parásitos, sin embargo no es suficiente debido a que las aguas son cada día más contaminadas, lo cual tiene como consecuencia la presencia de nuevos parásitos en la producción de Tilapia (Aburn University, 2001).El pescado y los productos pesqueros representan una fuente muy valiosa de proteínas. En el mundo la pesca de captura y la acuicultura, suministraron unos 148 millones de toneladas, de los cuales aproximadamente 128 millones de toneladas fueron destinadas para el consumo humano. La

[1] Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano
[2] Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. diana_jesus@hotmail.com
[3] Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano
[4] Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano
[5] Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano

producción en México ha sido de gran importancia económica para varios estados del país, es por ello que su producción se ha llevado a grandes escalas. El presente trabajo se realizó en la Región Tierra Caliente de Guerrero, en el laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. Se cubrió un aproximado del 99% del muestreo del total de unidades acuícolas productoras de Tilapia. El monogeneo *Cichlidogyrus sclerosus,* y el protozoario *Trichodina* sp., son los parásitos que más prevalecen en las Tilapias producidas en granjas en la región calentana de Guerrero.

PALABRAS CLAVE: Acuicultura, Sanidad acuícola, Tilapia, Parásitos.

INTRODUCCIÓN

La Tilapia es originario de África, es un pez tropical dulceacuícola, es un organismo preferido por acuicultores, debido a su facilidad de cultivo, pues, es un pez que se adapta a aguas cálidas, dulces, salobres o salinas. Y más aún, esta adaptación ha mejorado debido a generación de líneas resistentes (manejo de cruzas) como el caso de Pargo UNAM y porque se han mejorado las técnicas de cultivo en ambientes controlados (Arboleda, 2005).La tilapia ocupa un lugar importante en la producción de las especies de peces por acuacultura, siendo China el principal país productor en el mundo. En México, según datos oficiales de CONAPESCA, 2012, se producen alrededor de 80,000 toneladas al año. En el estado de Morelos según fuentes del CESAEM, 2014 se producen alrededor de 360 toneladas. Este organismo es producido en muchos países del mundo debido a su fácil manejo, adaptación y resistencia. Los estudios de distintos agentes que afectan a las tilapias han sido estudiados ya por diversos autores, sin embargo, la manifestación de las enfermedades, su prevalencia, distribución en espacio y tiempo dependen de diferentes factores desencadenantes tanto del agente, huésped y ambiente (FAO, 2012).En la producción de peces de agua dulce siguen predominado las carpas (71,9 %, 24,2 millones de toneladas, en 2010). La producción de tilapia tiene unaamplia distribución; el 72 % se cría en Asia (sobre todo en China y el sudeste

asiático), el 19 % en África y 9 % en América. (FAO, 2012).La tilapia ocupa un lugar importante en la producción de las especies de peces, siendo China el principal productor seguido de Egipto, Tailandia e Indonesia. (FAO, 2012).La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), ha desempeñado su cometido bajo la autoridad y el control de una asamblea mundial, compuesta de delegados que designan los gobiernos de los países miembros. Garantizando la transparencia de la situación zoosanitaria en el mundo. Recopilando, analizando y difundiendo la información científica veterinaria. En México la autoridad responsable de salvaguardar la inocuidad y sanidad de los productos agroalimentarios es el SENASICA (servicio nacional de sanidad e inocuidad y calidad agroalimentaria), este órgano es desconcentrado de la SAGARPA.Anteriormente el estudio y la investigación por los ectoparásitos no eran del todo prioritarios, sin embargo con el paso de los años los investigadores se han dado cuenta que es de gran importancia el estudio y examinación de los ectoparásitos en la acuacultura, principalmente en el cultivo de Tilapia. Hasta nuestros tiempos se ha llevado un gran avance sobre las investigaciones de estos parásitos, sin embargo no es suficiente debido a que las aguas son cada día más contaminadas, lo cual tiene como consecuencia la presencia de nuevos parásitos en la producción de Tilapia (Aburn University, 2001).La detección de las enfermedades de los animales acuáticos, radica en la identificación específica de los agentes patógenos para determinar el estado sanitario. Las enfermedades de la tilapia llegan a causar pérdidas en una unidad de producción acuícola ya sea a un menor índice de crecimiento y de reproducción de los peces; un mayor costo de alimentación debido a la pérdida de apetito y el desperdicio de alimentos sin consumir; aumento de vulnerabilidad a depredadores; susceptibilidad a la baja calidad del agua; y, como consecuencia la muerte de los peces. (Espinosa, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Para fines del presente trabajo, sólo se utilizaron datos de 50 unidades de producción acuícola mismas que representa el 99% del total de las unidades de producción de tilapia de la región calentana. Fueron colectados en las unidades seleccionadas, analizadas y procesadas en el Laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. En seguida se tomó una muestra de 10 organismos por UPAS al azar en 50 granjas.

Tomando los parámetros físico-químicos, el porcentaje de prevalencia la intensidad promedio y el rango de intensidad para su análisis parasitológico, en el laboratorio.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS

El análisis parasitológico consistió en realizar el sacrificio de los peces, acezando la cavidad craneal con la ayuda de tijeras con el fin de destruir la masa encefálica, se continuó a colocar los ejemplares en charola de acero inoxidable. Una vez colocados en charola, se procede a determinar las dimensiones de cada uno de los ejemplares, con una regla se registró en cm las medidas de longitud total (LT), longitud Patrón (LP), Longitud Cefálica (LC) y Altura Máxima (AM).Se anotaron los datos en una hoja de registro consistiendo en la fecha de análisis de las muestras las medidas de los peces el tipo de organismo la cantidad de carga parasitaria y el lugar del hospedero donde son encontrados.

ANÁLISIS PARASITOLÓGICO EXTERNO

Cada ejemplar se analizó, observando detenidamente la superficie general del cuerpo, ante presencia de lesiones, o de alguna especie parasitaria. Revisado de la superficie corporal y cavidades naturales del cuerpo que tienen comunicación al medio externo de los ejemplares. Se examinó la piel de organismos frescos, con raspados cutáneos en laminillas porta y cubre objetos, obteniendo muestras en capa fina de mucus, para su posterior estudio en el

microscopio compuesto. De forma individual se examinaron las aletas; Dorsal, Caudal, Anal, Pélvica, Pectoral y Ventral realizando cortes de cada una de ellas, mismas que fueron colocadas en cajas Petri, posteriormente se procedió a la revisión de ambas cajas bajo el microscopio estereoscópico.

ANÁLISIS PARASITOLÓGICO INTERNO

Para la revisión interna se extrajeron los órganos de cada muestra, haciendo un corte longitudinal en la parte pélvica o ventral, con detenido cuidado para no dañar ningún órgano. El examen interno se realizó haciendo una incisión en la línea media ventral del cuerpo, hasta el ano y el orificio genital, para levantar toda la pared lateral y dejar al descubierto todo el aparato digestivo, el aparato urogenital y los demás órganos. Posteriormente se extrajo el paquete visceral, donde los diferentes órganos fueron separados y colocados en cajas de Petri con solución salina al 0.70 %, removiendo los órganos de cada aparato y sistema. El análisis consistió en el desgarramiento de cada órgano, con agujas de disección y bajo microscopio estereoscópico. Los parásitos encontrados fueron separados con la ayuda de pinceles y depositados en viales con formol al 4 %. Los parásitos que se recolectaron en fresco con la ayuda de pinceles finos y agujas de disección, se montaron en portaobjetos, después se colocó un cubreobjetos para su observación.

RESULTADOS

Parásitos diagnosticadosSe tomaron en cuenta 50 UPAS para el análisis parasitológico en 50 UPAS se realizó el estudio completo y 27 UPAS se tomaron los datos de los expedientes que se encontraban sin procesar, esto se hizo con la finalidad de recopilar los datos y divulgar la información a los productores, encontrándose los siguientes parásitos no genios virus protozoarias los parásitos; monogeneos (*Gyrodactylus sp., Ciclidogyrus sclerosus, Enterogyrus sp.)* protozoarios (*Ambiprya sp., Apiosoma sp., Epistylis sp., Trichodina sp.*) Los parásitos que más prevalecieron en las unidades de producción acuícola que se trabajaron

son: *Ciclidogyrus sclerosus, Trichodina sp, Gyrodactylus sp,Enterogyrus sp, Ambiprya sp, Apiosoma sp, Epistylis sp.*

PREVALENCIA DE ENFERMEDADES	
AGENTE	CASOS
Cichlidogyrus sclerosus	38
Trichodina sp.	32
Gyrodactylus sp.	14
Enterogyrus sp.	14
Ambiphrya sp.	6
Apiosoma sp.	1
Epistylis sp.	1

Tabla 1. Casos positivos y nombres de los parásitos en las unidades muestreadas.

PREVALENCIA, SIGNOS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PARÁSITOS

El mayor porcentaje de prevalencia de *Oreochromis sclerosus* con un 76% equivalente a 50 unidades acuícolas y *Trichodina sp.*con un 64% equivalente a 38 unidades acuícolas.

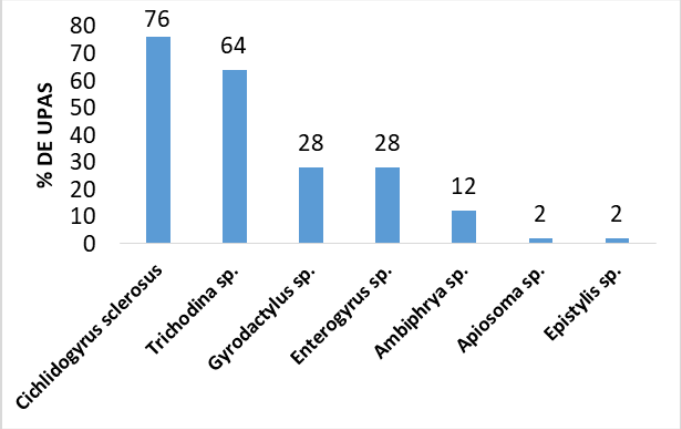


Figura 1. Porcentaje de prevalencia de agentes analizados.

La distribución estacional de los agentes encontrados o registrados en las muestras analizadas, en las UPAS donde se encontró que el *Cichlidogyrus sclerosus* y la*Trichodina sp.* Fueron los parásitos que más prevalecen en todo el año a excepción de noviembre y

diciembre donde no se realizaron análisis en *Oreochomis spp. A diferencia de Apiosoma sp.* y *Epistylis sp.*que se se presentaron en el mes de octubre.

DISCUSIÓN

Los resultados de los exámenes parasitológicos para el caso *Cichilidogyrus scierosus*, indicaron que la mayor prevalencia observada en los cultivos, fue de 76%, este monogéneo estuvo presente en todos los muestreos. Los registros de este parasito coinciden con los reportados por (Jiménez *et al.,* 1990, Plumb, 1999, Jiménez-García *et al.,* 2001; Vidal-Martínez*et al.,* 2001: Jiménez-García, 2003; Conroy, 2004, Intervet, 2005; El-Sayed, 2006, Cruz-Ordóñez*et al.,* 2007; Jiménez-García*et al.,* 2007; Rubio-Godoy *et al.,* 2007). Tales incrementos en la abundancia de los parásitos se presentaron a medida que las tilapias crecían (mayor espacio en su cuerpo), además cuando la temperatura era baja (debido a los nortes octubre-diciembre), lo que podría atribuirse al efecto del estrés térmico en la respuesta inmune de los peces, en la temporada más fría del año. Al respecto,es ampliamente conocido que la fisiología de los organismos poiquilotermos depende directamente de la temperatura del medio, y en ocasiones, son las crías las que en los estadios que resultan especialmente susceptibles. Mientras tanto en *Trichodina sp.*, indico también una menos prevalencia para los cultivos siendo de 64%, seguido por Gyrodactylus sp. Con un 28%, Enterogyrus sp. Con 28%, mientras que *Ambiphryra sp.* se presenta un 12%,*Apisoma sp.*con 2% y finalmente con *Epistylis sp*. Con un 2%, para las granjas que fueron monitoreadas. Los registros de parásitos coinciden (Jiménez *et al.,* 1990, Plumb, 1999, Jiménez-García *et al.,* 2001; Vidal-Martínez *et al.,* 2001: Jiménez-García, 2003; Conroy, 2004, Intervet, 2005; El-Sayed, 2006, Cruz-Ordóñez*et al.,* 2007; Jiménez-García*et al.,* 2007; Rubio-Godoy *et al.,* 2007), ya que particularmente en México, este género de *Gyrodactylus sp.*forma parte importante de las comunidades de parásitos de tilapias silvestres y cultivadas en jaulas flotantes (de igual forma, los protozoarios y monogéneos mencionados han sido comúnmente registrados en tilapias cultivadas en granjas de Veracruz (Cruz-Ordóñez *et al.,* 2007; Jiménez-García *et al.,*

2007; Rubio-Godoy *et al.,* 2007). Debido a lo anterior, es importante someter a revisiones parasitológicas periódicas a las tilapias cultivadas, para tomas las medidas de control pertinentes. En el caso de *Cichidogyrus sp.,*se atribuye a lo antes ya mencionado. Se reporta que la alta carga parasitaria pueden atribuirse al estrés térmico 8 se enfrentaron los peces en agosto-octubre), el cual juega un papel determinante en la abundancia de ectoparásitosen crías de tilapia durante la temporada más fría del año, han sido registrados para tilapias cultivadas en el estado de Morelos.

El estudio demostró que en cargas de densidad cultivada, controladas o descontroladas, no existe un efecto significativo de la carga parasitaria (número de parásitos) sobre la supervivencia y el crecimiento de las tilapias. Estos resultados se pueden explicar debido a que: 1).- las abundancias alcanzadas de los parásitos no fueron lo suficientemente elevadas como para provocar respuestas de estrés como podría ser el aumento en la tasa de respiración y/o gastos energéticos generados por la respuesta inmune (producción de moco, o de células especificas del sistema inmune) que repercutieran significativamente en los procesos de supervivencia y crecimiento de las tilapias. 2).- las características fisicoquímicas de los sistemas experimentales, así como el manejo y la manipulación de los peces se mantuvieron dentro de los intervalos aceptables recomendados para el cultivo de tilapia (Pérez-Fosado *et al.,* 2007). A demás es prácticamente imposible separar la relación de las enfermedades infecciosas con los problemas asociados con la calidad del agua según (Jiménez, 1900; Arredondo y Lozano, 1996; Plumb, 1999), y es sabido que prevenir la ocurrencia de agentes infecciosos es la mejor manera de evitar o disminuir los riesgos asociados con la apariencia de enfermedades. Los protozoarios y monogéneos suelen presentarse en peces silvestres o cultivados en números bajos, sin causarles problemas de salud; sin embargo, si la calidad dela gua se deteriora a un punto tal que los peces son estresados, el número de parásitos se incrementa, lo cual podría causar: anorexia, inflamación, irritación, hemorragias y necrosis, según (Jiménez. 1990; Kinkelin *et al.,* 1991; Flores-Crespo *et al.,* 1992). Por el contrario, Tachikawa *et al.* (1989) y Lauren (1991) consideran a *Cichlidogyrus sp.,* como incapaz de producir patologías severas, y las lesiones branquiales que observaron las relacionan con la

calidad dela agua. Debido a lo anterior, es importante tomar las debidas precauciones si se desea cultivar a mayor densidad (Rubio-Godoy *et al.,* 2007). Adicionalmente, es importante mantener bajo control a tales parásitos, puesto que también facilitan la ocurrencia de infecciones secundarias, ya que las lesiones causadas por los ganchos presentes en sus órganos de fijación, pueden ser puerta de entrada para la invasión de bacterias que son y han sido famosas por devastar lotes de tilapias, como *Streptococcus iniae* (Plumb, 1999; Russo *et al.,* 2006; Komar y Wendover, 2007; Xu*et al.,* 2007). Por lo anterior desde un punto de vista acuacultural, es importante destacar el que buenas prácticas en el manejo, en los esquemas de alimentación y un buen mantenimiento de las condiciones fisicoquímicas del agua son aspectos básicos a cuidar para evitar comprometer el sistema inmune de los peces y disminuir así la probabilidad de ocurrencia de enfermedades en los cultivos (Roberts, 1989: Plumb, 1999, Komar y Wendover, 2007).

CONCLUSIÓN

Se cubrió un aproximado del 99% del muestreo del total de unidades acuícolas productoras de Tilapia y Se realizó un estudio de vigilancia epidemiológica activa y pasiva cubriendo 50 unidades seleccionadas y muestreadas durantemarzo 2017-febrero 2018. Con respecto a la distribución espacial y temporal, los parásitos que más prevalecen (*Cichlidogyrus sclerosus* y *Trichodinasp.*) los encontramos distribuidos en casi todos los municipios y meses de muestreo.

Los estudios de detección de parásitos, su prevalencia y distribución por hospedero (pez), son de particular importancia, ya que nos permiten clasificar aquellos que por su impacto en la salud acuícola, incluso salud pública, podrían priorizarse y tomar las medidas adecuadas y oportunas para su prevención y control de los mismos.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, ACUÍCOLAS Y PESQUERAS A.C.

ITBOCA

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto tecnológico de Cd. Altamirano por dar la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

Arboleda O. D. A. 2005. Reversión sexual de tilapias Roja (*Oreochromis*sp.). Una guía básica para el acuicultor. Revista electrónica de veterinaria REDVET, España, 12: 1-2 p.

Auburm, University. (2001). Biología reproductiva de la *Oreochromisniloticus.* 190 pp.

Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA), 2012.

Espinosa M. A. M. (2014). Informe Final de las Actividades del Trabajo Profesional Realizado en el Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos. A.C., Zacatepec de Hidalgo Morelos y Trabajo de Investigación.

FAO, 2012. El Estado Mundial dela Pesca y la Acuacultura. Página Mundial para su divulgación.

Fenner, Robert M. (2001): The Conscientious Marine Aquarist. Nueva Jersey, Estados unidos: T.F.H. Publications.

Hepher, B. yPruginin, Y, (1991). Cultivo de peces comerciales: basados en las experiencias de ls granjas piscícolas en Israel. 1era reimpresión, Ed: Limusa S.A., México: 279 pp.

INEGI. (2014). Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática.

Jiménez, B. O., Peña, H. M. Ramírez, M. C., Tapia, O. M., Guzmán, G. L. E., Montes, V. R., Castrejón, R. A. Franco, A. M. P…, Montenegro, M. S. C., Benítez, O. A. (2012). Guía de identificación de peces de Enfermedades de Peces de Ornato. Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos, Zacatepec, Morelos, México. 70 pág.

Jiménez-García, Ml, Vidal Martínez, VM y López-Jiménez, S. (2001). Monogeneos en ciclidos introducidas y nativas en México: Evidencia para la transferencia. Diario de

Parasitología. 84:907-90 pp.

Klinge L, O.: Linch H, C. y Lozada A, A.(2000). Estudio de Prefactibilidad para instalación de un centro de producción de tilapia (*Oreochromis spp*.) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. Lima: Universidad Nacional Agraria.

Noga, E. J. (2000). Fish Disease: Diagnosis and Treatment. Ames, lowa, USA. State University. Blackwell Publishing. 367 pp.

Vidal, M. V. m., Aguirre, M. M. l. Scholz, T., González, S.D., Mendoza, F. E.F. (2002). Atlas de Helmintos Parásitos de Ciclidos de México. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 182 pág.

EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO ROJO, LOMBRICOMPUESTO Y MICROTÚNELES EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA DE BOLA CV. 'ROUND ZUCCHINI'

GUADALUPE CONTRERAS MARTÍNEZ[1]; FRANCISCO MILÁN CERVANTES[2]; FERNANDO CARLOS GÓMEZ MERINO[3]; RAMÓN ZULUETA RODRÍGUEZ[4]; LILIANA LARA CAPISTRÁN[5]

RESUMEN

En la actualidad, la agricultura contemporánea busca una intensificación sostenible para obtener frutos de buena calidad, inocuos, libre de plagas y enfermedades mediante la implementación de técnicas culturales capaces de incrementar la producción sin impactos negativos sobre el ambiente. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de microtúneles, el acolchado plástico rojo y el lombricompuesto en la producción de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round zucchini' en campo durante el ciclo verano-otoño. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Lombricompuesto, L), T3: (Acolchado rojo, AR), T4: (Acolchado+Lombricompuesto, AR+L), T5: (Microtúnel Agribón, MA), T6: (Microtúnel Agribón+Lombricompuesto, MA+L), T7: (Microtúnel Agribón+Acolchado Rojo, MA+AR) y T8: (Microtúnel Agribón+Acolchado Rojo+Lombricompuesto, MA+AR+L), cada uno distribuido en tres bloques, con diez plantas distanciadas a 50 cm dentro de cada bloque (240

[1] Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa,
[2] Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa
[3] Colegio de Postgraduados, *Campus* Córdoba
[4] Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa
[5] Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa. llara_capistran@hotmail.com

unidades experimentales en total). El ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la mayoría de las variables evaluadas ($P \leq 0.05$), siendo MA+AR+L y AR+L los mejores tratamientos con incrementos respectivos de 100.81% y 98.66% en comparación a la producción total registrada en las plantas-testigo. Estos resultados revelan que la incorporación de lombricompuesto, el uso de microtúneles y de acolchado plástico de color rojo pueden ser una potencial alternativa para incrementar la producción de calabacita de bola (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round zucchini' bajo condiciones de campo.

PALABRAS CLAVE: Agricultura Protegida, área foliar, *Curcubita pepo*

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales productores de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) a nivel mundial (Méndez-López *et al*., 2010) y, de acuerdo al avance de siembras y cosechas del SIAP (2018), en 2016 se registró una superficie sembrada de 28,094 ha con producción de 467,773 t y rendimiento promedio de 17.513 $t.ha^{-1}$ donde destacan los aportes de biomasa con valor agricola provenientes de Sonora(153,037 t), Puebla (63,561 t), Michoacán (40,870 t) y Zacatecas (29,901 t), aunque en Tamaulipas y Veracruz existen zonas con alto potencial agroproductivo que aún no se han aprovechado. Lo denotado bien puediere obedecer a condiciones bióticas y/o abióticas adversas que impidan cumplir con las especificaciones físicas, sensoriales y de calidad establecidas en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-020-1982 a los frutos de *C. pepo* destinados al consumo humano.

Por tal motivo, en la agricultura protegida se han propuesto técnicas culturales no solo orientadas a incrementar el rendimiento y preservar la inocuidad alimentaria, sino también para reducir la erosión, optimizar el uso más racional del agua y favorecer el desarrllo de los cultivos. Dentro de ellas se matiza la importancia de los acolchados plásticos y su fotoselectividad para acrecentar el rendimiento y la calidad de la producción a través de su influencia sobre la capacidad reflectiva del espectro de la radiación visible, la eficacia en los

procesos fisiológicos y de crecimiento de las planta (Robledo *et al*., 2010), o bien al proveer beneficios al cultivo mediante la regulación de la temperatura y humedad del suelo (Gil-Marín *et al*., 2012; Wang *et al*., 2018) sin descartar el control y disminución de la proliferación de arvenses (Zribi, 2013) e incidencia de plagas (Ibarra-Jiménez *et al*., 2001; Torres-Bojorques *et al*., 2017).

De igual forma, las plántulas protegidas con microtúneles durante las primeras etapas de su desarrollo dispondrán de una barrera física que impedirá la llegada de transmisores de virosis (mosquitas blancas [*Bemisia tabaci*] y pulgones alados [*Aphis craccivora*, *A. gossypii* o *A. spiraecola*, entre otros]) (Giner y Aguilar, 2017) y favorecerá el tener una producción precoz de calidad y competitiva en el mercado (López, 2017). En cuanto al uso del lombricompuesto en los sistemas de producción agrícola se refiere, baste apuntar indicadores relacionados con el rango de aplicabilidad, adaptabilidad y sostenibilidad agroproductiva que de esta práctica tecnológica se derivan en términos biológicos, ambientales y socio-económicos (Thiers *et al*., 2014; San Román y Cárdenas, 2016; FAO/MADS, 2018). Basándose en lo denotado, el objetivo del presente bioensayo fue evaluar el uso de microtúneles, acolchado plástico rojo y lombricompuesto sobre el comportamiento agronómico de la calabacita de bola (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round zucchini' bajo condiciones de campo durante el ciclo verano-otoño.

METODOLOGÍA

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El estudio se realizó durante los meses agosto-noviembre de 2017 en los campos del Seminario Mayor de Xalapa ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE, en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, cuyas coordenadas geográficas son 19°33'05.37'' LN-96°56'40.64'' LO y elevación de 1,418 msnm.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con ocho tratamientos: T1: (Testigo, T), T2: (Lombricompuesto, L), T3: (Acolchado rojo, AR), T4: (Acolchado+Lombricompuesto, AR+L), T5: (Microtúnel Agribón, MA), T6: (Microtúnel Agribón+Lombricompuesto, MA+L), T7: (Microtúnel Agribón+Acolchado Rojo, MA+AR) y T8: (Microtúnel Agribón+Acolchado Rojo+Lombricompuesto, MA+AR+L), cada uno distribuido en tres bloques, con diez plantas distanciadas a 50 cm dentro de cada bloque (240 unidades experimentales en total).

SEMILLA AGRONÓMICA Y SUSTRATO UTILIZADOS EN EL PRESENTE BIOENSAYO

La semilla de calabacita de bola cv. 'Round zucchini' utilizada en este bioensayo fueron las comercializadas por la compañia Emerald Seeds, y para su germinación se utilizó Peat Moss como sustrato, considerada como materia prima de alta calidad para viveros, cultivo de hortalizas y plantas de ornato.

ESTABLECIMIENTO DEL SEMILLERO Y MANTENIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS

Las semillas se pusieron a germinar durante 15 días en charolas de polipropileno de 200 cavidades con Peat Moss como sustrato y bajo invernadero. Tras la emergencia de las plántulas, la primera semana se les regó cada 24 h con agua corriente y, a partir del octavo día (y hasta el trasplante) se irrigaron con una solución nutritiva de Miracle-Gro® ([N15-P30-K15, B 0.02, Cu 0.07, Fe 0.15, Mn 0.05, Mo 0.0005 y Zn 0.06][6] 1 $g.L^{-1}$) para mejorar su crecimiento y desarrollo.

[6] Porcentaje en peso

SUPERFICIE UTILIZADA, PREPARACIÓN DEL SUELO Y ALINEACIÓN DE LAS CAMAS

El espacio elegido para establecer este bioensayo ocupó 305 m^2, los cuales se limpiaron y despejaron de arvenses mediante chapeo y labranza a base de azada. La alineación de las camas se hizo con hilo rafia, estacas y cal, tomándose en cuenta las dimensiones del diseño experimental y área de laboreo por donde se tenía que transitar. A continuación, el suelo se aflojó a 25-30 cm de profundidad x 30 cm de ancho, y las camas se aparejaron y nivelaron con un rastillo para que las mismas quedaran listas para la siembra y distribución de los tratamientos cuyos efectos pretendían evaluarse.

COLOCACIÓN Y PERFORACIÓN DEL ACOLCHADO PLÁSTICO ROJO

El acolchado plástico rojo en calibre 600 se colocó y extendió a mano a lo largo de las camas, perforándole círculos de 10 cm de diámetro con un utensilio metálico cuyo borde filoso facilitó la apertura de los huecos cada 50 cm.

ESTABLECIMIENTO DE LOS MICROTÚNELES

Para la producción de calabacita de bola (*C. pepo*) cv. 'Round zucchini' con la tecnología de microtúneles a implementar, se colocaron las varillas de acero arqueadas y forradas con cinta de aislar para atenuar su oxidación, y se colocaron estacas de madera para asegurar su fijación. La estructura se cubrió con Agribón, y los extremos plegados formaron un "ojal" por donde pasaron los hilos de nailon que se ataron a las estacas. En el anclaje de la cubierta de polipropileno solo se enterró un costado del túnel para minimizar vibraciones por viento, y el otro flanco se dejó libre para las labores culturales. Por último, la sujeción final de la cobertura se realizó con hilos, ganchos y alambre.

TRASPLANTE A CAMPO Y APLICACIÓN DE LOMBRICOMPUESTO

A los 15 días después de la siembra, las plántulas de calabacita de bola se trasladaron a campo, previniendo contacto con el plástico para evitar daño por quemaduras. En esta etapa del bioensayo, y de acuerdo con la ficha técnica de la SAGARPA (2017a), se aplicaron 26 g de lombricompuesto *Terranova*[7].planta^{-1}.

FERTILIZACIÓN

La fertilización granular se realizó con base en los parámetros establecidos por la SAGARPA (2017b) para un paquete tecnológico adecuado a la zona Veracruz. Así, la primera aplicación se hizo a los 8 DDT y la segunda a los 24 DDT con Urea, DAP y Triple 16 con las dosis 4.91 g.planta^{-1}, 10.45 g.planta^{-1} y 8.27 g.planta^{-1}, respectivamente. Además, se realizaron aplicaciones foliares con Bayfolan (8, 15, 22, 30 y 37 DDT) a razón de 25 mL.5 L^{-1}.

RETIRO DE MICROTÚNELES

El retiro de los microtúneles en los tratamientos marcados en el diseño experimental,se efectuó a los 28 DDT, ya que en estas fechas las plantas iniciaban con el periodo de floración.

DESHIERBE

Esta actividad se realizó a mano en las camas que no tenían acolchado plástico rojo, para retirar a las arvenses y minimizar competencia por luz, agua y nutrimentos.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron diámetro del tallo (mm), número de hojas, de flores femeninas y masculinas, área foliar (cm^2) y producción total (kg).

ANÁLISIS DE SUELOS

[7]NMX-FF-109-SCFI-2008

Los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo efectuados antes y después de montar el experimento se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, con la asesoría de la M. en C. Teresita de Jesús May Mora, utilizando métodos estandarizados y especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (hoy en día NOM-021-SEMARNAT-2000).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primera instancia se realizaron los contrastes de normalidad y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas se analizaron mediante un ANOVA (arreglo factorial con dos factores [factor 1: Microtúnel, factor 2: Lombricompuesto y factor 3: Acolchado plástico]) y contraste de mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significancia del 5% (α= 0.05) del software STATISTICA (versión 8.0.360.0 StatSoft Inc., Tulsa, USA) para Windows.

RESULTADOS

El análisis estadístico mostró diferencias significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados para la variable diámetro del tallo desde los 15 hasta los 42 DDT (Tabla 1), y es en esta fecha donde se registró a MA+AR+L como el mejor tratamiento, con incremento de 32.51% respecto a las plantas-testigo, seguidos del tratamiento AR+L con 13.15% de incremento.

Por otra parte, el ANOVA también detectó diferencias significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0.05.05$; 15-42 DDT) en el número de hojas, donde el tratamiento MA+AR+L de nuevo presentó superioridad de 44.92% respecto a las plantas-testigo, seguida del 36.23% registrado en AR.

Tabla 1. Análisis estadístico para las variables diámetro de tallo y número de hojas.

Tratamientos	FM¥	FL¥	FA¥¥	Diámetro del tallo (mm)			Número de hojas		
				15 DDT	29 DDT	42 DDT	15 DDT	29 DDT	42 DDT

T	-	-	-	3.23d	8.11d	13.84bcd	4.83c	14.66de	19.83cde
L	-	+	-	3.64bc	10.12bc	14.26bcd	5.75b	15.41cde	24.66bc
AR	-	-	+	3.32cd	10.06bc	15.06bc	6.58a	17.83b	26.00b
AR+L	-	+	+	3.38cd	11.38b	15.66b	5.58bc	16.91bc	21.75cd
MA	+	-	-	3.53bcd	8.94cd	13.43cde	5.58bc	16.08bcd	16.91de
MA+L	+	+	-	3.82b	8.81cd	11.77e	5.58bc	17.75b	14.58e
MA+AR	+	-	+	3.35cd	8.03d	12.79de	5.25bc	13.91e	19.66de
MA+AR+L	+	+	+	4.55a	13.53a	18.34a	7a	23.83a	36.16a

¥ Factor Microtúnel ¥¥ Factor Lombricompuesto ¥¥¥ Factor Acolchado

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0.05$).

Mientras tanto, en la variable número de flores femeninas y masculinas el análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los tratamientos evaluados a los 49 DDT (LSD de Fisher, $P \leq 0.05$) donde el tratamiento más sobresaliente para ambas variables fue MA+AR+L, con incrementos de 130.92% y 43.40% con respecto a las plantas-testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis estadístico para las variables número de flores femeninas y masculinas

Tratamientos	FM¥	FL¥¥	FA¥¥¥	Número de flores femeninas 49 DDT	Número de flores masculinas 49 DDT
T	-	-	-	28.00 c	86.00 b
L	-	+	-	38.33 bc	95.66 ab
AR	-	-	+	37.00 bc	86.66 b
AR+L	-	+	+	43.66 b	97.66 ab
MA	+	-	-	30.00 bc	93.66 ab
MA+L	+	+	-	26.00 c	94.66 ab
MA+AR	+	-	+	35.33 bc	109.33 ab
MA+AR+L	+	+	+	64.66 a	123.33 a

¥ Factor Microtúnel ¥¥ Factor Lombricompuesto ¥¥¥ Factor Acolchado

Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (LSD de Fisher, $P \leq 0.05$)

Para la variable área foliar los tratamientos más preponderantes fueron MA+AR+L y AR+L, con incrementos del orden de 368.78% y 314.74% en comparación a las plantas-testigo (Fig. 1), lo cual mantiene estrecha relación con la respuesta registrada en número de hojas y el efecto que pudiere derivar por la adición del lombricompuesto.

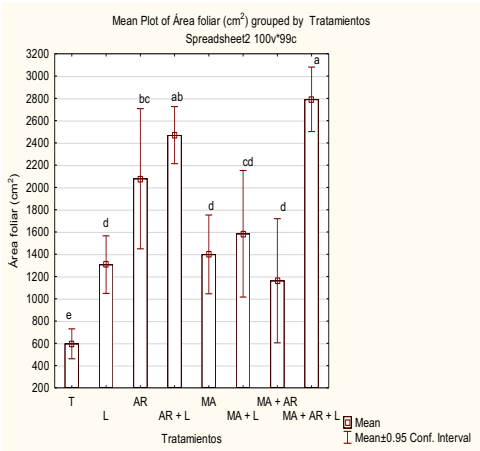


Figura 1. Efecto de los tratamientos en la variable área foliar.

Finalmente, en la variable producción total de biomasa con valor agrícola el ANOVA indicó diferencias significativas entre los tratamientos (LSD de Fisher, $P \leq 0.05$), marcando a MA+AR+L (>100.81%) y AR+L (>98.66%) como los más relevantes en comparación con las plantas-testigo (Fig. 2), marcada tendencia que prevaleció en la cosecha de frutos efectuada a los 42 DDT (datos no mostrados).

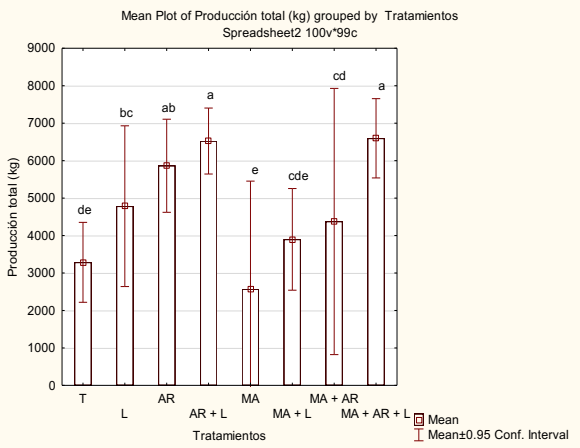


Figura 2. Efecto de los tratamientos probados en la variable producción total.

En cuanto al análisis textural o granulométrico del suelo se determinó que la proporción de arcilla, limo y arena en la muestra compuesta corresponde a un migajón arcilloso a arenoso, sin detectar efectos derivados del la lombricompuesto en los tratamientos donde se incorporó esta fuente de materia organica (Tabla 3), pues solo en AR+L y MA+L se hallaron los valores más altos relacionados con esta enmienda. Tal respuesta pudiere atribuirse al uso del acolchado plástico y el microtúnel ya que ambos impiden la pérdida de este tipo de materiales por efecto de la lluvia.

Cabe mencionar que para las demás determinaciones nutrimentales también se obtuvieron resultados bajos, lo cual pudiere indicar que el suelo donde se estableció este bioensayo era pobre en nutrimentos (Tabla 3) y, por lo tanto, no se registraron correcciones físicas ni químicas apreciables tras la inclusión de humus de lombriz en los diversos tratamientos ponderados en este bioensayo.

Determinación		Valor referencial antes de montar el experimento	Designación	T	Designación	L	Designación	AR	Designación	AR+L	Designación	Norma Oficial Mexicana (NOM)
Textura	Arena	48.56	Migajón	56.56	Migajón arenoso	66.56	Migajón arcilloso	34.72	Migajón arcilloso	69.28	Migajón arenoso	NOM 021 RECNAT 2000 AS-09
	arcilla	22.44		16.72		12.00		33.28		8		
	Limo	30		26.72		21.44		32		22.72		
pH (1:2)		6.4	Moderada-mente ácido	5.7	Moderada-mente ácido	5.6	Moderada-mente ácido	5.7	Moderada-mente ácido	5.4	Moderadamente ácido	NOM 021 RECNAT 2000 AS-02
Materia orgánica (%)		11.43	Alto	10.75	Medio	10.42	Medio	10.58	Medio	11.04	Alto	NOM 021 RECNAT 2000 AS-07
Conductividad eléctrica ($dS.m^{-1}$)		0.80	Efectos despreciables de la salinidad	2.40	Moderada-mente salino	5.30	Suelo salino	2.70	Moderada mente salino	1.70	Muy ligeramente salino	NOM 021 RECNAT 2000 AS-18
Densidad aparente ($g.cm^{-3}$)		0.76	Orgánico/ volcánico	0.86	Orgánico/ volcánico	0.64	Orgánico/ volcánico	0.81	Orgánico/ volcánico	0.70	Orgánico/ volcánico	NOM 021 RECNAT 2000 AS-03
Nitrógeno ($mg.kg^{-1}$)		0.5715	Muy bajo	0.5375	Muy bajo	0.521	Muy bajo	0.529	Muy bajo	0.552	Muy bajo	NOM 021 RECNAT 2000 AS-08
Fósforo ($mg.kg^{-1}$)		-	ND	-	ND	-	ND	5	Bajo	20	Medio	NOM 021 RECNAT 2000 AS-11
Potasio ($mg.kg^{-1}$)		0.4167	Media	0.6089	Mayor	0.4807	Media	0.4557	Media	0.3525	Media	NOM 021 RECNAT 2000 A-12
Calcio ($mg.kg^{-1}$)		0.28224	Muy baja	0.22932	Muy baja	0.2646	Muy baja	0.21168	Muy baja	0.22932	Muy baja	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12
Magnesio ($mg.kg^{-1}$)		0.08568	Muy baja	0.09828	Muy baja	0.07056	Muy baja	0.09072	Muy baja	0.06552	Muy baja	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12
Sodio ($mg.kg^{-1}$)		0.1086	ND	0.1086	ND	0.0543	ND	0.0543	ND	0.0815	ND	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12

Tabla 3. Análisis físicos y químicos del suelo antes y después de montar el experimento

…(Continua

Tabla 3. Análisis físicos y químicos del suelo…(Continuación)

Determinación		MA	Designación	MA+L	Designación	MA+AR	Designación	MA+AR+L	Designación	Norma Oficial Mexicana (NOM)¥
Textura	Arena	76	Migajón arenoso	68.36	Migajón arenoso	33.00	Migajón arcilloso	56.56	Migajón	NOM 021 RECNAT 2000 AS-09
	Arcilla	8		18.36		26.00		18.72		
	Limo	16		13.28		38		24.72		
pH (1:2)		5.9	Moderadamente ácido	5.5	Moderadamente ácido	5.6	Moderadamente ácido	5.7	Moderadamente ácido	NOM 021 RECNAT 2000 AS-02
Materia orgánica (%)		10.58	Medio	11.09	Alto	11.26	Alto	10.25	Medio	NOM 021 RECNAT 2000 AS-07
Conductividad eléctrica ($dS.m^{-1}$)		1.30	Muy ligeramente salino	3.00	Moderadamente salino	3.60	Moderadamente salino	2.00	Muy ligeramente salino	NOM 021 RECNAT 2000 AS-18
Densidad aparente ($g.cm^{-3}$)		0.70	Orgánico/ Volcánico	0.72	Orgánico/ Volcánico	0.82	Orgánico/ volcánico	0.75	Orgánico/ volcánico	NOM 021 RECNAT 2000 AS-03
Nitrógeno ($mg.kg^{-1}$)		0.526	Muy bajo	0.5545	Muy bajo	0.563	Muy bajo	0.5125	Muy bajo	NOM 021 RECNAT 2000 AS-08
Fósforo ($mg.kg^{-1}$)		-	ND	45	Alto	-	ND	65	Alto	NOM 021 RECNAT 2000 AS-11
Potasio ($mg.kg^{-1}$)		0.2884	Baja	0.3525	Media	0.3846	Media	0.5448	Media	NOM 021 RECNAT 2000 A-12
Calcio ($mg.kg^{-1}$)		0.24444	Muy baja	0.2268	Muy baja	0.252	Muy baja	0.24192	Muy baja	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12
Magnesio ($mg.kg^{-1}$)		0.07308	Muy baja	0.09072	Muy baja	0.04788	Muy baja	0.0543	Muy baja	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12
Sodio ($mg.kg^{-1}$)		0.1086	ND	0.0815	ND	0.0543	ND	0.08316	ND	NOM 021 RECNAT 2000 AS-12

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para la variable diámetro del tallo pueden atribuirse a la combinación del uso de microtúneles con acolchado plástico rojo y lombricompuesto (MA+AR+L), ya que en agricultura se ha sacado ventaja de la utilización y combinación de cada uno de estos componentes tecnológicos para incrementar el crecimiento y el rendimiento en diferentes especies vegetales (Casierra-Posada y Rojas, 2009). Así, los microtúneles no solo protegen al cultivo contra agentes climáticos adversos, plagas y

enfermedades durante sus primeras etapas de desarrollo, sino que también generan un microclima más favorable para el desarrollo de las plantas (Domínguez *et al*., 2002; Ramírez y Aguilar, 2006); el acolchado plástico rojo transmite grandes cantidades de luz en la relación espectral rojo lejano a rojo (FR:F) y por ello las plantas no solo tienden a ser más altas y con tallos más rollizos, en comparación a las plantas donde la cantidad de luz FR:R en el ambiente es menor (Decoteau y Friend, 1991), sino que la relación FR:F reflejada por plásticos de color rojo también incrementa los rendimientos (Vázquez, 2005); y la aplicación de lombricompuesto a menudo tiende a incrementar las utilidades agrícolas y hortícolas.

Por otra parte, la calidad, la intensidad o la distribución espectral de la luz puede influenciar en características como la iniciación y el desarrollo floral de especies vegetales cuya escala comercial en el mercado internacional es trascendente (Runkle y Heins, 2006; Runkle, 2013) y, en dicho tenor, se ha constatado que el uso de acolchado rojo puede incidir sobre la longitud y grosor de las hojas, su número (Pedroza y Duran, 2005) y área foliar de las plantas al modificar el microclima e influir en la radiación absorbida y reflejada (Gómez, 2003; Pedroza y Duran, 2005; Casierra-Posada y Rojas, 2009), aspecto que también se reporta en bioensayos donde se ha evaluado la adición de lombricompuesto y el rendimiento de un cultivo (Chanda *et al*., 2011; Sahoo *et al*., 2015) y otros donde se ha constatado que el suelo se vuelve lo suficientemente fértil (rico en humus y microbios beneficiosos del suelo) para mantener el mismo rendimiento y productividad futura, incluso con dosis más bajas de humus de lombriz (Sinha *et al*., 2013).

