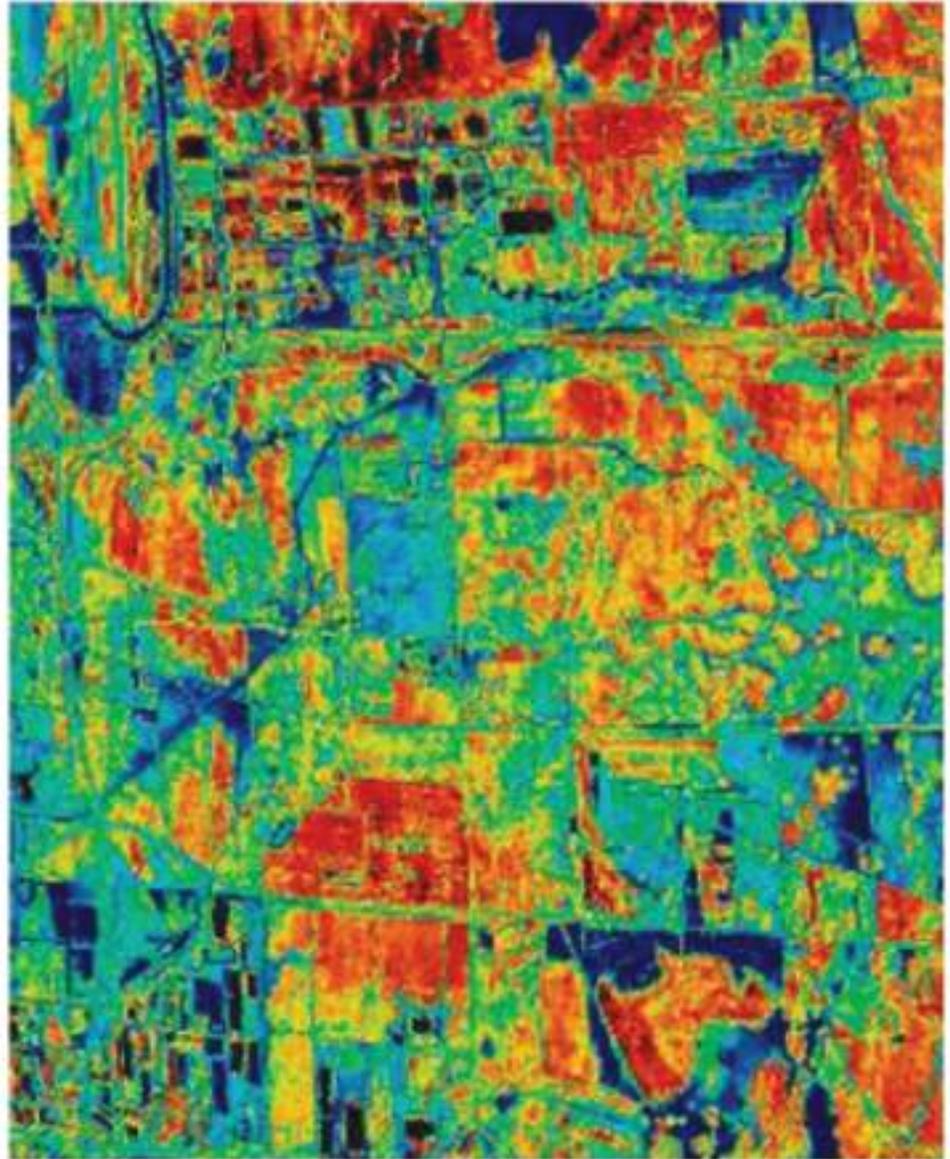


Volumen 5 | Número 4 | Diciembre 2014



Revista **Tlalmati** Sabiduría



UAGro
Dirección General de
Posgrado e Investigación

ISSN: 2007-2066

<http://www.posgradoeinvestigacion.uagro.mx>

Comité Editorial

Consejo Editorial

Dr. Javier Saldaña Almazán (Presidente)
Dra. Berenice Illades Aguiar (Secretaria)
Dr. Justiniano González González (Vocal)
M. C. José Luis Aparicio López (Vocal)
Dr. Crisólogo Dolores Flores (Vocal)
Dr. Oscar Talavera Mendoza

Editores responsables

Dr. Oscar Talavera Mendoza
Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

Editores por áreas del conocimiento

Dr. Elías Hernández Castro
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. José Legorreta Soberanis
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. José Francisco Muñoz Valle
Universidad de Guadalajara