En cuanto al número de flores femeninas y masculinas (floración) registrado en el tratamiento MA+AR+L, resulta factible inferir que la calidad de luz proveniente del acolchado plástico utilizado en este bioensayo (color rojo) en primera instancia pudiere haber influido sobre la diferenciación morfológica que regula la aparición de los primordios florales (diferenciación floral) (Mascarini *et al*., 2013) y, a continuación, estimulado su precocidad en días a formación de frutos y cosecha, tal y como Ramírez y Aguilar (2006), Burgos *et al*. (2007) y Oliva (2015) lo citan en sus respectivas investigaciones sobre calabaza (*C. pepo*), rosas (*Rosa* spp.) y chile pimiento Nathalie (*Capsicum annuum*), condiciones cuyos resultados

registrados pudieren reafirmar las aseveraciones que en la literatura especializada se reportan sobre los efectos que de la riqueza de elementos contenidos en el humus de lombriz se derivan, entre los que destacan (y en ocasiones contrastan) los análisis gastronómicos e impactos ambientales, económicos y sociales (Edika, 2017).

Del mismo modo, y con base en la factibilidad interactiva y correlación que de los tres factores evaluados puedieren haber incidido sobre la producción total de biomasa la calabacita de bola (*Cucurbita pepo* L.) cv. 'Round zucchini' con valor agrícola bajo las condiciones de campo que prevalecieron durante el establecimiento del presente bioensayo, es que la respuesta obtenida en el tratamiento MA+AR+L ofrece las mejores cualidades para su adaptación, adopción e implementación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al padre José Alejandro Pérez Reyes, Ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación en sus instalaciones, así como a la maestra Teresita May Mora, por la asesoría ofrecida para la obtención de calificada información en el Laboratorio de Suelos de la FCA-UV, *Campus* Xalapa. Al Dr. Andrés Rivera Fernández (director) y al Mtro. Enrique Aguirre López (secretario) de nuestra entidad académica, por el apoyo brindado.

LITERATURA CITADA

Burgos, M.L., Soffer, I., Mascarini, L., Mazza, C., y Lorenzo, G. 2006. Cubiertas de polietileno térmico fotoselectivo y su efecto en la producción de rosas en invernadero pp. 29-29. XVII Congreso Internacional CIPA/VIII Congreso Iberoamericano CIDAPA/I Congreso Argentino- Comité Argentino de Plásticos para la Producción Agropecuaria (CAPPA). Buenos Aires, Argentina.

Casierra-Posada, F. y Rojas B., J.F. 2009. Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. italica). Agronomiía Colombiana, 27(1): 49-55.

Chanda, G.K., Bhunia, G. y Chakraborty, S.K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal of Horticulture and Forestry, 3(2): 42-45.

Decoteau, D. R. y Friend, H. H. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: A discussion of light quality effects on plants. pp. 46-51. *In*: Brown, J.E. (ed.). *Proceedings of the 23rd National Agricultural Plastic Congress*. Mobile, Alabama, USA.

Edika M., C.P. 2017. Producción de Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) con la aplicación de abonos orgánicos. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ctopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. La Maná, Ecuador. 41 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)/MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Bogotá, Colombia. 126 p.

Gil-Marín, J.A., Montaño-Mata, N.J., y Plaza, R. 2012. Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. Bioagro, 24(12): 143-148.

Giner M., A. y Aguilar O., J.M. 2017.Calabaza. pp. 625-665. *In*: Maroto B., J.V. y Baixauli S., C. (coords.). Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, España. (Serie Agricultura 13).

Gómez H., J. 2003. Efecto del acolchado plástico de varios colores sobre algunos aspectos fisiológicos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) var. Capistrano. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 40 p.

Ibarra-Jiménez, L., Hernández-Castillo, F., Munguía-López, J., y Cedeño-Ruvalcaba, B. 2001. Cubiertas flotantes, acolchado plástico y control de mosca blanca en el cultivo de calabacita. Revista Chapingo Serie Horticultura, 7(2): 159-169.

López M., J. 2017. Calabacín. pp. 595-623. *In*: Maroto B., J.V. y Baixauli S., C. (coords.). Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, España. (Serie Agricultura 13).

Mascarini, L, Lorenzo, G.A. y Burgos, M.L. 2013. Fotocontrol de la productividad y elongación de tallos de tres cultivares de *Rosa x hybrida* L. bajo cubiertas de polietileno fotoselectivas. Revista FCA Uncuyo, 45(1): 11-25.

Méndez-López, A., Villanueva-Verduzco, C., Sahagún-Castellanos, J., Avitia-García, E., Colinas-León, T., Jamilena-Quesada, M. y Rojas-Martínez, R. I. 2010. Obtención, caracterización y agrupamiento de genotipos partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo "Round zucchini". Revista Chapingo Serie Horticultura, 16(2): 123-131.

Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-020-1982). Productos alimenticios no industrializados para uso humano. fruta fresca. Calabacita (*Cucurbita pepo*). https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-020-1982.PDF [consultado el 2 de septiembre de 2018].

Oliva M., Z.M. 2015. Efecto de colores de cobertura plástica al suelo y del manejo de poda en chile pimiento variedad nathalie, bajo casa malla; La Fragua, Zacapa. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Zacapa, Guatemala. 59 p.

Pedroza S., A. y Duran B., S. 2005. Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila *Aloe barbadensis* Miller con riego por goteo automatizado. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 4(1): 1-7.

Priya, S. y Santhi, S. 2014. Effect of vermicomposts on the growth of amaranthus plants and soil fertility. Advances in Applied Science Research, 5(1): 231-240.

Ramírez M., R. y Aguilar R.J. 2005. Producción en ambientes protegidos y/o controlados. Instituto Nacional de Investigación Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)/Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), San José (Costa Rica). 2 p.

Robledo T., V.,Ramírez G., M.M., Vázquez B., M.E., Ruiz T., N.A., Zamora V., V.M. y Ramírez G., F. 2010. Produccióndе semilla de calabacita italiana(*Cucurbita pepo* L.)

con acolchados plásticos fotoselectivos. Revista Mexicana de Fitotecnia, 33(3): 265-270.

Runkle, E.S. y Heins, R.D. 2006. Manipulating the light environment to control flowering and morphogenesis of herbaceous plants. Acta Horticulturae, 711: 51-60.

Runkle, E.S. 2013. Manipulating light quality to elicit desirable plant growth and flowering responses. IFAC Proceedings Volumes, 46(4): 196-200.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2017a). Carta tecnológica para el cultivo de calabacita. http://agricultura.inifap.gob.mx/_DOCS/CARTAS/4.%20 Calabacita.pdf. [consultado el 10 d febrero del 2018].

SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2017b). Arroyo seco, municipio líder en producción de calabacita. http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/queretaro/boletines/Paginas/2017b007.aspx [consultado el 10 de febrero de 2018].

Sahoo, H. R., Sahoo, M., Baboo, M. y Gupta, N. 2015. Effect of red laterite soil and vermicompost on growth and development of chilli and brinjal grown under polypot conditions. Tropical Plant Research, 2(3): 172-174.

San Román, L. y Cárdenas, J. 2016. Buenas prácticas para el desarrollo de agricultura sostenible y afrontar el cambio climático. Programa regional de Investigación e Innovación por cadenas de Valor Agrícola (PRIICA), Costa Rica. 97 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Avances de siembras y cosechas. http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=60E99AB5C9FD5B1EF66BABC50C895A99 [consultado el 17 de marzo de 2018].

Sinha, R.K., Soni, B.K., Agarwal, S., Shankar, B. y Hahn, G. 2013. Vermiculture for organic horticulture: producing chemical-free, nutritive & health protective foods by earthworms. Agriculture Science, 1(1): 17-44.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT-2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos; Estudio, muestreo y análisis. México: Diario Oficial de la Federación, 31 diciembre de 2002.

Thiers, O., Reyes, J., Gerding, V. y Schlatter, J.E. 2014. Suelos en ecosistemas forestales. pp. 133-178. *In*: Donoso, C., González, M.E. y Lara, A. (eds.). Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Ediciones UACh, Valdivia (Chile).

Torres-Bojorques, A.I., Morales-Maza, A., Núñez-Ramírez, F. y Cervantes-Díaz, L. 2017. Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus. Acta Universitaria, 27(5): 3-10.

Vázquez M., J.L. 2005. Efectos térmicos y fotométricos de 7 películas fotoselectivas sobre el crecimiento y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México. 104 p.

Wang, L., Li, X.G., Guan, Z.-H., Jia, B., Turner, N.C. y Li, F.-M. 2018. The effects of plastic-film mulch on the grain yield and root biomass of maize vary with cultivar in a cold semiarid environment. Field Crops Research, 216: 89-99.

Zribi, W. 2013. Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. Tesis doctoral. Universitat de Lleida, Zaragoza, España. 335 p.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, ACUÍCOLAS Y PESQUERAS A.C.

ITBOCA

BIOECONOMIA Y GESTION DE NEGOCIOS



CAMIVERA®, MODELO DE NEGOCIO TECNM/I.T.URSULO GALVÀN.

JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ[1]; SARA MÁRQUEZ BUENO[2]; JACEL ADAME GARCÍA[3]; KARINE CASTRO MÁRQUEZ[4]; ALETHIA ZUJEY DURAN ALARCÓN[5]; IVETTE LEAL RONZON[6]

RESUMEN

El presente trabajo en el que participan tres estudiantes de la Licenciatura en Administración quienes participaron en la etapa Nacional del ENEIT 2017, se realizó para analizar la factibilidad del proyecto de innovación del exfoliante CAMIVERA elaborado a base de café, miel y aloe vera, a través de un plan de negocios. Con el estudio de mercado mediante encuestas estructuradas (sensoriales y entrevistas con el mercado y expertos) e información de fuentes secundarias se identificó el mercado meta, mercado potencial, competencia directa e indirecta, segmento de mercado, preferencias por el producto, número de personas que usan exfoliantes, puntos de venta y estrategias de mercado. En el análisis financiero se determinó la inversión inicial, punto de equilibrio, precio, TIR, VAN, costo beneficio, utilidad, costos variables, costos fijos, precio, gastos totales y flujo de efectivo. En el estudio técnico se determinó el proceso de elaboración la cual era más factible para que el exfoliante cumpliera con el objetivo de eliminar células muertas e impurezas, hidratar y no tener efectos secundarios por el uso y la determinación de la identificación del grado del nivel de madurez del desarrollo del proyecto (TRL). Mediante la búsqueda de información de fuentes

[1] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván. jazzjvn@hotmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
[3] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
[4] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
[5] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván
[6] Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván

confiables se fundamentaron los beneficios del producto y la mejor fuente de financiamiento.

PALABRAS CLAVE; Plan de negocios, mercado, financiero

INTRODUCCIÓN

Diversas revistas especializadas en belleza han publicado artículos sobre las propiedades del café en la piel, por mencionar la revista española UNCOMO nos dice que uno de los mayores beneficios del café es su acción contra la celulitis y piel de naranja. La cafeína aplicada sobre la piel posee la capacidad de reactivar la circulación sanguínea, facilita la rotura de los cúmulos de tejidos grasos y aumenta los niveles de moléculas que queman las grasas en el cuerpo. Al favorecer la circulación, también se descubrió que su uso y la realización de masajes a base de café eran beneficiosos para los tratamientos que combaten las varices y previenen su aparición.

El café es una importante fuente de antioxidantes, los cuales son excelentes para proteger el organismo del daño que causan los llamados radicales libres. Estos son los encargados de acelerar el envejecimiento de la piel, otro de los beneficios cosméticos del café es que ayuda a mantener la juventud de los tejidos de la dermis y a evitar la formación de arrugas prematuras. Es uno de los mejores ingredientes naturales para exfoliar la piel.

Aplicando directamente el café molido y masajeando suavemente sobre la zona a tratar, lograremos eliminar las células muertas e impurezas, dejando la piel mucho más suave y radiante. Contiene nutrientes muy buenos para mantenerla hidratada. Cuando el rostro luce apagado y fatigado por culpa de las antiestéticas ojeras, también podemos recurrir al café como buen remedio para combatirlas. El poder activador de la circulación de la cafeína ayuda a descongestionar la zona, bajar la hinchazón y reducir la visibilidad de las ojeras.

En el artículo publicado por Rodríguez-Ileana et al. (2017) se demostró la eficacia del uso del *Aloe Vera* (sábila) en crema sobre afecciones en la piel, se reportó que al 50% en tres afecciones de la piel psoriasis, dermatitis y acné, logrando la evolución en la mayoría de los

pacientes.

Por otra parte, Gutiérrez *et al.* (2008) mencionan que la miel se puede usar externamente debido a que favorece la cicatrización y previene infecciones en heridas o quemaduras superficiales.

Su acción antibacteriana se debe a que se destruye a las bacterias por lisis osmótica, por lo que se utiliza en el tratamiento de ciertas enfermedades infecciosas (Aguilera *et al*., 2006) y estas propiedades permiten su inclusión en preparados galénicos tales como cremas, mascarillas de limpieza facial, tónicos.

La idea de CAMIVERA® surgió de la necesidad que existe en la población de cuidar la piel, ya que en la zona de influencia del tecnológico existen ciertos contaminantes naturales e industriales que con la vida cotidiana van afectando la salud tanto interna como externa.

Al detectar la necesidad de las personas en la región se detectó que no existía un producto que cuidara de la salud dermatológica que no contuviera ingredientes químicos en la zona.

Se realizaron estudios de las propiedades que contiene el café, la sábila y resulto ser muy benéfico para la salud, también se investigó sobre los beneficios que proporciona al agregar una mezcla de café , miel y aloe vera.

Algo que hace único al exfoliante de café, es que aparte de ayudar a la regeneración de células, disminución de acné y manchas en la piel, se puede utilizar en cualquier tipo de cutis, en hombre y mujeres de cualquier edad, no contiene químicos agresivos, un producto libre de parabenos, y los ingredientes activos son 100% de origen natural, por lo que se garantiza que con el uso constante una mejor apariencia, cuidado de la piel y no efectos colaterales.



Figura 1: Producto Camivera®

Camivera® es un gel combinado de café, miel, sábila que lo hace traslucido, con una textura

ligeramente granosa por el café molido que son los que generan la exfoliación, eliminando las células muertas y las impurezas que tiene la piel por daños naturales de la edad, o por afectaciones diarias al exponer la piel en el medio ambiente y contaminación.

Su olor es agradable, ya que presenta un suave aroma a esencia del café y miel, sin molestar el aroma cuando se realice su aplicación en la piel. Se manejan presentaciones del producto una de 100 ml y otra de bolsillo y se pretende lanzar más adelante una línea de producto de una gama alta en cristal.

METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en el área de influencia del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, el cual se encuentra en el municipio de Úrsulo Galván (Tabla 1), integrante de la región del Sotavento veracruzano, en las coordenadas 19°24" latitud norte y 96°22" longitud oeste, contando con una altura de 20 msnm.



Figura 2: Región Sotavento

En el estudio de mercado se realizaron encuestas estructuradas como son entrevistas de pruebas sensoriales, entrevistas al mercado y expertos. El análisis financiero se realizó

mediante el método horizontal y vertical. Y el estudio técnico mediante pruebas de laboratorio.

RESULTADOS

El número de habitantes de los municipios de influencia en los que se puede comercializar el producto se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de habitantes de los municipios de influencia de 15 a 64 años

Municipio	Habitantes
Ursulo Galván	20,570
La Antigua	18,128
Actopan	28,590
Paso de Ovejas	22,033
Puente Nacional	14,727
Total	104,045

Fuente: INEGI. Encuesta Intercensal 2015.

En la Figura 3 se representa la preferencia de consumo del exfoliante.

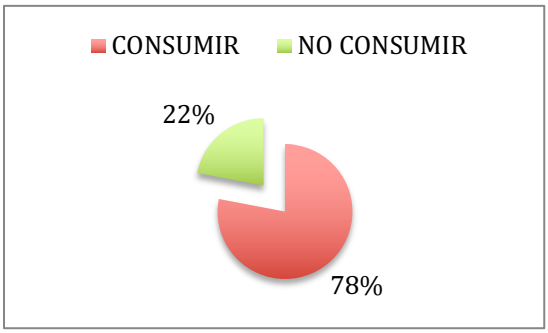


Figura 3. Preferencia de consumo obtenido de las encuestas de mercado.

MERCADO META

La población de mujeres y hombres de 15 a 64 años de edad en los municipios de influencia al tecnológico que son Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Paso de Ovejas y Puente Nacional , son 104,045 habitantes, de esta el 51% son mujeres que dan53,063 (Tabla 1) y de la muestra de las encuestas de esta población el 78% (Figura 3) dijo que si consumiría el producto por lo tanto el mercado meta de cualitativamente es de mujeres de 15 a 64 años de edad de los municipios Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Paso de Ovejas y Puente Nacional" *y* mercado meta de cuantitativamente es de 41,389 mujeres.

MERCADO POTENCIAL

De manera cualitativa el mercado potencial es de hombres y mujeres de los municipios Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Paso de Ovejas y Puente Nacional y de manera cuantitativamente es una población de 104,045 personas (Tabla 1).

COMPETENCIA DIRECTA

La competencia directa son todos aquellos productos exfoliantes con particular abrasivas, las principales marcas de preferencia para el cliente, según la encuesta de mercado realizada son: Natura® con el 23%, Mary Kay® con el 20%, Yafra con el 15%, Oriflame® con el 12%, Asepxia® con el 12%, Yves Rocher® con el 8% y otras marcas como Avon®, Fuller®, Seytu®, otras con el 10% (Figura 4).

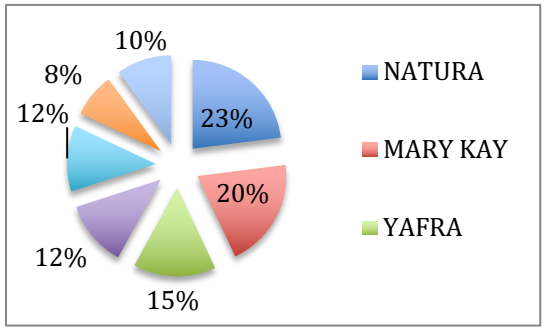


Figura 4. Competencia directa generada de las encuestas de mercado.

COMPETENCIA INDIRECTA

La competencia indirecta son todas aquellas cremas, jabones, remedios que se utilizan para exfoliar alguna parte de nuestro cuerpo, las principales marcas de preferencia para el cliente, según nuestra encuesta de mercado son en jabones Asepxia® con el 32%, Dove® 18%, Ekos® con el 15%, Dial® con el 10%, en cremas la crema nivea con el 9%, Crema Vichy® con el 8% y otros jabones y remedios caseros con el 8%, (Figura 3).

SEGMENTO DE MERCADO

Con base al estudio de mercado en la región que se realizó, el segmento es mujeres de 15 a 64 años de edad de los municipios Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Paso de Ovejas y Puente Nacional.

Con preferencia de usar cremas, jabones y exfoliantes naturales, de clase media baja a clase alta, con estilo de vida preocuparse por el cuidado de su piel, y una frecuencia de compra por lo menos una vez al mes o cada quince dias. La población seria de 26,993 mujeres, la cual se calculó según la Figura 5, el cual indica la frecuencia con que compra el exfoliante y el porcentaje por número de mujeres.

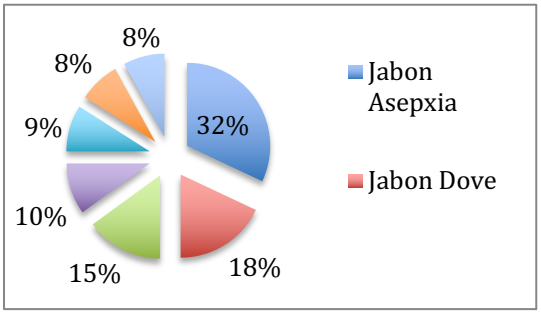


Figura 5. Competencia indirecta (encuestas de mercado).

PUNTOS DE VENTA

Con base a la encuesta, las personas respondieron que el 35% compra por catálogo, el 30% en los supermercados, el 24% en farmacias y el 11 % por otros medios como naturistas, personas que elaboran los remedios (Figura 6).

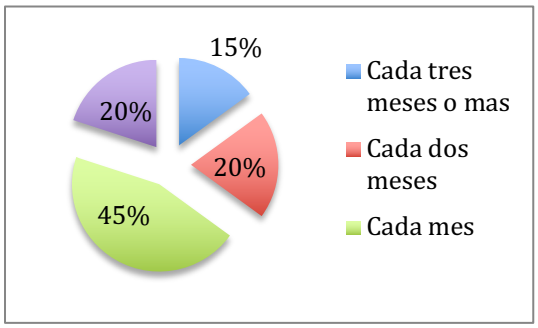


Figura 6. Frecuencia de compra de exfoliantes

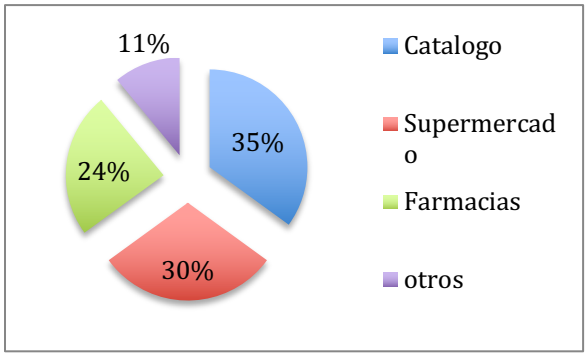


Figura 7. Donde compran los exfoliantes (encuestas de mercado)

Este grafico ayudará a determinar dentro de las estrategias cómo se distribuirá el exfoliante, por medio de supermercado y cuando existan otros productos derivados de CAMIVERA®, se podrá crear un catálogo.

DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MERCADO

Con base a la literatura consultada la estrategia de mercado será la estrategia de penetración ya que es un nuevo producto y de manera intensa se realizará la publicidad en redes sociales para entrar al mercado, también se hará uso de estrategias de nicho de mercado al ser un competidor pequeño que está especializado en hacer productos naturales, libre de parabenos, contribuyendo a satisfacer las necesidades de la megatendencia del consumidor ecológico u orgánico.



Figura 8. Logo

También se utilizará la estrategia de la extensión de la marca, ya que con la marca registrada, con número de registro en el IMPI 1863510, se usará el nombre comercial para el uso de producto y otros más en un futuro. En un inicio se hará uso de la estrategia de un solo segmento ya que se desea primeramente, crecer primero con las mujeres de la región.

Al realizar el análisis financiero se obtuvieron los siguientes resultados. El punto de equilibro se señala en la Tabla 2, y en la Figura 9 se presenta graficado el valor. Por otra parte, la corrida financiera se puede observar en la Tabla 3.

PUNTO DE EQUILIBRIO

PRODUCTO	CAMIVERA	Precio Unitario	$ 60.00

Costos Fijos	
Descripción	Valor
Alquiler	$ 3,000.0
Luz	$ 1,500.0
Gasolina	$ 1,200.0
Impuestos	$ 1,000.0
SUELDOS	$ 12,000.0
COSTO FIJO	$ 18,700.0

Costo Variable Unitario			
Descripcion	Valor	Cantidad	Importe
MIEL	$ 30.00	0.19	$ 5.70
SABILA	$ 20.00	0.17	$ 3.40
CAFÉ	$ 40.00	0.19	$ 7.60
Envase	$ 6.00	1.00	$ 6.00
CARBOPOL y c	$ 73.00	0.10	$ 7.30
		COSTO VARIABLE	$ 30.00

PUNTO EQUILIBRIO	623.3	Unidades

Unidades a producir		1500.00
VENTAS TOTALES	COSTOS TOTALES	UTILIDAD TOTAL
90000	63700	26300

Tabla 2. Punto de equilibrio del producto CAMIVERA® .

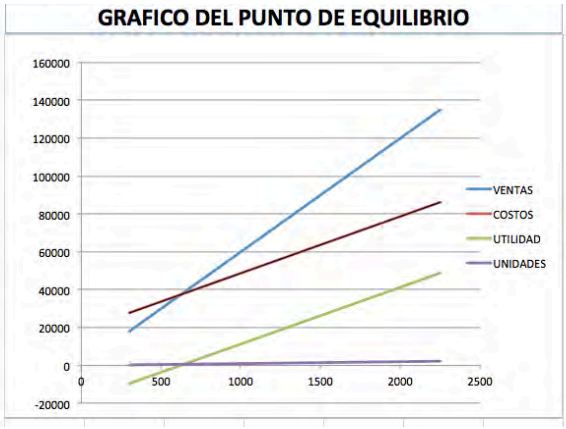


Figura 9. Gráfico que representa el punto de equilibrio

Con base al cálculo mensual del punto de equilibrio (Tabla 2), los costos fijos mensuales son de $18,700 y el costo variable unitario es de $30.00, por la tanto el precio puede ser de $60.00 y el punto de equilibrio es de 623.30 piezas, pensando que se venderán 1500 piezas mensuales las ventas serán de $90,000.00, los costos totales de $63,700.00 y con una utilidad de $26,300.00.

ANALISIS DE RENTABILIDAD (VAN, TIR, B/C)

TASA DE ACTUALIZACION 10%

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+t)-n	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
AÑO 0	$ -	$ 650,000.00	-$ 650,000.00	1.00000	$ -	$ 650,000.00
AÑO 1	$ 1,080,000.00	$ 764,400.00	$ 315,600.00	0.90909	$ 981,818.18	$ 694,909.09
AÑO 2	$ 1,188,000.00	$ 840,840.00	$ 347,160.00	0.82645	$ 981,818.18	$ 694,909.09
AÑO 3	$ 1,306,800.00	$ 924,924.00	$ 381,876.00	0.75131	$ 981,818.18	$ 694,909.09
AÑO 4	$ 1,437,480.00	$ 1,017,416.40	$ 420,063.60	0.68301	$ 981,818.18	$ 694,909.09
AÑO 5	$ 1,581,228.00	$ 1,119,158.04	$ 462,069.96	0.62092	$ 981,818.18	$ 694,909.09
TOTAL	$ 6,593,508.00	$ 5,316,738.44	$ 1,276,769.56		$ 4,909,090.91	$ 4,124,545.45

VAN	$ 784,545.45
TIR	47.26%
B/C	1.19

Tabla 3. Corrida financiera del producto CAMIVERA®.

Con base a la corrida financiera a cinco años (Tabla 3) los costos, inversión inicial y capital de trabajo del año 0 son de $650,000.00, las ventas proyectadas del primer año son $1,080,000.00, con un flujo de efectivo por $325,600.00, con una VAN $784,545.45, una TIR 47.24%, un costo beneficio de 1.19, recuperando la inversión después del tercer año.

ESTUDIO TÉCNICO

El proceso para la obtención del producto CAMIVERA® se representa en la Figura 10 y consiste en:

1. Recepción de materia prima
2. Medición de materia prima
3. Molido y tamizado del café
4. Extracción de aloe vera y esencia de café
5. Dosificación de ingredientes
6. Sanitizado de envases
7. Envasado y sellado

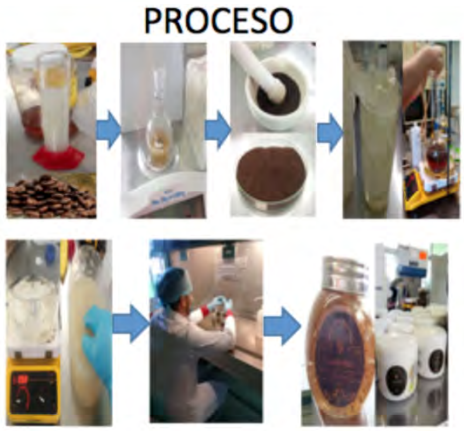


Figura 10. Proceso para la obtención de CAMIVERA®

ENCUESTAS SENSORIALES

Los resultados de las encuestas sensoriales se representan en las Figuras 11 a la 15.

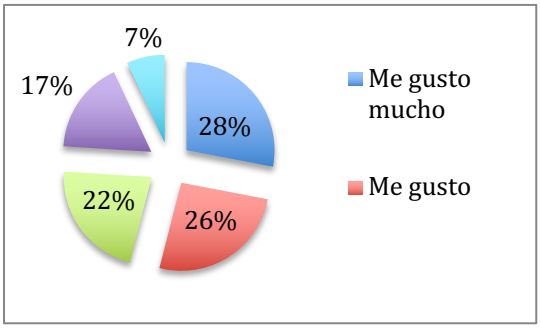


Figura 11. Con respecto al Color.

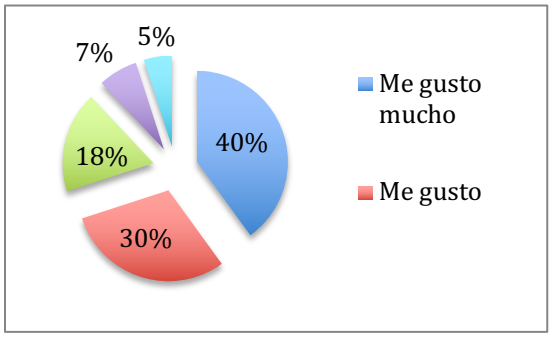


Figura 12. Con respecto al Olor.

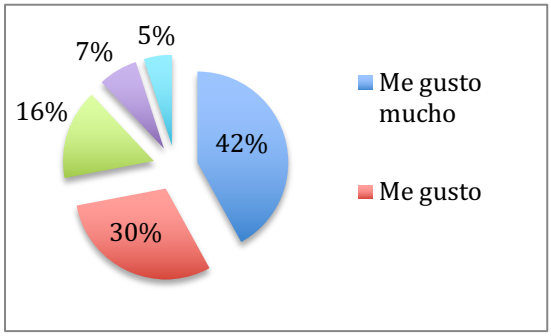


Figura 13. Con respecto a la consistencia.

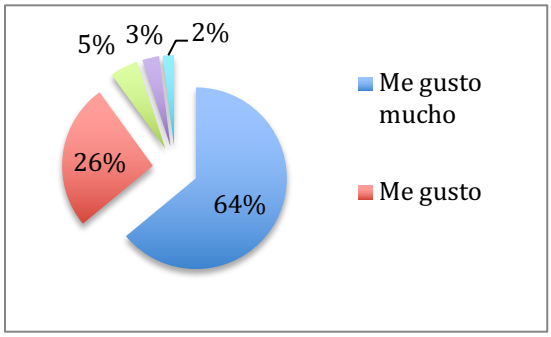


Figura 14. Con respecto a la sensación de eliminación de impurezas**.**

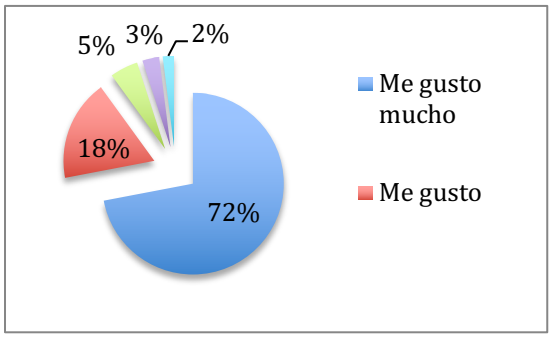


Figura 15. Con respecto a la Hidratación.

IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DEL NIVEL DE MADUREZ DEL DESARROLLO DEL PROYECTO (TRL)

El nivel de maduración del proyecto se encuentra en el TRL 6 Sistema/prototipo validado en entorno real, después que se hizo la formulación del uso de la tecnología, posteriormente se

hicieron pruebas caseras, para luego proseguir nuestros experimentos en un laboratorio de la escuela, de igual manera nosotros producimos nuestro ingrediente activo para minimizar costos, por ultimo se realizó la presentación del prototipo ante un jurado (ENEIT 2017),ya se ha aplicado a personas y se ha vendido.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El producto puede ser financiado por instancias dedicadas al apoyo de este tipo de innovaciones (Figura 16).

FUENTE	MONTO DE	MONTO HASTA	INTERES	TASA	PLAZO
INADEM	$50,000.00	$150,000.00	13%	FIJA	3 AÑOS
BANORTE	$30,000.00	$300,000.00	29%	FIJA/ VARIABLE	4 AÑOS
BANAMEX	$10,000.00	$200,000.00	22%	VARIABLE	60 MESES

Figura 16. Información de fuentes de financiamiento, tomada del portal del banco

DISCUSIÓN

En el mercado encontramos diversas marcas de exfoliantes en donde mayoria nos dejan la piel reseca y contienen parabenos.

CAMIVERA® logro ser un exfoliante libre de parabenos, que hidrata la piel y es aceptada en el mercado por su olor, color, textura, y la sensación de limpieza de las impurezas de la piel.

Se establecieron que los puntos de venta mas adecuados serán lo supermercados, seguido de la venta por catalogo y de las farmacias.

Como estrategía de publicidad se concluyo que como introducción al mercado se va difundir de manera masiva haciendo uso de la publicidad digital como es facebook (figura 17), twitter y pagina web.



Figura 17. Publicidad Digital

CONCLUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo era desarrollar un plan de negocios para comercialización del producto de innovación Camivera® en la región de influencia del Instituto Tecnologico de Úrsulo Galván, y se logró elaborar todo el plan y se cumplio con el objetivo.

Se identifico el mercado meta y el mercado potencial.

Se identificó la competencia directa que es Natura®, Mary Kay®, Jafra® , Oriflame®, Asepxia® y Yves Rocher®.

Se realizo un analisis financiero en donde observamos que es un proyecto viable ya que el Valor Actual Neto es positivo de $784,545.45, una Tasa Interna de Rendimiento 47.24% es mayor a la mínima aceptable del 12%.

El cumplimiento de los indicadores demuestra que es factible ejecutar el plan de negocios para la apertura de la empresa y comercialización del producto camivera y mediante es estudio de mercado se comprobo que existe un mercado meta.

Se concluye que la mejor fuente de financiamiento para emprendedores es INADEM. Figura No. 16.

LITERATURA CITADA

Sandhusen Richard. (2002). MERCADOTECNIA. México D.F. México: Cecsa., Págs. 74 - 77.

Stanton William, Etzel Michael y Walker Bruce. (2007). Fundamentos de Marketing. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill, Págs. 179 al 182.

Romero Ricardo. (2005). Marketing. España: Palmir E.I.R.L., Págs. 121 - 122.

INEGI. (2015). Encuesta Intercensal 2015. 2018, de INEGI Sitio web: http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/

Botanical. (1999-2018). Propiedades del café. 2017, de Botanical-online Sitio web: https://www.botanical-online.com/propiedadescafe.htm

Rodríguez, I., Santana O.,. Recio O., y Fuentes M.,. Beneficios del Aloe Vera l. (sábila) en las afecciones de la piel. Revista Cubana de Enfermería, 22, 1. 2017, De scielo Base de datos.

SECRETARIA DE ECONOMIA. (2017). BUSQUEDA IMPI. 2017, de IMPI Sitio web: http://www.gob.mx/impi

APROVECHAMIENTO ALTERNATIVO DE LA FLOR DE GARDENIA (*Gardenia Jasminoides* ELLIS) PARA OPTIMIZAR LA RENTABILIDAD DEL CULTIVO EN VERACRUZ, MÉXICO

MARCO VINICIO RODRÍGUEZ DEMÉNEGHI[1]; JOAQUÍN MURGUÍA GONZÁLEZ[2], NOÈ AGUILAR RIVERA[3]; MARINA GUEVARA VALENCIA[4]; OTTO RAÚL LEYVA OVALLE[5]; ANDRÉS HERRERA CORREDOR[6]; GIANLUCA BURCHI[7]; MARÍA ELENA GALINDO TOVAR[8]; PABLO ANDRÉS MEZA[9].

RESUMEN

En México la gardenia es cultivada abundantemente como flor de corte y no se ha reportado que se le dé un uso industrial. El Estado de Veracruz es el principal productor con un rendimiento mensual de 2´229,400 botones florales; sin embargo por la corta vida de florero, solo se logra comercializar el 59% de la producción, quedando un excedente desaprovechado del 41%. Estudios han demostrado que los pétalos de gardenia no presentan efectos tóxicos para el ser humano, además que contienen un elevado poder antioxidante que pueden ser utilizados para combatir enfermedades como estrés oxidativo, causante de los procesos de envejecimiento entre otros padecimientos; esto presenta la opción de ser ingerida como

[1] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[2] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. jmurguia@uv.mx
[3] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[4] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[5] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[6] Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados
[7] Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria
[8] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[9] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana

alimento y como estrategia de aprovechamiento se elaboró una infusión derivada de pétalos deshidratados con el fin de otorgarle un valor agregado a toda esa flor que no encontró un destino final de venta. Para determinar la viabilidad se efectuó Análisis Económico en base a un modelo para Agronegocios determinando los principales indicadores económicos así como Análisis Sensorial de una prueba de consumo e intención de compra mediante un Análisis Discriminante Predictivo. Tanto los indicadores del análisis económico y los resultados sensoriales reflejan que la infusión de té de pétalos de gardenia es un proyecto viable. Este modelo de agronegocio puede ser adoptado por productores como una estrategia de desarrollo económico, otorgando un valor agregado a toda esa flor que se pierde en las huertas pudiéndose convertir en un producto innovador y con propiedades benéficas para el hombre.

PALABRAS CLAVE: *Gardenia jasminoides*, análisis económico, análisis sensorial

INTRODUCCIÓN

Ante la problemática que se está presentando en cultivos tradicionales como el café y la caña de azúcar, han emergido nuevos cultivos que están siendo una alternativa económica para las familias de la zona centro del Estado de Veracruz en México, tal es el caso de la Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis). En Veracruz la gardenia es cultivada abundantemente y destinada principalmente como flor de corte, siendo en los municipios de Rafael Delgado, Fortín, Ixtaczoquitlán, Atzacan, La Perla, Ixhuatlancillo y Mariano Escobedo ubicados en la Región de las Montañas donde se localiza la principal zona productora (Rodríguez-Deméneghi *et al.,* 2016). En el Estado, la producción y comercialización de la gardenia se inicia en el municipio de Fortín, Ver., en donde se tiene registro que ésta especie fue introducida en el año 1882 (Blanco, 2003), teniendo su mayor auge en las décadas de los años de 1940 a 1960 y de ahí este cultivo fue adoptado por los municipios arriba señalados en donde ofrece grandes perspectivas, ya que con el desarrollo del mismo se ha

proporcionado el arraigo del campesino a su tierra, obteniendo así beneficios económicos directos y mejorando su condición de vida y la de su familia (Alduci, 2016). La importancia fundamental de la gardenia radica en sus flores de color blanco y la fragancia que se puede apreciar. Su fragancia es muy empleada en la elaboración de perfumes, pero también es portadora de sustancias con diversas propiedades antisépticas, purgantes, vermífugas, eméticas, diuréticas (Murguía, 2007). Bianchini y Carrara (1975) mencionan que se utiliza como planta de jardín o como planta de maceta. Por su parte Post (1956), Del Cañizo (1977) la citan como flor de corte. Patiño (2016), menciona que lo que caracteriza a esta flor es su gran aroma pero además contiene propiedades antioxidantes que pueden ser utilizados para combatir enfermedades como el cáncer y estrés oxidativo entre otros padecimientos. En algunos países como China, el fruto de la gardenia es uno de los principales componentes en las preparaciones farmacéuticas tradicionales, además de sus usos medicinales y ornamentales, en otros países como España la utilizan como sustituto de azafrán; en México la gardenia es cultivada abundantemente como flor de corte y no se ha reportado que en la zonas productoras del Estado de Veracruz se le dé un uso industrial.

Rodríguez-Deméneghi y colaboradores (2016), indican que en las zonas productoras de gardenia en el Estado de Veracruz, el fin principal de las mismas es la obtención de botón floral para fines de venta como flor de corte (78%) y en menor importancia es la producción de plántula, por lo que se puede considerar que la venta de botón floral es el principal producto en el cual se basa la economía de las familias productoras; siguen diciendo que en las huertas productoras se identifican dos temporadas en donde existen diferencias notables en el rendimiento productivo de las mismas, en donde las condiciones climáticas son un factor determinante en los volúmenes de producción, a estas dos temporadas las identifican como: 1) Temporada alta de producción, que inicia en el período de marzo a octubre (donde las condiciones climáticas favorecen a la producción) siendo dentro de este período en el lapso de mayo a agosto donde se obtienen las mejores rendimientos en las cosechas de flores. 2) Temporada baja de producción, la cual comprende el período de noviembre a febrero (aquí el descenso en la temperatura ambiental no favorece al óptimo desarrollo del cultivo) en

donde puede existir un decremento de hasta un 64%. Se reporta que en una temporada alta de producción se puede obtener una producción de hasta 2´229,400 de botones florales al mes.

Para fines comerciales en México, Durán (2006) y Rodríguez-Deméneghi y colaboradores (2016), reportan que los productos que se ofertan son botón floral, ramo o arreglo y plantas. El botón floral que representa el 91% del valor comercial es vendido principalmente por millar o en arreglos o ramos florales que pueden estar conformados desde 5 a 10 flores como máximo y pueden incluir o no follaje, en algunos casos se le pone otro tipo de flor como una rosa, clavel, etc., en su mayoría se ponen en oasis y como base un pequeño vaso de material plástico, en el municipio de Fortín todavía se conserva la tradición de vender las flores en un tubo elaborado de tronco de plátano. Las plantas que se ofrecen para venta están en un rango de 40 a 50 cm de altura. Ningún vendedor reportó otro sub-producto derivado de la gardenia. La actividad de comercialización de la gardenia también está condicionada por las temporadas de producción en las huertas (temporadas altas o bajas de producción), en donde en las temporadas bajas se logra colocar toda la producción en el mercado potencial, al contrario de la temporada alta donde existe un excedente de producción y en donde se pierde un gran porcentaje de la producción al no encontrar un mercado final, aunado a como lo señala Alduci (2016) que aunque las flores de gardenia tienen un atractivo importante por su agradable aroma, su vida poscosecha es extremadamente corta, limitando su comercialización.

Los comercializadores reportan que en temporada alta de producción logran vender mensualmente hasta 1´323,340 de botones florales, los cuales pueden ser por millar o por arreglo floral. Es por eso que con esta información podemos localizar un excedente de producción en las temporadas altas de producción, donde un considerable porcentaje de producción (40.65%) se pierde ya que no se le encuentra un uso óptimo como se observa en la Tabla número I.

Tabla I. Excedente de producción

Concepto	Número de botones	Porcentaje
Producción Mensual de botones florales	+ 2´229,400	100.00 %
Venta mensual de botón floral en modalidad de millar	- 1´172,000	52.57 %
Venta mensual de botón floral en modalidad de arreglo floral	- 151 ,340	6.78 %
Excedente de producción no aprovechado	= 906,060	40.65 %

Como resultado del excedente de producción no aprovechado en las zonas productoras y con base a las propiedades tan particulares de las flores de gardenia, se abren un sinfín de opciones para otorgarle un valor agregado a toda esa flor que no encontró un destino final de venta. Patiño (2016), concluye en su investigación que los pétalos de gardenia presentan un elevado poder antioxidante que pueden ser utilizados para combatir enfermedades como el cáncer y estrés oxidativo causantes de los procesos de envejecimiento entre otros padecimientos. También, se ha comprobado que la gardenia no presenta efectos tóxicos para el ser humano, lo cual nos presenta la opción de ser ingerida como alimento. Una propuesta innovadora sería el empleo de los pétalos de la gardenia para su uso comestible o medicinal. Se propone la creación de una infusión de té de pétalos de gardenia que de manera artesanal puedan realizar los productores rurales de gardenia. Los productores están ofreciendo además de botón floral y/o plántula, pequeños ramos florales que salen a ofrecer a diferentes

comunidades ya sea en localidades del estado de Veracruz y de otros estados en la república mexicana (Rodríguez-Deméneghi *et al,*2016), en donde ya existe una tradición y preferencia por la cualidades de la flor de gardenia, por lo que sería muy conveniente que a este mercado ya establecido se le pueda ofrecer un nuevo producto artesanal derivado de las flores de gardenia y en donde se resaltarían las cualidades que este contiene y sobretodo realzando los atributos hacia la salud que de ellos se obtendría.

METODOLOGÍA

Se efectuó Evaluación Económica-Financiera en base a un modelo para Agronegocios (Pavón, 2012) donde se considera una hectárea de siembra como se observa en la tabla II, en donde se determinaron los principales indicadores económicos: Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA), Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Relación Benéficio-Costo (R B/C) para saber la viabilidad de este proyecto.

Tabla II. Evaluación económica en 1 ha.

Concepto	Cantidad	Descripción
Unidades sembradas	2,500	plantas
Producción de flores (4 meses temporada alta producción)	168,000	flores
Excedente no utilizado (40%)	67,200	flores
Promedio de peso fresco pétalos (2.69 g)	180,768	gramos (g)
Promedio de peso seco pétalos (0.402 g)	27,038	gramos (g)
Producción anual de cajas de té de 30 g	901	cajas con té
Precio unitario caja de té	35.00	pesos (m.n.)

Se realizó un Análisis Sensorial y prueba de consumo para determinar si una muestra con un perfil específico de clasificaciones de aceptabilidad sensorial como aceptado o rechazado, así como comprado o no comprado. Mediante la aplicación de un cuestionario empleando la metodología de la prueba Hedónica (Clark *et al.,* 2009). La escala hedónica de nueve puntos es una escala bipolar, con un centro neutral y con cuatro categorías positivas y cuatro categorías negativas en cada lado. Cada categoría está clasificada con frases que representan varios grados de aceptación, y están arreglados sucesivamente, para sugerir una continuidad de gusto, esta escala tiene nueve descriptores que van desde uno: "disgusta extremadamente", hasta nueve: "gusta extremadamente". Con los datos obtenidos se obtuvieron promedios y porcentajes de cada uno de los atributos evaluados, para ello se utilizó una tabla de contingencia en el programa Excel Versión 2016.Ink.

RESULTADOS

Tanto los valores de la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) arrojan valores superiores a cero lo que representa un rendimiento del 12.26%, el Valor Actual Neto (VAN) es de $47,842.81 y la Relación Beneficio-Costo (R B/C) da como resultado $1.85, de manera que por cada peso invertido se obtienen 85 centavos de ganancia (Tabla III).

Tabla III. Salida Económica

Concepto	Valor	Resultado
TREMA (Tasa rendimiento mínima aceptable)	10.00%	De acuerdo a la TREMA y la TIR, se obtiene un rendimiento de 12.26% una vez recuperada la IIN y la TREMA.
TIR (Tasa interna retorno)	12.26%	
VAN (VPN) (Valor actual neto)	$47,842.81	De acuerdo a la VAN el proyecto es aceptado, pues es mayor a 0, ya que VAN>0 el proyecto es aceptado, y la VAN<0 es rechazado

RELACIÓN BENEFICIO/ COSTO (R B/C)	$1.85	De acuerdo a la relación beneficio-costo se acepta el proyecto, ya que es mayor que 1. De manera que por cada peso $1, se obtiene 85 centavos de ganancia.

En cuanto al análisis sensorial se realizaron 57 pruebas, de los cuales 30 consumidores fueron mujeres (52.63%) y 20 hombres (47.37%). Los atributos medidos fueron apariencia, color, olor, sabor y agrado; también se calificó la intensidad del dulzor; así como variables de aceptación o rechazo. Un 67% indicó que esta bebida gustó mucho, respecto al color en un 66% gustó mucho; respecto al olor la escala mayor calificada en 36% fue que gustó mucho; el atributo de sabor en un 61% gustó mucho (Tabla IV).

Tabla IV. Porcentaje de calificación de atributos medidos.

Té pétalos de Gardenia	A %	B %	C %	D %	E %
9. Me gusta extremadamente	5	3	10	7	7
8. Me gusta mucho	54	63	26	54	60
7. Me gusta moderadamente	25	16	32	25	21
6. Me gusta ligeramente	11	11	18	11	11
5. Ni me gusta ni me disgusta	22	7	14	-.-	-.-
4. Me disgusta ligeramente	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
3. Me disgusta moderadamente	2	-.-	-.-	-.-	-.-
2. Me disgusta mucho	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
1. Me disgusta extremadamente	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-

Atributos medidos: A) Apariencia, B) Color, C) Olor, D) Sabor, E) Agrado).

En cuanto a la intensidad de dulzor un 81% dijo que era adecuado. Respecto a su aceptabilidad el 98.25% la consideran aceptable, 92.98% la compraría, 100% la compraría si

sabe que contiene capacidad antioxidante y 98.25% la compraría si fuera de Fortín (Tabla V).

Tabla V. Aceptabilidad de la infusión de pétalos de gardenia.

Descripción	Si (%)	No (%)
Bebida aceptable	98.25	1.75
La compraría	92.98	7.02
La compraría si sabe que tiene capacidad antioxidante	100.00	-.-
La compraría si fuera de Fortín, Veracruz.	98.25	1.75

DISCUSIÓN

En México el uso de las hierbas aromáticas y medicinales ha formado parte de nuestra historia y costumbres. Las cualidades especiales de estas plantas como remedio para combatir todo tipo de enfermedades se remonta a tiempos prehistóricos (Masarovičová y Král´ová, 2007; Juárez *et al.,* 2013). Su aprovechamiento sin duda comenzó con la continua experimentación de materiales vegetales diversos, que de acuerdo a sus características únicas ofrecían agradables aromas, sabores en los alimentos, alivio del dolor y cura de enfermedades (Juárez *et al.,* 2013). Es importante señalar que ya en diversas regiones de nuestro país las personas le atribuyen usos benéficos a infusiones con gardenia, por lo que un té de flores de gardenia podría ser bien aceptado. Es por eso que se propone el realizar con el excedente de producción en las huertas una infusión para té de pétalos de gardenia de manera artesanal y en donde sus costos de elaboración sean accesibles para el productor y que su distribución sea en las zonas en donde el mismo productor sale a ofrecer sus arreglos florales y en el cual existe un mercado constante por lo que representaría un beneficio económico extra y un valor agregado que promueva la rentabilidad del cultivo de la gardenia.

Para determinar si este modelo de agronegocio es factible se efectúo una evaluación económica, donde se determinaron los principales indicadores los cuales expresan el

rendimiento económico de una inversión y con base a ellos se pueden tomar decisiones para determinar si un proyecto es viable o en su caso hace una evaluación de la rentabilidad de dicha inversión (Baca, 2001). Por su parte Chino (2011), señala que los indicadores económicos más utilizados son aquellos que consideran el valor del dinero en el tiempo y en los cuales tenemos a: Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable (TREMA); Tasa Interna de Retorno (TIR); Valor Actual Neto (VAN) y Relación Beneficio/Costo (R B/C). Resultado de esta evaluación económica, se obtuvo una TREMA de 10% que es una medida mínima de rentabilidad que se le exigió al proyecto y se obtuvo del índice inflacionario del año 2017 emitido por el Banco de México más una prima de riesgo (6.35 + 3.65 = 10), Baca (2001) señala que la TREMA es la tasa de crecimiento real de la empresa por arriba de la inflación, por lo que en este proyecto se cumple con el cálculo. Se obtuvo una TIR de 12.26% y esto equivale a la tasa de interés que le proporciona a los inversionistas, este porcentaje de beneficio debe ser mayor que el TREMA y refleja que se ha recuperado la inversión inicial (Pavón, 2012) e indica que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida. La VAN considera el valor del dinero a través del tiempo; es la diferencia numérica entre el valor actualizado de los beneficios (utilidad) y el valor actualizado de los costos a una tasa de actualización determinada, cuando la diferencia numérica es positiva, la inversión es recomendable (Chino, 2011). Respecto a la VAN obtenida de $ 47,842.81, este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse ya que su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual (Sapag & Sapag, 2008). Después de haber realizado la operación correspondiente para el cálculo de la Relación Beneficio/Costo (R B/C) el valor que se obtuvo es positivo y asciende a $1.85, lo cual indica que por cada peso invertido se obtendrán $0.85 centavos de beneficio, el cual en porcentaje significa una rentabilidad de 85%. Chino (2011) indica que el valor de R B/C debe ser mayor a cero, lo que indica que la actividad está generando utilidades, por lo que se cumple en este proyecto con ese parámetro.

Los resultados de los indicadores anteriormente descritos sobre la evaluación económica-financiera de la infusión de pétalos de gardenia arrojaron valores positivos lo que es un

indicativo de la aceptabilidad del proyecto con base a un modelo de agronegocio. Las proyecciones económicas reflejaron la viabilidad de este proyecto del aprovechamiento del excedente de producción de flores de gardenia, por lo que era necesario conocer la opinión del potencial mercado de consumo mediante las pruebas de análisis sensorial e intención de compra.

La aprobación de un alimento por los consumidores, está directamente relacionada a sus sentidos, es muy común que existan alimentos que no son aceptados por el simple hecho de no ser del agrado de este, es en este momento donde la evaluación sensorial toma un papel importante en la medición de los productos alimenticios a la par de otros métodos, tales como, los químicos, físicos y microbiológicos. El análisis sensorial supone un método de evaluación d Los análisis sensoriales enfocados al consumidor, son recursos que cobran gran importancia en el éxito y desarrollo de un nuevo producto, sobre todo cuando se requiere de introducir y posesionarlo en el mercado, además las pruebas sensoriales nos dan información valiosa no solo del gusto de los consumidores sino también de las tendencias en los alimentos y bebidas (Ramírez-Nava, 2012). Debido a lo anterior la infusión de gardenia tiene una buena aceptación ya que cumple con ciertas características deseables para el público, por otro lado, debido a las estimaciones poblacionales para el año 2030, la población mayor a los 65 se duplicará (Clara, 2010), por lo que la tendencia de consumo de alimentos funcionales irá en aumento ya que proporcionan beneficios a la salud de los seres humanos.

Las pruebas hedónicas afectivas miden el grado de aceptación o rechazo del consumidor, estas pruebas son las más utilizadas en la industria de los alimentos y bebidas (Lawless *et a.,* 2010). La escala hedónica de nueve puntos es una escala categórica que se caracteriza por obtener respuestas limitadas enumeradas junto a descriptores verbales (Lim *et al.*, 2011). En el caso del té de gardenia los mayores porcentajes de los cinco atributos se centraron en “me gusta mucho” sobre todo para los atributos de apariencia, color y sabor que más contribuyen lo cual significa que los atributos organolépticos estuvieron dentro de un rango aceptable para los panelistas con la aceptación del producto, lo que nos indica que los panelistas tuvieron una mayor inclinación por el efecto máximo del lado “positivo” de la escala, en

comparación con el polo "negativo" es decir dándole poco reconocimiento al otro extremo que prácticamente no tuvo respuesta ya que los seres humanos tienen una tendencia a saber lo que les agrada que lo que les desagrada (Cardello *et al.,* 2008). Por ultimo, destacar que tanto el color como la aceptación de un producto alimenticio son la base de un consumidor para valorar la calidad inicial de un producto (Lawless & Heymann, 1999), con base en el presente trabajo podemos corroborar que dichos atributos son los que alcanzaron los valores más altos, por consiguiente, estos atributos son los principales e alimentos basado en la utilización de todos los sentidos conocidos, sus técnicas evaluativas son respaldas por la estadística y la psicología entre otras disciplinas (Olivas, 2009).

Los análisis sensoriales enfocados al consumidor, son recursos que cobran gran importancia en el éxito y desarrollo de un nuevo producto, sobre todo cuando se requiere de introducir y posesionarlo en el mercado, además las pruebas sensoriales nos dan información valiosa no solo del gusto de los consumidores sino también de las tendencias en los alimentos y bebidas (Ramírez-Nava, 2012). Debido a lo anterior la infusión de gardenia tiene una buena aceptación ya que cumple con ciertas características deseables para el público, por otro lado, debido a las estimaciones poblacionales para el año 2030, la población mayor a los 65 se duplicará (Clara, 2010), por lo que la tendencia de consumo de alimentos funcionales irá en aumento ya que proporcionan beneficios a la salud de los seres humanos.

Las pruebas hedónicas afectivas miden el grado de aceptación o rechazo del consumidor, estas pruebas son las más utilizadas en la industria de los alimentos y bebidas (Lawless *et a.,* 2010). La escala hedónica de nueve puntos es una escala categórica que se caracteriza por obtener respuestas limitadas enumeradas junto a descriptores verbales (Lim *et al.*, 2011). En el caso del té de gardenia los mayores porcentajes de los cinco atributos se centraron en "me gusta mucho" sobre todo para los atributos de apariencia, color y sabor que más contribuyen lo cual significa que los atributos organolépticos estuvieron dentro de un rango aceptable para los panelistas con la aceptación del producto, lo que nos indica que los panelistas tuvieron una mayor inclinación por el efecto máximo del lado "positivo" de la escala, en comparación con el polo "negativo" es decir dándole poco reconocimiento al otro extremo

que prácticamente no tuvo respuesta ya que los seres humanos tienen una tendencia a saber lo que les agrada que lo que les desagrada (Cardello *et al.,* 2008). Por ultimo, destacar que tanto el color como la aceptación de un producto alimenticio son la base de un consumidor para valorar la calidad inicial de un producto (Lawless & Heymann, 1999), con base en el presente trabajo podemos corroborar que dichos atributos son los que alcanzaron los valores más altos, por consiguiente, estos atributos son los principales indicadores de la calidad percibida en el té de gardenia.

Otra característica importante es la influencia de la región entre los panelistas, ya que al saber que la infusión proviene de la región del municipio de Fortín la prefiere porque lo identifica y arraiga con el producto, Royuela (2011), comparó tres regiones diferentes utilizando la escala hedónica de nueve puntos y pudo comprobar que la región de procedencia si influye a la hora de discriminar un producto alimenticio.

CONCLUSIONES

Tanto los indicadores del análisis económico y los resultados positivos sobre la medición de atributos en la prueba sensorial y aceptabilidad del producto reflejan que la infusión de té de pétalos de gardenia es un proyecto viable. Este modelo de agronegocio puede ser adoptado por los productores de gardenia como una estrategia de desarrollo económico, otorgando un valor agregado a toda esa flor que se perdía en las huertas promoviendo la rentabilidad del cultivo y pudiéndose convertir en un producto innovador y con propiedades benéficas para el hombre.

LITERATURA CITADA

Alduci, M. F. J. 2016. Evaluación de dos inhibidores de etileno para prolongar la vida de florero de gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis). Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Veracruzana. p. 2.

Baca, U. G. 2001. Evaluación de proyectos. Editorial McGraw-Hill. Cuarta edición México D.F. pp. 160-216.

Bianchini, F.; Carrara, P. A. 1975. Guía de Plantas y Flores. Ediciones Grijalba 7ª. Edición. Barcelona, España.

Blanco, A. J. 2003. Pequeño Bosquejo Monográfico de El Fortín. Fortín, Veracruz, México. p. 24.

Cardello. A., Lawless. H. T., Schutz. H. G. 2008. Effects of extreme anchors and interior label spacing on labeled affeective magnitude scales. Food Quality and Preference. 19. 473:480

Chino, A. A. 2011. Análisis de rentabilidad de una unidad de producción agrícola de maíz (Zea mays L.) bajo el sistema productivo tradicional (siembra con espeque). Tesis Ingeniero Agrónomo Administrador. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". pp. 22-25.

Clara. Y. C. (2010). Desarrollo de nuevos productos. Alimentos funcionales y Novel Food.

Clark, S., Costello, M., Drake, M.; Bodyfelt, F.W. 2009. The sensory evaluation of dairy products. 2nd ed. New York, NY: Springer, xv. p. 573.

Del Cañizo, J. A. 1977. Plantas en el hogar. Editorial: Mundi-Prensa. Segunda edición. Madrid, España.

Durán, V. T. C. 2006. Diagnóstico del cultivo de la gardenia (Gardenia jasminoides) en la región central del Estado de Veracruz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana. pp. 1-64.

Juárez, R. C. R., Aguilar, C. J. A., Juárez, R. M. E., Bugarín, M. R., Juárez, L. P., Cruz, C. E. 2013. Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. Revista Bio Ciencias**.** ISSN 2007-3380 2(3). pp. 119-129.

Lawless, H. T.; Heymann, H. 1999. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Springer Science & Business Media; p. 856.

Lawless, H. T.; Popper, R.; Kroll, J. B. 2010. A comparison of the labeled magnitude (LAM) scale, an 11-point category scaleand the traditional 9-point hedonic scale. *Food Quality and preference.* 21: 4-12.

Ramírez-Nava. V,S. (2012). Analisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. ReCiTlA. V. 12. N. 1. 86:97.

Rodríguez-Deméneghi, M. V, Gallardo-López, F., Lee-Espinosa, H. E., Galindo-Tovar, M. E., Aguilar-Rivera, N., Leyva-Ovalle, O. R., Murguía-González, J. 2016. El cultivo de *Gardenia jasminoides* Ellis en la región centro de Veracruz, México., Agroproductividad, Vol. 9 Núm. 6, pp.39-45.

Royuela, M.F. 2011.Comparación de la escala hedónica de 9 puntos con la escala hedónica general de magnitud. Tesis M.S.c. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. p. 36.

Sapag, C. N., Sapag, C. R. 2008. Preparación y evaluación de proyectos. Editorial McGraw-Hill. Quinta edición. Colombia. pp. 321-326.

MODELOS DE AGRONEGOCIOS SOSTENIBLES. ESTUDIO DE CASO: CULTIVO DE PLÁTANO EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

GUSTAVO ADOLFO RODRÍGUEZ YZQUIERDO[1]; MÓNICA BETANCOURT VÁSQUEZ[2]; CAROLINA MÉNDEZ[3]

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano en Colombia es un sistema productivo de gran importancia económica y social para el país, se produce en la totalidad del territorio colombiano, en sus 32 departamentos. Para el año 2017 se cultivaron unas 478.003 ha, con una producción de 4.081.117 t y un rendimiento de 9,82 t/ha. En cuanto a las exportaciones de este cultivo, para el año 2017 ascendieron a 228.456 t dirigidas fundamentalmente al mercado americano y europeo (Evaluaciones Agropecuarias, 2017).

La producción de plátano está basada fundamentalmente en pequeños agricultores, con mucha heterogeneidad en cuanto a la tecnología aplicada, rendimientos y tipos de sistemas productivos. Esto hace que las estrategias para mejorar el cultivo sean diferenciadas en función al tipo de agricultor, su entorno regional y la definición o planificación del modelo de agronegocio en el cual decida incursionar. De igual forma el cultivo tiene un gran impacto social y forma parte de la cultura productiva del país

Colombia presenta territorios con características diferenciales en cuanto a clones sembrados, topografía, relieve, aspectos climáticos, ambientales y sociales, que determinan enfoques particulares para el incremento de la productividad o competitividad del sistema productivo.

[1] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). grodriguezy@agrosavia.co
[2] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). mbetancourt@agrosavia.co
[3] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). cm.mendez43@uniandes.edu.co

A pesar de sembrarse en todo el territorio nacional, para el cultivo de plátano se distinguen unas regiones tradicionalmente productoras, tales como: Eje cafetero (Risaralda, Caldas y Quindío), Caribe (Córdoba, Magdalena, Atlántico) y Llanos Orientales (Meta, Casanare y Arauca). En este último caso, entre los tres departamentos que conforman dicha región, aportan un 13,97% del área y 23,56% de la producción total nacional.

Los Llanos Orientales colombianos es una amplia región de 431.168 Km^2 que abarca el 26% del área total de Colombia (IGAC, 2014). Se caracteriza por tener una topografía diversa, con relieve predominantemente plano, con algunas elevaciones y ondulaciones que no superan los 500 msnm. Presenta paisajes representativos, tales como: piedemonte llanero, altillanura plana, altillanura ondulada, Serranía de la Macarena y Sabanas inundables o terrazas fluviales (Rippstein *et al*., 2001). En función al tipo de paisaje se establecen diferentes ecosistemas y condiciones favorables para diversos sistemas productivos agrícolas y pecuarios. Dentro del sector agrícola, uno de los cultivos más importantes de la región, está representado por el plátano.

En la región de los Llanos, se pueden encontrar sistemas de producción de plátano bajo modalidad de mono o policultivos (cultivos asociados), los cuales determinan a su vez características diferenciales en su manejo tecnológico. La forma de producción tradicional está fundamentalmente caracterizada por la venta de fruta fresca, con una comercialización basada en intermediarios, los cuales se dirigen directamente a los predios de los agricultores ofreciendo el precio del producto a comprar según la oferta disponible. Esta situación genera poco margen de negociación por parte de los productores para encontrar precios que satisfagan las expectativas de rentabilidad del cultivo.

Frente a estas inequidades, se hacen intentos de organizaciones de agricultores en diferentes formas de constitución legal (asociaciones, cooperativas, etc.) que buscan integrarse para poder fortalecerse y tener mejores capacidades funcionales, de gestión administrativa y financiera. No obstante, los casos exitosos son muy pocos y la desventaja ante el modelo de comercialización imperante, sigue vigente en todo el territorio.

Por su parte, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria ha tenido presencia por décadas en los Llanos Orientales y ha llevado a cabo procesos de investigación, validación y ajuste de tecnologías productivas, en el marco del contexto territorial para el cultivo de plátano en la región. Los resultados de la acumulación de años de experiencia, ha permitido la consolidación de un modelo productivo de este cultivo adaptado a las condiciones del territorio y de la cultura de los agricultores regionales, lo cual se resume en alternativas tecnológicas con miras al fortalecimiento técnico de los productores de plátano de los Llanos Orientales (Rodríguez *et al*., 2018).

Ante esta situación, se han buscado diferentes emprendimientos por parte de instituciones gubernamentales, públicas y privadas para lograr incentivar la organización de agricultores, favorecer modelos de generación de valor agregado y mejores canales de comercialización. Sin embargo, la falta de articulación entre los diferentes actores locales y nacionales a lo largo de la cadena de valor, ha contribuido a que los logros sean muy escasos.

Ante este panorama, mediante la formulación de un proyecto regional en el departamento del Meta financiado por Ecopetrol, en convenio con AGROSAVIA, se planteó la necesidad de desarrollar modelos alternativos de producción en sistemas productivos de 10 municipios pertenecientes al bloque Cubarral y áreas de influencia, en el cual se pudieran desarrollar modelos de negocios alternativos a los tradicionales en el contexto regional. Fue así como posteriormente se estableció una alianza estratégica entre Agrosavia y la Universidad de los Andes, para hacer un convenio derivado y de esta forma, trabajar conjuntamente en una metodología desarrollada por Uniandes denominada Modelo de Agronegocios Sostenibles (MAS), la cual fue adaptada y validada en el contexto del departamento del Meta y en este caso, una de las cuatro cadenas agroindustriales en donde se aplicó fue específicamente el caso de plátano.

El presente capítulo corresponde a las experiencias en el desarrollo e implementación del Modelo de Agronegocios Sostenibles (MAS) Meta para el cultivo de plátano, con el acompañamiento tecnológico y científico de Uniandes y AGROSAVIA, cuyo objetivo es potenciar la producción y comercialización de productos con valor agregado, a través del

fortalecimiento de las capacidades técnicas y empresariales, permitiendo así la construcción de modelos de negocio colectivos orientados a la comercialización.

CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE PLÁTANO EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

Para los tres departamentos que comprenden los Llanos Orientales colombianos (Meta, Casanare y Arauca) se pueden hacer distinciones en función al tipo de sistema productivo. La primera, según si el cultivo es sembrado en asocio o en forma de monocultivo. Los policultivos son muy comunes en la región, ya que los pequeños productores son mayoría en las principales zonas productoras de vocación agrícola. Es así como ante la poca área disponible de tierra, los agricultores buscan hacer más eficiente el uso de los lotes productivos, intercalando diferentes especies vegetales, las cuales coexisten en tiempo y espacio.

Existen diversos arreglos de policultivos en la región, sin embargo, dado las características de desarrollo del cultivo de plátano, esta especie suele utilizarse como sombra temporal para cultivos como café y cacao. Por otro lado, especies forestales que poseen ciclos largos de crecimiento vegetativo y tardan más tiempo en dar sombreamiento, comparten nicho en sistemas agroforestales. Otra forma de asocio es con cultivos transitorios o frutales de ciclo corto, intercalados entre los surcos de plátano. Para ello, se tiene que establecer el cultivo en bajas densidades, con la finalidad de garantizar un área en la cual la planta de plátano no compita por luz y nutrientes con el cultivo de ciclo corto. Dentro de estas especies que se usan para asociar al plátano se encuentran maíz, yuca, papaya, caña panelera, hortalizas, entre otras.

La eficiencia productiva de este tipo de sistemas de policultivos radica en que se pueda minimizar la competencia interespecífica, en donde los cultivos no se vean restringidos en términos de desarrollo vegetativo o productivo, en función de interacciones desfavorables durante el desarrollo de los mismos (Vélez *et al*., 2007; Casanova *et al*., 2007). Por ello, es

necesario investigación para determinar fechas de siembra apropiadas, distancias y arreglos espaciales de las diferentes especies y comparar la productividad de los cultivos solos y asociados para determinar si la asociación es beneficiosa o no, desde el punto de vista de rendimiento y calidad del producto final cosechado.

Por otro lado, en cuanto al sistema de monocultivo de plátano, este se caracteriza por emplear altas densidades en la región, con poblaciones mayores a 2000 plantas/ha (Rodríguez *et al*., 2019). Son muy diversas las formas de arreglar espacialmente las plantaciones, variando mucho las distancias entre plantas y surcos, sin embargo, el uso de altas densidades es común en la región, lo cual adicionalmente condiciona un tipo de sistema de producción anual, ya que por el sombreamiento generado el colino de sucesión no puede desarrollarse en forma adecuada por la poca entrada de luz solar que se genera al interior de los surcos de siembra.

De tal forma, que en un trabajo realizado por Rodriguez *et al*., (2018) se realizó una caracterización de los diferentes sistemas productivos de plátano en monocultivo en los departamentos de Meta, Casanare y Arauca. Al respecto, los autores señalan que tradicionalmente la categorización de estos sistemas iba en función a las áreas de siembra de los agricultores (pequeños, medianos y grandes). No obstante, esta clasificación no representa el nivel de tecnología y productividad que puedan tener los productores, siendo muy simplista y de poco valor funcional.

Por ello, los mismos autores proponen una clasificación basada en el nivel tecnológico, su productividad y uso de recursos financieros como una mejor categorización de sistemas productivos y tipologías de agricultores, con lo cual, teniendo en cuenta estas distinciones, se pueden diseñar estrategias diferenciadas de acompañamiento técnico y alternativas tecnológicas acordes con su grado de categorización. Las tipologías definidas luego de un trabajo estadístico de caracterización y selección de clúster o grupos, se presentan a continuación:

Grupo 1: conformado por el 53 % de los productores. Este grupo se caracteriza por tener áreas cultivadas mayores a 10 ha, con acompañamiento técnico. Utilizan altas densidades de

siembra (2.500 plantas/ha), a un solo ciclo de producción, con rendimientos de entre 30 y 35 t/ha y una inversión de entre 3.500 y 4.800 US $/ha. Este grupo presenta un esquema de prácticas de cultivo tendientes a optimizar la producción, ejecuta planes de fertilización, aplica control biológico para la protección del cultivo e implementa sistema de riego.

Grupo 2: representa el 13 % de los productores encuestados. Se distinguen del grupo 1 por utilizar densidades de siembra más bajas (entre 2.000 y 2.500 plantas/ha), áreas mayores a 10 ha, con inversiones mayores a 4.800 US $/ha y rendimientos superiores a las 35 t/ha. Aplican un manejo intensivo del cultivo.

Grupo 3: comprende el 27 % de la población muestral y se caracteriza por tener áreas de entre 5 y 10 ha de plátano, sin acompañamiento técnico. Utilizan diferentes densidades de siembra, en un rango entre 816 y 2.222 plantas/ha. No implementan sistema de riego y las prácticas de protección del cultivo están orientadas al control químico. Los costos de producción oscilan entre 2.250 y 3.500 US $/ha, con rendimientos de 15 a 25 t/ha.

Grupo 4: agrupa el 7 % de los productores, los cuales se distinguen por tener áreas menores a 5 ha. No fertilizan, no cuentan con asistencia técnica, realizan una inversión menor a los 2.250 US/ha y obtienen un rendimiento menor a 15 t/ha.

Estos grupos específicos estuvieron conformados por 10 variables indicadoras priorizadas de un total de 220 variables, recabadas mediante encuestas aplicadas a más de 200 agricultores pertenecientes a los tres departamentos y principales municipios productores de plátano de los Llanos Orientales. Luego, con base a análisis estadísticos (análisis de correspondencia múltiples y de conglomerados), se puede llegar a unas tipologías definidas (Tabla 1).

Tabla 1. Tipologías de productores de plátano en los Llanos Orientales

Grupo	Tipología	Productividad	Adopción tecnológica	Inversión financiera

1	2	Media	Alta	Media
2	1	Alta	Alta	Alta
3	3	Media	Baja	Baja
4	4	Baja	Baja	Baja

Esta clasificación de tipologías de agricultores es mucho más completa y robusta, que deriva en información del manejo tecnológico aplicado al cultivo, así como aspectos financieros y productivos. Esto contrasta con la clasificación tradicionalmente adoptada en la región, que categoriza los agricultores en pequeños (entre 1-5 ha), medianos (entre 6-15 ha) y grandes (mayor a 15 ha), lo cual es muy generalizado y no aporta criterios funcionales que permitan una toma de decisiones técnicas para el sistema productivo.

Por otro lado, la caracterización detallada del tipo de manejo agronómico dado al cultivo en la región permite establecer cuáles pueden ser las principales limitantes tecnológicas para desarrollar programas de acompañamiento técnico que permitan a organizaciones conformadas, mejorar el manejo del cultivo en cuanto a eficiencia productiva y uso de recursos financieros. De esta manera, con base en el conocimiento del sistema productivo, resulta más fácil la construcción de capacidades organizativas, técnicas y gerenciales que permitan a las organizaciones de agricultores incursionar en modelos productivos alternativos con miras a obtener mejores beneficios, comparados con el modelo tradicional de producción y comercialización adoptado en la región.

CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO INICIAL DE LA CADENA DE PLÁTANO EN EL META

En cuanto al proceso de comercialización y mercado en los Llanos Orientales, el mismo se encuentra caracterizado por una alta dependencia de intermediarios, quienes intervienen en la fijación del precio de compra a los productores, el cual, en muchos casos, es poco favorable. De igual forma, existe una pobre conexión a mercados de valor agregado y predomina el comercio de fruta fresca. Otro factor característico es la volatilidad de precios a lo largo del año, colocando a los agricultores muchas veces en épocas desventajosas de comercialización en donde no alcanzan a cubrir ni siquiera los costos de operación.

En cuanto a los agricultores, tienen poco conocimiento de la calidad de su producto como elemento diferenciador en la consecución de nuevos mercados o alternativas de comercialización con valor agregado. Adicionalmente, los agricultores carecen muchas veces de costos de producción detallados, lo cual hace menos competitivo y eficiente el sistema productivo. Finalmente, aunque se hacen algunos intentos por conformar asociatividad en la región, las organizaciones no son efectivas ni articuladas en forma práctica, funcionando incluso por constitución legal y no por una operatividad integrada entre sus miembros.

Debido a estas limitantes del sistema de producción de plátano, se hace necesaria en la región el fortalecimiento de capacidades que ayuden a cerrar las brechas tanto tecnológicas, operativas y de mercado del sistema productivo, que permitan y promuevan la sostenibilidad del cultivo en los Llanos Orientales. Es aquí donde el trabajo de fortalecimiento del sistema productivo desde lo técnico se complementa con una mirada empresarial y comercial que ofrece el Modelo de Agronegocios Sostenibles, MAS.

DESCRIPCIÓN GENERAL MODELO DE AGRONEGOCIOS SOSTENIBLES.

El Modelo de Agronegocios Sostenibles (MAS), es una adaptación de la metodología aplicada por la Facultad de Administración a la transformación productiva y el fortalecimiento de cadenas de valor integradas por pequeñas y medianas empresas (Pyme). Dicha metodología, incorporada al modelo Red de Empresas Sostenibles RedES (www.redescar.org), ha sido empleada por profesores de los Andes en México entre 2006 y 2012, y en Colombia a partir de 2013 hasta la fecha. En México, el modelo RedES fue aplicado bajo el Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad (PLAC), auspiciado por el gobierno Federal, en cabeza de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa); y en Colombia, bajo el Programa Red de Empresas Sostenibles de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (RedES-CAR). Los resultados alcanzados por el modelo RedES aplicado en México y Colombia, se presentan en el libro

titulado *Liderazgo ambiental para la transformación productiva: lecciones de América Latina*.

El modelo surge dada la necesidad de introducir una visión de agronegocios sostenibles en el sector agrícola colombiano que carece de suficientes herramientas empresariales para operar bajo una lógica de mercado y satisfacer la demanda con productos de valor agregado. Colombia es un país de tradición agrícola y el agro ofrece grandes oportunidades de negocio, sus ventajas competitivas son evidentes: buen clima, suelos fértiles, abundante agua, consumidores urbanos de ingresos medianos, cercanía a grandes mercados de exportación. Sin embargo, con la excepción de relativamente pocas agroempresas en el país, los agricultores enfrentan enormes desafíos: un ecosistema de negocios deficiente, limitada inserción en cadenas de valor, desconocimiento de buenas prácticas agropecuarias, poca o ninguna capacidad técnica y falta de mano de obra calificada. A ello hay que agregar la tradicional ausencia de instituciones públicas en zonas rurales, la falta de infraestructura, inseguridad jurídica, especialmente en la propiedad de tierras, transporte costoso, políticas agrícolas inadecuadas y un sistema financiero cauteloso.

Es entonces como el modelo MAS se diseña con el objetivo general de potenciar la producción y comercialización de productos agrícolas y agroindustriales con valor agregado, mediante el fortalecimiento de las capacidades técnicas, empresariales y organizacionales de los productores. Orienta y apoya la construcción de modelos de negocio colectivos que apunten al mercado y la comercialización como punto de partida.

El modelo MAS busca aportar al desarrollo sostenible de la cadena de valor de un determinado producto agrícola, por medio de los impactos positivos generados en términos económicos, sociales y ambientales. En la dimensión económica, se resaltan beneficios como el fortalecimiento del agro-negocio con miras a promover las conexiones a mercado con mayores márgenes de ganancia. En la social, creación del tejido humano mediante el fortalecimiento capacidades y la colaboración en la cadena de valor. Por último, en la dimensión ambiental, se promueve el uso eficiente de recursos, así como mejores prácticas de aprovechamiento de residuos y agricultura limpia.

Para dar cumplimiento al objetivo general y a los específicos, MAS se articula a través de tres pilares principales: colaboración en red, modelo de negocio y de cultivo y capacidades a través del aprender haciendo (Figura 1).



Figura 1. Pilares metodológicos Modelo Agro-Negocios Sostenibles – MAS

El primer pilar del modelo plantea la colaboración en la cadena de valor para que las comunidades dimensionen el funcionamiento de las cadenas productivas, entendiendo que para que un negocio agrícola funcione debe articular los diferentes eslabones desde la producción primaria, procesamiento y comercialización. Los productores (actuales y/o potenciales) podrán entender el rol y la importancia de cada eslabón definiendo según sus capacidades e intereses la manera en la que pueden insertarse en la cadena productiva

El segundo pilar es la visión compartida sobre modelos de negocio y cultivo viables para propiciar oportunidades de desarrollo socio-económico en la región. Este pilar busca romper paradigmas sobre la agricultura como actividad cultural sin lógica empresarial, para incorporar una mirada de mayor profesionalización de la actividad con el fin de generar negocios a partir de las oportunidades de la biodiversidad y el agro.

El tercer y último pilar, consiste en el aprender haciendo para construir capacidades técnicas (agronómicas), empresariales y de organización en las comunidades y productores (actuales y potenciales) para generar empoderamiento y cambios a nivel de persona, mediante la apropiación de conceptos y herramientas prácticas que permiten llevar a cabo el diseño e implementación de modelos de negocio viables. La dinámica grupal y "en cadena" del desarrollo de capacidades incita a compartir experiencias y buenas prácticas y a identificar

aliados clave para alinear intereses y conformar un modelo colectivo, de tal forma que la red que se conforme será un resultado del proceso y de la generación de confianza, y no un punto de partida. La articulación de estos tres pilares contribuye a compartir una visión de agronegocios en común, en donde se establecen estructuras de operación y metas similares.

Adicionalmente, el modelo MAS pretende cambiar la lógica tradicional de abordar los retos que enfrenta el sector agro, por aspectos diferenciadores que generen procesos de cambio y valor en los participantes (Figura 2). Para resaltar algunos de ellos, el modelo MAS transforma la lógica de asistencia técnica estándar y fraccionada en un enfoque integral de agronegocios orientado a suplir las necesidades de los productores. En vez de contar con talleres puntuales de capacitación para su desarrollo, MAS brinda un acompañamiento continuo a lo largo del proceso en donde las recomendaciones están acompañadas por un análisis financiero de costos y beneficios enmarcados en un modelo de negocio y cultivo.



Figura 2. Aspectos diferenciadores del modelo MAS

De igual forma, en vez de sembrar y luego buscar un cliente interesado, MAS parte con el entendimiento del mercado y la dinámica de la cadena de valor para así cumplir con los requisitos de la demanda. Por último, MAS genera capacidad local para la multiplicación del conocimiento en la región al aliarse con instituciones que acompañan de manera integral el proceso y no se apoya únicamente en expertos externos.

DESARROLLO DEL MODELO MAS EN EL DEPARTAMENTO DEL META

El departamento del Meta está ubicado en el centro de Colombia, en la región de la Orinoquia. Con una extensión que abarca desde el Piedemonte Llanero hasta los Llanos Orientales, se caracteriza por su gran riqueza en términos de biodiversidad y recursos naturales. El Departamento cuenta con un total de 29 municipios y una población estimada de 1 millón de habitantes distribuidos en un área de 8.5 millones de hectáreas (Gobernación, 2016). La contribución del Meta dentro del PIB Nacional se ubica en el 5to puesto, con un valor estimado de $25 mil millones de pesos liderado por las actividades productivas de la explotación agropecuaria y petrolera.

Si bien una de las actividades económicas actuales más predominantes es la extracción minera y petrolera, la vocación de los suelos es predominantemente agrícola, con emprendimiento agropecuarios que tienen el potencial de generar transformación de productos con valor agregado. La experiencia de MAS aplicada en el departamento del Meta tiene como objetivo general contribuir con la diversificación económica y a la generación de empleo y oportunidades de desarrollo económico mediante el fomento de las cadenas agroalimenticias de cacao, plátano, maracuyá y café en 30 agrupaciones y 120 productores en 10 municipios del departamento: Acacías, Castilla la Nueva, Cubarral, El Castillo, El Dorado, Guamal, Granada, Fuente de Oro, Lejanías y Villavicencio.

Con un horizonte a dos años (2018 y 2019), la iniciativa MAS Meta es financiada por Ecopetrol e implementado por la Universidad de los Andes, Agrosavia y la Corporación Corocora. Este objetivo general se articula a través del soporte de tres objetivos específicos:

1. Fortalecer las capacidades técnicas de los productores y actores clave de la cadena de valor para mejorar los rendimientos y la producción agrícola.
2. Impartir capacidades empresariales entre los productores y actores clave de la cadena de valor para que diseñen y construyan un agronegocio sostenible a partir de un determinado cultivo, eligiendo su modelo de negocio.
3. Generar capacidades de colaboración entre los actores de la cadena de valor para que identifiquen posibles sinergias y logren aumentos en calidad, volumen de producción y otras economías de escala, a partir del diseño e implementación de un modelo colectivo.

La metodología para el desarrollo de los objetivos en MAS Meta, consta de seis pasos o frentes de trabajo para su implementación (Figura 3). El primer paso, parte de un diagnóstico orientado a la priorización y selección de cadenas y actores a participar en el proceso. Un segundo paso, incluye un proceso integral de fortalecimiento de capacidades e integración de actores, que culmina en el desarrollo de iniciativas colaborativas. Transversal a estos procesos, se desarrollan estrategias comerciales orientados al entendimiento de los requisitos del mercado, por se capturan datos sobre el proceso y los cultivos para la investigación y se vinculan instituciones locales para multiplicar la capacidad local de la metodología MAS.

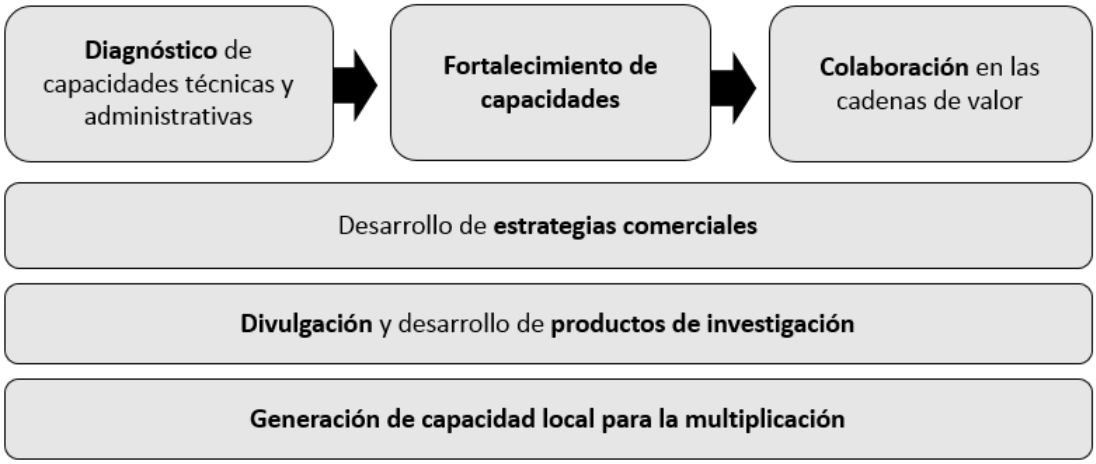


Figura 3. Frentes de trabajo desarrollados en el modelo MAS

El diagnóstico en MAS Meta tuvo el propósito de priorizar la elección de cuatro cadenas agroindustriales para aplicar el modelo MAS en el Meta, así como seleccionar las agrupaciones de productores beneficiadas. Para la elección de las cadenas, se utilizó una metodología de medición de ocho variables, relacionadas con el impacto económico, ambiental y social en cada cadena[4]. Para la elección de las agrupaciones, se utilizó una

[4] Las variables de análisis en la selección de cadenas fueron medidas en tres dimensiones: económico (área sembrada, rendimientos por hectárea), ambiental (huella hídrica, captación de carbono) y social (empleo generado por hectárea, asociaciones constituidas por cadena, cadena presente en otros planes y proyectos regionales).

encuesta enfocada en medir su grado de avance en relación a la productividad y el acceso a mercados[5].