Dr. José María Sigarreta Almira
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. Rodrigo Carramiñana
Southern Illinois University

Dra. Laura Sampedro Rosas
Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. Ricardo Sánchez García
Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. Luisa Concepción Ballester
Southern Illinois University

Responsable de la Edición

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

Coordinación Editorial

Lic. Isabel Rivero Cors

Corrección de estilo

M. C. Magdalena Martínez Durán



Fotografía de la portada: Imagen térmica infrarroja de Salt Lake City, Utah, USA. Las superficies rojas y amarillas son los puntos con mayor temperatura, mostrando Islas de Calor Urbano (ICU) Autor. NASA.16:16, 27 Agosto 2010 (UTC). De acuerdo a la política de copyright de NASA, estas imágenes son del dominio público y pueden usarse con fines educativos y de información.

Ciencias Agropecuarias

Ciencias Biomédicas y de la Salud

Ciencias Biomédicas y de la Salud

Ciencias Exactas y Matemáticas

Ciencias Exactas y Matemáticas

Ciencias Ambientales y Desarrollo Regional

Ciencias Sociales, Filosofía y Sociología

Ciencias Sociales, Filosofía y Sociología

Tlamati Sabiduría; Volumen 5, Número 4, Octubre – Diciembre 2014 es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Guerrero, a través de la Dirección General de Posgrado e Investigación. Domicilio: Javier Méndez Aponte No. 1, Col. Servidor Agrario, C.P. 39070. Tel: (01 747) 471 93 10 ext. 3091. Chilpancingo, Guerrero, México. Site de la revista: <http://posgradoeinvestigacion.uagro.mx> E-mail: tlamatisabiduria@outlook.com Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-040817000000-102. ISSN 2007-2066. Este número se publicó el 31 de Diciembre del 2014. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación para fines didácticos.

Comité Editorial de Revisores por Área de la Ciencia

BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Dr. Eneas Alejandro Chavelas Adame

Dr. Oscar Del Moral Hernández

BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Francisco Palemón Alberto

Dr. Gerardo Huerta Beristaín

Dr. Jaime Olivares Pérez

Dr. Luis Miguel Camacho Díaz

CIENCIAS SOCIALES

Dr. Ángel Ascencio Romero

Dra. América Libertad Rodríguez Herrera

Dra. Columba Rodríguez Alviso

Dra. Cristina Barroso Calderón

Dra. Dulce María Quintero Romero

Dra. Margarita Jiménez Badillo

Dra. Rocío López Velasco

FÍSICO MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Francisco Julián Ariza Hernández