El fortalecimiento de capacidades y la colaboración en la cadena se desarrolló con base en los resultados del diagnóstico mediante la implementación de cuatro módulos: conocimiento de la demanda (oportunidades comerciales y modelos de agronegocios sostenibles), capacidades técnicas (cultivo, establecimiento, cosecha), capacidades empresariales (costos de cultivo, valor agregado, procesos y modelos de negocios) y colaboración en la cadena (colaboración y perspectivas 2019). A través de estos talleres se pretende adquirir diversas herramientas para diseñar el modelo de cultivo y de negocio, tanto a nivel de agrupación como de cadena de valor, partiendo siempre del mercado

El desarrollo de estrategias comerciales partió de un estudio de mercado para entender los requerimientos de la demanda a nivel tanto nacional como internacional y se complementó con acercamiento a potenciales clientes en Bogotá y en el Meta. De manera complementaria, se contó con la participación en diversos espacios comerciales como las Ferias Alimentec, Chocoshow, Expocacao y Expocafé.

En el frente de trabajo de divulgación, se desarrolló una página web (www.masmeta.co) con el propósito de comunicar noticias del proyecto, servir como canal comercial de las agrupaciones y como repositorio del material impartido en los talleres. Cabe destacar que durante el año 2018 se avanzó especialmente en los cuatro primeros frentes de trabajo, sin embargo, durante el año 2019 se espera iniciar con el frente de trabajo de formulación e implementación de proyectos colectivos que se derivan del modelo de negocio diseñado, así como continuar con el desarrollo de estrategias comerciales y de divulgación.

[5] Las variables de análisis en la selección de las agrupaciones fueron medidas en dos dimensiones: productividad (área sembrada, rendimientos por hectárea) y acceso a mercados (tipo de cliente, actividades en la cadena de valor).

AVANCES DEL MODELO MAS PARA LA CADENA DE PLÁTANO

Como resultado del diagnóstico, se mapearon un total de 12 asociaciones de plátano en ubicadas en 3 de los 10 municipios del área de influencia: Granada, El Castillo, Fuente de Oro. Del total de asociaciones mapeadas, 10 de ellas accedieron a participar en el proyecto MAS Meta, abarcando un total de 392 socios y 400 hectáreas sembradas de plátano. La mayoría de ellas, se dedica a la producción de plátano fresco, con un rendimiento promedio por hectárea de 18,9 toneladas y con una comercialización a los intermediarios únicamente. Solo una de las asociaciones, Asodeleite, se dedica a la transformación del plátano en tostones y licor, con ventas esporádicas en los mercados campesinos.

Durante la etapa de fortalecimiento de capacidades y colaboración en la cadena, se realizaron un total de 11 talleres en donde las asociaciones de plátano mantuvieron una asistencia promedio del 75%, equivalente a 30 productores y 8 agrupaciones por taller (Figura 4). A lo largo de 8 meses, se diseñaron 9 modelos de agronegocio de cara a las condiciones edafoclimáticas de siembra de plátano en la región y a los requisitos de la demanda del mercado. Se resaltan propuestas de valor orientadas a la comercialización de plátano fresco variedad hartón (más altos rendimiento en Colombia), sembrado acorde al paquete tecnológico propuesto por Agrosavia, con costos promedios por hectárea de $13 millones CO al año 2018 y orientado a mantener un precio de venta estable con clientes como restaurantes y empresas multinacionales.

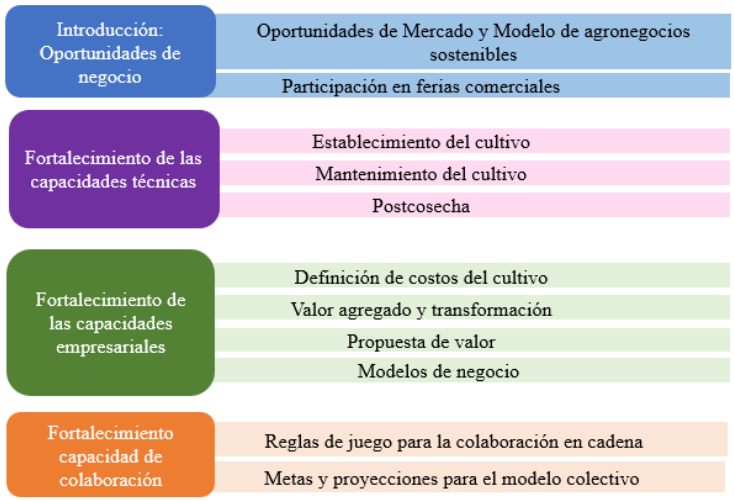


Figura 4. Programa de fortalecimiento de capacidades MAS Meta – 2018

En términos de desarrollo de estrategias comerciales, la cadena de plátano participó en la Feria Alimentec realizada en el mes junio de 2018 y tuvo 2 reuniones con potenciales clientes de plátano fresco en la región: la multinacional de alimentos y bebidas Pepsico y la comercializadora de chips Comestibles Don José. De igual forma, se visitaron más de 5 potenciales clientes en aras de explorar los requerimientos de la demanda (Tabla 2).

Tabla 2. Avance de resultados en el acercamiento a clientes potenciales de la cadena de plátano

Potencial cliente	**Tipo de empresa**	**Requerimientos (calidad y volúmenes de demanda)**	**Precio de compra promedio kg**
Pepsico	Multinacional de bebidas y alimentos	• Calidad segundas • 100 ton/mes	$850
Grupo Takami	Grupo empresarial que agremia a más de 17 restaurantes en Colombia	• Calidad extra • 4.5 ton/mes	$2.700
Hotel Campanario	Hotel en Villavicencio, Meta	• Calidad extra • 50 kg/mes	$3.000
Comestibles Don José	Empresa transformadora de plátano	• Calidad extra • 2.2 ton/mes	$1.100
Amarradero del Mico	Restaurante en Villavicencio, Meta	• Calidad extra • 250kg/mes	$1.600
Metro	Cadena de supermercados	• Calidad segundas • 100 kg/mes	No disponible

Por último, en el foro de divulgación de resultados del año 2018, se contó con la certificación de 25 productores de plátano que asistieron a un mínimo de 7 de 11 talleres (Figura 5). Durante el año 2019, el programa MAS Meta pretende continuar aportando a la transformación productiva de las cuatro cadenas de cacao, café, plátano y maracuyá en diez municipios del Meta. Se estará trabajando en la formulación e implementación de proyectos colectivos provenientes del diseño de los modelos de negocios.



Figura 5. Certificación de productores en programa de fortalecimiento de capacidades MAS Meta – 2018. Fuente: Uniandes-Agrosavia.

Esta formulación e implementación de proyectos, le permitirá a las 26 agrupaciones certificadas durante el 2018, seguir consolidando la visión de agronegocios en la región con proyectos orientados a aportar al mejoramiento de la productividad en términos de volúmenes y calidad, mejorar el cumplimiento de los requisitos sanitarios en los procesos de transformación y seguir promoviendo la gestión estratégica de los agronegocios orientados a la conexión de mercados con valor agregado y el manejo gerencial de las asociaciones y sus actividades.

CONCLUSIONES

El modelo productivo de plátano para los Llanos Orientales es la consolidación de diferentes procesos de investigación y validación de tecnologías en la región que permite entregar a los agricultores y asistentes técnicos, experiencias y lecciones aprendidas para la mejora del sistema productivo en la región, las cuales deben ser articuladas con programas de fomento y desarrollo empresarial para buscar alternativas productivas y diversificación de la economía regional.

El Modelo de Agronegocios Sostenibles (MAS) aplicado a la cadena de plátano se integra de manera eficiente con los trabajos técnicos realizados en el sistema productivo, en el caso piloto adoptado, ha permitido generar modelos de negocio en los cuales se fortalece las capacidades técnicas, empresariales y de colaboración, para lograr encadenamientos productivos, mejores canales de comercialización y valor agregado a la producción primaria, lo cual es un gran avance para la región de los Llanos Orientales en la cadena del plátano.

Por último, es relevante definir bajo qué escenarios MAS es aprovechable, si bien el potencial de escalar el modelo es significativo, se deben tener en cuenta los prerequisitos que de las cadenas a intervenir. Tendría poco sentido aplicar el MAS a cadenas agrícolas de productos de baja calidad y rendimiento, provenientes de material vegetal, sin ningún desarrollo tecnológico, sin una lógica de procesamiento, así sea incipiente, y sin señales de organización. Estos cultivos criollos obtendrían mayores beneficios de una aplicación previa enfocada en la investigación científica para el mejoramiento del material vegetal, el fortalecimiento de capacidades mínimas de manejo de cultivo y acercamiento a esquemas organizativos.

En síntesis, el modelo MAS es replicable en cadenas de suministro cuyos productos tengan potencial de valor agregado y diferenciación de calidad, provenientes de cultivos manejados con un mínimo de criterios técnicos y administrativos, derivados de variedades y material

vegetal acorde con la demanda del mercado, que cuenten con un desarrollo incipiente en transformación y hayan explorado esquemas de colaboración y organización.

LITERATURA CITADA

Casanova, F; L. Ramírez; F. Solorio. 2007. Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. Universidad Colima, México. Revista Avances en Investigación Agropecuaria. 11 (3):47-52

Evaluaciones Agropecuarias. 2017. Estadísticas. Agronet- Minagricultura. Disponible en http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx

Gobernación del departamento del Meta. Tomado de: http://www.meta.gov.co/web/content/nuestro-departamento. Consultado el 25 de febrero de 2019.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2014. *Manejo de suelos colombianos*. Bogotá, Colombia. 321 p.

Rippstein, G., Escobar, G., & Motta, F. (eds.). (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55153/agroecologia_y_biodiversidad.pdf?sequence=1

Rodríguez Yzquierdo, G.A; Becerra Campiño, J.J; Betancourt Vázquez, M; Miranda Salas T.C; Alzate Henao, S.V; Pisco Ortíz Y.C; Sandoval Contreras H.A. 2018. *Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). 280 p.

Rodríguez Yzquierdo, G.A; Becerra Campiño, J.J; Betancourt Vázquez, M; Miranda Salas T.C; Alzate Henao, S.V. 2019. *Tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). 111 p. (en prensa)

Vélez, L; J. Clavijo; G. Ligaretto. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo de maíz (*Zea mays* L)-frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L). Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín. 60 (2): 3965-3984.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, ACUÍCOLAS Y PESQUERAS A.C.

ITBOCA

SISTEMAS, TECNOLOGÌAS E INFORMÀTICA,AUTOMATIZACIÒN Y CONTROL



EVALUACIÓN FOTOCATALÍTICA DE LOS MÉTODOS FOTO-QUÍMICOS PARA LA REMOCIÓN DE NÍQUEL, EN AGUAS RESIDUALES

OLAYA PIRENE CASTELLANOS ONORIO[1], MARIO DÍAZ GONZÁLEZ[2], MIGUEL ÀNGEL LÓPEZ RAMÍREZ[3], MARÌA DEL CARMEN JIMENEZ BARRADAS[4]; IRIDIAN MELGAREJO RIVEROLL[5].

RESUMEN

En México anualmente la industria genera alrededor de 160 m^3/s de aguas residuales, de estas únicamente el 13% son tratadas con diferentes tratamientos (físicos, químicos y biológicos) enfocados a la eliminación de la materia orgánica sin considerar el abatimiento de la toxicidad. Independientemente de la evidente necesidad del tratamiento de las aguas residuales con fines ecológicos, para México es de vital importancia tratar las aguas residuales industriales con fines de reúso. El presente trabajo tiene como finalidad evaluar la eficiencia de remoción de níquel por métodos fotoquímicos.

Por ello es necesario encontrar y aplicar métodos más eficientes para la remoción de metales pesados, como el níquel de los efluentes industriales. Se realizaron dos tratamientos el óxido-reducción Fenton y Foto-Fenton, con las mismas relaciones de Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) y Sulfato Ferroso ($FeSO_4$) en distintas condiciones acidas para determinar los valores óptimos de pH. Las condiciones óptimas del proceso de oxidación fenton fueron: Tiempo de contacto 1 hora, valor de pH igual a 4, concentraciones de H_2O_2 de 500 mg/L y de Fe^{+2} de 150 mg/L. El porcentaje de eficiencia de remoción para el tratamiento con fenton fue de 50%. Las condiciones óptimas del proceso de oxidación foto-fenton fueron: Tiempo de contacto 1

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río.
[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
[5] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

hora, valor de pH igual a 2, concentraciones de H_2O_2 de 500 mg/L y de Fe^{+2} de 150 mg/L. El porcentaje de eficiencia de remoción fue de 83.33%.

PALABRAS CLAVE: Fenton, Foto-Fenton, Remoción

INTRODUCCIÓN

Tan solo "en las industrias metal-mecánicas la presencia de metales pesados se considera uno de los mayores contribuyentes de contaminación" (Kemmer, 1989). Estas sustancias tóxicas tienden a persistir indefinidamente en el medio ambiente, comprometiendo el bienestar y equilibrio no solo de la fauna y la flora existente en dicho ecosistema sino también la salud de las personas residentes en las comunidades aledañas, mediante su acumulación e ingreso a la cadena trófica (García, 2011) .

Una de las materias primas que se utilizan en la producción de acero inoxidable es el níquel, y el principal consumidor de acero inoxidable en nuestro país es el sector automotriz quien lo utiliza para fabricar diferentes componentes de automóviles. México es uno de los principales centros de manufactura automotriz con más de 80 de las 100 empresas líderes de autopartes a escala mundial. La ubicación de estas empresas se distribuye en las regiones noreste, noroeste, sureste y centro.

Debido a lo anterior, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar la eficiencia de los métodos fenton y foto-fenton, para la remoción de níquel de aguas residuales de las industrias, dichos métodos son variaciones del método fenton el cual es un proceso de oxidación que ha probado ser eficiente para la eliminación de la materia orgánica o su transformación en compuestos más biodegradables y que consiste en tratar la carga contaminante con una combinación de peróxido de hidrogeno H_2O_2 y sulfato ferroso $FeSO_4$. La reacción de Fenton fue reportada por primera vez por el químico H. J. H. Fenton (Fenton, 1894), quien descubrió la oxidación de varias moléculas orgánicas en solución por el agregado simultáneo de un catalizador de hierro soluble en agua y peróxido de hidrógeno.

La reacción se comprobó en diferentes rangos de pH, sin necesidad de recurrir a altas presiones o temperaturas, y utilizando equipamiento convencional, lo que supuso disminuciones importantes en los tiempos y costos de algunos procesos de tratamiento utilizados hasta entonces.

Los diversos estudios realizados para el tratamiento de aguas residuales han mostrado que el reactivo de Fenton resulta efectivo para obtener aguas tratadas de calidad adecuada (Brillas, 2006; Brillas, 2004; Brillas, 2000; Nesheiwat, Swanson, 2000), ya que éste se encarga de degradar los compuestos orgánicos presentes en ellas, llevando a los contaminantes hasta sus constituyentes más elementales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de los métodos fenton y foto-fenton para la remoción de Níquel de aguas residuales

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la eficiencia de remoción de níquel por el método fenton.
- Evaluar la eficiencia de remoción de níquel por el método foto-fenton.
- Evaluar la influencia de pH en la remoción de níquel.

MATERIAL Y MÉTODO

REACTIVOS

- Sulfato de níquel hexahidratado, marca Sigma grado analítico
- Reactivo Fenton: Sulfato ferroso (marca Meyer grado analítico), disuelto en peróxido de hidrógeno (marca Golden Bell grado analítico) y se agitó gradualmente hasta obtener una sustancia homogénea. (En cada agitación, destapar pues es una reacción exotérmica espontánea, se recomienda usar guantes de asbesto y cubre bocas).
- Reactivo indicador en polvo (código 937 26-0) necesario para realizar el análisis de la concentración de níquel en el Fotómetro Multiparamétrico marca Hanna.

EQUIPOS

Balanza analítica Adam Equipment serie PW modelo 254 para realizar funciones de pesaje de los reactivos a utilizar, dicho equipo cuenta con una capacidad máxima de 250g y una precisión de 0.0001g.

Agitador Thermolyne Cimarec 2 con placa de calentamiento modelo SP46925, es un dispositivo de calentamiento y agitación de uso general para procedimientos de laboratorio que requieren temperaturas de 150 ° C a 538 ° C y capacidad de agitación de 100 a 1000 rpm. El peso bruto de los artículos colocados encima de la placa no debe exceder las 25 lb (11.4 kg), sin embargo el uso de este dispositivo será solo con fines de agitación.

HANNA multiparamétrico: pH/ ORP/Conductividad/TDS/ NaCl y temperatura. Para la medición del pH este instrumento tiene un rango de 2.0 a 16.0; para la lectura de conductividad esta equipo puede leer entre un rango de 0.00 hasta 500.0 mS/cm y para la temperatura su rango de detección es de -20.0 a 120 °C.

Campana de extracción marca Becomar que cuenta con la radiación de luz ultravioleta.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se elaboró una muestra sintética en el laboratorio de química analítica del Instituto Tecnológico De Veracruz utilizando 0.268 g de sulfato de níquel hexahidratado ($NiSO_4 + 6 \cdot H_2O$) para una concentración de 60ppm.

Se tomaron alícuotas de 250 ml en vasos de precipitado de la muestra preparada anteriormente, para ser sometida a los tratamientos, en cada una de ellas se midió la concentración de níquel utilizando el fotómetro multiparametrico, posteriormente se ajustó pH inicial de dichas muestras, el cual generalmente tenían una valor de 8.7, a 2, 3 o 4 dependiendo el caso, para ello se le adicionó cuidadosamente ácido sulfúrico H_2SO_4 .

Una vez ajustado el pH al deseado se procedió a adicionar el reactivo fenton el cual es una reacción entre Sulfato Ferroso ($FeSO_4$) Y Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), dichas sustancias se adicionaron en base a las siguientes relaciones:

- $FeSO_4$ 150 mg/L + H_2O_2 500 mg/L

Para 250 mL de solución se requirieron 37.5 mg de FeSO4 y 0.125 mL de Peróxido De Hidrógeno H2O2.

Cuando se tuvieron listas las muestras con el reactivo fenton, cada alícuota se colocó en un termoagitador a 600 rpm con la finalidad de que la mezcla fuera homogénea, sin embargo para el tratamiento con foto-fenton se colocó bajo la luz de rayos uv/ ultravioleta utilizando una campana de extracción. Ambos tratamientos se efectuaron en un tiempo de 60 minutos, de los cuales se tomaron muestras de 10 mL cada 30 minutos para evaluación de concentración del níquel.

La medición de la concentración de níquel se utilizó el fotómetro Hanna (modelo), sometidos a exposiciones de luz ultravioleta en rango (buscar rango) durante 30 y 60 minutos

RESULTADOS

Considerando el desarrollo experimental foto-químico, para el pH=2; la concentración de níquel disminuyó de 60 ppm hasta 10 ppm en un tiempo de retención de 60 minutos, tal como se muestra en la Fig.1. Para este tratamiento, el método foto-fenton fue el que mostró cinéticamente una remoción del 85% tal como se muestra en la Fig.2.

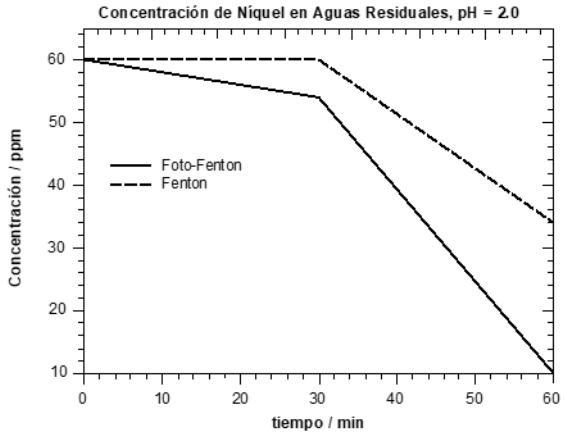


Figura 1. Reducción de níquel en agua residual.

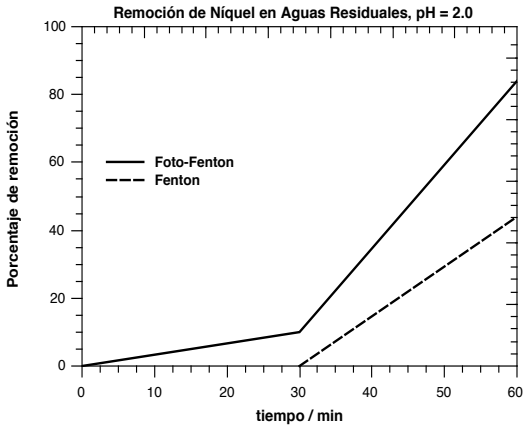


Figura 2. Efecto de los tratamientos fotoquímicos, en la remoción de níquel.

DISCUSIÓN

Dentro de el desarrollo de esta investigación, la única diferencia entre el método químico tradicional Fenton y el fotoquímico, es la presencia de la luz UV que acelera la reacción de los radicales ·OH y OH_2 quienes reaccionan directamente precipitando la materia orgánica con mayor eficiencia, tal como lo demostró anteriormente Pignatello *et al.*, desde 2006.

CONCLUSIÓN

El presente trabajo demuestra que el máximo rendimiento alcanzado en la remoción de níquel, fue usando el tratamiento foto-químico, logrando un 85 % desde el inicio de la reacción, hasta un tiempo de retención de 60 minutos.

Sin embargo, el tratamiento convencional de Fenton muestra que el inicio de la remoción de níquel inicia a partir 30 minutos de retención y alcanza un máximo de remoción (60 minutos) con tan sólo 45% de remoción.

LITERATURA CITADA

Brillas, E.; Boye, B.; Sirés, I.; Garrido, J. A.; Rodríguez, R. M.; Arias, C.; Cabot, P. L.; Comninellis, C., (2004). Electrochemical destruction of chlorophenoxy herbicides by anodic oxidation and electro-Fenton using a boron-doped diamond electrode. Electrochimica Acta, 49, 4487-4496

Brillas, E.; Calpe, J.; Casado, J., (2000). Mineralization of 2, 4-D by advanced electrochemical oxidation processes. Water Research, 2253-2262.

Brillas, E.; Flox, Cristina ; Ammar, Salah; Arias, Conchita; Vargas-Zavala, Aída V; Abdelhedi, Ridha, (2006). Electro-Fenton and photoelectro-Fenton degradation of indigo carmine in acidic aqueous medium. Applied Catalysis B: Environmental, 67, 93–104.

Buitrón Mendez, G., Moreno Rodríguez, G., & Moreno Perez, J. A. (2006). Tratamiento de aguas en zonas industriales, urbanas y rurales. Obtenido de http://proyectos2.iingen.unam.mx/Proyectos_2005_2006/07/7.2.13.pdf

Fenton, H. J. (1894). Oxidation of tartaric acid in presence of iron. Journal of Chemical Society, 899-910

García Villegas, V. R., Yipmantin Ojeda, A. G., Guzmán Lezama, E. G., Pumachagua Huertas, R., & Maldonado García, H. J. (2011). Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810634X2011000300002&script=sci_arttext

Kemmer, F. (1989). Manual del Agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones 2da Edición, Volumen III. Ciudad de México: McGraw-Hill.

Pignatello, J. J., Oliveros, E., & MacKay, A. (2006). Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the Fenton reaction and related chemistry. *Critical reviews in environmental science and technology*, *36*(1), 1-84.

Nesheiwat, Fares K.; Swanson, Andy G., (April 2000). Clean Contaminated Sites Using Fenton's Reagent. Chemical Engineering Progress

IMPORTANCIA DE LA INDUCCIÓN LABORAL BAJO EL MODELO DE GAMIFICACIÓN

ANGELICA DEL CARMEN LÓPEZ TOTO[1], GUADALUPE SANTILLÁN FERREIRA[2], OSCAR LUIS PEÑA VALERIO[3], MARÍA DE CARMEN DE JESÚS GONZÁLEZ MARTÍNEZ[4].

RESUMEN

Durante los últimos años hemos visto como el término "gamificación" ha estado convirtiéndose en una nueva tendencia de cómo vincular mecánicas de juego con otras áreas del conocimiento, en este caso, para obtener una mejora considerable dentro del proceso de inducción en el ITSAV. Con el objetivo de tener claro lo que involucra este término, se incluye en el presente artículo una sección que lo define y el alcance que puede tener al ser aplicado en algún proceso o actividad.

Por tal razón, esta investigación pretende señalar la importancia de la inducción, lo que permite brindar una panorámica del estado actual de cómo se lleva a cabo el mismo, a la vez que presenta la conceptualización para generar el modelo basado en gamificación del proceso de inducción dentro del ITSAV y la con miras a generar un prototipo basado en estas mecánicas de juego.

PALABRAS CLAVE: 1 Modelo, gamificación, proceso, inducción, mecánica de juego

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México. mtra.angelica_itsav@hotmail.com

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México, lupita_marzo@hotmail.com

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México, olpv@hotmail.com

[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México. ouvierth2@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El proceso de inducción en el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)[4] tiene como objetivo primordial, en el caso de los colaboradores como el personal administrativo, docente e investigadores es sensibilizarlos y que internalicen la identidad corporativa a través del conocimiento de la misión, visión y estructura organizacional de la institución para la cual laboran. Esto garantizará el desarrollo profesional de los colaboradores, al conocer las normas, derechos y deberes que recoge el reglamento interno del Tecnológico.

En el caso del estudiantado, el objetivo es instruirlos sobre datos de relevancia que deben conocer para su adecuado desenvolvimiento dentro del Tecnológico.

GAMIFICACIÓN: ¿QUÉ ES?

Se sabe que para muchos el concepto “gamificación” no es conocido o quizás simplemente han escuchado el término pero no dan con su significado. En tal sentido, podemos decir que “Gamificación es aplicar estrategias, mecánicas y reglas de juegos y videojuegos en entornos no jugables, cotidianos [3]”. Dicho en otras palabras, gamificación es la manera en cómo aplicamos técnicas utilizadas en los videojuegos a las actividades de la vida diaria motivando y cambiando el comportamiento de las personas para lograr un beneficio en particular.

La gamificación es la aplicación de dinámicas de juego a contenidos educativos, formativos, promocionales o informativos.

Las dinámicas y mecánicas de gamificación se basan en un sistema de recompensas, desafíos y retos que despiertan el interés del usuario y potencian su participación, vinculación, concentración y fidelización, convirtiéndolo en una forma idónea de transmitir un mensaje con éxito y de evaluar conocimientos, competencias y habilidades. Karl M. Kapp, (2012). [2]

Es por ello que, en la actualidad, se puede observar como las empresas u organizaciones ven en la gamificación una nueva forma para reclutar, formar y mejorar el rendimiento de sus

colaboradores, ya sea a través del uso de un software que por ejemplo les ayude a conocer la empresa donde trabajan y de esta forma familiarizarse con términos, normas u otro tipo de actividad que les ayude a interactuar con su ambiente laboral y poder generar lo que toda empresa busca, es decir, productividad. Es importante entonces tener en cuenta qué tipo de gamificación debemos utilizar a la hora de aplicarlo en nuestro ambiente u organización ya que, no es sólo aplicar mecánica de juegos y observar qué resultados nos genera, sino saber planificar qué tipo de estrategias y acciones adecuadas debemos emplear a la hora de gamificar, lo cual permitirá conocer las posibles ventajas y evitar en lo que se pueda, errores en el camino.

Es importante resaltar el hecho de que por medio de gamificación se combinan tres (3) factores claves, los cuales hacen que las actividades sean más atractivas, participativas y divertidas:

• **Los Retos.** Se originan al proponerse metas para conseguir los objetivos que pretendemos alcanzar.

• **Los Logros.** Al conseguirlos, no está demás ofrecer un premio como recompensa a la ardua labor realizada.

• **La Colaboración.** Es un hecho de que dependemos en muchos casos del trabajo en equipo para conseguir el éxito deseado en beneficio de una entidad u organización.

¿POR QUÉ USAR GAMIFICACIÓN?

Luego de haber dejado claro el concepto que nos atañe, podemos hacernos la siguiente interrogante: ¿por qué usar gamificación? Y la respuesta que podemos ofrecer es que la gamificación es la técnica que mejor se ha utilizado en los últimos años para lograr un aprendizaje significativo y cambio de costumbres en los seres humanos. Esta aseveración nos hace remontamos a nuestra niñez, en donde al jugar lográbamos centrar nuestro interés en factores interesantes como lo son: el aprendizaje, la diversión y la motivación. Haciendo una

analogía con la vida diaria, estos factores pueden ayudarnos a la consecución de muchos de los objetivos que nos tracemos en nuestras vidas.

Un ejemplo claro de esto podemos observarlo en los creadores de los videojuegos, para los cuales, el uso de las mecánicas de juego motiva comportamientos que permiten vivir situaciones que son divertidas y gratificantes, provocando en la mayoría de los casos, un aprendizaje al conseguir alcanzar las metas y superar los retos impuestos.

De esa manera podemos decir que el objetivo general de la gamificación es atraer a los colaboradores, candidatos o consumidores a participar, compartir e interactuar en alguna actividad o comunidad, logrando de esta forma cumplir los objetivos trazados de una organización.

Por último, apostamos por la gamificación porque creemos que mediante el uso de mecánicas y dinámicas de juego se están obteniendo resultados positivos en las organizaciones, portales web y demás entidades. De igual forma, se obtienen grandes éxitos y reconocimientos al aplicarlos a las personas ya que se consigue realmente el deseo de involucrarlas y despertar el compromiso por parte de los miembros de dichas entidades. Entendemos que para lograr un verdadero avance en proyectos en donde se utilizan estas técnicas de ludificación, necesitamos obtener de parte de los participantes un verdadero espíritu de enganche y de fidelidad para de esta forma, mantenerlos concentrados en apoyarnos de forma voluntaria y lograr la consecución de la meta real, la implementación de gamificación en el proceso de inducción del ITSAV.

ESTADO DEL ARTE DEL PROCESO DE INDUCCIÓN EN EL ITSAV

A través del tiempo, la inducción ha sido el proceso de brindarles a los colaboradores de una empresa u organización la información básica sobre los antecedentes de la misma, lo cual les permitirá realizar sus actividades de manera satisfactoria.

En tal sentido, se observa que el proceso de inducción dentro del ITSAV se realiza a través de charlas que brinda el personal de Recursos Humanos a los nuevos colaboradores como

son el personal administrativo y el Dpto. de Desarrollo Académico al personal docente o investigadores; estas charlas se brindan dos (2) veces al año y en la mayoría de las veces resultan un tanto tediosas, debido al hecho de que el personal que las imparte es de carácter informativo, lo que no trasmite la animosidad necesaria para poder generar en los colaboradores el deseo de conocer a fondo la organización para la cual trabajan y provocar el sentido de pertinencia necesario para la consecución de la misión y visión de esta casa de estudios. Este proceso impacta y es de gran importancia dentro del Sistema de Gestión de Calidad Norma ISO 9001:2008, ya que dentro de la encuesta de servicio código: TecNM/D-CA-PO-002-02 Revisión: 11, se muestra la retroalimentación sobre las áreas de oportunidad de cada proceso calificado, lo que permite fortalecer el seguimiento para el buen desempeño de los colaboradores brindando buenos resultados y un servicio de calidad en todas las áreas de la estructura organizacional del ITSAV

En el caso del estudiantado, es muy poca la información que se les brinda en relación con la administración del ITSAV, dando como resultado que posean poco conocimiento acerca de la institución donde realizan sus estudios. Por lo general, conocen del Tecnológico donde estudian y las autoridades más relevantes de la misma.

Ahora bien, esto no indica que no se estén realizando esfuerzos con el objetivo de fomentar el conocimiento de la administración y de que se aumente el sentido de pertinencia por parte de toda la comunidad que conforma el ITSAV. Para avalar esto, podemos mencionar que es necesario crear un Kiosko informativo interactivo, el cual buscara, a través de pantallas interactivas, informar sobre las diversas unidades que conforman el Tecnológico y su ubicación dentro de la misma, creando interés en el estudiantado, por conocer un poco más sobre la entidad donde realizan sus estudios. Por lo tanto es importante mencionar que la aplicación de un panel interactivo permitirá en animar el proceso de inducción tanto de los colaboradores como del estudiantado, brindando así mayor información.

La situación antes presentada nos lleva a aseverar que de una u otra manera, es común que las personas estén, sin darse cuenta, aplicando la gamificación en las diversas actividades que llevan a cabo. Con el simple hecho de realizar algún tipo de actividad relacionada con eventos

comunes de su vida diaria, el sentido de buscar algún tipo de ganancia o premio por realizar una u otra tarea, despierta en ellos el espíritu de ser competitivos, curiosos y a la vez sentirse ganadores del reto afrontado.

En ese camino, se propone utilizar las técnicas de gamificación en diversos entornos y procesos que son utilizados por toda la comunidad que conforma al ITSAV. En lo que atañe a este artículo, el proyecto a proponer será el relacionado con el proceso de inducción, lo cual permitirá, a través del desarrollo de plataformas o entornos interactivos en la web, el impulso de la interacción social y la competitividad.

¿CÓMO APLICAR GAMIFICACIÓN EN EL PROCESO DE INDUCCIÓN DEL ITSAV?

Analizando los puntos que conlleva todo proceso de inducción en una empresa u organización, consideramos oportuno elaborar un plan a seguir para poder esquematizar, de forma gráfica, todos los elementos que se deben tomar en cuenta, para así poder desarrollar un prototipo a seguir, lo cual permitirá llevar a cabo la secuencia lógica de cada uno de los procesos que lleva a cabo el ITSAV, permitiendo de esta manera la fácil adquisición de los conocimientos por parte de la comunidad que la conforma.

DE LO RUTINARIO A LO INNOVADOR

Como hemos visto a lo largo de este artículo, el proceso de inducción que en la actualidad se lleva a cabo en el ITSAV, no es significativo ni garantiza la adquisición del conocimiento por parte de aquellos que así lo requieran; por lo que creemos conveniente el desarrollo de una plataforma que permita aplicar las técnicas de gamificación con el objetivo de innovar y permitir a la mayor cantidad de personas, el acceso a la información a través de un sistema de recompensas que incluya logros, bonificaciones o puntos por lograr alcanzar metas o cumplir retos, en base al dominio de la misma. Para ello, consideramos oportuno crear

directrices concretas sobre el diseño del proceso de inducción y de cómo se aplicarán las técnicas de gamificación para obtener un mejor resultado. En tal sentido, se deberán listar los puntos más importantes que debe conocer la comunidad ITSAV para de esa manera ir definiendo roles, metas y retos a cumplir, así como las premiaciones que obtendrán a la hora de cumplir las mismas.

¿A DÓNDE QUEREMOS LLEGAR?

Esta iniciativa busca promover el uso de las técnicas de gamificación en los diversos procesos que lleva a cabo el ITSAV, con el objetivo primordial de acrecentar su uso entre la comunidad que la conforma y puedan de esta manera, recibir una adecuada inducción que favorezca su integración de manera rápida y efectiva.

NUESTRA PROPUESTA

Basados en lo antes descrito, consideramos oportuno definir una serie de pasos que nos permitan elaborar un prototipo que sirva de referencia para el producto final que es, aplicar las técnicas de gamificación en los procesos que lleva a cabo el ITSAV, tal como se observa en la Fig. 1.

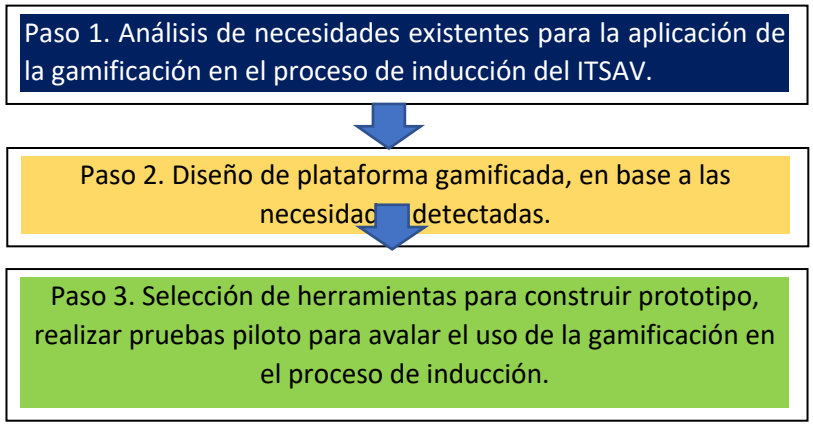


Figura 1. Pasos para la aplicación de un prototipo aplicando la gamificación.

Ahora bien, pensando en la forma en que podríamos aplicar estas técnicas de la mejor manera, hemos diseñado el siguiente diagrama (Ver Fig. 2), el cual permitirá observar los dos grandes bloques que buscamos abarcar a la hora de aplicar la gamificación en el proceso de inducción del ITSAV

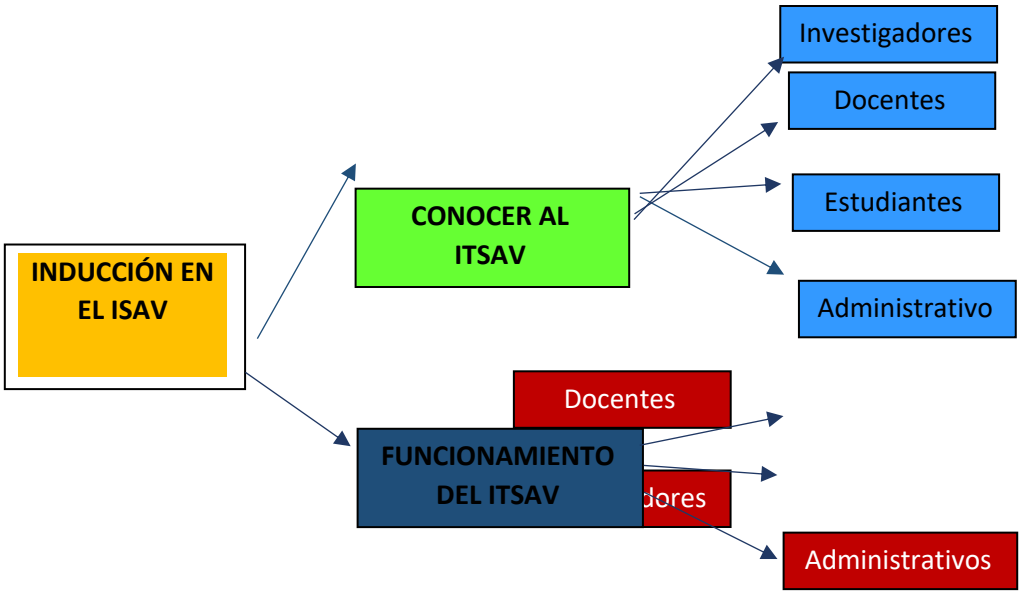


Figura 2. Bloques a gamificar dentro del proceso de inducción del ITSAV.

En base al diagrama propuesto, en la Tabla 1 procedemos a explicar lo que abarca cada bloque y a quienes está dirigido.

Tabla 1. Descripción de los bloques a gamificar dentro del proceso de inducción en el ITSAV.

PROCESO	BLOQUE	DESCRIPCIÓN
Inducción al ITSAV	Conocer al ITSAV	Este bloque está dirigido a todos los miembros de la comunidad ITSAV, entre los cuales podemos mencionar: estudiantes, docentes, investigadores y administrativos; y tiene como objetivo primordial informar sobre la misión, visión y objetivos generales y específicos del ITSAV. De igual forma, busca de manera general, brindar información relacionada con la estructura organizacional de la institución, principales autoridades que la administran, principales servicios que brinda y las ubicaciones donde se pueden solicitar.
Inducción al ITSAV	Funcionamiento Del ITSAV	A este bloque sólo podrán acceder los docentes, investigadores y administrativos del ITSAV, ya que en él se abarcarán temas que se relacionan con el funcionamiento interno de la institución, tales como: procesos generales relacionados con la gestión de recursos humanos, académicos, de planeación, vinculación, investigación, entre otros.

Una vez definidos los bloques que conformarían el proceso de inducción, debemos hacernos las siguientes preguntas: de qué forma y qué mecánicas de juego aplicaremos para llevar a cabo este prototipo, con el único propósito de sumar éstas para llamar la atención y las acciones de los miembros del ITSAV y lograr que adquieran el conocimiento.

Tomando como referencia y lo señala Valera, J (2013) lo primero que debemos saber es que una mecánica de juego no es más que, definir los elementos o componentes habituales que vemos en los videojuegos como lo son: puntos, medallas, ranking, logros, niveles, trofeos, entre otros, los cuales son habituales para desarrollar determinados comportamientos en nuestros usuarios del proyecto a realizar y establecer reglas al inicio y al final de la construcción o elaboración de un sistema, en este caso, una plataforma de inducción basada en gamificación [6].

La idea que nos surge entonces es la siguiente, ¿De qué manera aplicamos esos elementos o qué componentes de los listados serán los adecuados para definir la propuesta? y la respuesta es simple, realizar un sondeo de la población que estamos manejando y de esta forma,

conocer qué componentes les resulta entretenidos y cuáles aburridos y así, ir armando un modelo de gamificación que nos apoye en la realización del prototipo por el cual pretendemos obtener un resultado de este escrito.

En ese sentido, en la Tabla 2 se detallan las estrategias necesarias a tomar cuenta para lograr el éxito al momento de desarrollar la plataforma:

Tabla 2. Estrategias a seguir para la implementación de la plataforma gamificada.

NÚM	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
1	Establecer metas y extensión de la estrategia a seguir.	Definición de objetivos que se desean cumplir y qué es lo que queremos gamificar?, incluyendo los canales tanto en línea como fuera de línea que se afectarían
2	Determinar la comunidad a la que queremos impactar	Definición de categorías de jugadores que existirán, en virtud de su comportamiento (Ver Fig. 2): ambiciosos, triunfadores, sociables y exploradores [5][6].
3	Determinar la motivación intrínseca de nuestra propuesta	¿Qué motiva al usuario a utilizar la plataforma: el deseo de entretenerse, socializar, obtener estatus o reconocimiento, el compartir con otros, el simple hecho de ganar por ganar, etc., aspectos que toman en cuenta a la hora de entrar al juego?
4	Investigar sobre los hábitos y tendencias que los usuarios están siguiendo	Esta estrategia permitirá que seamos asertivos a la hora de generar el prototipo que proyecte la experiencia de juego adecuada.
5	Iniciar el diseño del Prototipo	Plasmar las experiencias al nivel del proceso de inducción que deseamos sean experimentadas por los miembros de la comunidad ITSAV que utilicen la plataforma.
6	Definir el sistema de juego, los elementos de ambientación que lo rodearán, y las herramientas.	Una vez se cuente con el diseño del prototipo, es necesario darle la forma que requiere en base a las características definidas.
7	Medir la experiencia del usuario	Es entendible que todo no pueda tener la posibilidad de ser “gamificado”, pero eso no quiere decir que no se puedan extraer las metas principales y traducirlas en logros que el miembro de la Comunidad ITSAV experimente de manera divertida.