Dr. Jorge Sánchez Ortiz

Dr. Juan Carlos Hernández Gómez

Dr. Marco Antonio Taneco Hernández

Dr. Martín Patricio Árciga Alejandre

Dra. Ernestina Felicia Castells Gil

HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA CONDUCTA

Dr. Camilo Valqui Cachi

Dr. Osvaldo Ascencio López

Dra. Flor M. Rodríguez Vásquez

Dra. Ma. Gloria Toledo Espino

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

Dr. Sergio Paredes Solís

Dra. María Eugenia Flores Alfaro

Dra. Iris Paola Guzmán Guzmán

Dra. Mónica Espinoza Rojo



Contenido	Pag.
Editorial	4
C iencias Ambientales	
Pago por servicios ambientales en la lucha contra la pobreza en zonas productoras de café del estado de Guerrero, México.	5
<i>Héctor Segura Pacheco, María de Jesús Olea Reséndiz, Emmanuel Mendoza Escobar.</i>	
Análisis de las prácticas agrícolas y sus afectaciones ante las variaciones climáticas en la localidad de “El Telar”, Coatepec Harinas, México.	14
<i>Carla Liliana García Celaya, Belina García Fajardo, María Estela Orozco Hernández, Norma Martínez Gutiérrez.</i>	
Evidence of a decreasing trend in rainfall at northern part of the municipality of Ensenada, Baja California, México from 1978 to 2011.	20
<i>Marta Patricia Souza Peñalosa</i>	
Efecto de la contaminación en suelo por pilas domésticas desechadas sobre el desarrollo de <i>Phaseolus vulgaris</i>, parte 2: Estudio correlacional.	28
<i>Celso-Moisés Bautista-Rodríguez, Ángel Pérez-Zempoaltecatl, Daniel Cruz-González</i>	
Hiperacumulación inducida de oro, plata y metales pesados en <i>Brassica rapa</i> cultivada en desechos de mina.	36
<i>Lucía Delgadillo-Ruiz, Perla Ivonne Gallegos-Flores, Francisco Román-García, Josefina Huerta-García, Edgar León Esparza-Ibarra</i>	
<hr/>	
I ngenierías	
Estructura y calibración de un sistema electrónico de monitoreo del flujo de agua en la zona no saturada.	43
<i>Javier Salas-García, Jaime Gárfias-Soliz, Juan Carlos Pérez-Merlos, Hilario Jesús Llanos-Acebo</i>	
<hr/>	
C iencias sociales	
Síndromes de filiación cultural atendidos por médicos tradicionales en Taxco de Alarcón, Guerrero, México.	49
<i>Adrián Urióstegui Flores</i>	
<hr/>	
C iencias agronómicas	
Crecimiento y fenología del guayabo (<i>Psidium guajava</i> L.) en respuesta a la poda y la defoliación.	57
<i>Dolores Vargas-Alvarez, Víctor Alfonso González-Hernández, Marcos Soto-Hernández, Efraín Cruz Cruz, Agustín Damián Nava, Francisco Palemón Alberto</i>	
<hr/>	
R eseñas Científicas	
La necesidad de implementar la Educación Ambiental (EA) en el plano de la educación formal.	64
<i>Ramón Bedolla Solano, José Luis Aparicio López, Adriana Miranda Esteban</i>	
Pautas metodológicas para estudios observacionales de Islas de Calor Urbano.	70
<i>José Francisco Cantú Dávila, René Bernardo Cabrera Cruz, Julio César Rolón Aguilar, Robert Pichardo Ramírez, Ricardo Tobías Jaramillo, Alberto José Gordillo Martínez</i>	

Editorial

La edición de revistas impresas en papel como un instrumento para la difusión científica, ha evolucionado para dejar de ser un objeto en donde el conocimiento descansa dentro de una entidad tangible y que se almacena en una biblioteca tradicional. En una publicación digital, el contenido necesariamente rompe esa limitación física, lo que ha permitido que Tlamati-Sabiduría se convierta en una herramienta fundamental, conectada con toda la información disponible y que cuenta con la capacidad para reconocer y ajustarse a los continuos y rápidos cambios que se producen dentro de un concepto emergente del proceso enseñanza-aprendizaje, mismo que por sus características inherentes, ya no reside en los dispositivos tradicionales de consulta y esta accesible de manera ubicua a todos los que lo necesiten consultarlo.

Mediante una edición digital, los procedimientos cognitivos tradicionalmente realizados por los usuarios, han sido rebasados y afortunadamente muy bien aprovechadas por los ahora nativos digitales (y los que han evolucionado hacia esa categoría), quienes aprenden a ser capaces de formar conexiones interactivas entre fuentes de datos, teniendo como resultado la creación de patrones de información útiles y sobre todo, la capacidad de buscar heurísticamente la información que necesitan. El conocimiento ya no es adquirido de forma lineal, ya que para los usuarios no tradicionales que buscan información, es fundamental evolucionar rápidamente dentro de este contexto y comprender que la información buscada ya no solo se restringe a un almacén de objetos tangibles limitados por la disponibilidad de éstas entidades, sino que la información disponible es una red de conocimiento utilizable por quien quiera consultarla y aprovecharla. Las redes del conocimiento, las teorías de la complejidad relacionadas con el caos y las interconexiones entre distintas áreas del conocimiento tienen un tremendo impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que no solo la experiencia propia, como tradicionalmente se pensaba y acostumbraba, sino también la ajena son fundamentales para el aprendizaje hoy en día. El conocimiento ya no solo se almacena en el cerebro de los usuarios, ya que con las herramientas virtuales en la actualidad, el conocimiento sobre cualquier área de la ciencia se almacena en dispositivos ubicuos, mismos que permiten el desarrollo de la capacidad para buscar la información necesaria y sobre todo, el desarrollo de habilidades y la capacidad para comprenderla y organizarla. La habilidad de ver conexiones entre áreas, ideas y conceptos es fundamental para la organización y aprovechamiento de la información y como ya no solo el conocimiento individual es el depositario de la comprensión completa de lo que se está buscando, la búsqueda de la información se convierte en un proceso auto-organizativo, ayudado por las experiencias de las otras personas, en donde el aprendizaje y el conocimiento dependen ya no solo de nuestro pensamiento individual, sino que puede ser comparado con la diversidad de opiniones que ayuda al desarrollo de la capacidad de reconocer entre la información importante y la no importante, así como la capacidad de reconocer cuando una nueva información altera un entorno basado en las decisiones tomadas anteriormente