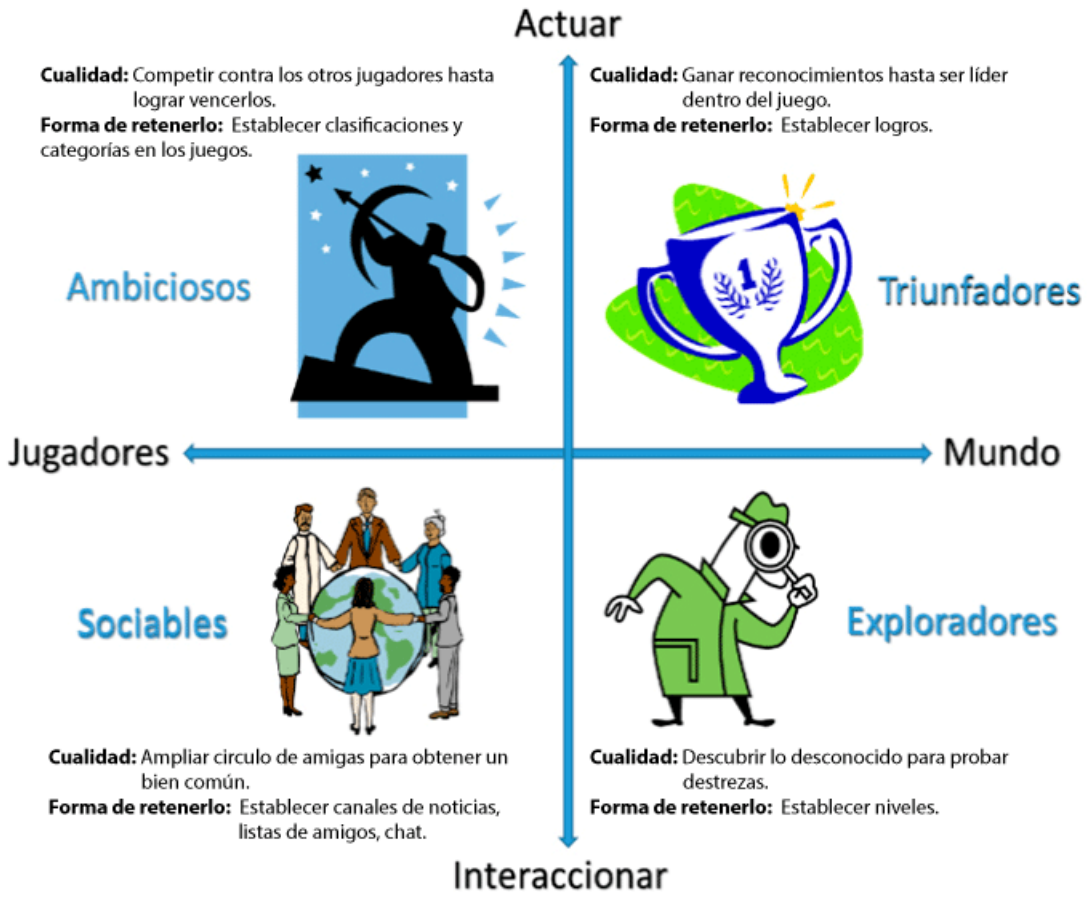


Figura 3. Tipos de Jugadores

RESULTADOS ESPERADOS

Al proponer utilizar técnicas de gamificación dentro del proceso de inducción del ITSAV buscamos obtener los siguientes resultados:

• Capacitar al personal en el área de tecnologías emergentes, tales como gamificación y serious games, para su aplicación en el desarrollo de nuevos modelos de inducción y aprendizaje.

• Proponer proyectos enfocados al área de e-learning dentro de la línea de investigación de tecnologías de la información y comunicación, para la utilización de tecnologías emergentes.

• Establecer lazos de colaboración con otros tecnológicos que realizen investigación en el área de las tecnologías emergentes, para eficientar procesos dentro del Sistema de Calidad y coadyuvar al desarrollo de futuros proyectos de investigación.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La adopción de mecánicas de juego empleando la gamificación como base, nos permite cambiar de una forma positiva y entretenida las actividades rutinarias empleadas en situaciones que para las personas resultan aburridas, convirtiéndolas en algo más motivador e impulsando el trabajo en equipo en muchos casos. Adoptar este tipo de cultura, provoca cambios de comportamiento; entendiendo que para algunos estos cambios pueden resultar inaceptables. En tal sentido, es necesario elaborar una metodología que permita ir mermando los obstáculos que se vayan presentando y de esta manera, ir adecuando a las personas a los nuevos entornos ludificados.

Además, se podrá inducir a más personas y apoyar a los nuevos colaboradores, estudiantes o visitantes, permitiendo de esta manera que su paso, ya sea temporal o permanente, sea tan placentero y confortable en todos los aspectos culturales e informativos relacionados con el ITSAV.

En un futuro no muy lejano, se busca aplicar técnicas de gamificación en otras actividades del ITSAV sin perder el indicador clave que es “culturizar” y motivar la participación de los usuarios en el sistema diseñado, tratando de lograr con esto el mejoramiento del rendimiento de muchas de éstas que actualmente son rutinarias y de naturaleza desmotivadora.

LITERATURA CITADA

Centro de Innovación BBVA: Gamificación¸ el negocio de la diversión. Innovation Edge. https://www.centrodeinnovacionbbva.com/innovation-edge/2-gamificacion (Num. 3, Septiembre 2012). Accedido el 10 de abril de 2014.

Karl M. Kapp, (2012). The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education

Lee, N., Santana G., Martínez, A., Rangel, N.: Kiosco Informativo Interactivo (KINFO-UTP). ciditic.utp.ac.pa/documentos/2013/pdf/Kinfo_UTP.pdf Accedido el 21 de Junio del 2014.

Sitio Web ITSAV: Conocenos al ITSAV. http://www.itsav.edu.mx/conocenos-al-itsav (2018). Accedido el 15 de agosto de 2018

Ramírez, J.L.: Gamificación – Mecánicas de Juegos en tu vida personal y profesional. Editorial SCLIBRO, pp. 27–32 (2014).

Valera, J.: Gamificación en la Empresa – Lo que los videojuegos nos enseñan sobre gestionar personas. Edición 2013, pp. 36-37.

MEDICIÓN DE FLUJO DE CALOR Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DISPOSITIVO COMPENSADOR DE TEMPERATURA

ISRAEL ROBLES HERNÁNDEZ[1] , ISABEL LAGUNES GÓMEZ[2] , ANA MARÍA PÉREZ MALDONADO[3]

RESUMEN

Explicar cómo opera la medición de Flujo de calor (gradiente de temperatura de flujo de calor: elevar o bajar temperatura), en el sistema de control automatizado de temperatura. Este se explicará el funcionamiento del intercambio de calor de un equipo utilizado para el área médica, principalmente en la diálisis ambulatoria continua que es una por enfermedad creciendo en pacientes en los últimos años. en el tratamiento de la Insuficiencia Renal Crónica (IRC) por Diálisis Peritoneal Ambulatoria Continua (DPAC), por el suministro de líquido dializante a temperaturas por debajo de la corporal; se presenta un prototipo de Dispositivo Médico (DM) Activo Terapéutico de uso pasajero, que transforma la corriente eléctrica en energía térmica y realiza la conducción controlada de calor al líquido dializante. Con base en los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio, de monitoreo de temperatura de salida del fluido dializante contrastada con la temperatura de trabajo, se concluye que el DM permite la manipulación de la temperatura a 36 °C con variación de ±1°C; y con base en los resultados de las pruebas de viscosidad, se concluye que posibilita la provisión continua del fluido dializante por diferencial de altura. Estos resultados sitúan al

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. israelrobles2013@gmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. ilagunes@msev.gob.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. anamaria.perez.maldonado87@gmail.com

prototipo en un Nivel de Madurez Tecnológica (TRL'S) validación de concepto (nivel 4) y en etapa de revisión de la aprobación premercadeo (PMA) pre-evaluación.

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) es un serio problema de salud pública [1], [2] que ha alcanzado proporciones epidémicas en centroamérica [3], y figura entre las diez principales causas de muerte en México [4], cuyos altos costos de tratamiento, junto con el incremento en la cantidad de pacientes diagnosticados comprometen la capacidad de respuesta del sistema de salud [5]. Se define como una disminución de la función renal, expresada por un filtrado glomerular (FG) o por un aclaramiento de creatinina estimados < 60 ml/min/1,73 m2, o como la presencia de daño renal de forma persistente durante al menos 3 meses [1]. En su manifestación más avanzada, la Insuficiencia Renal Crónica (IRC) [1], el paciente requiere Terapia de Reemplazo de la función Renal (TRR) para poder vivir [6]. Actualmente, se emplean 3 modalidades de TRR: hemodiálisis, diálisis peritoneal (DP), y el trasplante renal [3].

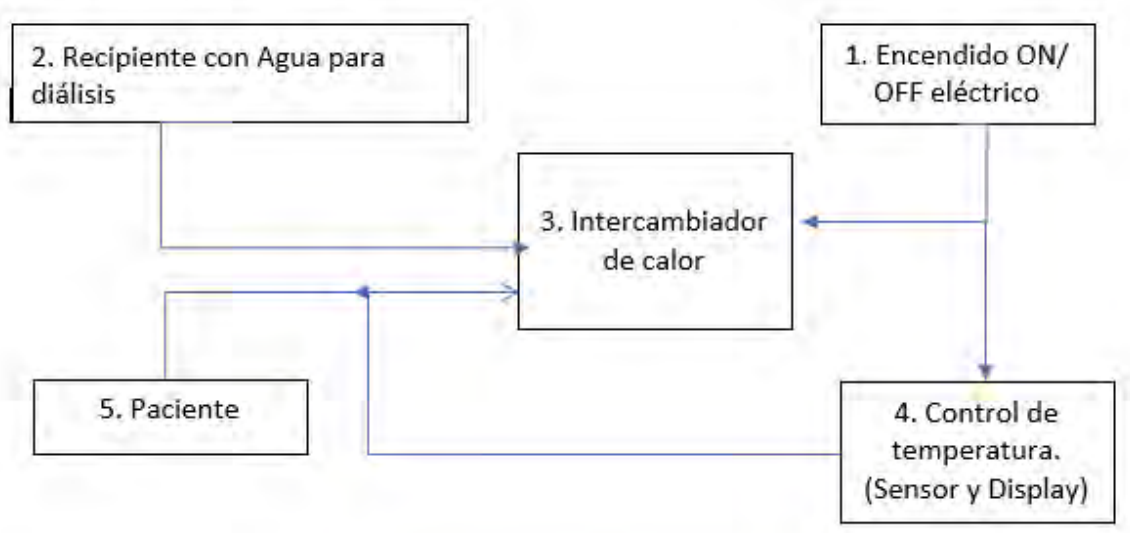
El prototipo desarrollado se define una aplicación de la termodinámica y la transferencia de calor en el área médica. El término termodinámica proviene de las palabras griegas therme (calor) y dynamis (fuerza), y se puede definir como la ciencia de la energía [12]. La transferencia de calor se define como la ciencia que trata de predecir el intercambio de energía entre cuerpos materiales, producto de una diferencia de temperatura, y pretende no solo explicar cómo la energía térmica puede ser transferida, sino también predecir la rapidez con la que, bajo ciertas condiciones específicas, tendrá lugar esa transferencia [13]. A decir de Çengel y Boles [12], la temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas. Cuando colisionan dos moléculas que poseen energías cinéticas distintas, parte de esta energía proveniente de la molécula más energética (mayor temperatura) se transfiere a la de menor energía (menor temperatura) [12]. En otras palabras, la

energía se puede transferir mediante interacciones de un sistema con su alrededor [14].

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE FLUJO DE CALOR.

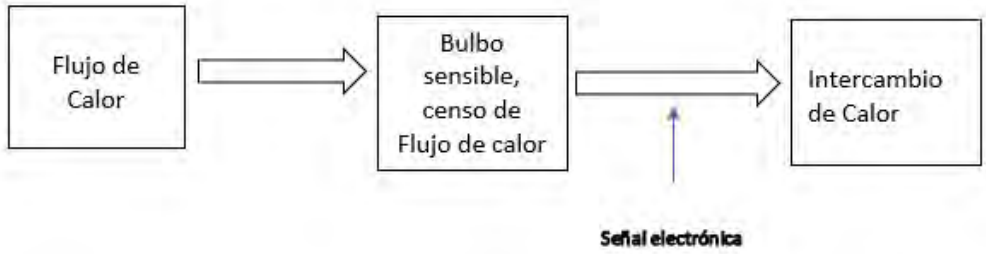
Un sensor de temperatura es un elemento físico capaz de dar una señal física de cambio de la temperatura, que se pretende utilizar en este diseño de máquina es censar y mostrar la temperatura en función del tiempo de uso. Este se muestra en la figura No. 1. Detecta la variable de temperatura en función del flujo de calor. En el espacio físico mostrado como 4. “Control de temperatura”.

Figura No. 1 esquema de diseño propia.



Este elemento consiste en un bulbo sensible elaborado de material de cobre con un elemento para nuestro estudio es mercurio (elemento sensor) dentro de él. Con el cambio de temperatura que detecte serán convertidos en datos para un display. Como se muestra en figura No. 2.

Figura No. 2



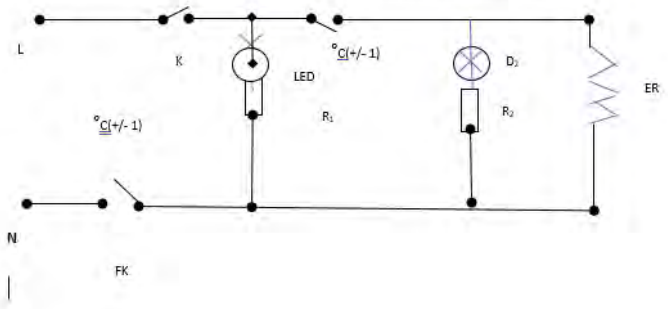
Las características del sensor de flujo se muestran en la figura número 1, es la siguiente:

Tabla No. 1. Características del control de temperatura.

Parametro	Valor
Área	20 cm^2
Rango de Trabajo	85-242 Vca
Rango de entrada	36°C +/- 1%
Respuesta en el Tiempo	0.3 segundos
Sensibilidad	(7.5 -11.5) µV>*(Wm^2) dentro del rango de trabajo. (lineal)
Rango max. temperatura	950 °C
Error	3.0 %

Para entender cómo se conexión den el circuito dentro de la máquina o intercambiador de calor utilizando el elementos eléctrico, para su transformación en energía térmica y esta por sus característica de conducción de calor cederá temperatura al líquido dializante.

Figura 3 . DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONTROL



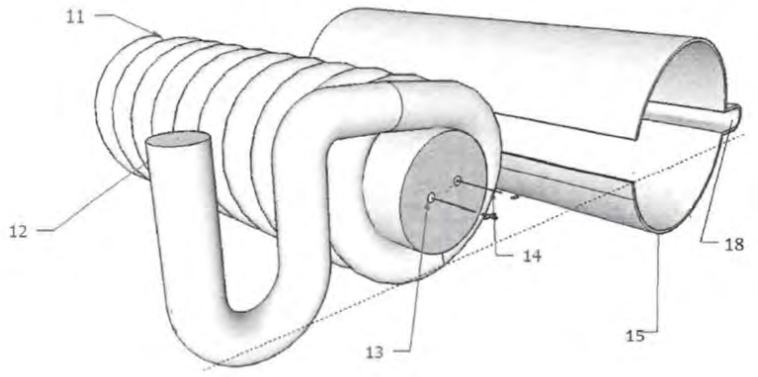
EVALUAR EL DESEMPEÑO DE PROTOTIPO POR EFICIENCIA ENERGÉTICA: RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA TÉRMICA ÚTIL GANADA Y LA ENERGÍA ELÉCTRICA PROPORCIONADA.

CÁLCULOS DEL FLUJO DE CALOR

En la figura 2 se muestra una vista isométrica del interior de la cámara térmica de forma cilíndrica, tipo cartucho, donde se observan: entrada de líquido a cámara térmica (11), salida de líquido de cámara térmica (12), elemento térmico tipo cartucho (13) -que comprende una resistencia eléctrica a 120V recubierta internamente con oxido de magnesio de propiedades térmicas y envuelta por un tubo de acero inoxidable de grado quirúrgico que se enrolla en espiral-, terminales eléctricas del elemento (14), aislador térmico (15) -que evita la pérdida de temperatura, mantiene el cuerpo térmico a temperatura de trabajo, y evita la transferencia al resto de los componentes-, y sensor de temperatura (18).

El funcionamiento de este cuerpo térmico se manipula mediante el control de temperatura (7) (ver imagen 1), y para su protección está contenido por una cubierta de la cámara térmica (9).

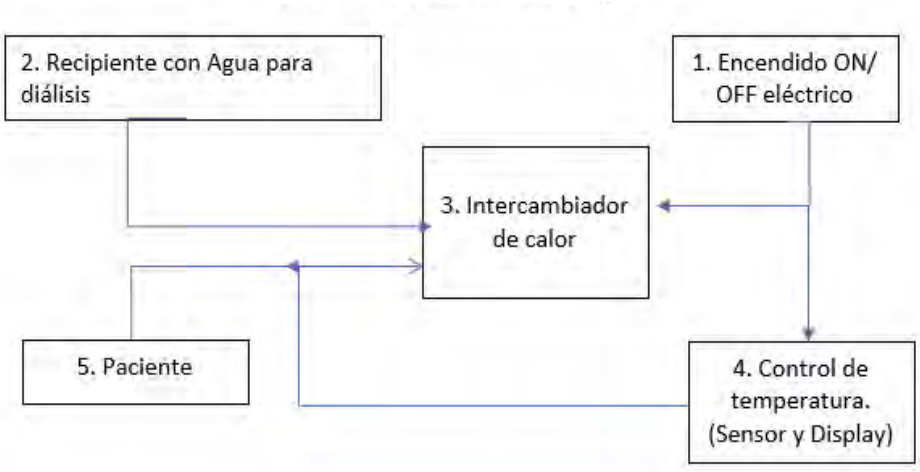
Figura 2: Vista isométrica de la cámara térmica



Fuente: Elaboración propia

La figura 3, muestra el diagrama eléctrico de control del compensador de temperatura. Comprende las siguientes partes: indicador de temperatura de líquido dializante (3), interruptor ON-OFF (4), foco indicador de ON-OFF (5), foco indicador de temperatura (6), control de temperatura variable 0-10-40 °C (7), protector térmico y control eléctrico (8), y elemento térmico tipo cartucho (13). Para el inicio de una innovación de una máquina aplicado en la diálisis peritoneal ambulatoria se explica cómo fluye el calor a través de la máquina, esto es, en la figura número 1 un esquema de sus elementos que lo componen y su funcionamiento.

Figura No. 1 esquema de diseño propia.



En la figura 1. Su funcionamiento es el siguiente de un intercambiador de calor aplicado a una máquina de salud. Que en su inicio (1) Encendido ON/OFF es un encendido para que se fluya la corriente eléctrica a esta máquina, este flujo hasta una resistencia eléctrica, aquí transforma la energía eléctrica en energía térmica. Su transformación de energía es como sigue:

Se considera la corriente nominal de la energía eléctrica de la resistencia tiene las siguientes características de diseño, 120 Volts a monofásico el factor de potencia es 1 a una corriente nominal de 3 amperes, para nuestros cálculos es como sigue. (Curso promotores FIDE 2002). Se considerará que la corriente nominal se refiere a la corriente absorbida operando a plena carga. Que debe cumplir con la ley de Ohm.

$$P = V * I = \frac{I^2}{R} \quad \text{.....Ecuación 1}$$

Donde V es el voltaje en volts *"V"* de suministro dato de placa, I es la corriente nominal en Amperes *"A"*, R es la resistencia eléctrica en Ω del elemento consumidor de la energía, por lo tanto. Aplicando los datos de la resistencia eléctrica utilizada por la máquina tenemos de la ecuación 1:

$$P = 120\,V * 0.75$$

$$P = 90\,W$$

Esta en la potencia proporcionado por la máquina de aquí se demostrará térmicamente que con los mismos watts térmico proporcionado por la máquina al paciente.

De la figura 1, en 3 intercambiador de calor se interpreta como sigue:

Análisis de la cámara térmica

cuerpo térmico tipo cartucho

Figura 3: Datos de operación del prototipo

Temperaturas:	Propiedades del tubo de acero inoxidable:
$T_{entrada}$= 25 °C	Cr=18%, Ni= 8%, K=16.3
T_{salida} = 36°	$\Phi_{interior}$ = 0.9525 cm $\Phi_{exterior}$ = 1.27 cm K= 16.3 W/m-°C

Fuente: Propiedades de los no metales (Holman, 1998, p. 442)

Se considera el intercambiador de calor como un sistema radial de transferencia de calor por conducción, (convección y radiación no se consideran para efectos de la

operación del prototipo ya que su transferencia es nula). Por lo tanto, la transferencia de calor que se optiene del calefactor por unidad de longitud es:

$$\frac{q}{l} = \frac{4\pi k(T_{salida} - T_{entrada})}{\frac{1}{ri} - \frac{1}{re}} \text{.....Ecuación 1}$$

Aplicando los valores en la ecuación, tenemos:

$$\frac{q}{l} = \frac{4\ \pi\ 16.3\ (36°C - 25°C)}{\frac{1}{0.009525} - \frac{1}{0.0127}}$$

$$\frac{q}{l} = 85.8662\ W/m$$

Considerando el espesor crítico de transferencia de calor del prototipo calefactor se consideró conveniente: un aislante de lana mineral envolviendo todo el calefactor para evitar fuga de temperatura a sus alrededores. De esta manera la cámara térmica se utiliza sin riesgo dañar la máquina o su operario.

Las propiedades de la lana mineral de 160.18 kg/cm2, sometida a una temperatura de trabajo de 32 °C, y considerando que cuenta con un coeficiente de conductividad térmica de k= 0.040 W/m°C; requiere 5 cm aproximados de radio de resistencia.

Al no disponer de datos específicos de factor de suciedad de solución dializante, debido a su contenido de sales, se toma como referencia el agua de mar, con un valor de 9x10-5 m2 * ºC/W (Holman, 1998); lo que significa que aunque este fenómeno no afecta el rendimiento de la máquina, considerando 6 a 8 diálisis por día, en el manual de uso se recomienda la limpieza interna de la tubería con fines de mantenimiento preventivo.

Des estos conceptos que también se pueden usar para describir el fenómeno:

- administración de energía eléctrica, y desempeño térmico.
- Desempeño térmico, eficiencia calórica

TABLA 10.2

Tabla de factores de suciedad comunes, según la Referencia 2.

Tipo de fluido	Factor de suciedad, $h \cdot ft^2 \cdot °F/Btu$	$m^2 \cdot °C/W$
Agua de mar, por debajo de 51,7 °C	0,0005	0,00009
Por encima de 51,7 °C	0,001	0,002
Agua de alimentación de caldera tratada, por encima de 51,7 °C	0,001	0,0002
Fuel oil	0,005	0,0009
Aceite de templar	0,004	0,0007
Vapores de alcohol	0,0005	0,00009
Vapor de agua, libre de aceite	0,0005	0,00009
Aire industrial	0,002	0,0004
Líquido refrigerante	0,001	0,0002

Fuente: Tabla de factores de suciedad comunes (Holman, 1998, p.384)

Basado en: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO PARA MEDICIÓN DE FLUJO DE CALOR APLICANDO CALORIMETRÍA DIRECTA: SENSADO POR FLUJO DE CALOR

Diagrama de flujo energético
Por ejemplo:

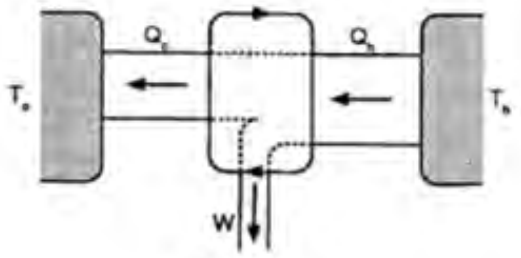


FIGURA 1. Diagrama de flujo energético en el montaje experimental.

Modelo	Φ58×180
Peso	2.29±0.18kg
Estructura	tubos de vidrio coaxiales de doble capa
Diámetro exterior del tubo	Φ58±0.7mm
Diámetro del tubo interno	Φ47±0.7mm
Espesor del tubo exterior	1.8±0.15mm
Espesor del tubo interno	1.6±0.15mm
Longitud de tubo	1812±4mm
Material de recubrimiento	AlN/AlN-SS/CU
Absortancia	0.94~0.96
Emitancia	0.04~0.06
Vacío	P≤5×10-3pa
Transmitancia del tubo exterior	0.91
Temperatura de estancamiento	270~300 ℃
Coeficiente de pérdida de calor	≤0.6 w/ (m2* ℃)
Presión Soportada	1Mp

Tabla 1. Datos técnicos del tubo de vacio

Propiedades termo físicas de los materiales de la cámara térmica.

Ejemplo:

Tabla 1. Propiedades termofísicas de los materiales del colector

	Unidades	Vidrio	Placa	Aislante
Calor específico	J/kgK	830	502,5	830
Densidad	kg/m^3	2200	8030	20
Conductividad térmica	W/mK	1,15	16,3	0,1

CONCLUSIONES

El prototipo propuesto es un Dispositivo Médico (DM) Activo Terapéutico de uso pasajero [10], sistema de ingeniería perteneciente al campo de la termodinámica que transforma corriente eléctrica en energía térmica y realiza la conducción controlada de calor al líquido

dializante empleado en el tratamiento de la IRC por DPAC. De acuerdo a su categoría de uso, es un Equipo Médico, que de acuerdo al riesgo sanitario es de Clase I.

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, de monitoreo de temperatura de salida del fluido dializante contrastada con la temperatura de trabajo, se concluye que el DM permite la manipulación de la temperatura a 36 °C con variación de ±1°C; y con base en los resultados de las pruebas de viscosidad, se concluye que posibilita la provisión continua del fluido dializante por diferencial de altura.

Una vez evaluada en laboratorio, se ha comprobado que la invención puede ser portátil y es capaz de solucionar el problema técnico identificado, y que posee además las siguientes ventajas respecto al resto de las soluciones conocidas: que promueve la autonomía de los pacientes, pues se pueden realizar la DPAC en su hogar, lo que conlleva un ahorro financiero por traslado, y reduce su dependencia de los familiares. Factores que en su conjunto mejoran la calidad de vida del paciente.

Respecto a su nivel de desarrollo, se puede definir como una tecnología con componentes de alta confiabilidad que se sitúa en un Nivel de Madurez Tecnológica (TRL'S) validación de concepto (nivel 4). Como parte del trabajo futuro, el dispositivo médico compensador de temperatura para bolsa de solución dializante se validará en laboratorio en condiciones que simulan un entorno real, para que posteriormente se pueda demostrar en un ambiente relevante, considerando todos los aspectos de manufacturabilidad, pruebas de usuarios a baja escala, y diseño de instalaciones de planta de manufactura. Realizadas estas etapas se gestionará la solicitud de Registro Sanitario de dispositivos médicos para productos de fabricación nacional ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Una vez que la solicitud de protección de propiedad intelectual sea publicada en la gaceta y que cuente con el registro sanitario, el prototipo se encontrará en posibilidades de generar acuerdos de licencia para proporcionar autorización a terceros para utilizar dichos derechos a cambio de un pago convenido (tasa o regalía), incluido el sistema público de salud, o empresas comercializadoras de productos médicos. De igual forma, nos encontraremos también en condiciones de poder realizar su venta directa público en general.

LITERATURA CITADA

S. Soriano Cabrera, “Definición y clasificación de los estadios de la enfermedad renal crónica. Prevalencia. Claves para el diagnóstico precoz. Factores de riesgo de enfermedad renal crónica”, *Nefrología*, vol. 24, pp. 27–34, dic. 2004.

J. A. Tamayo y Orozco y H. S. Quirós Lastiri, *La enfermedad renal crónica en México. Hacia una política nacional para enfrentarla*. Intersistemas S.A. de C.V., 2016.

W. Hoy y P. Ordunez, Eds., *Epidemia de enfermedad renal crónica en comunidades agrícolas de Centroamérica. Definición de casos, base metodológica y enfoques para la vigilancia de salud pública*. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud, 2017.

“COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 525/18”, INEGI, Comunicado de Prensa y Nota Técnica 525/18, oct. 2018.

M. López Cervantes, Ed., *Enfermedad renal crónica y su atención mediante tratamiento sustitutivo en México*, Primera edición. México, D. F., 2010.

A. Venado Estrada, J. A. Moreno López, M. Rodríguez Alvarado, y M. López Cervantes, “Insuficiencia Renal Crónica”, Unidad de Proyectos Especiales. Universidad Nacional Autónoma de México.

J. D. Amato Martínez, “Grandes retos de la enfermedad renal crónica en México”, en *La enfermedad renal crónica en México. Hacia una política nacional para enfrentarla*, 2016.

OMS, “Formulario Modelo de la OMS 2004”, 2004. [En línea]. Disponibleen:https://apps.who.int/medicinedocs/es/d/Js5422s/27.html#Js5422s.27.1. [Consultado: 11-jun-2019].

P. Reyes, “Método TRIZ”. Instituto Politécnico Nacional, 18-abr-2004.

CENETEC-Salud, “Guía para la Evaluación Clínica de Dispositivos Médicos”, 2017.

DOF, “NORMA Oficial Mexicana NOM-137-SSA1-2008, Etiquetado de dispositivos

médicos", 03-ago-2008. [En línea]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3570/SALUD13_C/SALUD13_C.htm. [Consultado: 24-oct-2019]. Y. A. Çengel y M. A. Boles, *TERMODINÁMICA*, 7a. edición. México, D. F., 2012.

J. P. Holman, *Transferencia de calor*, 8a. Edición (1a. en español). Madrid: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U., 1998.

F. Incropera y D. De Witt, *Fundamentos de transferencia de calor*, 4a. Edición. México: Prentice Hall, 1999.

COFEPRIS, "Registros Sanitarios | Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios | Gobierno | gob.mx", 22-sep-2016. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cofepris/documentos/registros. [Consultado: 27-ene-2020].

DOF, *Edición 2018 del Cuadro Básico y Catálogo de Instrumental y Equipo Médico (Tomo I, II y su Anexo Sets Quirúrgicos).* 2019.

J. Barone, A. Conlon, J. Barron, y M. Niesslein, "Self-Warming Peritoneal Dialysis Solution Bag", WO/2015/020828, 12-feb-2015.

CAPITULO

INNOVACIÒN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÌA



APROVECHAMIENTO DE BOTELLAS PET (*POLIETILEN TEREFTALATO)* PARA UN SISTEMA DE SUBIRRIGACIÓN EN EL CULTIVO DE TRES PLANTAS AROMÁTICAS

DALIA MORENO TEPOLE[1], JOAQUÍN MURGUÍA GONZÁLEZ[2]; OTTO RAUL LEYVA OVALLE[3]; MARÌA ELENA GALINDO TOVAR[4]; PABLO ANDRÈS MEZA[5]; IVONNE LANDERO TORRES[6]; MIGUEL ÀNGEL GARCÌA MARTÌNEZ[7].

RESUMEN

Uno de los plásticos más abundantes en las ciudades es el PET (polietilen tereftalato), debido a sus características, es utilizado en la fabricación de envases de bebidas, por lo que se le puede encontrar como desecho en basureros e incluso en las calles, a raíz de esto surge una problemática de contaminación ambiental, ya que el tiempo de degradación es muy lento, por esta razón, en el presente trabajo se propone una alternativa para la reutilización de las botellas de PET, dándoles un uso como macetas para la producción de plantas aromáticas. Para ello, se realizó un experimento con 15 macetas en sistema de subirrigacion utilizando botellas de PET, posteriormente se sembraron en ellas semillas de Albahaca (Ocimum basilicum), Cilantro (Coriandrum sativum) y esquejes de Hierbabuena (Mentha spicata). Se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas y enrraizamiento de los esquejes, la altura de las plantas y el consumo de agua en la maceta. Los resultados indicaron que las

[1] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[2] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. jmurguia@uv.mx
[3] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[4] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[5] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[6] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana
[7] Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana

plantas de Albahaca tuvieron un mayor consumo de agua y un mejor crecimiento ya que tenían una apariencia turgente, frondosa y de color verde uniforme en comparación con las plantas de Hierbabuena y Cilantro. El sustrato a base de de tierra de monte, aserrín y estiércol de caballo mezclado con tepezil en una proporción de 1:1, resultó ser efectivo para utilizarse en las macetas con sistema de subirrigación, ya que por sus características físicas permitió el proceso de capilaridad para trasportar el agua para el aprovechamiento por las plantas.

PALABRAS CLAVE: Botellas PET, Subirrigación, Plantas aromáticas

INTRODUCCIÓN

El polietilen tereftalato (PET, PETE), es un polímero plástico, derivado del petróleo, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo que facilita para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado, Se pueden distinguir tres tipos fundamentales de PET, el grado textil, el grado botella y el grado film.

Debido a sus propiedades intrínsecas, se empezó a utilizar para la fabricación de envases de bebidas carbonatadas por su capacidad para contener gases y de ser translúcido como el vidrio(Blanco et., al., 2011; Masillas y Ruiz, 2009; Paz, 2016).

Sin embargo, a pesar de los diferentes usos que se le da, el principal problema ambiental del PET es su disposición, ya que una vez que se convierte en residuo, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje provocando taponamiento y dificultades en los procesos de desazolve, ocasionando inundaciones, en calles e ciudades, en bosques y selvas; así también depósitos de basura en los océanos (Cristián et., al.; 2003)

Se sabe que cada año se producen alrededor de 9,000 millones de botellas de PET, que representan casi una tercera parte de la basura doméstica generada en México. Anualmente 90 millones de botellas de refrescos y agua purificada son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas. Una botella de PET tarda hasta 500 años en degradarse (Gómez, 2009).

El 54% del PET en México, se encuentra en almacenes para su distribución y en cauces, calles o tiraderos clandestinos; el resto está en centros de acopio para su reciclaje o en rellenos sanitarios. Esto representa un problema de disposición de residuos, aunque existe un potencial de reutilización que tiene el PET.

Además, en México del total de residuos que se reciclan, el plástico representa tan solo el 0.5%.

Impulsar el reciclaje o reutilización del PET, resulta ser una alternativa para aprovecharlo y disminuir la contaminación que este provoca, convirtiéndose en una forma de desarrollo sustentable, ya que una vez que los productos concluyen su ciclo de vida, se pueden transformar en otros artículos útiles para la sociedad (INECC, 2012).

Es por esto, que en el presente trabajo se desarrolló una alternativa para la reutilización de botellas de PET, elaborando macetas con un sistema de sub irrigación para el cultivo de tres especies aromáticas, hierbabuena, albahaca y cilantro.

METODOLOGÍA

Ubicación del experimento: Este se realizó durante el ciclo de primavera de 2016, en el periodo comprendido del 1 de marzo al 15 de abrilde 2016, en el invernadero de la Facultad de Ciencas Biológicas y Agropecuarias de la Región Orizaba Córdoba de la Universidad Veracruzana en Peñuela, Ver., ubicado en las coordenadas 18°51´11.69” N y 96°54´21.44” O a una altura sobre el nivel del mar de 748 metros. La temperatura promedio fue de 20° a 25° C durante las 6 semanas de cultivo.

Botellas de PET: Se utilizaron 15 botellas de PET de bebidas gaseosas de un volumen de 3 Litros, las cuales fueron recolectadas en diferentes basureros de la ciudad de Córdoba, Veracruz.

Sistema de Subirrigación: Para realizar el sistema de subirrigacion se utilizaron 30 tiras de piola de un diámetro de 5 mm por un largo de 15 cm.

Sustrato: Se utilizó composta a base tierra de monte, aserrín y estiércol de caballo mezclado con tepezil en una proporción de 1:1.

Material Vegetal: Se utilizaron tres especies aromáticas, las cuales son de las más utilizadas por la población, una de ellas fue la hierbabuena (Mentha spicata), de la cual se utilizaron esquejes, otra especie fue la Albahaca (Ocimum basilicum) y por último el Cilantro (Coriandrum sativum), de estas dos últimas se utilizaron semillas comerciales.

Elaboración de Macetas de PET con sistema de subirrigacion: Para la elaboración de las macetas con sistema de subirrigaciòn, se utilizaron 15 botellas de PET de tres litros, las cuales se cortaron a la mitad midiendo de la base hacia arriba 15 cm; posteriormente de la punta de la botella hacia abajo se midieron 10 cm y se realizó un agujero, después se realizaron dos agujeros más midiendo de la punta hacia abajo 8 cm, uno fue del lado izquierdo del agujero que se realizó a los 10 cm y otro del lado derecho, los dos a una distancia de 5 cm, formando una especie de triangulo, a continuación se realizó un agujero de 5 mm en la tapa de botella. Todos los agujeros fueron de 5 mm de diámetro. Una vez realizado lo anterior, se prosiguió a colocar dos tiras de piola de 15 cm de largo en el agujero de la tapa de la botella, dejando 7.5 cm de un lado y del otro, se prosiguió encajando la mitad superior de la cabeza en la base de forma invertida, colocando en esta 300 g del sustrato y en la base 700 ml de agua.

Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de esquejes: Se realizaron 3 tratamientos una por cada especie con 5 repeticiones cada uno, cada unidad experimental era una maceta que contenía para el caso de albahaca y cilantro 10 semillas y para el caso de hierbabuena fueron 10 esquejes por unidad experimental. La evaluación de la Germinación y Crecimiento se realizó a los 7 días después de la siembra.

Evaluación de la absorción de agua por capilaridad de las plantas en crecimiento: Una vez germinadas las semillas y enraizados los esquejes, se prosiguió a evaluar el consumo de agua de las plantas, tomando como volumen base 700 ml que se le pusieron a cada maceta. La evaluación se realizó cada tercer día por un periodo de 6 semanas.

Evaluación del crecimiento de las plantas: Con el fin de conocer el efecto que tiene el crecimiento de las plantas con sistema de subirrigacion, se midió la altura de cada una de ellas. La evaluación se realizó cada tercer día por un lapso de tres semanas.

RESULTADOS

Elaboración de Macetas de PET con sistema de subirrigacion: Se obtuvieron 15 macetas de botellas de PET de 3 litros con sistema de subirrigacion (Figura 1), en las cuales se sembraron tres especies aromáticas, hierbabuena (Mentha spicata), Albahaca (Ocimum basilicum) y por último el Cilantro (Coriandrum sativum) (Figura 2).



Figura 1. Macetas elaboradas con botellas de PET de 3 L

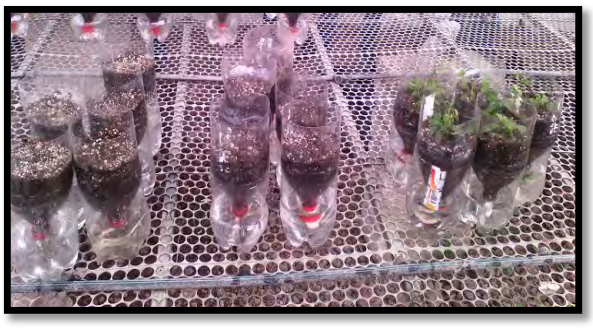


Figura 2. Macetas con sistema de subirrigaciòn, utilizadas para sembrar semillas de albahaca, cilantro y esquejes de hierbabuena.

Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de esquejes: Al realizar la evaluación de los tres tratamientos, el de la germinación de las semillas de albahaca y cilantro, así como el del enraizamiento de esquejes de hierbabuena, se obtuvo que para el caso de la geminación de las semillas de cilantro, de las 50 semillas sembradas en total por las 5 repeticiones del tratamiento, se logró la geminación de 42, lo que representó el 84% de germinación, ahora bien, para el caso de la albahaca, de las 50 semillas sembradas, se obtuvo una germinación de 31 semillas lo que representó el 62% del total por las 5 repeticiones del tratamiento, y por ultimo para el caso del enraizamiento de los esquejes de hierbabuena, fueron 44 esquejes de 50 los que enrraizaron representando el 88% del total (Figura 3 y Tabla1). Por lo que, para el caso de las semillas de cilantro y los esquejes de hierbabuena, las condiciones temperatura, humedad y las características del sustrato fueron favorables para su desarrollo.

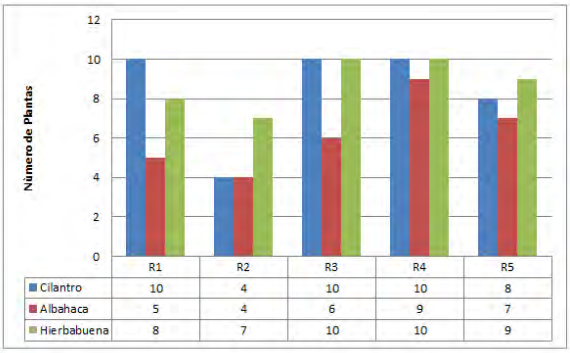


Figura 3. Número de semillas germinadas de cilantro y albahaca y esquejes enrraizados de hierbabuena.

Tabla 1. Total de plántulas por cada tratamiento y porcentaje final obtenido.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	Total Obtenidas	Sembradas al inicio	% Final
Cilantro	10	4	10	10	8	42	50	84%
Albahaca	5	4	6	9	7	31	50	62%
Hierbabuena	8	7	10	10	9	44	50	88%

Evaluación de la absorción de agua por capilaridad de las plantas en crecimiento: Como resultado de la evaluación de consumo de agua, se obtuvo que las plantas de albahaca absorbieron un mayor volúmen con 29,090 ml al final de las 6 semanas (Figura 4) por las 5 repeticiones (Tabla 2), en comparación con las plantas de hierbabuena que fue de 27,863 por

las 5 repeticiones (Tabla 3), quedando el consumo de agua de las plantas de cilantro muy inferior a los tratamientos de albahaca y hierbabuena con 17,395 ml (Tabla 4).

Tratamiento Albahaca	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Total
R1	670 ml	310 ml	840 ml	1,730 ml	2,010 ml	1,550 ml	7,110 ml
R2	980 ml	240 ml	480 ml	1,100 ml	1,570 ml	1,820 ml	6,190 ml
R3	890 ml	250 ml	760 ml	1,200 ml	1,570 ml	1,190 ml	5,860 ml
R4	650 ml	260 ml	500 ml	700 ml	760 ml	470 ml	3,340 ml
R5	330 ml	270 ml	630 ml	1,580 ml	1,850 ml	1,930 ml	6,590 ml
TOTAL	3,520 ml	1,330 ml	3,210	6,310	7,760 ml	6,960 ml	**29,090 ml**

Tabla 2. Consumo de agua de las plantas de albahaca a las 6 semanas

Tratamiento Hierbabuena	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Total
R1	370 ml	270 ml	870 ml	1,580 ml	1,800 ml	1,688 ml	6,578 ml
R2	470 ml	300 ml	810 ml	1,080 ml	1,215 ml	490 ml	4,365 ml
R3	260 ml	210 ml	480 ml	970 ml	1,620 ml	910 ml	4,450 ml
R4	620 ml	310 ml	730 ml	1,740 ml	1,900 ml	1,420 ml	6,720 ml
R5	450 ml	300 ml	910 ml	1,560 ml	1,500 ml	1,030 ml	5,750 ml
TOTAL	2,170 ml	1,390 ml	3,800 ml	6,930 ml	8,035 ml	5,538 ml	**27,863 ml**

Tabla 3. Volumen de agua consumida por las plantas de hierbabuena a las 6 semanas.

Tratamiento Cilantro	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Total
R1	280 ml	290 ml	630 ml	960 ml	790 ml	730ml	3,680 ml
R2	550 ml	260 ml	460 ml	900 ml	440 ml	310 ml	2,920 ml
R3	410 ml	300 ml	610 ml	900 ml	680 ml	690 ml	3,590 ml
R4	380 ml	270 ml	610 ml	860 ml	625 ml	500 ml	3,245 ml
R5	540 ml	300 ml	810 ml	960 ml	690 ml	660 ml	3,960 ml
TOTAL	2,160 ml	1,420 ml	3,120 ml	4,580 ml	3,225 ml	2,890	**17,395 ml**

Tabla 4. Consumo de agua de las plantas de cilantro a las 6 semanas.

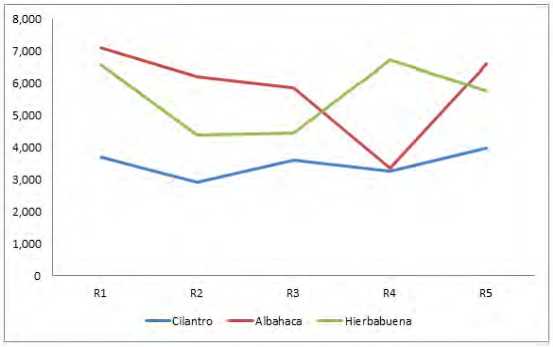


Figura 4. Consumo de agua de los tratamientos de albahaca, hierbabuena y cilantro

Evaluación del crecimiento de las plantas: Al realizar la medición de la altura de las plantas, se obtuvo que las plantas de albahaca fueron más altas con 24 a 54 cm al término de tres

semanas (Tabla 5) en comparación con las de hierbabuena que alcanzaron una altura de 24 a 31 cm (Tabla 6) y las de cilantro se encontraron entre los 11 y 13 cm (Tabla 7)

Tratamiento Albahaca	Altura inicial de la planta	Altura en la Semana 1	Altura en la Semana 2	Altura en la Semana 3
R1	16 cm	17.5cm	25cm	36 cm
R2	12 cm	12.7 cm	28 cm	54 cm
R3	10 cm	15cm	18 cm	28 cm
R4	6 cm	9 cm	15 cm	22 cm
R5	12 cm	13 cm	28 cm	41 cm

Tabla 5. Altura alcanzada por las plantas de albahaca a las 3 semanas.

Tratamiento Hierbabuena	Altura inicial de la planta	Altura en la Semana 1	Altura en la Semana 2	Altura en la Semana 3
R1	14 cm	15 cm	20 cm	28 cm
R2	15 cm	19 cm	19 cm	25 cm
R3	18 cm	18.5 cm	20 cm	31 cm
R4	14 cm	20 cm	25 cm	30 cm
R5	16.5 cm	20 cm	22 cm	24 cm

Tabla 6. Altura de las plantas de hierbabuena alcanzada a las 3 semanas después de la siembra.

Tratamiento Cilantro	Altura inicial de la planta	Altura en la Semana 1	Altura en la Semana 2	Altura en la Semana 3
R1	7.5 cm	9.5 cm	11 cm	13 cm
R2	6 cm	8.5 cm	11 cm	11 cm
R3	6.5 cm	8 cm	9 cm	11 cm
R4	7 cm	9 cm	9 cm	11 cm
R5	8 cm	8.5 cm	10 cm	13 cm

Tabla 7. Altura de las plantas de cilantro a las 3 semanas.

La diferencia de crecimiento a partir de la altura inicial, fue más notoria en las plantas de albahaca que crecieron de 16 a 42 cm al término de las tres semanas (Tabla 8), para el caso del crecimiento de las plantas de hierbabuena fue de 7.5 a 16 cm (Tabla 9), quedado inferior el crecimiento de las plantas de cilantro que osciló entre 4 a 4.5 cm al final de las 3 semanas (Tabla 10).

Tratamiento Albahaca	Altura inicial de la planta	Crecimiento en la Semana 1	Crecimiento en la Semana 2	Crecimiento en la Semana 3	Total de crecimiento
R1	16 cm	1.5 cm	7.5 cm	11 cm	20 cm
R2	12 cm	.7 cm	15.3 cm	26 cm	42 cm
R3	10 cm	5 cm	3 cm	10 cm	18 cm
R4	6 cm	3 cm	6 cm	7 cm	16 cm
R5	12 cm	1 cm	15 cm	13 cm	29 cm

Tabla 8. Crecimiento de las plantas de albahaca al término de las tres semanas.

Tratamiento Hierbabuena	Altura inicial de la planta	Altura en la Semana 1	Altura en la Semana 2	Altura en la Semana 3	Total de crecimiento
R1	14 cm	1 cm	5 cm	8 cm	14 cm
R2	15 cm	4 cm	0 cm	6 cm	10 cm
R3	18 cm	.5 cm	1.5 cm	11 cm	13 cm
R4	14 cm	6 cm	5 cm	5 cm	16 cm
R5	16.5 cm	3.5 cm	2 cm	2 cm	7.5 cm

Tabla 9. Crecimiento de las plantas de hierbabuena.

Tratamiento Cilantro	Altura inicial de la planta	Crecimiento en la Semana 1	Crecimiento en la Semana 2	Crecimiento en la Semana 3	Total de crecimiento
R1	7.5 cm	2 cm	1.5 cm	2 cm	5.5
R2	6 cm	2.5 cm	0 cm	2.5 cm	4.5
R3	6.5 cm	1.5cm	1 cm	2 cm	4.5
R4	7 cm	2 cm	0 cm	2 cm	4
R5	8 cm	.5 cm	1.5 cm	3 cm	5

Tabla 10.Crecimiento de las plantas de cilantro.

El sustrato resultó favorable para el crecimiento de las plantas de albahaca que presentaron buena altura, aspecto turgente y un color verde uniforme (Figura 5), para el caso de las plantas de hierbabuena estas también se vieron favorecidas por el sustrato para el enraizamiento de los esquejes sembrados al inicio del experimento y continuaron su crecimiento aunque de manera reducida (Figura 6), las plantas de cilantro fueron las menos favorecidas por el sustrato y debido a que su crecimiento fue poco y presentaron un color verde-amarillento.



Figura 5. Plantas de albahaca



Figura 6. Plantas de hierbabuena



Figura 7. Plantas de cilantro

DISCUSIÓN

Se encontró que el tipo de sustrato utilizado en las macetas no debe ser de textura compacta ya que eso impide el proceso de capilaridad, con el cual se logra el suministro de agua para las plantas. Para el caso de la producción de especies aromáticas, el sustrato utilizado en las macetas debe tener buena porosidad, textura, estructura, permeabilidad, drenaje y

consistencia que permita el buen suministro de agua. Para la producción de albahaca se encontró que la mezcla de tierra de monte, aserrín y estiércol de caballo mezclado con tepezil en una proporción de 1:1 es efectiva para utilizarse en las macetas porque tiene características físicas que permiten la capilaridad y el aprovechamiento del agua por la planta. Al desarrollarse las plantas, se observó que hubo un mayor consumo hídrico de las plantas de albahaca, en comparación con las plantas de hierbabuena y cilantro, lo cual sumado a las condiciones ambientales en invernadero y del sustrato, favorecieron el crecimiento de las plantas de albahaca en comparación con las de cilantro y hierbabuena.

Las características del sustrato resultaron ser las indicadas para que el sistema de subirrigaciòn funcionara adecuadamente, transportando el agua por capilaridad y esta fuese aprovechada por la planta de manera gradual conforme la necesita, en este caso albahaca fue la mas eficiente, ya que presentaron una altura adecuada, se observaron frondosas, turgentes y color verde uniforme.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se infiere que se logró establecer una alternativa para las botellas de PET, reutilizándolas como macetas con un sistema de subirrigacion para la producción de plantas aromáticas, y que la eficiencia de las macetas dependerá del uso de un sustrato mezclado que de una textura porosa, tratando que no sea compacto para que se presente el fenómeno de capilaridad, con el cual se hidratara el sustrato, para convertirse en el medio ideal para sembrar.

Por otra parte, con el sistema de subirrigación usando botellas PET, se tiene la posibilidad de producir plantas aromáticas a un bajo consumo de agua, es decir, por los resultados obtenidos, con poco mas de 17, 27 y 29 litros de agua durante 6 semanas de cultivo para cilantro, hierbabuena y albahaca respectivamente, se puede tener producto para consumo familiar, lo que indica que sería una excelente alternativa en las casas habitación de las ciudades donde el abasto de agua es insuficiente, además estas botellas PET en cultivo de plantas aromáticas, se podrán tener a un muy bajo costo en los balcones o quicios de las ventanas de las casas donde el único requisito será, que estén iluminadas con insolación gran parte del día y se le adicione el agua cada tercer día. Este esquema de producir plantas aromáticas en balcones es

muy común en europa, aunque solo en macetas normales con tierra y riego cinvencional (Vallés, 2012), aunque el consumo de agua es alto.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, se determinó que las macetas elaboradas con botellas de PET con sistema de subirrigaciòn resultaron efectivas para sembrar semillas de albahaca y cilantro, así como esquejes de hierbabuena, ya que fueron resistentes para soportar el peso del sustrato y el de las plantas desarrolladas. Al evaluar la germinación de las semillas, se obtuvo un mejor resultado para el caso del cilantro donde hubo un 84% de germinación, en comparación con las semillas de albahaca con un 62% de germinación, para el caso de los esquejes de hierbabuena estos enrraizaron en un 88%, resultado favorable las condiciones del sustrato.

Se estableció una forma de reutilización de las botellas de PET, al elaborar macetas con sistema de subirrigaciòn el cual funciona por capilaridad, de esta forma resulta ser aprovechable y útil para la sociedad.

LITERATURA CITADA

Blanco, M. C.; Botana, I. M. A.; Fernández, S. A.; Fortes, N.; García, R. B.; Jack, L.C. 2011. Reciclaje de material plástico de desecho para su aprovechamiento en sistemas constructivos en usos comunitarios. Universidade da Coruña. España. 61 p.

Gómez, S. L. 2009. Educación ambiental para el manejo de envases de plásticos (PET) en las comunidades de Nacaste, Pajarillos, y Costa de San juan del Humedal de Alvarado, Veracruz, Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Xalapa, Veracruz.

Cristán, F. A.; Ize, L. I.; Gavilán, G. A. 2003. La situación de los envases de plástico en México, Gaceta Ecológica SMAR, No. 69, pp. 67-82, D.F. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf

INECC. 2012. Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. México.

Masillas, P. L.; Ruiz, R. M. 2009. Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Universidad de Lima, No. 27, pp 123-137 Lima Perú. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493008.pdf

Paz, M. 2016. Reciclado de PET a partir de botellas postconsumo. Proyecto integrador. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 172 p.

Vallés, C.J.M. 2012. El Huerto Urbano: Plantas Aromáticas. Manual de cultivo de plantas medicinales y aromáticas en balcones y terrazas. Ediciones Serbal. 292 P.

CONDUCTAS PROAMBIENTALES EN MAESTROS DEL TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO EN VERACRUZ

MANUEL VILLARRUEL FUENTES[1], RÓMULO CHÁVEZ MORALES[2], ISMAEL HERNÁNDEZ ARANO[3], JOSÉ AGUSTÍN COLINA SÁNCHEZ[4], BRENDA CASTRO PÉREZ[5], FERNANDO ARENAS GARCÍA[6].

RESUMEN

La crisis planetaria que enfrenta la humanidad es el resultado de un largo proceso civilizatorio que se identifica por una forma particular de percibir y actuar frente a la naturaleza. Desde una lógica racional, centrada en la ciencia decimonónica y el desarrollo tecnológico, se busca responder a las demandas sociales de crecimiento y bienestar, centradas en el aprovechamiento de la naturaleza, designada como recurso natural que debe ser explotado. Ante estos contextos, surgen propuestas que buscan remediar el daño ocasionado por las actividades económico-productivas del ser humano, salvaguardando el ambiente y la integridad de sus sistemas. De aquí la necesidad de abordar nuevas vías para el estudio de estos fenómenos, constituyéndose la psicología ambiental como una opción, al centrarse en las actitudes y comportamientos que definen el grado de intervención a favor del ambiente. Sobre esta base se planteó el estudio de las conductas proambientales en maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz, con el objetivo de identificar el tipo de conductas que despliegan, sobre la base del estudio de las variables "disposicionales" que

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, dr.villarruel.fuentes@gmail.com.
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz.
[5] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz.
[6] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río.

definen las "Conductas Proambientales Responsables". Para ello se diseñó un test que incluyó 30 ítems, sancionado mediante la prueba alfa de Cronbach y la validez de contenido, aplicado a 106 maestros activos dentro de tres Institutos Tecnológicos Federales ubicados en el estado de Veracruz, México. Los resultados, obtenidos mediante el análisis de componentes principales, confirma una variación explicada a partir de ocho agrupaciones de factores, que revelan el 73.505% de la varianza total.

PALABRAS CLAVE. Actitudes, proecológico, educación tecnológica, componentes.

INTRODUCCIÓN

A partir del reconocimiento internacional acerca del origen antropocéntrico del deterioro medioambiental (Segrelles, 2001; Santiago, 2009; Zurrita, *et al*., 2015), las perspectivas sobre la problemática y sus posibles soluciones han ido evolucionando. Si bien se acepta que el deterioro ambiental se deriva de una diversidad de factores (económicos, políticos, sociales y culturales) (Holland y Castañeda, 2015), lo cierto es que existe una fuerte tendencia a situar la génesis principal en la psique de los sujetos. Bajo este enfoque, es necesario dilucidar sobre el papel que juegan las distintas actitudes como detonadoras de la intervención humana dentro del ambiente, sus dimensiones e indicadores, a fin de clarificar hasta donde las conductas ambientales responsables se hacen patentes dentro de las comunidades, particularmente las académicas, en virtud de entenderse como actitudes adquiridas, que a la vez son trasmitidas a partir de las interrelaciones entre los sujetos.

Sobre esta base, es necesario iniciar el acercamiento de este fenómeno a partir de las dimensiones que operan a favor de las actitudes proambientales, destacándose la psicológica, la cognitiva y la contextual (integración de la perspectiva organísmica o sistémica y transaccionalista) (Íñiguez, y Pol, 1996). La primera de las actitudes expresada en el nivel de motivación que encuentran los individuos para asumir una postura proclive a querer intervenir a favor del ambiente, en sus distintas expresiones. En el segundo caso, se trata de

un saber que se enuncia tanto como capital de información y como conocimiento sobre el hacer, el ser y el actuar. En el caso del contexto, se destacan los aspectos relativos a su relevancia, en términos de aquello que los individuos consideran valioso para sí mismo y para la colectividad.

Se trata de caracterizar los aspectos que en su conjunto están interactuando para explicar las formas en que se concreta las prácticas sustentables o ecológicas en los institutos tecnológicos ubicados dentro del estado de Veracruz, México, al situarse la ideología de estos planteles dentro del marco del desarrollo sustentable y no en el de la educación ambiental para la sustentabilidad, lo que de entrada supone una fuerte adhesión a los enfoques economicistas, funcionales y pragmáticos que impregnan la educación superior y sus modelos didácticos y curriculares.

Sobre esta vertiente, es común observar la manera en que se alinea el pensamiento y las acciones educativas en torno a un enfoque basado en competencias profesionales, soslayándose aquello que se define desde el propio individuo, que no solo es producto de su formación disciplinar, sino que se erige a partir de sus tendencias y propensiones hacia lo que considera correcto *per se*, ya sea porque lo valora como necesario o como un bien común. En todo caso se trata de averiguar tanto el tipo de saberes que acompañan la decisión de intervenir a favor del ambiente, como también la motivación que los induce, en un contexto determinista que solo es posible en ambientes escolares.

La vocación tecnológica de los institutos involucrados es un valor agregado a este tipo de estudios, ya que el sentido de pertenencia al que se deben los sujetos dentro de estas comunidades de aprendizaje y de práctica, así como las intenciones educativas que subyacen a las propuestas educativas propias del sistema tecnológico, son factores a considerar al momento de caracterizar y describir las actitudes ambientales de sus maestros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el 2018, bajo la coordinación de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa y el Cuerpo Académico "Cultura Académica y Desarrollo Social Sustentable" (ITURG-CA-2), pertenecientes al Tecnológico Nacional de México.

El universo objeto de estudio estuvo integrado por el total de institutos tecnológicos federales ubicados en el estado de Veracruz, México (N=6). Los sujetos incluidos en la investigación fueron seleccionados bajo un muestreo polietápico. En dicho diseño de muestreo se utiliza más de una etapa de selección para formar la muestra. De acuerdo con Mandeville (2010, p.102) la primera etapa utiliza las unidades de muestreo de mayor tamaño que se llaman unidades de muestreo primarios (PSUs: primary sampling units), mientras que en etapa final se emplean unidades de muestreo más pequeño, denominadas unidades de muestreo secundarias. Bajo este diseño se seleccionó una muestra aleatoria de tres planteles y dentro de ellos se evaluaron un total de 106 maestros en activo.

La dimensión a evaluar consideró las "Conductas Proambientales Responsables", bajo tres categorías de análisis: psicológica (motivación), cognitiva (conocimiento) y contextual (relevancia), las cuales explican las conductas a partir de las actitudes (Auzmendi, 1992; Estrada *et al*., 2004; Gil, 1999, y Morales, 2002), entendiéndose que las actitudes proambientales son predictoras de los comportamientos. Es necesario precisar que una actitud puede considerarse como "la creencia o sentimiento de una persona, mantenida en el tiempo, que determina su predisposición a valorar favorable o desfavorablemente los objetos y sujetos que le rodean y que por lo tanto influyen en su comportamiento" (Fernández-Cavia, 2000, citado por Herrera-Mendoza *et al*., 2016, p 260). El abordaje metodológico centrado en la conducta se debe a que "muchos problemas ambientales tienen soluciones comportamentales. De todas las soluciones que residen en el comportamiento humano, es el estudio de las actitudes y de los procesos de cambio de actitudes ambientales el que ha suscitado un mayor número de estudios y trabajos" (Berenguer y Corraliza, 2000, p. 325).

Con base en este criterio se diseñó un instrumento de medición que incluyó 30 ítems, organizados bajo una escala Likert, desglosada en cinco intervalos de medición: 1= sin importancia; 2= poco importante: 3= importante; 4= bastante importante; 5= muy importante. El cuestionario se sometió al análisis de validez de constructo, que considera el Análisis Factorial, la cual es una técnica útil cuando el investigador ha diseñado una medida para investigar varias dimensiones de un fenómeno de interés y desea justificar empíricamente estas dimensiones o factores. Es un método multivariado que intenta explicar un conjunto de variables observables (para este caso los ítems del instrumento) mediante un número reducido de variables no observables llamadas factores. De esta forma la confiabilidad del instrumento se evaluó comprobando su estabilidad y consistencia interna. Evaluación estimada por medio del coeficiente Alfa de Cronbach, el cual determina la estabilidad y consistencia entre todos los ítems del instrumento y de manera específica para cada dimensión (Barrera-Ortíz *et al*., 2015).

El nivel de confiabilidad bajo la prueba permite estimar la confiabilidad o la homogeneidad de las preguntas o ítemes. De acuerdo con Corral (2009) es común emplear el coeficiente Alfa de Cronbach, particularmente cuando se trata de respuestas policotómicas, como las escalas tipo Likert, quienes toman valores entre 0 y 1 (0 significa confiabilidad nula y 1 representa confiabilidad total).

El test incluyó los siguientes ítems (Tabla 1):

Tabla 1. Ítems incluidos en el instrumento para medir conductas proambientales

1.	Entender la complejidad del medio ambiente desde la interdisciplina y la transdisciplina.
2.	Asumir el sentido antropocéntrico de los daños al medio ambiente.
3.	Entender la necesidad de un cambio de valores para remediar el daño al planeta.
4.	Reconocer el papel de la educación ambiental como medio para revertir las conductas consumistas.
5.	Dejar de lado el concepto tradicional de “sustentabilidad” y pensar en una “ciencia de la sustentabilidad”.
6.	Modificar la educación ecocéntrica que actualmente se recibe en las escuelas.
7.	Aceptar que para generar planes y estrategias de intervención a favor del medio ambiente se necesita una educación ambiental.
8.	Entender que un profesionista formado en las áreas biológicas debe saber los marcos normativo-jurídicos medioambientales.
9.	Aceptar que se trata de un desafío profesional que debe ser abordado.

10.	Asumir que el nivel de intervención que se desarrolle refleja la preparación profesional que se posee.
11.	Entender que toda intervención es una gran oportunidad para ser creativo e innovador.
12.	Aceptar que las personas esperan que actúe de manera decidida a favor del ambiente.
13.	Entender como necesaria la dimensión humana de la sustentabilidad y no solo la ecológica, económica y social.
14.	Considerar que el nuevo profesionista debe formarse desde los fundamentos de una ciudadanía ambiental.
15.	Entender que intervenir por iniciativa propia brinda autonomía a una persona.
16.	Apoyar las iniciativas que sobre el cuidado del ambiente promueven los organismos no gubernamentales.
17.	Aceptar los proyectos y programas proambientales que impulsan los organismos internacionales.
18.	Difundir dentro de la comunidad los programas y proyectos que en favor del ambiente se desarrollan en México.
19.	Apoyar los convenios internacionales que México ha firmado a favor del ambiente.
20.	Aceptar los diagnósticos y las evaluaciones que sobre el problema ambiental existen internacionalmente.
21.	Tomar la iniciativa, aunque los demás no lo hagan.
22.	No desistir en el esfuerzo por mejorar las condiciones ambientales.
23.	Intervenir sintiendo que se trata de una satisfacción personal.
24.	Interesarse en el problema ambiental sin esperar reconocimiento alguno.
25.	Contribuir con propuestas para mejorar el ambiente.
26.	Estar consciente de los riesgos y peligros que implica no intervenir.
27.	Estar convencido de que todo esfuerzo en favor del ambiente vale la pena.
28.	Partir de diagnósticos científicos para elaborar propuestas de intervención en favor del ambiente.
29.	Evaluar siempre los alcances de las iniciativas emprendidas.
30.	Valorar las propuestas de intervención a partir de los actores involucrados.

Los factores seleccionados se inscriben en las denominadas *variables disposicionales*, que en conceptos de Corral-Verdugo (2000) y Corral-Verdugo y Pinheiro-De Queiroz (2004) se vinculan a certidumbres y creencias que predisponen al individuo a manifestar comportamientos sustentables, los cuales se expresan en dimensiones relacionadas con la forma en que se proyecta cada individuo, la deliberación que realiza a favor del ambiente (proambiental), la posesión de una visión de mundo en interdependencia, el nivel de sentimientos y emociones que posee por el medio y el seguimiento que realiza de las normas ambientales.

El manejo estadístico de los datos comprendió el Análisis de Componentes Principales, a fin de estimar la varianza total explicada y la matriz de componentes rotados, bajo el método Varimax con Kaiser. Aunado a ello se verificó la pertinencia de dicho análisis bajo la Prueba

de Kaiser-Meyer-Olkin. Para ello se empleó el Sofware IBM-SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), Versión 20.

RESULTADOS

La confiabilidad del instrumento aplicado y su validez de constructo se comprobó al observar un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.935 (93.50%), mostrándose homogeneidad en los ítems (Tabla 2).

Tabla 2. Estadísticos de fiabilidad para el test sobre conductas proambientales en maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	Número de elementos
.934	.935	27

Los estadísticos descriptivos encontrados (Tabla 3) muestran que las medias de cada variable se encuentran por arriba de 4.0, con una desviación típica que oscila entre 0.53960 y 0.97231, lo que es un indicativo de la valoración que los maestros hacen de cada rubro evaluado, mostrando una tendencia a situarse entre "bastante importante" y "muy importante". Ello pone en evidencia la relevancia que para los maestros tienen el ambiente, su preocupación sobre los aspectos que le afectan y reflejan en gran medida su grado de concienciación sobre los asuntos tratados.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos sobre conductas proambientales en maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

Estadísticos				
	N	Media	Desviación típica	Varianza
Complejidad del medio ambiente	106	4.3019	.84143	.708
Sentido antrocéntrico del ambiente	104	4.2404	.85327	.728
Necesidad de cambio de valores	104	4.7404	.53960	.291
Papel de la educación ambiental	106	4.4528	.69189	.479
Pensar en una ciencia de la sustentabilidad	105	4.2190	.82019	.673
Modificar educación ecocéntrica	103	4.2039	.90054	.811

Aceptar que para generar planes de necesita educación ambiental	106	4.4245	.78009	.609
Saber normas-Jurídicas	106	4.1887	.81782	.669
Aceptar el desafío profesional	104	4.1923	.77681	.603
Asumir que nivel de intervención refleja preparación profesional	105	4.0000	.84353	.712
Oportunidad de ser creativo-innovador	106	4.3019	.78279	.613
Actuar a favor del ambiente	106	4.0377	.96535	.932
Intervenir por iniciativa brinda autonomía	104	4.2212	.82388	.679
Cuidado medioambiente por organismos no gubernamentales	106	4.3113	.80903	.655
Aceptar programas proambientales que impulsan organismos internacionales	106	4.3868	.77547	.601
Difundir en comunidad programas y proyectos en favor ambiente	106	4.4623	.74546	.556
Apoyar convenios internacionales que México ha firmado	105	4.2952	.81952	.672
Aceptar diagnósticos-evaluaciones internacionales	106	4.2358	.81125	.658
No desistir en esfuerzo mejorar condiciones	106	4.4528	.81804	.669
Intervenir por satisfacción personal	104	4.1250	.97231	.945
Interesarse en problemas sin esperar reconocimiento	105	4.4667	.82119	.674
Contribuir con propuestas	106	4.4623	.74546	.556
Estar consciente de riesgos y peligros de no intervenir	106	4.4623	.71945	.518
Convencimiento que todo esfuerzo vale la pena	106	4.5755	.63167	.399
Partir de diagnósticos científicos para las propuestas	105	4.3619	.76112	.579
Evaluar iniciativas emprendidas	106	4.3962	.73910	.546
Valorar propuestas de intervención a partir de actores	106	4.3302	.80145	.642

Con la finalidad de verificar la pertinencia de realizar un análisis factorial multivariado, como lo es el Análisis de Componentes Principales, se aplicó la Prueba Kaiser.Meyer-Olkin (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y prueba de Bartlett.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		.836
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	1470.343
	gl	351
	Sig.	.000

Al comparar los valores de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parciales, se aprecia que la suma de los cuadrados de los coeficientes de correlación parcial entre todos los pares de variables es pequeña en comparación con la suma de los coeficientes de correlación al cuadrado, ya que su medida tiende a uno. Para los resultados encontrados en este estudio (MKO=0.836), el modelo factorial fue “bueno” ya que

osciló entre 0.8 y 0.9. La medida de adecuación muestral de 0.836, por arriba de 0.6, demostró la conveniencia de explicar el fenómeno de las conductas proambientales a partir del Análisis de Componentes.

Mediante la prueba de esfericidad de Bartlett es posible asegurar que si el nivel crítico es superior a 0.05 entonces no es posible rechazar la hipótesis nula de esfericidad. Como se puede comprobar en el análisis, la significación es perfecta, ya que obtiene el valor 0.000, por lo que se puede rechazar dicha hipótesis nula, considerando el ajuste de las variables mediante el análisis factorial adecuado.

Con la finalidad de verificar qué factores o variables individuales son más importantes para explicar las conductas proambientales de los maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz, se revisaron las comunalidades para uno de ellos (Tabla 5) una vez realizada la extracción. Se puede comprobar que variables tales como "Necesidad de cambio de valores para remediar el daño al planeta" con un 0.881 de comunalidad, y "Cuidado del Medioambiente por organismos no gubernamentales" con un 0.806, explican en mayor proporción la varianza según su participación en los factores o componentes resultantes en elanálisis. En todo caso los valores se encuentran por encima de 0.50, lo que determina la importancia de todas las variables dentro del estudio.

Tabla 5. Comunalidades encontradas en el análisis factorial para conductas proambientales

	Inicial	Extracción
Complejidad del medio ambiente	1.000	.772
Sentido antrocéntrico del ambiente	1.000	.799
Necesidad de cambio de valores	1.000	.881
Papel de la educación ambiental	1.000	.691
Pensar en una ciencia de la sustentabilidad	1.000	.758
Modificar educación ecocéntrica	1.000	.759
Asumir que nivel de intervención refleja preparación profesional	1.000	.707
Saber normas-Jurídicas	1.000	.720
Aceptar el desafío profesional	1.000	.753
Asumir que nivel de intervención refleja preparación profesional	1.000	.758
Oportunidad de ser creativo-innovador	1.000	.742
Actuar a favor del ambiente	1.000	.585
Intervenir por iniciativa brinda autonomía	1.000	.651
Cuidado medioambiente por organismos no gubernamentales	1.000	.806

Aceptar programas proambientales que impulsan organismos internacionales	1.000	.746
Difundir en comunidad programas y proyectos en favor ambiente	1.000	.679
Apoyar convenios internacionales que México ha firmado	1.000	.746
Aceptar diagnósticos-evaluaciones internacionales	1.000	.734
No desistir en esfuerzo mejorar condiciones	1.000	.754
Intervenir por satisfacción personal	1.000	.676
Interesarse en problemas sin esperar reconocimiento	1.000	.769
Contribuir con propuestas	1.000	.731
Estar consciente de riesgos y peligros de no intervenir	1.000	.687
Convencimiento que todo esfuerzo vale la pena	1.000	.690
Partir de diagnósticos científicos para las propuestas	1.000	.793
Evaluar iniciativas emprendidas	1.000	.720
Valorar propuestas de intervención a partir de actores	1.000	.738

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Se destaca la eliminación de tres variables o factores, debido a su escasa carga factorial, así como a su reducida varianza (1.-Entender la complejidad del medio ambiente desde la interdisciplina y transdisciplina, 2.- Tomar la iniciativa aunque los demás no lo hagan y 3.- Considerar que el nuevo profesionista debe formarse desde los fundamentos de una ciudadanía ambiental).

Por otra parte, la varianza total explicada a partir de cada uno de los componentes principales (Tabla 6), se concentra en ocho agrupaciones de factores o variables. Los componentes seleccionados explican el 73.505% de la varianza total, es decir, dichos componentes explican en un 73.505% la variación observable en las conductas proambientales de los maestros. Todos los valores seleccionados se ubicaron por encima de 1.0. El número de componentes es indicativo de la complejidad del constructo, el cual se asume complejo en su medición.

Como respaldo a esta evidencia se presenta el gráfico de sedimentación de los componentes obtenidos (Figura 1), importante para mostrar el contraste visual que permite conocer el número de componentes a retener. El criterio es seleccionar todos los componentes que están situados previamente a la zona de sedimentación, es decir, la parte del gráfico en la que los

componentes empiezan a no presentar pendientes fuertes, para este caso a partir del componente ocho.

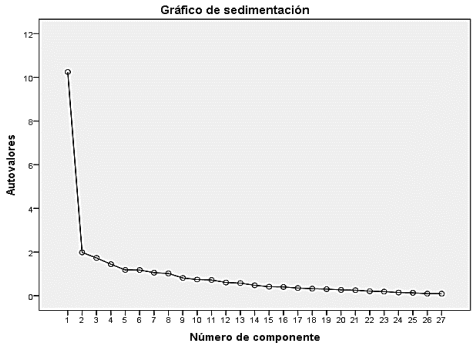


Figura 1. Sedimentación de los componentes obtenidos en torno a las conductas proambientales.

Tabla 6. Varianza total explicada para los factores considerados en las conductas proambientales de los maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	10.248	37.956	37.956	10.248	37.956	37.956	3.717	13.767	13.767
2	1.984	7.349	45.305	1.984	7.349	45.305	2.845	10.537	24.304
3	1.731	6.411	51.715	1.731	6.411	51.715	2.813	10.420	34.724
4	1.445	5.353	57.068	1.445	5.353	57.068	2.783	10.307	45.031
5	1.182	4.379	61.447	1.182	4.379	61.447	2.301	8.524	53.554
6	1.179	4.365	65.812	1.179	4.365	65.812	2.081	7.708	61.263
7	1.056	3.911	69.723	1.056	3.911	69.723	1.850	6.851	68.113
8	1.021	3.782	73.505	1.021	3.782	73.505	1.456	5.391	73.505
9	.815	3.017	76.522						
10	.743	2.753	79.274						
11	.723	2.678	81.952						
12	.607	2.250	84.201						
13	.580	2.148	86.350						
14	.480	1.778	88.128						
15	.415	1.536	89.665						
16	.404	1.494	91.159						
17	.356	1.318	92.477						
18	.325	1.203	93.681						
19	.307	1.136	94.816						
20	.267	.988	95.805						
21	.258	.954	96.759						
22	.210	.777	97.536						

23	.191	.706	98.241
24	.148	.548	98.789
25	.136	.503	99.292
26	.097	.360	99.652
27	.094	.348	100.000

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Con el propósito de identificar los factores que integraron los ocho componentes, el Tabla 7 expone la Matriz de Componentes Rotados, señalándose mediante un reTabla negro los más destacables, identificándose que el Componente 1 incluye: “Partir de diagnósticos científicos para elaborar propuestas de intervención en favor del ambiente”, “Valorar las propuestas de intervención a partir de los actores involucrados” y “Evaluar siempre los alcances de las iniciativas emprendidas”; en el Componente 2 se destacan: “Reconocer el papel de la educación ambiental como medio para revertir las conductas consumistas”, “Entender que un profesionista formado en las áreas biológicas debe saber los marcos normativo-jurídicos medioambientales”, “Aceptar que se trata de un desafío profesional que debe ser abordado” y “Asumir que el nivel de intervención que se desarrolle refleja la preparación profesional que se posee”: Componente 3 que se integra por: “Apoyar las iniciativas que sobre el cuidado del ambiente promueven los organismos no gubernamentales”, “Entender que intervenir por iniciativa propia brinda autonomía a una persona” y “Apoyar los convenios internacionales que México ha firmado a favor del ambiente”; Componente 4, constituido por: “Estar convencido de que todo esfuerzo en favor del ambiente vale la pena” e “Interesarse en el problema ambiental sin esperar reconocimiento alguno”; Componente 5, estructurado por: “No desistir en el esfuerzo por mejorar las condiciones ambientales”;Componente 6, que contiene: “Entender que toda intervención es una gran oportunidad para ser creativo e innovador”; Componente 7, en el que se observa: “Asumir el sentido antropocéntrico de los daños al medio ambiente” y “Entender la complejidad del medio ambiente desde la interdisciplina y transdisciplina”, y finalmente el Componente 8, compuesto por: “Entender la necesidad de un cambio de valores para remediar el daño al planeta”. Todos ellos con cargas factoriales ≥0.6, identificadas como las variables de mayor peso factorial.

Tabla 7. Componentes rotados[a] encontrados en el análisis de componentes principales aplicado a las conductas proambientales de los maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Diagnósticos científicos	.836	.102	.053	.139	.134	.111	.025	.176
Valorar actores	.771	.242	.128	.120	.140	.127	.127	-.034
Evaluar iniciativas	.661	.321	.136	.343	.106	.107	.138	-.046
Propuestas para mejorar ambiente	.599	.053	.150	.524	.133	.192	.108	.082
Riesgos y peligros de no intervenir	.546	.045	.292	.489	.213	-.066	.035	.103
Educación Ambiental	.231	.713	-.102	.275	-.056	-.054	.073	.179
Normas-Juridicas	.098	.699	.147	-.044	.409	.129	.120	.006
Desafío profesional	.126	.663	.182	.429	.146	.171	.160	-.069
Intervención profesional	.322	.605	.218	-.011	.250	.350	-.001	.235
Cuidado medioambiente	.145	.149	.826	.037	.222	-.165	.053	.016
Iniciativa propia	-.096	.052	.661	.220	.325	.136	.132	.107
Convenios internacionales	.312	.105	.624	.117	-.019	.449	.176	-.027
Aceptar programas proambientales	.460	-.009	.588	.196	.079	.376	.049	-.008
Programas y proyectos	.265	.045	.533	.430	-.176	.268	.129	.136
Convencimiento a favor del medioambiente	.321	.214	.166	.685	.104	.181	-.029	-.019
Interesarse por el problema	.382	.108	.130	.671	.238	-.102	.193	.202
Planes y estrategias de intervención	.011	.383	.101	567	.180	.383	.209	.079
Esfuerzo mejorar condiciones	.190	.125	.098	.361	.748	.050	.004	-.016
Actuar a favor ambiente	.135	.275	.265	.025	.583	.094	-.010	.265
Satisfacción personal	.373	.068	.110	.153	.555	.218	.357	-.117
Diagnósticos-evaluaciones	.405	.092	.354	-.055	.445	.357	.315	.093
Ser creativo-innovador	.178	.165	.072	.186	.322	.734	-.027	.004
Pensar en una ciencia de la Sustentabilidad	.248	.383	.289	.044	-.150	.520	.323	.258
Sentido Antrocéntrico	.125	.345	.215	-.025	-.092	-.105	.774	.000
Complejidad	.116	-.041	.057	.283	.309	.214	.726	.072
Cambio de valores	.087	.107	.065	.081	.066	.018	.010	.920
Modificar educación ecocéntrica	.027	.462	.045	.219	.047	.354	.382	.472

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 21 iteraciones.

Se asume así que los factores de menor intervención para explicar las conductas proambientales son: “Contribuir con propuestas para mejorar el ambiente”, “Estar consciente de los riesgos y peligros que implica no intervenir”, “Aceptar los proyectos y programas proambientales que impulsan los organismos internacionales”, “Difundir dentro de la comunidad los programas y proyectos que en favor del ambiente se desarrollan en México”, “Aceptar que para generar planes y programas de intervención a favor del medio ambiente se necesita una educación”, “Aceptar que las personas esperan que actúe de manera decidida a favor del ambiente”, “Intervenir sintiendo que se trata de una satisfacción personal”, “Aceptar los diagnósticos y las evaluaciones que sobre el problema ambiental existen internacionalmente”, “Dejar de lado el concepto tradicional de “sustentabilidad” y pensar en una “ciencia de la sustentabilidad” y “Modificar la educación ecocéntrica que actualmente se recibe en las escuelas”, las cuales contribuyen escasamente en las conductas proambientales de los maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz, lo que implica tener que diseñar y operar programas de mejora continua decantados hacia estos factores, su impulso y consolidación. Se trata de fomentar una cultura académica orientada hacia estos aspectos, centrados en el entendimiento y reflexión acerca de la educación ambiental, el sentido de la sustentabilidad y la intervención directa en los asuntos que atañen y afectan al entorno biológico, desde los marcos de currículo institucional y los marcos contextuales nacionales e internacionales.

En una representación horizontal de la matriz y sus componentes, se puede apreciar que los factores más representativos para explicar las conductas proambientales son: a) Partir de diagnósticos científicos para elaborar propuestas de intervención en favor del ambiente (0.836); b) Apoyar las iniciativas que sobre el cuidado del ambiente promueven los organismos no gubernamentales (0.826) y c) Entender la necesidad de un cambio de valores para remediar el daño al planeta (0.920).

Finalmente, en el Tabla 8 se aprecia la matriz de correlaciones entre componentes, identificándose asociaciones medias (≥0.5 a ≤0.6) a bajas (<0.5), incluso negativas en muchos de los casos.

Tabla 8. Matriz de transformación de los componentes para conductas proambientales en maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz.

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8
1	.503	.381	.381	.404	.314	.320	.261	.155
2	-.460	.681	-.246	-.210	-.070	.156	.263	.349
3	-.364	-.211	.714	-.428	.120	.269	.196	-.066
4	-.191	.059	-.209	-.066	.913	-.106	-.157	-.204
5	.095	.068	.190	-.179	.050	.063	-.762	.575
6	-.515	-.175	.214	.664	.046	-.319	.046	.333
7	.291	.023	.137	-.355	.108	-.736	.341	.316
8	.086	-.554	-.374	-.072	.177	.376	.317	.517

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Se destaca la correlación entre los componentes 4 y 5 (0.913), 5 y 7 (-0.762) y 7 y 6 (-0.736). El primero de ellos "positivo alto" (91.3%), asociando el estar convencido de que todo esfuerzo en favor del ambiente vale la pena e interesarse en el problema ambiental sin esperar reconocimiento alguno (componente 4) con el no desistir en el esfuerzo por mejorar las condiciones ambientales (componente 5).

DISCUSIÓN

En el entendido de que México "enfrenta un deterioro ambiental en los recursos naturales debido quizá a la expansión de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras" (Vargas-Ramos *et al*., 2011, p.32), es prioritario desarrollar una estrategia de desarrollo humano que permita una relación armónica entre el hombre y la naturaleza. Pero además es necesario reconocer que existe un componente cultural y psicológico que debe ser atendido. Sobre este último punto, "la preocupación por el deterioro medioambiental, cada día más patente, y sus consecuencias, convierte la investigación sobre las actitudes proambientales y el comportamiento ecológico en una cuestión ineludible desde la perspectiva de la psicología ambiental" (Amérigo, 2006, p.46).

En el plano sociocultural, la principal atención se ha centrado en los ambientes escolares, al ser reconocidos como los espacios de formación humana y profesional por antonomasia. Particularmente en el nivel de educación superior. Sobre el particular ya Benegas y Marcén (1995) señalaban que "El marco escolar es concebido como el ámbito de desarrollo de muchas de las acciones que tienen relación con las normas sociales, los comportamientos individuales o colectivos y la mejora de ciertas actitudes o el aprendizaje de determinados valores del grupo social" (p.14).

Ante el reto que representa el mantener vigente una visión sustentable dentro de las propuestas académicas que se ofertan en México, es que se hace necesario revisar el estado que guarda el Tecnológico Nacional de México, sobre todo porque dicha cosmovisión cruza transversalmente sus planes y programas de estudio a partir del Modelo Educativo Siglo XXI, lo que hace indispensable valorar el nivel y profundidad con que se logra alcanzar este objetivo formativo dentro de este sistema.

Sobre esta vertiente, a la fecha no existen estudios dentro del Tecnológico Nacional de México que describan con precisión las formas en que operan las conductas proambientales, también llamadas sustentables o proecológicas (Herrera-Mendoza *et al*., 2016) en los maestros, suponiendo que el dominio de conceptos y la adquisición de un lenguaje técnico que le acompaña en cada campo disciplinario, es suficiente para asegurar una actitud que opera a favor de las buenas prácticas profesionales (prácticas sustentables, amigables con el ambiente). Esto sin duda debe ser revisado, a fin de identificar el alcance de las políticas educativas, los procesos de enseñanza y aprendizaje y las estrategias de intervención social dentro del ambiente.

Incluso es deseable tener un acercamiento reflexivo con las distintas concepciones que actualmente predominan sobre el ambiente dentro de los institutos tecnológicos, en busca de identificar posibles líneas base desde donde operan los detonadores de la actitud, desplegadas sobre tres vertientes: proambientales (positivos), antiambientales (negativos) y neutros (indiferencia). Se busca identificar el nivel con el cual los maestros despliegan su práctica educativa dentro del sistema educativo tecnológico, incorporando una conducta positiva,

proclive a la identificación del ambiente con una visión que lo sitúa más allá de la ecología (Agoglia-Moreno, 2010).