A un año de editar Tlamati-Sabiduría en formato digital, nos hemos dado cuenta de la importancia de que la revista sea un instrumento de saber cómo y saber qué, capacidades que se complementan con saber dónde encontrar el conocimiento. Esta sinergia ha permitido que con la cooperación de autores y evaluadores de varias nacionalidades, provenientes de diversas áreas de la ciencia desarrolladas no solo al interior de la Universidad Autónoma de Guerrero, se pueda mostrar un mosaico multivariado que ha derivado en un proceso para conectar nodos de conocimiento como fuentes de información especializada, impulsando la perspectiva de que Tlamati-Sabiduría se convierta en un instrumento que permita la interacción para entender que un concepto específico perteneciente a un área del conocimiento determinada, puede ser enlazado con otra área usualmente ajena al campo en cuestión, lo que nos permite el desarrollo de un proceso de enseñanza-aprendizaje enlazado mediante una red de conocimiento que engloba no solo a los usuarios habituales, sino que incluye a todo aquel que quiera compartirla y participar de este proceso.

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez





Pago por servicios ambientales en la lucha contra la pobreza en zonas productoras de café del estado de Guerrero, México.

Héctor Segura Pacheco^{1*}
 María de Jesús Olea Reséndiz¹
 Emmanuel Mendoza Escobar¹

¹Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación-Universidad Autónoma de Guerrero
 Calle Pino s/n, Colonia El Roble. CP 39640. Acapulco, Guerrero, México. Tel/fax: +52 (744) 4877740.

*Autor de correspondencia
 hsegurapa@gmail.com

Resumen

Se analizan los impactos económico, social y ambiental derivados del Programa de Pago por Servicios Ambientales para la Conservación de la Biodiversidad (PSA) que financia la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) a los Ejidos productores de café de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor, municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. Dicho programa se ejecuta desde el año 2012 y tendrá una duración de cinco años, durante los cuales los campesinos beneficiarios realizarán actividades de preservación de los recursos naturales, de prevención de incendios forestales, así como se realizan proyectos de impacto social y económico para la población en general de las nueve localidades de ambos ejidos. Estos ejidos presentan grados de marginación alta o muy alta. El PSA ha permitido en sus primeros dos años de vigencia, el pago de jornales por las actividades desarrolladas en los cafetales y zonas forestales, lo que representa un beneficio de impacto tanto local como regional para la economía de la región. Muchas mujeres han sido favorecidas, pues trabajan en sus propias localidades. Asimismo, se ha frenado la emigración laboral hacia las ciudades, se ha elevado significativamente la autoestima de los participantes y se están practicando nuevas formas de organización social, tales como la recuperación del trabajo colectivo, por muchos años abandonado. Las actividades desarrolladas han establecido la base para la captación hacia los mantos acuíferos de al menos 16 millones de litros de agua de lluvia durante los dos primeros años, así como la reducción de la erosión de suelos forestales. Además de que se ha eliminado por completo la incidencia de incendios en las áreas ejidales incluidas en el PSA. Este programa es una opción viable para crear empleos, generar nuevos proyectos productivos con participación comunitaria y sentar las bases para la lucha contra la pobreza y a favor del desarrollo sustentable.

Palabras clave: café, Guerrero, pobreza, servicios ambientales.

Abstract

Economic, social and environmental impacts are analyzed in this study, as consequences from the Payment for Environmental Services for the Conservation of Biodiversity Program (PES), a program financially supported by Mexico's governmental National Forestry Commission (CONAFOR). Since 2012 –and for the next five years– PES will benefit the coffee-producing *ejidos* of San Vicente de Benitez and San Francisco del Tibor, municipality of Atoyac de Alvarez, State of Guerrero, México. Across this period, beneficiary peasants will perform activities to preserve their natural resources, to prevent forest fires, and to execute projects with social and economic impact for the general population living in the nine

Como citar el artículo:

Segura-Pacheco, H