Es necesario precisar que la relevancia de estos estudios es justificada "dado el carácter aplicado de la psicología ambiental, la búsqueda de características comportamentales que resulten en el cuidado del medio ambiente debe ser uno de los objetivos principales de esta rama de la psicología" (Martínez-Soto, 2004, p.5). De aquí la trascendencia de los resultados reportados en este artículo, en los cuales se plasma la identificación de las conductas proambientales que definen la conducta de los maestros responsables de alfabetizar ambientalmente a los estudiantes.

Es así como desde los abordajes teórico-conceptuales que brinda la psicología ambiental se privilegia la relación entre el individuo y su contexto de actuación, entendidos ambos como parte del medio ambiente, que definen en conjunto el comportamiento ambiental responsable, actitud que debe ser parte sustancial del desempeño profesional y humano de los profesionales de la educación que laboran dentro del Tecnológico Nacional de México en Veracruz, quienes de acuerdo a la evidencia carecieron de las actitudes suficientes para catalogarse como aptos para educar y alfabetizar ambientalmente a los estudiantes. Bajo los criterios de Herrera-Sánchez (2015) para conseguirlo es indispensable que los maestros "acrecienten su comprensión y conocimiento del mundo, de modo que se sientan comprometidos a introducir lo ambiental en sus prácticas pedagógicas profesionales, sobre todo a través del modelado de conductas que armonicen con su marco de actitudes" (p.3).

De aquí lo importante de asociar las actitudes hacia el ambiente con las conductas proambientales que desarrollan y hacen visibles los maestros del nivel superior tecnológico, expresión del nivel de conocimiento y motivación alcanzado dentro de la educación ambiental que reciben y a su vez trasmiten desde un contexto determinado.

En conceptos de Álvarez y Vega (2009) se ha avanzado en cuanto a los fines de la educación ambiental "pues se considera que, aunque debe seguir orientándose hacia un desarrollo sostenible, ha de centrarse en las personas y en la comunidad y no en el medio. Es decir, ha de ser una educación "para cambiar la sociedad" (p.246). Se habla así de "una educación que

ayude a los individuos a interpretar, comprender y conocer la complejidad y globabilidad de los problemas que se producen en el mundo y enseñe actitudes, conocimientos, valores, comportamientos, etc. que fomenten una forma de vida sostenible" (Álvarez y Vega, 2009, p.246), condición que se encuentra comprometida al observar los resultados reportados en este estudio.

Es sí que los cambios que se proponen (económicos, sociales, políticos y culturales), necesarios para alcanzar un modelo de desarrollo que implique la mejora ambiental, vinculada al avance y mejora social, económica y política, en el ámbito local y global, no serán posibles hasta que se alcancen altos niveles de teorización, reflexión e intervención en torno a los asuntos ambientales, a sus implicaciones como sistema complejo. Una vía para ello lo es sin duda la Educación Ambiental, la cual es conceptos de Fuentealba-Cruz y Soto-Troncoso, 2016) "se presenta como una alternativa para generar valores que se traducen en conductas y actitudes favorables para promover el desarrollo equilibrado en armonía con el entorno circundante, desarrollando capacidades plenas en las diversas dimensiones del ser humano" (p.250), en el plano intelectual, moral y espiritual, lo que deberá reflejarse en las actitudes de las personas.

En este sentido es el entorno escolar donde mejor debe ser representada esta condición, haciéndose necesaria una reforma curricular profunda y adecuadamente orientada; de aquí la necesidad de proponer un cambio estructural en el modelo educativo que actualmente se desarrolla dentro del Tecnológico Nacional de México, que vaya más allá del *saber sobre el ambiente* (base sustantiva antropocéntrica de sus programas académicos) para situarse en los aspectos integradores de la actitud (axiológico, afectivo, conductual, espiritual) ya que como señala Gonzalez-Urda y Bonan "Saber no alcanza para actuar" (p. 357).

CONCLUSIONES

Las principales variables o factores que determinan las conductas proambientales que poseen los maestros del Tecnológico Nacional de México en Veracruz se explican en un 73.505%

por actitudes vinculadas a tres principios básicos: la idea de partir de diagnósticos científicos para elaborar propuestas de intervención en favor del ambiente, la valoración de las propuestas de intervención a partir de los actores involucrados y la necesidad de evaluar siempre los alcances de las iniciativas emprendidas en favor del medio ambiente. Sin que ello sea suficiente para condicionar las conductas proambientales deseables en un académico de nivel superior, lo que implica la necesidad de fomentar este tipo de actividades dentro del sistema educativo tecnológico.

En este sentido, se destaca por su carga factorial el apoyo que se asume deben tener las iniciativas sobre el cuidado del ambiente que promueven los organismos no gubernamentales, así como entender la necesidad de un cambio de valores para remediar el daño al planeta.

Se destaca la escasa influencia que mostraron algunas variables sobre las conductas proambientales de los maestros, quienes desestimaron la contribución que las propuestas para mejorar el ambiente pueden aportar, así como la necesidad de estar consciente de los riesgos y peligros que implica no intervenir a favor del ambiente. En este sentido se minimiza el aceptar los proyectos y programas proambientales que impulsan los organismos internacionales, no aceptando la difusión, dentro de la comunidad, de los programas y proyectos que en favor del ambiente se desarrollan en México. Se desatiende la importancia que tiene la generación de planes y programas de intervención a favor del medio ambiente, implícitos en la educación recibida. Se destaca que los maestros no le dan la valoración requerida al hecho de que las personas esperan que actúe de manera decidida a favor del ambiente, sintiendo que se trata de una satisfacción personal. Por otra parte se subestima la relevancia de los diagnósticos y las evaluaciones, que sobre el problema ambiental existen internacionalmente. En su basamento teórico, la evidencia pone de manifiesto la necesidad de abandonar el concepto tradicional de sustentabilidad y pensar en una “ciencia de la sustentabilidad, trascendiendo la educación ecocéntrica que actualmente se recibe en las escuelas.

Se comprueba la validez y confiabilidad del instrumento diseñado y propuesto para evaluar dichas conductas proambientales, debiéndose probar también en maestros que laboran en otras instituciones de educación superior.

AGRADECIMIENTO

A los miembros activos de la Red Veracruzana de Investigación e Innovación Educativa, quienes aportan su esfuerzo y compromiso por impulsar esta iniciativa académica dentro de TecNM en Veracruz.

LITERATURA CITADA

Álvarez, P. y Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles. Implicaciones para la Educación ambiental, *Revista de Psicodidáctica*, 14 (2), 245-260. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/175/17512724006.pdf

Agoglia-Moreno, O. (2010). *La crisis ambiental como proceso. Un análisis reflexivo sobre su emergencia, desarrollo y profundización desde la perspectiva de la teoría crítica*. Tesis Doctoral, Universitat de Girona. 324 p. Recuperado de: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7671/tobam.pdf

Amérigo, M. (2006). La investigación en España sobre actitudes proambientales y comportamiento ecológico. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 7(2), 45-71. Recuperado de: https://mach.webs.ull.es/PDFS/Vol7_2/Vol7_2_c.pdf

Auzmendi, E. (1992). *Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias*. Bilbao: Mensajero.

Barrera-Ortiz, L., Carrillo-González, G. M., Chaparro-Díaz, L., Sánchez-Herrera, B., Vargas-Rosero, E. y Patricia-Carreño, S. (2015). Validez de constructo y confiabilidad del instrumento calidad de vida versión familiar en español. *Revista*

Electrónica Trimestral de Enfermería, 37, 227-238. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/pdf/eg/v14n37/administracion4.pdf

Benegas, J. y Marcén C. (1995). La Educación Ambiental como desencadenante del cambio de actitudes ambientales. *Revista Complutense de Educación*, 6 (2), 11-28. Recuperado de: file:///C:/DrVillarruel-Archivos-9%20agosto-2018/PUBLICAR/ARTICULOS%202018/PROAMBIENTALES/Conductas.PDF

Berenguer, J. M y Corraliza, J. A. (2000). Preocupación ambiental y comportamientos ecológicos. *Psicothema*, 12 (3), 325-329. Recuperado de: http://www.psicothema.com/pdf/338.pdf

Corral-Verdugo, V. y Pinheiro-De Queiroz J. (2004). Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 5 (1y2), 1-26. Recuperado de: https://mach.webs.ull.es/PDFS/Vol5_1y2/VOL_5_1y2_a.pdf

Corral-Verdugo, V. (2000). La definición del Comportamiento proambiental. *La psicología social en México*, 8, 466-467.

Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19 (33), 228-247. Recuperado de: http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf

Estrada, A; Batanero, C; Fortuny, J. (2004). Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y ejercicio. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 263-274. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/70289203.pdf

Fuentealba-Cruz, M. y Soto-Troncoso L. (2016). Valoración actitudinal frente a temas ambientales. *Luna Azul*. 43, 448-467. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n43/n43a19.pdf

GonzalezUrda, E. y Bonan, L. (2017). Saber no alcanza para actuar: revisión y reflexiones acerca de la relación entre el conocimiento y la adopción de conductas ambientales. *Ciênc. Educ., Bauru*, 23 (2), 357-372. Recuperado de: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n2/1516-7313-ciedu-23-02-0357.pdf

Gil, J. (1999). Actitudes hacia la estadística. Incidencia de las variables sexo y formación previa. *Revista Española de Pedagogía*, 214, 567-590.

Herrera-Mendoza, K., Acuña-Rodríguez M., Ramírez-Ordoñez, M. J. y De la Hoz-Álvarez, M. (2016). Actitud y conducta pro-ecológica de jóvenes universitarios. *Opción*, 32, Especial No.13, 456-477. Recuperado de: file:///C:/Users/Manuel/Downloads/Dialnet-ActitudYConductaProecologicaDeJovenesUniversitario-5844677.pdf

Herrera-Sánchez, R. E. (2015). Relación que existe entre las actitudes y prácticas ambientales predominantes entre los profesores de tercer ciclo del Colegio Externado de San José, San Salvador. Tesis de Maestría. Facultad de Humanidades, Universidad Rafael Landívar. El Salvador. 120 p. Recuperado de: http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/05/83/Herrera-Rolando.pdf

Holland, A. F. y Castañeda, M. M. M. (2015). La psicologia ambiental: una tarea de la comunidad univsersitaria. En: Gonzáles-Hernández, M. Á., Domínguez-Basurto, M. y García-Durán, A. (eds.) *Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad*. Tópicos Selectos de Educación Ambiental (pp.232-236). Veracruz: ECORFAN. Recuperado de: https://www.ecorfan.org/actas/educacion_ambiental_III/6%20Transdisciplinariedad%20y%20problemas%20complejos/8%20Transdisciplinariedad%20y%20problemas%20complejos%20232-236.pdf

Valera-Pertegàs, S. (1996). Psicología ambiental. En: Íñiguez, L. y Pol, E (Comps.). *Cognición, Representación y Apropiación del Espacio*. Monografías Psico-Socio-Ambientales, 9. (pp. 1-14). Barcelona: P.P.U. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Sergi_Valera/publication/284389007_Psicologia_ambiental_Bases_teoricas_y_epistemologicas/links/5693a47608aed0aed817c136/Psicologia-ambiental-Bases-teoricas-y-epistemologicas.pdf

Mandeville, P. B. (2010). Tema 22: *Muestreo multietápico*, Ciencia UANL, 13 (1), 102-105.

Martínez-Soto, J. (2004). Comportamiento proambiental. Una aproximación al estudio del desarrollo sustentable con énfasis en el comportamiento persona-ambiente. *Theomai*, 1 (99), 1-8. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/124/12499303.pdf

Morales, J. (2002). Psicología Social. Buenos Aires: Pearson.

Segrelles, J. A. (2001). Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina, Scripta Nova: *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 92, 1-12. Recuperado de. http://www.ub.edu/geocrit/sn-92.htm

Santiago, A. (2009). La globalización del deterioro ambiental *Aldea Mundo*, 14 (27), 63-72. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/543/54315984008.pdf

Vargas-Ramos, C., Medellín-Moreno, J., Vázquez-Galindo, L. y Gutiérrez-Sánchez, G. (2011). Actitudes ambientales en los estudiantes de nivel superior en México. *Luna Azul*, 33, 31-36. Recuperado de: www.scielo.org.co/pdf/luaz/n33/n33a04.pdf

Zurrita, A.A., M.H. Badii, A. Guillen, O. Lugo Serrato & J.J. Aguilar Garnica. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 10(3), 1-9. Recuperado de: http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf

REDISEÑO DE UN ENFRIADOR EVAPORATIVO POR MEDIO DE CELDAS PELTIER.

HUGO AMILCAR LEÒN BONILLA; DIEGO RODRIGUEZ ESPINOZA; EMMANUEL FRANCO TRUJILLO;

RESUMEN

El trabajo presenta, una solución alterna para acondicionar el aire mediante un sistema que utiliza celdas Peltier.

Las características termoeléctricas de las celdas Peltier se han investigado y aplicado a sistemas de enfriamiento por su capacidad de producción y absorción de calor, producido por el paso de corriente entre la unión de un metal y un semiconductor. Uno de los problemas que presentan los sistemas actuales es la baja capacidad de disminuir la temperatura del aire. De acuerdo a los análisis realizados mediante softwares CFD (Computational Fluid Dynamics) la transferencia de calor del aire circundante hacia la cara de la celda Peltier es muy baja y sería necesario un $\Delta T = 25°C$ lo que de acuerdo a las curvas de corriente, voltaje y temperatura de la celda Peltier correspondería a un alto consumo de potencia. Por tal razón, para obtener un alto nivel de eficiencia en el enfriador evaporativo las celdas deben absorber la energía del agua y no del aire directamente.

La estructura del enfriador evaporativo consiste en un módulo de potencia que es capaz de alimentar las celdas Peltier, permitiendo absorber la energía del agua, la cual será el fluido de trabajo para lograr la humidificación y lograr disminuir y acondicionar de la temperatura del aire para condiciones de confort humano.

Se le añade un módulo de control que permite la regulación de la temperatura de operación de las celdas Peltier y con ello la implementación de modos de enfriamiento

Finalmente, se rediseñan características geométricas que favorecen la operatividad y el control del enfriador. Todo ello se albergará en una estructura diseñada por ordenador para mejorar la eficiencia energética del equipo.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con diversidad de climas que pueden ser muy cálidos y fríos, lo que ocasiona problemas de falta de confort térmico al interior de las habitaciones.

Para esto se han buscado técnicas favorables con el paso del tiempo, desde una simple propuesta de mayor ventilación hasta un sofisticado equipo de aire acondicionado. Dicha comodidad depende tanto de regular bajas y altas temperaturas que hoy en día se hacen más evidentes debido a agentes externos como la contaminación y la alza en la construcción de viviendas, disminuyendo la cantidad de áreas verdes, la creación de parques industriales, el uso excesivo del automóvil y demás causas que alteran el ambiente que han generado el llamado cambio climático y finalmente la humedad presente en el espacio a considerar. Actualmente este efecto es minimizado por sistemas de acondicionamiento de aire que pueden utilizarse en cualquier lugar del mundo, pero su costo inicial y de operación es muy alto, además de que utilizan gases refrigerantes como sustancias de trabajo que si son despedidos al ambiente pueden ser dañinos. Otra opción son los sistemas de enfriamiento evaporativo los cuales tienen un menor consumo de energía y como la sustancia de trabajo es agua no representa ningún riesgo por fugas al ambiente.

El enfriamiento evaporativo se basa en un sencillo principio: cuando se evapora el agua, el calor latente de vaporización se absorbe por el cuerpo de aire y agua de los alrededores. Este fenómeno se ha empleado por cientos de años para enfriar agua, y resulta ser el principio de operación de la unidad de enfriamiento evaporativo, la cual tiene un funcionamiento relativamente sencillo: El aire de entrada (aire caliente) del exterior es forzado a circular a través de un medio húmedo mediante un flujo agua constante, por lo que el aire aporta energía al agua, la cual se haya a temperatura menor, evaporando una determinada cantidad. Esto

ocasiona que el agua se evapore a temperatura constante y el aire se enfrié, pero este efecto solo perdura hasta que el agua es capaz de absorber el calor del aire, por esta razón la eficiencia disminuye cuando la temperatura del agua se aproxima a la temperatura del aire, como ocurre en los enfriadores evaporativos convencionales, por lo que este proyecto permite disminuir la temperatura del agua de evaporación, manteniéndola a una temperatura menor que la temperatura del aire.

EXPERIMENTACIÓN

La celda Peltier utilizada en el enfriador evaporativo es la Tec1-12706, ver Fig. 1, la cual contiene un arreglo de paletas de semiconductor de material Bismuto Teluro que se encuentran dopadas con un tipo de portador positivo o negativo. Estas celdas, permiten la absorción del calor del agua de evaporación.

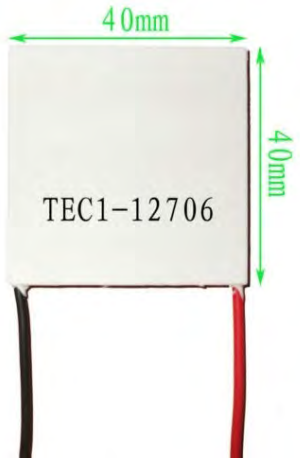


Figura 1: Celda Peltier Tec1-12706

Los paneles evaporativos que se observan en la Fig. 2 están constituidos de celulosa tratada, estos paneles enfriadores de celulosa tratada, se utilizan como medio para enfriar y humedecer el aire aspirado en acondicionadores evaporativos. Sus datos técnicos son los siguientes:

- Pe a filtro limpio, velocidad 1.5 m/s = 4.4 mmH_2O
- Pe a filtro saturado, velocidad 1.5 m/s = 25 mmH_2O

Velocidad nominal de trabajo = 1.5 m/s

- Rendimiento según norma EN 779 = 91%
- Temperatura máxima de trabajo = 100°C
- Capacidad de acumulación de polvo = 503 g/m^2

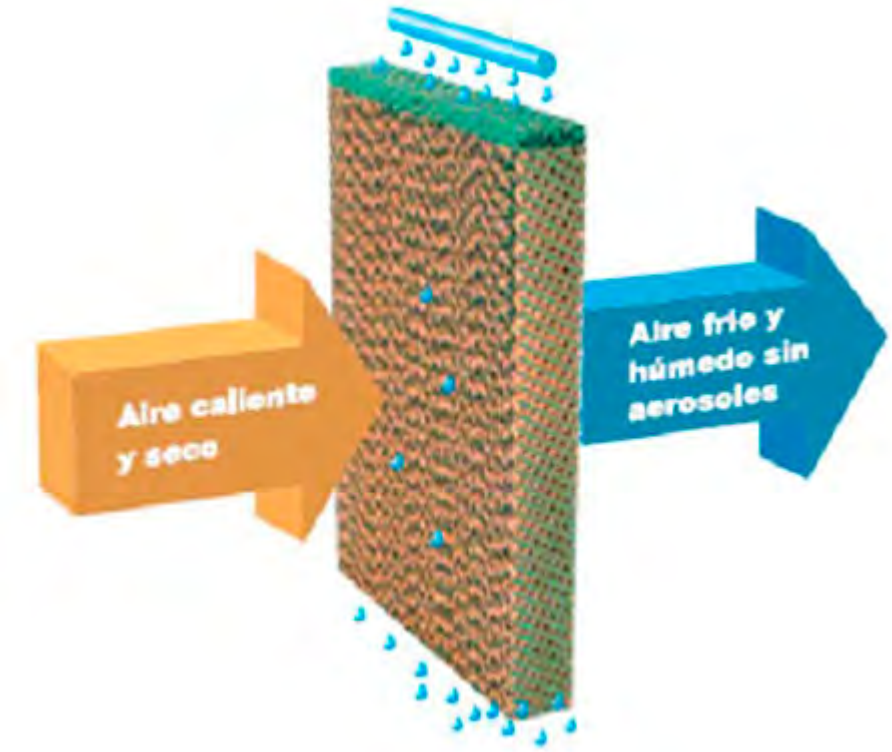


Figura 2: Panel evaporativo

El proceso de rediseño y desarrollo del prototipo se llevó acabo de la siguiente manera, primero se procedió al cálculo de las aletas, ver fig. 3 que constituirán el disipador de calor, para posteriormente determinar la eficiencia del disipador de tal menara que se logre disminuir las perdidas por transferencia de calor.

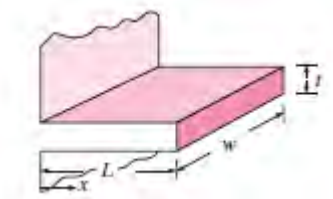


Figura 3: Factores a considerar en el dimensionamiento de la aleta

A partir del disipador de calor comercial reutilizado de equipo de cómputo, ver fig. 4, de sus dimensiones se utilizaron las siguientes ecuaciones aplicada a aletas:

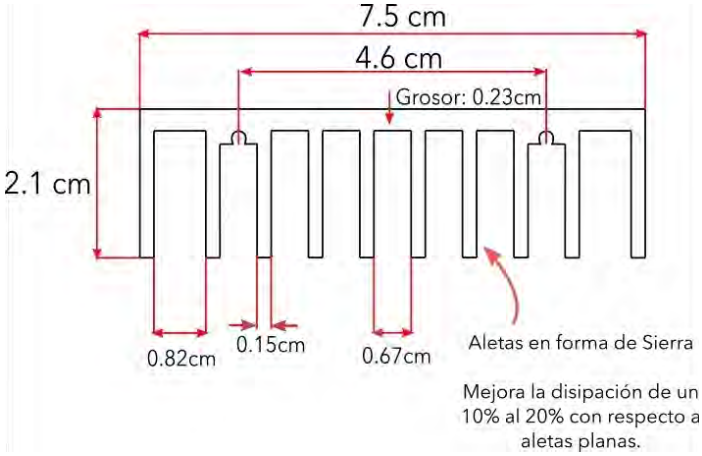


Figura 4: Dimensiones del disipador

$$n_{aleta} = \frac{\dot{Q}_{aleta}}{\dot{Q}_{aleta\ maxima}}$$

$$m = \sqrt{2h/kt}$$

$$L_c = L + \frac{t}{2}$$

$$A_{aleta} = 2wL_C$$

$$n_{aleta} = \frac{\tanh\,(mL_C)}{mL_C}$$

Sustituyendo en las ecuaciones correspondientes se obtiene:

$$m = 6.13$$

$$Lc = 2.10075$$

Con estos valores se calculó la eficiencia de este disipador que ya existe en el mercado, además se realizó una simulación en SolidWorks para observar de manera gráfica como se comportaría el disipador al estar en contacto con la cara que adiciona calor de la celda Peltier, donde se puede ver cuáles serán las zonas que obtendrán mayores temperaturas. Con esta

simulación podemos ver que el disipador es capaz de mantener la misma temperatura en casi todas las zonas, por lo que no se verá afectado el desempeño de la celda Peltier ver fig. 5

$$n = \frac{tanh 12.87759}{12.87759} = 0.77$$

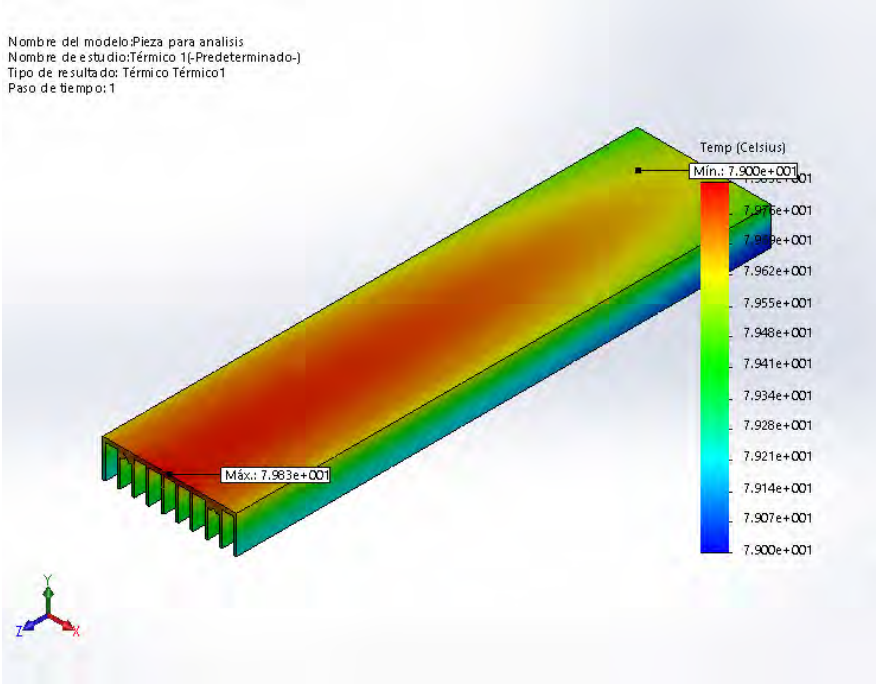


Figura 5: Análisis software CFD

Se determinó utilizar un disipador de 21.38cm de largo por 15cm de ancho, con las características del disipador comercial, en cuanto a la forma y distribución de las aletas. El diseño y las medidas del disipador se muestran a continuación, esta pieza ya fue la utilizada en el proyecto,ver fig. 6.

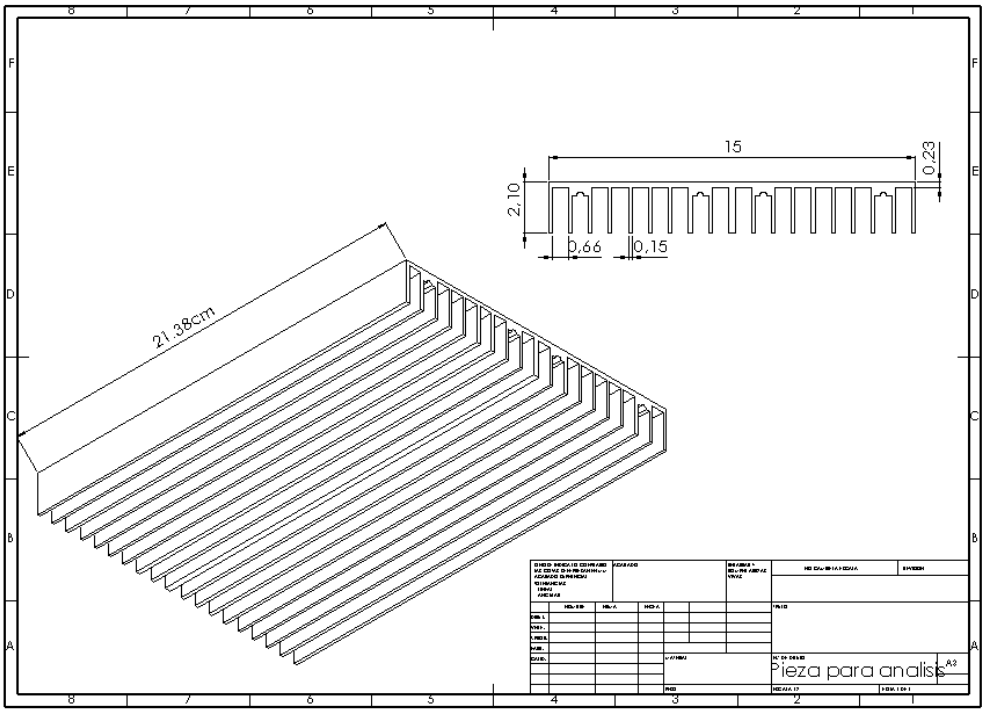


Figura 6: Dimensiones del disipador diseñado

Las características físicas del disipador son de aluminio aleación 1060 el cual presenta las siguientes propiedades, ver Tabla 1.

Tabla VII: Propiedades aluminio

Propiedad	Valor	Unidades
Modulo elástico	6.9e+010	N/m^2
Coeficiente de Poisson	0.33	N/D
Modulo Cortante	2.7e+010	N/m^2
Coeficiente de expansión térmica	2.4e-005	/k
Conductividad térmica	200	W/(mk)
Limite elástico	27574200	N/m^2

Es importante resaltar el valor de conductividad térmica de 200 $W/(mK)$, valor utilizado para el análisis térmico. Para realizar el análisis térmico primero se seleccionó la cara del disipador, ver fig. 7, que tendrá contacto con el agua a temperatura ambiente (25°C). Esta simulación muestra cómo será absorbido el calor del agua con la utilización de las celdas

Peltier y el disipador, además que muestra el comportamiento uniforme de la absorción de calor, cuando el agua no tiene movimiento.

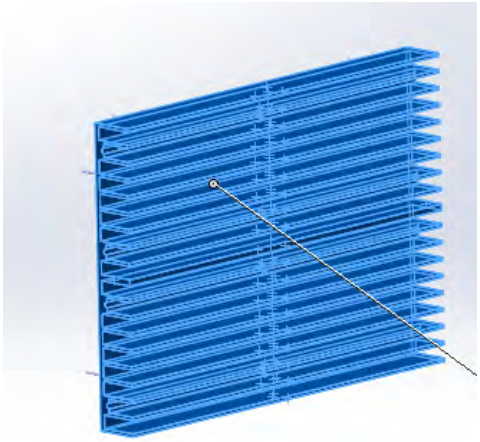


Figura 7: Cara de análisis del disipador

Posteriormente se colocó la temperatura de 0°C en la zona donde el disipador tendrá contacto con la cara fría de la celda Peltier, este valor fue tomado considerando que el ΔT de la celda peltier es de 25°C.

Para esta consideración, se observó que las curvas de rendimineto para un delta de 25°C y un voltaje de alimentación de 12V, presentó una corriente de operación de la celda peltier de 4.5A como puede observarse en la fig. 8.

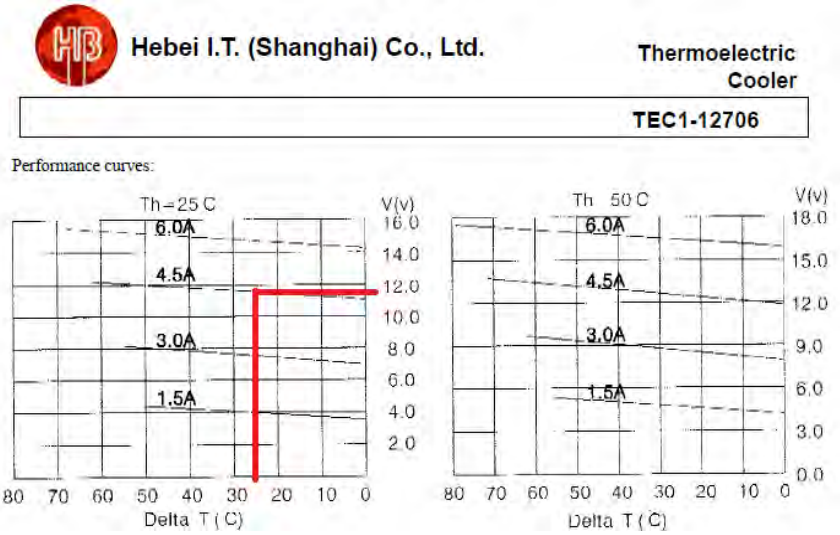


Figura 8: Temperatura de operación de la celda Peltier

Después de comprobar la operatividad de la celda peltier en conjunto con el disipador de calor, se procedió al ensamblaje de la superficie de enfriamiento la cual fue unida por medio de tornillos y para favorecer la transferencia de calor se utilizó pasta térmica.

RESULTADOS

En la figura siguiente se muestra como se transfiere el calor del agua de humidificacion al disipador de la celda Peltier de la cara de absorcion, cuando el agua tiene movimiento, el cual es el caso ya que se hara circular el agua mediante una bomba y esta creara perturbaciones en el agua.

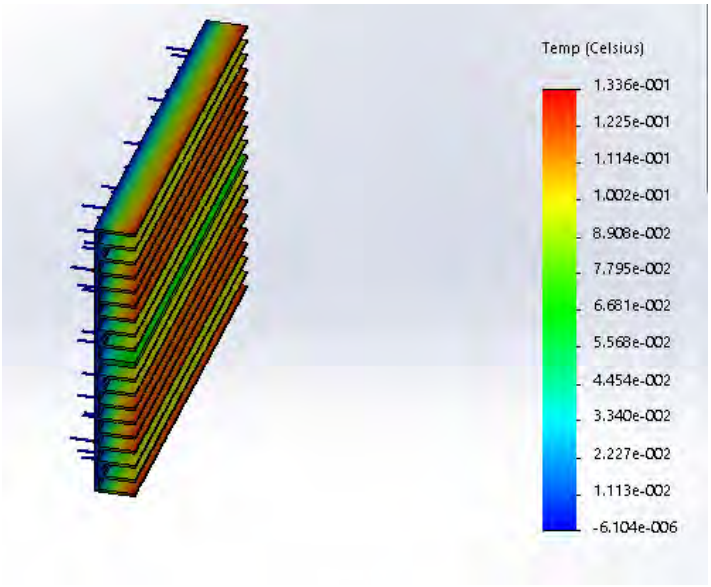


Figura 9: Análisis CFD temperatura

La estructura del área de enfriamiento está comprendida por un disipador de 21.38cm de largo por 15cm de ancho con aletas de 1,87cm, el cual se encuentra en contacto directo con el agua de evaporación y la cara de absorción de calor de la celda Peltier, ver fig 10, seguido de otro disipador unido a la cara que desprende calor de la celda, ver Fig 11.

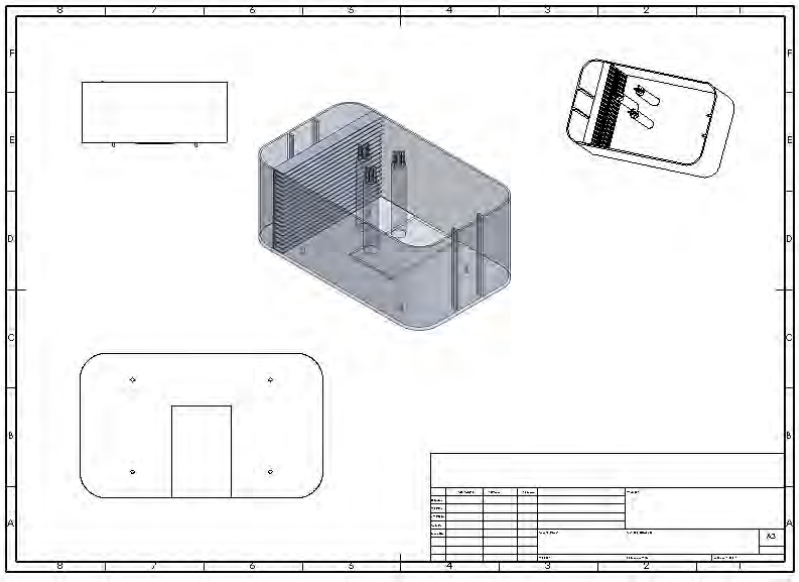


Figura 80: Diseño del contenedor de agua y disipador en contacto con la cara de absorción de calor de la Celda Peltier

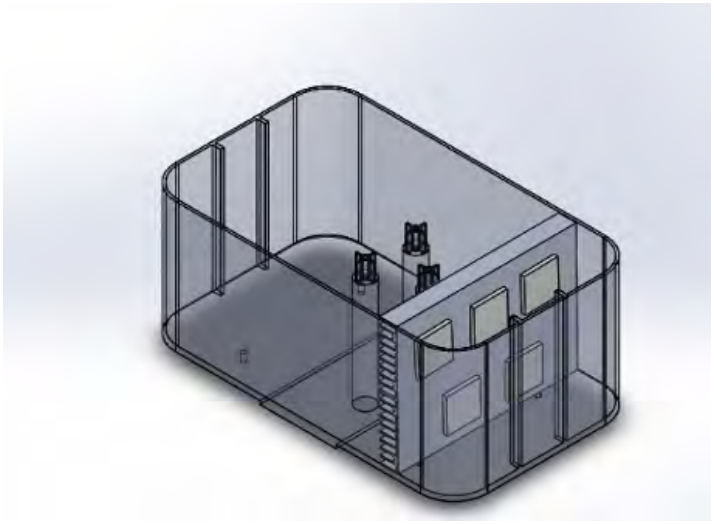


Figura 91: Vista de la cara que disipa calor de las Celdas Peltier.

Finalmente se ensambló completamente el enfriador evaporativo con el rediseño propuesto como se muestra en la fig. 12.



Figura 10: Enfriador evaporativo

Es importante resaltar que el equipo no se modificó en su carátula de control, solo se hicieron modificaciones internamente en la tarjeta de control.



Figura 11: Carátula de control

La tarjeta de control permite al usuario manipular el enfriador en sus diferentes modos de operación

Las características de operación eléctricas del equipo son las siguientes:

Potencia nominal 600w

Consumo en modo frio 250Wh

Consumo en modo caliente 878.84W

Su capacidad de enfriamiento se estimó a partir del área que absorbe la energía calorífica, donde la temperatura del agua que se utiliza para humidificar el aire es capaz de disminuir hasta los 19 °C, posteriormente fue necesario calcular la eficiencia psicométrica para determinar qué tan eficaz es el sistema de enfriamiento.

Se utilizó la siguiente ecuación (Valdez Sals, 2006)

$$n = \frac{T_{ent} - T_{sal}}{T_{ent} - T_{bh}}$$

$$= \frac{24 - 20}{24 - 19}$$

$$n = 80\%$$

T_{ent} = temperatura bulbo seco del aire entrante a la unidad evaporativa

T_{sal} = temperatura bulbo seco del aire saliente de la unidad evaporativa

T_{bh} = temperatura de bulbo humedo del aire entrante a la unidad evaporativa

Con lo que se observó un aumento de un 10% en la eficiencia con respecto de un sistema convencional de enfriamiento evaporativo.

CONCLUSIÓN

El presente proyecto permite el acondicionamiento de una habitación utilizando celdas Peltier que no están en contacto directo con el aire a acondicionar, en otros proyectos que utilizan celdas Peltier se ponen en contacto directo con el aire pero esto disminuye la eficiencia de acondicionamiento de la habitación y se tiene un alto consumo de energía. Por el contrario, este proyecto utiliza las celdas Peltier de una manera que enfrié agua la cual es una sustancia que almacena mejor la energía que el aire y el agua se enfría y se utiliza para

humidificar el aire. Además, este proyecto es capaz de deshumidificar y calentar el aire lo cual que algunos otros proyectos no hacen.

La aplicación que se le ha dado a la celda Peltier no abundan en la actualidad, pero hoy en día la tendencia a el uso eficiente de la energía permite que el uso de las celdas Peltier por su forma compacta y con menos piezas que los sistemas actuales de acondicionamiento de aire sea una opción. El proyecto es capaz de humidificar el aire de una habitación tal como se tenía previsto, puede ser utilizado como calefacción y con su control es capaz de manejarse con diferentes modos de enfriamiento.

LITERATURA CITADA

López Campos, S. (2014). *Sistema De Climatización Basado En Células Peltier.* Universidad Carlos Iii De Madrid Escuela Politécnica Superior Departamento De Tecnología Electrónica Madrid,150pp .

Senner, A. (1994). *P*rincipios de electrotecnia*.* Barcelona: Editorial Reverté.S.A.

Cengel Y, A. (2011). Transferencia de calor y masa. McGraw-Hill 1009pp.

Valdez Sals, B. (2006). *Tecnología en la UABC.* Mexicali, baja california: Universidad Autónoma de Baja California 201pp.

ESTUDIO DEL CONSUMO DE PRODUCTOS LÁCTEOS INDUSTRIALIZADOS, EN LAS ESCUELAS PRIMARIAS DE LA LOCALIDAD DE PASO DEL TORO EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ.

MARTÌN MARQUEZ ESPINOZA[1], HAYDEE NANCY ALVARADO ROMERO[2], MARICRUZ GUTIÉRREZ BRAVO[3]

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de analizar las tendencias y preferencias en el consumo en productos lácteos industrializados y sus derivados para consumo humano, entre los niños menores de 12 años estudiantes de la escuela primaria 1º de mayo de la localidad de Paso del Toro, en el Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. El Objetivo consiste en valorar el poder predictivo de la ingesta de lácteos y sus sustitutos a través de productos lácteos industrializados y la influencia que ésta tiene sobre el aporte total de complemento alimentario durante el desayuno de los menores.

La información se obtuvo de una entrevista estructurada que incluyó información de variables socioeconómicas, dieta habitual, frecuencia del consumo de alimentos, se construyeron gráficos representativos de levantamiento de datos a partir de la encuesta aplicada, además de la percepción que tienen las familias de dicha localidad al respecto del consumo de alimentos industrializados modernos. Los resultados evidencian el consumo de alimentos industrializados de corte moderno en la dieta habitual de la localidad antes

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. mark-es.96@hotmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado
[3] Universidad del Valle de Mèxico

mencionada, sin diferencias significativas en la alimentación actual de los menores, es decir, la alimentación de los niños en edad escolar sigue siendo parte fundamental de su desarrollo siendo los padres los responsables de la preparación de estos alimentos; pero se discute el papel de la incorporación de alimentos industrializados modernos como parte del desayuno de los niños que asisten a la educación primaria.

PALABRAS CLAVES : Leche, productos lácteos, alimentos industrializados.

INTRODUCCIÓN

La industria de los productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos, después del maíz y de la carne; sin embargo, presenta un ritmo de crecimiento mayor estas dos últimas. En la actualidad se observa un incremento en la concentración de la población en grandes ciudades en países en desarrollo, la cual está acompañada generalmente de un incremento en el poder adquisitivo, lo que provoca un aumento en la demanda de una variedad de alimentos, entre los que se encuentran la leche y sus derivados, ya que una vez establecida en zonas urbanas la población cuenta con los servicios básicos de electricidad, que les permite conservar y consumir productos frescos altamente perecederos como la leche, quesos, yogurt entre otros (Gallardo, 2005).

La industria de alimentos procesados es parte del sector secundario de manufactura y la más significativa en términos del valor del PIB dentro de este sector; se encarga de transformar el producto agropecuario obtenido en campo, en alimentos que sean fácilmente preparados y servidos por el consumidor final.

Entre las características favorables de la industria están, que los alimentos procesados se encuentran disponibles todo el año, su preservación facilita su comercialización y gracias a la eliminación de microorganismos reducen el riesgo de enfermedades, son generalmente distribuidos y vendidos por grandes corporativos.

Según estimaciones de la Secretaría de Economía, se espera que el consumo de alimentos procesado en México crezca de 2012-2020 a una tasa de 7.4%, a pesar de la tendencia de factores como la obesidad, la preocupación por el consumo local y el uso de ingredientes de calidad, que pueden afectar la demanda de dichos bienes.

Esto se explica debido a las costumbres de consumo de alimentos procesados en México, ya que el mayor valor agregado de producción recae en la elaboración de productos de panadería y tortillas con 32%, seguido por la industria de matanza y empacado de carne con 22% del total, y la elaboración de productos lácteos con 12% de la industria alimentaria.

El consumo de leche y lácteos en México tiene un amplio potencial de crecimiento, toda vez que la ingesta per cápita se ubica por debajo de las recomendaciones internacionales, así como por debajo del promedio mundial e incluso es inferior a los niveles promedio en los países en desarrollo.

El estado de Veracruz destaca como el primer productor nacional de bovinos y el primer abastecedor de carne al mercado interno, así como el segundo productor de leche del país; sin embargo, no logra satisfacer sus necesidades de este alimento básico y tiene que importa de otros estados parte de su consumo, debido a su insuficiente infraestructura de acopio, comercialización y pasteurización, que provoca la canalización de gran parte de la producción hacia la deshidratación, para hacer leche en polvo destinada principalmente al mercado de las grandes ciudades del país.

La localidad de Paso del Toro está situado en el Municipio de Medellín (en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave). Hay 5197 habitantes. Es el pueblo más poblado en la posición número 4 de todo el municipio. Paso del Toro está a 10 metros de altitud.

En la localidad hay 2481 hombres y 2716 mujeres. El ratio mujeres/hombres es de 1,095, y el índice de fecundidad es de 2.22 hijos por mujer. Del total de la población, el 7,43% proviene de fuera del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. El 4,68% de la población es analfabeta (el 3,55% de los hombres y el 5,71% de las mujeres). El grado de escolaridad es del 7.60 (7.85 en hombres y 7.37 en mujeres).

La conservación comercial de alimentos procesados, mejora los suministros de alimentos también en otras formas. Alienta y/o inicia las prácticas intensivas en la producción de alimentos, y al mismo tiempo aumenta el suministro y baja el costo de ellos.

La modernización alimentaria ha llevado a una mayor disponibilidad de alimentos industrializados, ricos en azúcares simples y grasas saturadas (Popkin, 1993).

Actualmente existe un creciente interés en proponer nuevos métodos de investigación, con el fin de entender comportamientos sociológicos. Este estudio debe servir para tener una noción clara del porque las personas adquieren y consumen productos industrializados; por ello en el presente artículo se propone identificar sobre consumo de productos lácteos industrializados como parte de la dieta habitual del desayuno de los niños en edad escolar, así como algunos factores que actúan sobre la decisión para adquisición y consumo de dichos productos procesados.

METODOLOGÍA

La metodología del estudio se centró en el análisis por grupos y los resultados fueron categorizados en 8 rubros: Grado escolar, edad de menor, segmento de la población, el género del tutor, tipo de alimento, elección de marca, gasto promedio y por último la percepción del padre o tutor con respecto a dicho alimento siendo esta buena o mala para el menor.

Se valoró una muestra de 33 familias entrevistadas, de las cuales se integran por 44 menores de 12 años que asisten a la escuela primaria y como población total para dicho estudio.

Sujetos de estudio: Niños menores de 12 años que acuden a la escuela primaria 1º de Mayo y que complementan su desayuno diario con productos lácteos envasados de forma industrial.

Criterio de exclusión: Menores que no estudian en ese momento, pero se encuentra en la edad de educación escolar.

Mediciones principales: Total de padres o tutores encuestados, número de hijos por familia, gasto promedio, preferencia por productos, y porciones envasadas de producto lácteo.

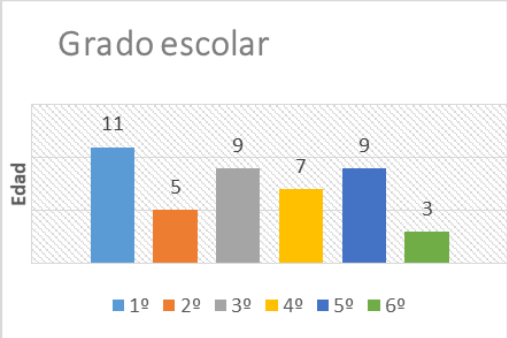
Se aplicó una encuesta como instrumento de evaluación, que contiene variables enfocadas al consumo preferencial en marca, el tipo de producto, presentación, lugar de compra y consumo de derivados lácteos.

RESULTADOS

Después de llevar a cabo la metodología antes señalada se presentan los resultados que se centran en los siguientes rubros: Productos de mayor consumo, lo mostro la leche procesada o conocidas como lechitas, siguiéndole el yogurt envasado en distintas presentaciones y por último el desayuno preparado en casa. Entendemos que el estrato de la población focalizado de este poder adquisitivo manifestó un consumo constante de dichos productos, más por razones de alimentación, lo hace por razones de índole económica; los resultados mostrados para la adquisición del tipo de producto lácteo, indistintamente de su procesamiento, contenido de nutrientes (proteína, grasa butírica, vegetal y lactosa), señalan que el tipo de alimento, la marca de producto y el precio, son las tres principales causas que la determinan su adquisición, también se entiende que las personas son sensibles ante la compra de dichos productos y los relacionan los lácteos industrializados (leche procesada y yogurt) con la leche de vaca, siendo este un alimento completo y nutritivo, ya que se utiliza como ingrediente principal en la preparación de muchos alimentos como licuados, postres y bebidas calientes como los atoles que simpatizan con la imagen de una buena nutrición.

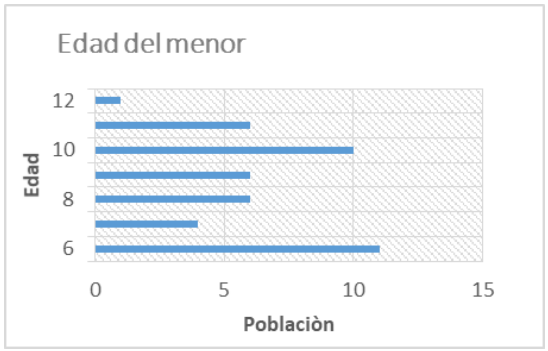
Obteniéndose como resultado que la mayoría de los padres compran productos industrializados lácteos como parte de complemento del desayuno de los menores, considerando razones entre las que destaca el sabor, el precio en el estrato de poder adquisitivo, resaltando que el consumo aparente per cápita se encuentra entre $ 10.00 a $ 20.00, así mismo, que el lugar de elección para la compra de dichos productos predomina el supermercado, seguido por tiendas de conveniencia y al final tiendas locales. Es necesario proporcionar a los padres una asesoría del tipo de producto en condiciones de costo-beneficio

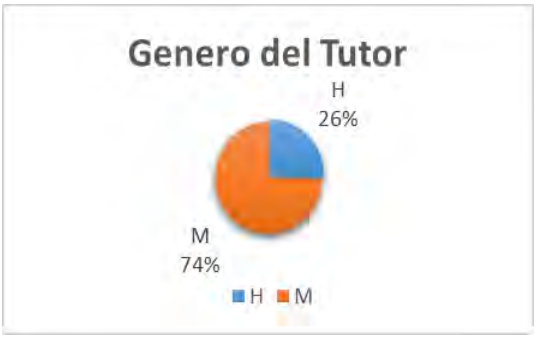
en la dieta de sus hijos, buscando reorientar una mejor decisión de compra de dichos productos.



De acuerdo al grado escolar, la valoración nos muestra que los menores se encuentran cursando la educación primaria en los siguientes grados (grado= niños) 1º= 11, 2º =5, 3º=9, 4=7, 5º=9 y 6º=3 con edades entre 6 y 12 años

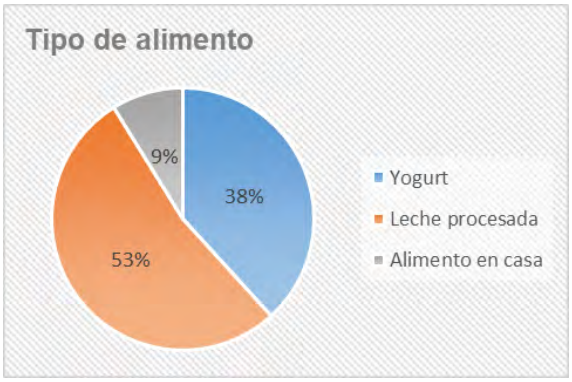
De acuerdo con la edad del menor, se identificaron (edad=población) de 6=11, 7=4, 8=6, 10=10, 11=6 y 12=1 haciendo un total de 44 menores.



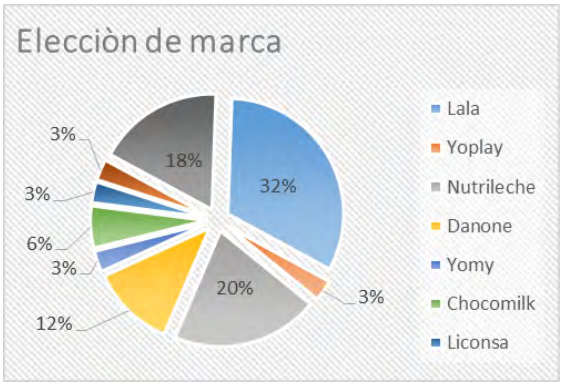


Podemos identificar que el 75 % es representado por la madre, o tutora del menor, siendo ella quien decide dar el primer alimento como complemento del desayuno.

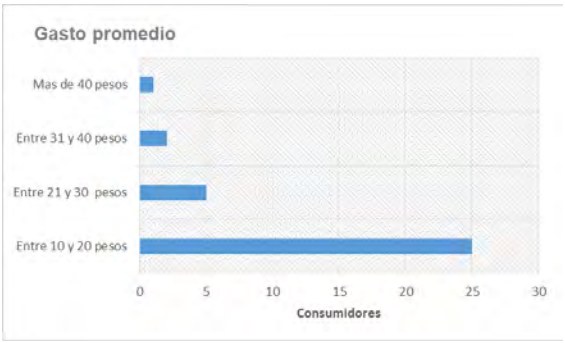
En condiciones de decisión para el tipo de alimento, podemos señalar que la leche procesada es consumida en un 53 % seguida del yogurt con un 38 % y al final el desayuno previo en casa con un 9 %.



De acuerdo a la elección de marca, observamos que los productos de la marca “Lala” posee el 32 % de preferencia en contraparte de un 3 % de Yoplai, Yomy y Liconsa.



El gasto que realizan las familias por la adquisición de distintos productos lácteos, entendiendo que este gasto se dispone de entre los 10 y 20 pesos aproximadamente.



DISCUSIÓN

En este estudio se han mostrado los resultados del análisis de la presentación de datos a partir de la encuesta aplicada, no obstante los datos obtenidos muestran una incorporación importante de alimentos industrializados en la dieta habitual de los niños de la localidad de Paso del Toro. Debe señalarse que, debido al tamaño de la muestra, es probable que algunos de los datos no resultaran significativos, aunque es posible ver la magnitud del impacto en una permanecía por la preferencia de los alimentos procesados.

La preferencia por este tipo de alimentos podría estar asociada a quienes reportan una alta frecuencia de consumo de azúcar, refrescos y alimentos procesados provenientes de zonas urbanas y en comunidades más densamente pobladas cercanas a esta localidad y con libre acceso a los alimentos industrializados, así mismo la disponibilidad de los recursos económicos, la dinámica de la vida cotidiana de las familias y la influencia de los medios masivos de comunicación son probablemente factores primordiales ante la explicación del consumo de alimentos lácteos industrializados.

CONCLUSIONES

Podemos afirmar que con respecto al consumo de productos lácteos industrializados (Leche procesada y yogurt), el estrato adquisitivo presenta un consumo alto por razones de índole económica, esto se entiende que los padres de familia encuestados mencionaron que diariamente complementan la alimentación de los menores con un producto lácteo industrializado el cual se encuentre al alcance de sus ingresos y sea de fácil acceso para sus adquisición.

De igual manera se concluye que en la localidad de Paso del Toro, el mercado para el consumo de productos lácteos y sus derivados es amplio, dado que total de los padres de familia o tutores adquiere diariamente alguno de dichos productos; por tanto, es

recomendable impulsar campañas que influyan en la toma de decisiones de los consumidores de la localidad de Paso del Toro y del Municipio de Medellín, y que permitan orientar a los padres, y niños menores del consumo frecuente, derivado de sus características nutritivas y la variación de los precios con respecto a estos productos.

La promoción de una dieta sana en las comunidades rurales, requiere de la consideración, la permisibilidad para la comercialización de alimentos industrializados, las actividades productivas en las zonas rurales y los apoyos sociales para el mejoramiento de las familias en las distintas comunidades, sin embargo los efectos colaterales parecen ir en dirección contraria a este objetivo. Asimismo, se debe reconocer el valor del desayuno y de hábitos alimenticios de los niños en edad escolar, con el fin de incidir en un cambio positivo en la alimentación y salud de la población.

LITERATURA CITADA

https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-de-lacteos-II

Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XX, núm. 39, 2016

Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.

Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XX, núm. 39, 2016

Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.

https://elpoderdelconsumidor.org

William J. Goode. 2008. Métodos de investigación social. Editorial Trillas, México.

Norman W. Desrosier. 2007. Conservación de alimentos. Editorial Grupo Editorial Patria.

Charley, Helen. 2012. Tecnología de Alimentos. Editorial Limusa Noriega Editores.

PROFECO. 2006. Leches y Fórmulas ¿Lácteas? En Revista del Consumidor. México, Número 356. www.profeco.gob.mx Consulta: 15 de Noviembre de 2006.

López, C. R. 2006. Estudio de Mercado de la Leche Pasteurizada y sus Derivados Lácteos. En memoria de residencia profesional; Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México D.F.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003. Leche, Fórmula láctea y producto lácteo combinado – Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

PERTINENCIA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA Y CONDICIÓN AMBIENTAL, CON BASE A LAS HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

MARIO FRANCISCO HERNÁNDEZ FLORES[1], NAYELI SERRANO VILLA[2], LISSETH RIVERA AGUIRRE[3].

RESUMEN

El trabajo ha constituido la principal actividad del ser humano, sin embargo, los riesgos de trabajo han representado una de las situaciones limitantes de la evolución personal y colectiva del hombre. El efecto de un inadecuado ambiente físico de trabajo (postura y condiciones ambientales) tiene un impacto negativo en el rendimiento físico, capacidades cognitivas, anímicas y salud en los trabajadores, principalmente ocasionando enfermedades musculoesqueléticas, reducción de la capacidad de atención y concentración, fatiga visual, confort térmico inadecuado, disminución de la capacidad de percepción y memoria. El objetivo de este trabajo, es realizar un estudio para analizar la pertinencia para desarrollar un modelo para la evaluación ergonómica y condición en una sala con computadoras, tomando como muestra una oficina, esto con uso de herramientas de la calidad, que permitan identificar las causas principales para efectuar dicho modelo. Por otro lado, la alternativa del desarrollo del modelo, permitirá ejecutar recomendaciones para reducir incapacidades, disminución de ausentismo por enfermedades Musculoesqueléticas, la preservación de la

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, mariofrank28@gmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Puebla

salud física y visual. La ergonomía, actualmente se considera de vital importancia en las áreas de trabajo, además, se ha extendido como una estrategia para reducir los problemas que surgen en situaciones de trabajo que causan enfermedades. Cabe hacer mención que, con la aplicación de algunas herramientas de la calidad, se logró comprobar la pertinencia para el desarrollo de evaluación ergonómica y condición ambiental en una sala con computadoras.

PALABRAS CLAVE: Ergonomía, Postura, iluminación, método ergonómico, Calidad.

INTRODUCCIÓN

En estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud, se ha considerado que a nivel mundial 12,2 millones de personas mueren a causa de enfermedades ocupacionales, como los riesgos ergonómicos, siendo de esta manera la dorsalgía (16%) el de mayor prevalencia (OMS, 2011). Asimismo, la Organización Internacional del trabajo OIT (2013) señala que las enfermedades profesionales respectivamente actuales son los son los Trastornos Musculoesqueléticos, que se han desarrollado en los últimos años, trayendo con ello enormes para los trabajadores, sus familias y las empresas.

La salud, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2016), se considera un estado de completo bienestar mental, físico, social, y no únicamente la ausencia de afecciones o enfermedades, es decir, el goce del grado máximo que se pueda alcanzar, este es considerado como uno de los derechos fundamentales de todos los seres humanos sin distinción de raza, religión, ideología política, sexo o condición económica o social, también puede ser considerada como sinónimo de prevención de riesgos aborales o seguridad en el trabajo o cualquier lugar (Hernández, 2018). Sin embargo, este término (salud), está ineludiblemente vinculado a la enfermedad, conformando la relación salud-enfermedad, esto es, porque es inadecuado hablar de salud y enfermedad en forma totalitaria, ya que ambas son nociones que aparecen de sano o enfermo en un individuo o grupo con fines prácticos principalmente en el aspecto laboral (Moreno, 2008).

La satisfacción laboral en las organizaciones es un tema muy importante, principalmente para el área de recursos humanos, ya que el nivel de satisfacción de los trabajadores tiene profundas repercusiones en una empresa y en costo de las incapacidades y apoyos que deben de otorgar a los empleados (Ibarra, 2017; Flores, 2018), esto es, es de suma importancia el conocimiento de la ergonomía aplicación de métodos para prevenir los riesgos de trabajo que pueden padecer los trabajadores durante un determinado tiempo o jornada laboral.

La ergonomía, un concepto relacionado con la oficina o salas con computadoras, ya sea que se perciba o no, afecta directa o indirectamente a cada uno de las personas; es decir, es el estudio del trabajo que hacemos, el entorno en el que trabajamos y las herramientas que utilizamos para realizar con éxito las actividades (Kroemer & Kroemer, 2016).

Con respecto a los trastornos musculoesqueléticos (TME), se consideran como malestares que se caracterizan por una condición anormal de huesos, tendones, nervios, músculos, ligamentos, articulaciones o discos espinales etc. (Mani, 2018), que pueden traer como efecto alteraciones de la función sensitiva o motora (Robertson et al. 2013; Márquez, 2015). Así mismo, se determina que se presentan los TME cuando se excede el periodo de recuperación en los tejidos según Márquez (2015). En particular, la salud ambiental es un tema relevante que se relaciona con los factores químicos, físicos y biológicos, que pueden ser externos de una persona; igualmente engloba los factores ambientales que pueden incidir en la salud (OMS, 2016).

En este contexto el presente trabajo tiene como objetivo primordial y derivado de los inadecuados ambientes físicos de trabajo, malas posturas y principalmente en salas de cómputo (STPS, 2016), desarrollar un modelo que evalúe principalmente la condición ambiental de la iluminación de acuerdo a algunos aspectos de la NOM-025-STPS-2008, así como, realice las recomendaciones de acuerdo a la utilización de un modelo para valorar las cuatro regiones corporales que de acuerdo a las actividades en una sala con computadores se ocupan (Tronco, Brazo, Muñeca y Cuello) (Rodríguez-Ruíz, & Guevara-Velasco, 2011).

ERGONOMÍA

El término ergonomía se deriva de dos palabras griegas: ergo (trabajo) y nomos (leyes, reglas), en el estricto sentido del significado son leyes o reglas del trabajo. Fue interpuesta en 1949 por el psicólogo británico K.F.H. Murrell, cuando un grupo de científicos se reunieron en Inglaterra para formar la Sociedad de Investigaciones Ergonómicas (Apud & Meyer, 2003). Murrell, en su clásico libro denominado "Ergonomics", señala la razón que lo llevó a proponer la palabra ergonomía. Él plantea que es simple, que se puede traducir a cualquier idioma y, lo más importante, que no otorga preponderancia a ninguna especialidad en particular, lo que resalta su carácter multidisciplinario. En consideración con Rubio et al. (2017), la ergonomía nace precisamente con el hombre, esto es, el ser humano al llevar a cabo tareas, siempre va a buscar la forma más adecuada de realizarlas y que sean fáciles de acuerdo a sus características. Según Tee et al. (2017) la ergonomía ha llamado la atención y ha sido considerada por los trabajadores en los diferentes campos de las obras recientemente. Ha tenido un gran impacto en la comodidad de los trabajadores, lo que afecta directamente la eficiencia y la productividad del trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la preparación de este estudio explicativo y de compilación se utilizaron diferentes herramientas de calidad para su análisis y fuentes bibliográficas, para la recopilación de información, uno de los instrumentos en los que fueron basados los resultados fue en los datos estadísticos del Instituto Mexicano del Seguro Social en donde se reporta en su informe Memorias Estadísticas 2017 enfermedades ocupaciones, en la fracción 21, del capítulo 7 reportaron 14159 casos de enfermedad ocupacional, de los cuales 9142 son hombre y 5017 son mujeres. La entidad federativa del número mayor de casos reportados es Coahuila con 2559 hombres y solo 367 mujeres que da un total de 2926, sin embargo, Veracruz también se encuentra en un porcentaje considerable del 255 en cuanto al número de padecimientos;

la enfermedad ocupacional con mayor registro a nivel federal es la Dorsopatías que es una afectación a la columna vertebral con 2109 derechohabientes (IMSS, 2017), principalmente ocasionado en oficinas o salas con computadoras.

Para tal efecto y para sensibilizar a las organizaciones sobre la importancia de adoptar herramientas de calidad y aplicación de la ergonomía en las áreas de trabajo, principalmente en oficina, se realizó una investigación documental sobre ergonomía y estudios aplicados, se aplicó el diagrama de Ishikawa para detectar las principales causas de Enfermedades Musculoesqueléticas, ciclo PHVA y análisis FODA para realizar un análisis y reflexión sobre las probabilidades de éxito de modelos con intervención ergonómica de forma correcta.

La información obtenida se analizó cualitativamente empleando técnicas de análisis de las fuentes documentales, observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico.

RESULTADOS

Estudios realizados en algunos países latinoamericanos y de Europa se fundamentan en la teoría de Maslow, sobre la Motivación Humana y Fundamentos de la Ergonomía (Mondelo et al. 2013), en el cual el análisis se enmarcó dentro de la modalidad descriptiva de carácter documental y de campo. La población estudiada ha estado conformada por uno o cuatro laboratorios de computación de algunos departamentos y oficinas en donde se realizaron recomendaciones en cuestión de condiciones del área (Ramos y Rangel, 2013). Es esencial, recalcar que los estudios implementados carecen del conjunto adecuado de posturas y condiciones ambientales y no se han implementado mejoras en modelos estandarizados de evaluación con intervención ergonómica. Por su parte, Kutis y Hudakova (2017), han analizado estudios en instituciones educativas sobre los problemas que se generan por las posturas incorrectas, iniciando desde una edad temprana, puesto que, durante la infancia y respectivamente en la adolescencia, los cambios fisiológicos humanos se deben al crecimiento y desarrollo de las funciones físicas y mentales; por tal razón con el estudio

ejecutado se determinaron los desequilibrios musculares en el grupo de alumnos de primer grado de la escuela primaria. Asimismo, se han realizado algunos estudios sobre el empleo de métodos ergonómicos:

En recientes años, se han realizado estudios de ergonomía en algunas empresas, un ejemplo fue en el Estado de Chihuahua, México; en donde evaluaron cinco estaciones de trabajo con los métodos ergonómicos Evaluación del Riesgo Individual (ERIN) y Rapid Upper Limb Assessment (RULA) para comparar resultados y contrastarlos con el número de enfermedades registradas por estación. Se realizó la observación directa de las estaciones de trabajo, se filmaron y se recopilaron las estadísticas relacionadas con las enfermedades ocupacionales. Finalmente se realizaron un conjunto de propuestas dirigidas a disminuir el riesgo por variable y global de ERIN con su hoja de campo (Rodríguez y Guevara, 2011), sin embargo, no se concluyeron estudios ni el desarrollo de un modelo que mida las condiciones adecuadas de las posturas y condiciones de trabajo ambientales físicas.

Por otro lado, en la Habana, Cuba, también se han realizado investigaciones e implementado el llamado Método ERIN desarrollado para que personal no experto evalúe individuos expuestos a factores de riesgo de desórdenes musculoesqueléticos (DMEs) de origen laboral (Ruiz et al. 2012). Este fue concebido a partir de los métodos existentes, la evidencia epidemiológica sobre los DMEs y las necesidades y limitaciones de los especialistas dedicados a la seguridad y salud en el trabajo en Cuba, de lo cual se derivó que no sólo bastaba la medición de posturas, sino también, de las condiciones del ambiente, esto con la ayuda de herramientas que permitan encontrar las causas y de manera gráfica representar los resultados. Cabe señalar que el Método ERIN se considera fácil de utilizar para cualquier persona, lo que lo hace eficiente (Ruíz et al. 2012; Salmon et al. 2017) se requiere un mayor desarrollo metodológico para proporcionar a los investigadores y profesionales herramientas adecuadas para explorar los problemas actuales y futuros y de esta manera, realizar propuestas a través de métodos ergonómicos factibles.

La ergonomía ha llamado la atención y ha sido considerada por los trabajadores en los diferentes campos de las obras recientemente. Ha tenido un gran impacto en la comodidad

de los trabajadores, lo que afecta directamente la eficiencia y la productividad del trabajo (Tee et al. 2008).

SISTEMAS DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA

Es importante mencionar que, para obtener datos antropométricos para fines ergonómicos, ya sea para estudios reales o académicos, es necesario contar con las herramientas, elementos y equipos adecuados para la realización de este tipo de mediciones, principalmente si lo que se requiere es ejecutar un sistema de evaluación con el enfoque de la ergonomía (Lescay et al. 2017).

Existen diversas tecnologías y dispositivos para capturar las dimensiones, esto ha permitido la creación de sistemas para capturar dimensiones antropométricas que no requieren contacto directo con la persona que se mide, pero que no son efectivas al cien por ciento. El diseño del área de trabajo, el uso de la computadora y las posturas para sentarse afectan los músculos, los ojos y otras partes del cuerpo. Tras unos estudios empíricos, se han investigado la relación entre el diseño del lugar de trabajo de la oficina y la salud y el rendimiento de los empleados. Esto, se realizó en Pakistán en donde se realizaron encuestas sobre los empleados que trabajan en la industria del software, y se concluyó mediante análisis estadísticos y uso de software el impacto significativo en la salud de los empleados y una relación negativa con el nivel de incomodidad del empleado, y, por ende, un impacto estadísticamente significativo en el rendimiento de los empleados (Ruiz et al. 2017).

En el presente año 2018, se han verificado diversos análisis sobre modelos en donde se analizan datos sobre las exposiciones físicas pronosticadas en áreas de trabajo, y se clasifican como bajo, medio y alto; no obstante, no tienen la función de analizar como tal un conjunto interrelacionado de posturas y condiciones ambientales (Huysmans et al 2017).

De acuerdo como se indica en la referencia (Talero et al. 2017) el uso de las computadoras como soporte pedagógico orientado a estimular el interés y el desarrollo de nuevas formas de pensar y de solucionar problemas puede ser un instrumento útil en la enseñanza del código

lector, pero estudios verificados en edad temprana como lo hicieron en la referencia (Kutis, 2017) las políticas acerca del uso de computadores deben ser revaluadas, pues los niños están expuestos a malas posturas que en un futuro les pueden ocasionar enfermedades musculoesqueléticas. La Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC) han sufrido un avance considerable en los últimos años, esto ha impactado la educación y áreas laborales en donde se utilizan las computadoras, puesto que se constituyen en uno de los recursos más completos en la acción formativa, actuando como instrumentos facilitadores en los procesos de aprendizaje, como herramientas para el proceso de la información y como contenidos implícitos de aprendizaje (Riveros y Mendoza, 2005).

HERRAMIENTAS DE CALIDAD, PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS.

La mayoría, o se podría decir que todas las empresas u organizaciones se enfrentan a adversidades que les impiden o dificultan alcanzar sus objetivos; es decir, se encuentran con problemas, sin embrago, existen técnicas de resolución de problemas basada en herramientas simples y probadas como la utilización de diagramas de Ishikawa, Pareto, Hojas de Verificación, Histogramas, herramientas de calidad como 5S, 8D, el ciclo de Deming, entre otros, de esta manera, se complementan por otros Instrumentos de Gestión, que permiten abordar problemas más abstractos (Rojas, 2009). Estas herramientas están concebidas para ayudar a resolver los problemas de mejora del día a día a operarios, técnicos y puestos de trabajo (Izar y González, 2004). Por otra parte, permitir a los trabajadores contribuir mediante su intelecto es un factor de realización personal que puede utilizarse en su desarrollo personal y profesional, puesto que, le permitirá tomar decisiones efectivas y formar parte de un grupo en el que cada uno de los miembros aporte sus ideas, basadas en sus experiencias previas y en lo que le haya podido sugerir las ideas de los demás, esto, puede alcanzar una visión mucho más amplia del problema y sus posibles soluciones.

Para llevar a cabo este proyecto, y verificar su viabilidad y validez, se utilizaron herramientas de la calidad las cuales a continuación se describirán. Se utilizó un análisis que consistió en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas; en este sentido, se realiza para tomar directrices y desarrollar el mejoramiento de un modelo con intervención ergonómica en áreas específicas donde una de las herramientas principales sean las computadoras (Ponce, 2007). En la tabla I, se muestran los aspectos que se consideraron para la elaboración del diagnóstico, a través del análisis FODA.

Análisis FODA sobre la pertinencia del desarrollo de mejoramiento de un Modelo con Intervención Ergonómica	
Debilidades	Falta de conocimiento del tema por parte del personal y usuarios. Resistencia al cambio de los usuarios o patrón. Desconocimiento del área de informática. Poco conocimiento para ejecutar programas y software. Problemas de motivación Mal manejo del lenguaje de programación. Equipamiento y mobiliario obsoleto.
Amenazas	Que no se tengan los instrumentos necesarios para ejecutar las mediciones. Desconocimiento de las condiciones ambientales: iluminación en salas de cómputo u oficinas. Limitaciones para promover desarrollos tecnológicos. Escasa participación. Falta de visión del desarrollo del modelo
Fortalezas	Modelo diseñado y pensado con base a las características de la población mexicana. Modelo que contempla mediciones posturales y condiciones ambientales. Favorece las condiciones ambientales y de salud física y mental en las áreas de trabajo. Se contribuye a un mejor ambiente de trabajo saludable. Garantiza mejor calidad en el trabajo. Mejora el servicio al cliente. Modelo multidisciplinario que evalúa posturas y condiciones ambientales. Está diseñado con base en Normas existentes sobre condiciones ambientales. Conocimiento amplio sobre el tema y el modelo.
Oportunidades	Necesidad del modelo en las salas de cómputo u oficinas. Tendencia favorable para implementación en otras áreas. Instituciones interesadas en el desarrollo y aplicación del modelo.

	Estudios posteriores analizando otras variables o programas. Posibilidad de que la alta Dirección apoye el proyecto para implementarlo en otras áreas. Se pudieran generar ahorros de acuerdo a las recomendaciones establecidas. Participar en proyectos de innovación tecnológica. Utilización de nuevas tecnologías. Posicionamiento estratégico de las condiciones ambientales y posturas en oficinas.

Fuente: (Serrano-Villa, 2018)

Por otro lado, para hallar las áreas de posible mejora y/u oportunidad se utilizó un diagrama causa efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, el cual se muestra a continuación en la figura 1:



Figura 1. Diagrama de Ishikawa. Fuente: (Serrano-Villa, 2018)

Se presentan las principales causas que ocasionan las enfermedades musculoesqueléticas en un área en donde se llevan actividades de oficina con computadoras. Con el análisis se detectó que dentro de las principales causas se encuentran que no existen procedimientos o instructivos de posiciones correctas y el desconocimiento total de Normas aplicables a condiciones ambientales.

De los resultados de la investigación documental de conceptos, estudios, datos del IMSS, STPS, artículos, entre otros; a través del PHVA, como se muestra a continuación en la tabla II, se promueven las acciones para el desarrollo de modelos con intervención ergonómica y condición ambiental en una sala con computadoras, con base a las herramientas de la calidad.

Tabla II. PHVA del estudio con Base a las Herramientas de la Calidad.

Etapa del Ciclo	Nombre y Técnicas

Planear	Se definió la magnitud del problema, se llevó a cabo el método de la observación del lugar de estudio en un área donde se hace uso de computadoras, así mismo, se realizó el diagrama de Ishikawa para identificar las causas del efecto de las enfermedades musculoesqueléticas (Ver Figura 1). Se efectuó el análisis de datos estadísticos del IMSS sobre las enfermedades principales en el trabajo, y con esto, se ejecutó un histograma (Ver figura 2).
Hacer	De acuerdo a la normatividad, poner en práctica las medidas remedio, realizar mediciones posturales de los usuarios, determinar la edad para realizar el estudio.
Verificar	Revisar resultados, llevar a cabo el método de observación de las reacciones de los trabajadores, llevar a cabo hojas de verificación. Elaborar una propuesta de la mejora de un modelo con intervención ergonómica.
Actuar	Establecer acciones para documentar procedimientos continuos, documentar resultados, establecer conclusiones y desarrollar el modelo.

Fuente: (Serrano-Villa, 2018)

Como se puede observar en la tabla II, se estableció el PHVA del presente estudio, con la finalidad de estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad. En este ciclo, también conocido como el ciclo de Shewhart, Deming o el ciclo de la calidad, se desarrolló de manera objetiva (Colorado, 2009). Y en la figura 1, se presentaron las principales causas que ocasionan las enfermedades musculoesqueléticas en un área en donde se llevan actividades de oficina con computadoras. Con el análisis se detectó que dentro de las principales causas se encuentran que no existen procedimientos o instructivos de posiciones correctas y el desconocimiento total de Normas aplicables a condiciones ambientales.

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN EL TRABAJO

Las memorias estadísticas IMSS, 2015 al 2017 reportan que los accidentes de trabajo según el tipo de lesión y sexo incrementaron respecto al año anterior, pues tipos de lesión como luxaciones, esguines y desgarres, presentaron 60,917 hombres y 41,225 mujeres, lesiones de muñeca y mano también se obtuvo un incremento, 82,411 hombres y 32,889 mujeres, cabeza y cuello, 31,473 hombres y 16,304 mujeres (IMSS, 2017). Por consiguiente, en la siguiente tabla III se muestra el incremento de las enfermedades en el trabajo del 2005 al 2017, lo que indica el incremento de enfermedades principalmente en salas con computadoras u oficinas.

Tabla III: Informes Estadísticas de enfermedades en puestos de trabajo del IMSS

Año	Enfermedades
2005	7,292
2006	4,715
2007	2,691
2008	3,681
2009	4,101
2010	3,466
2011	4,105
2012	4,853
2013	6,364
2014	8,301
2015	12,009
2016	12,622
2017	14,159

Fuente: (IMSS, 2017)

Finalmente, como se puede visualizar en la figura 2, las enfermedades en el trabajo aumentaron de manera considerable a partir del 2012, según el diagnóstico presentado del IMSS, se debe al estrés y malas condiciones físicas, ambientales, cognitivas, etc. De manera gráfica se presenta la figura 2 a través de un histograma.

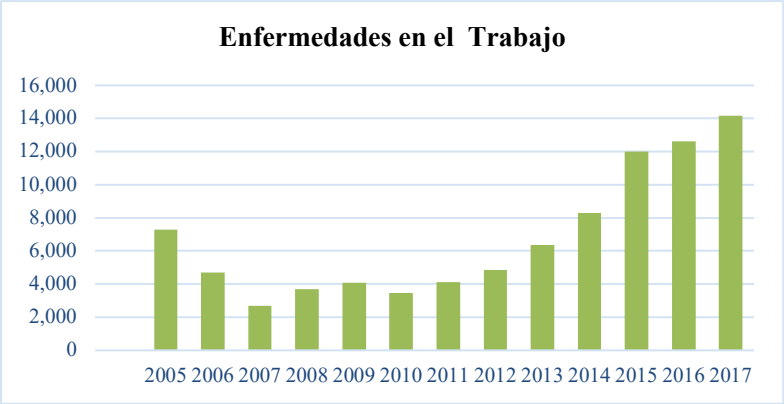


Figura 2. Enfermedades de trabajo. Fuente: (IMSS, 2017)

Se recomienda tomar cartas en el asunto para que, se establezcan directrices de acuerdo a la información proporcionada para desarrollar nuevas estrategias laborales para la reducción de enfermedades a través de modelos con intervención ergonómica.

CONCLUSIONES

Existen datos del Instituto Mexicano del Seguro Social en donde se indica el diagnóstico con mecanismos de accidentes 2017 en empresas delegaciones de Xalapa, especificando un 28% de diagnóstico de lesiones principalmente en contractura muscular, contusiones en manos y muñecas, esguinces y torceduras, traumatismo de cuello, entre otros diagnósticos de enfermedades ocupacionales. De este modo, desde el 2008 la tasa de accidentes fue de 48 por cada 100 trabajadores, en México ascendió a 3.11%, mientras que, en otros países como la India, Canadá, Hong Kong, China, República Checa, Croacia, Suiza, Italia, Alemania y Estados Unidos, la tasa es inferior hasta del 0.32% (IMSS, 2013). Para concluir, se avala la pertinencia para llevar a cabo el mejoramiento de un modelo de evaluación con intervención ergonómica: con base en las herramientas de la calidad y orientada principalmente en áreas de oficinas o salas con computadoras.

A pesar de existir datos, reglamentos, normas, leyes de seguridad, hasta la fecha solo se dispone de datos limitados acerca de las relaciones de causalidad entre los factores de riesgo, condiciones ambientales y los trastornos musculoesqueléticos, siendo que en la actualidad, el desarrollo de la ergonomía ya es un progreso que se considera como una necesidad para que se incorporen criterios ergonómicos en las actividades que se ejecutan de manera cotidiana; los cuales son necesarios para establecer directrices para el diseño de trabajos más seguros, este es uno de los principales motivos por los cuales muchas enfermedades relacionadas con los trastornos musculoesqueléticos, y cuyo origen es laboral, no son reconocidas como tal, quedando encubiertas como enfermedades comunes.

LITERATURA CITADA

Apud, E., & Meyer, F. (2003). La importancia de la Ergonomía para los profesionales de la salud. Ciencia y enfermería, 9(1), 15-20.

Colorado, F. (2009). El ciclo PHVA de Deming y el proceso administrativo de Fayol.

Flores, J. G. (2018). Marco jurídico aplicable a la ergonomía laboral en México. DÍKÊ. Revista de Investigación en Derecho, Criminología y Consultoría Jurídica, (21), 193-216.

Hernández, F. G. (Ed.). (2018). Tratado de medicina del trabajo. Elsevier Health Sciences.

Huysmans, M. A., Eijckelhof, B. H., Garza, J. L. B., Coenen, P., Blatter, B. M., Johnson, P. W., ... & Dennerlein, J. T. (2017). Predicting Forearm Physical Exposures During Computer Work Using Self-Reports, Software-Recorded Computer Usage Patterns, and Anthropometric and Workstation Measurements. Annals of work exposures and health, 62(1), 124-137.

Ibarra, A. M. G. (2017). La satisfacción laboral en un centro educativo superior. Espirales revistas multidisciplinaria de investigación, 1(10).

IMSS, (2013). Instituto Mexicano del Seguro Social. México: Informes Estadísticos. Recuperado de http://www.imss.gob.mx/sites.

IMSS, (2017). Instituto Mexicano del Seguro Social. México: Informes Estadísticos. Recuperado de http://www.imss.gob.mx/conocealimss/informesestadísticas.

Izar Landeta, J. M., & González Ortiz, J. H. (2004). Las 7 herramientas básicas de la calidad.

Kutis, P., Kolarova, M., & Hudakova, Z. (2017). Evaluación de la postura con los estudiantes del primer grado de la escuela primaria. International Journal of Developmental and Educational Psychology (Revista INFAD de Psicología)., 3(1), 457-464.

Lescay, R. N., Becerra, A. A., & González, A. H. (2017).Anthropometry. Comparative Analysis of Technologies for the Capture of Anthropometric Dimensions. Revista EIA/English version, 13(26).

Mani, K. (2018). Ergonomics Education for Office Computer Workers: An Evidence-Based Strategy.

Márquez Gómez, M. (2015). Modelos teóricos de la causalidad de los trastornos musculoesqueléticos. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, IV (14), 85-102.

Mondelo, M., Gregori, E., & Barrau, P. (2013). Ergonomía 1: Fundamentos. Editorial Alfaomega, México.

Moreno, G. A. (2008). La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad. Sapiens: revista Universitaria de Investigación, 9(1), 93-107.

OMS, (2011). Organización Mundial de la Salud (s.f). Recuperado de http://www.who.int/topics/environmental_health/es/

OMS, (2016). Organización Mundial de la Salud (s.f) Recuperado de http://www.who.int/topics/environm entalhealth/es/

Ponce Talancón, H. (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. Enseñanza e investigación en psicología, 12(1).

Ramos Caicedo, J. E., & Rangel Galviz, L. C. (2013). Estudio ergonómico de los laboratorios de computación del departamento de informática de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo (Bachelor's thesis).

Riveros, V. S., & Mendoza, M. I. (2005). Bases teóricas para el uso de las TIC en Educación. Encuentro educacional, 12(3).

Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2013). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal and visual symptoms and performance of office workers. Applied ergonomics, 44(1), 73-85.

Rodríguez-Ruíz, Y., & Guevara-Velasco, C. (2011). Empleo de los métodos ERIN y RULA en la evaluación ergonómica de estaciones de trabajo. Ingeniería Industrial, 32(1).

Rojas, A. R. F. (2009). Herramientas de calidad.

Rubio, J. L. L., Pellicer, L. L., & Pellicer, M. L. (2016). Manual de ergonomía aplicada a la prevención de riesgos laborales. Ediciones Pirámide.

Ruíz, Y. R., Brito, S. V., & Martínez, R. M. (2012). ERIN: Un método observacional para evaluar la exposición a factores de riesgo de desórdenes músculo-esqueléticos. trabajo, 8, 9.

Salmon, P. M., Walker, G. H., M. Read, G. J., Goode, N., & Stanton, N. A. (2017). Fitting methods to paradigms: are ergonomics methods fit for systems thinking?. Ergonomics, 60(2), 194-205.

STPS, (2016). Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México: Estadísticas del sector. Recuperado de https://www.gob.mx/stps/acciones-y-programas/estadisticas-del-sector

Talero-Gutiérrez, C., Romero López, L., Ortiz Salas, P., & Vélez Van Meerbeke, A. (2009). Impact on the quality of learning as a result of the use of computers in schools. Avances en Psicología Latinoamericana, 27(1), 111-124

Tee, K. S., Low, E., Saim, H., Zakaria, W. N. W., Khialdin, S. B. M., Isa, H., ... & Soon, C. F. (2017, Troconis, F. et al; (2008). Valoración postural y riesgo de lesión músculo esquelética en trabajadores de una plataforma de perforación petrolera lacustre. Salud de los Trabajadores, 16(1), 43-51.

20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE

Contribuir al desarrollo económico, social y cultural de la región, del Estado de Veracruz y en general de México, atendiendo la demanda de educación superior para la formación de profesionistas emprendedores e innovadores de tecnología, comprometidos con la implementación de la calidad y la formación integral para que desarrollen actitudes de competitividad y compromiso social. El ejercicio docente interactivo y moderno, la investigación tecnológica y la vinculación, serán acciones permanentes para estimular el progreso y lograr la excelencia académica.

Para que distintos sectores de nuestra sociedad, exploren una metodología para la puesta en marcha eficaz y eficiente de su potencial tecnológico, la investigación y su aplicación en las diferentes ramas de la ciencia,para encontrar soluciones a las distintas problematicas actuales de la región, es una de las principales razones de esta publicación, donde se conjuntan las diferente áreas de Ambiente, Cambio Climàtico, Biotecnologìa, Procesos Industriales, Ciencias en el Agro, Bioeconomìa, Gestòn de Negocios, Sistemas, Tecnologìas, Informatica, Automatizaciòn, Control, Innovaciòn y Transferencia de Tecnología.

RED IBAI

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN

ISBN: 978-607-8617-64-7

9 786078 617647

©Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. 2020

20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE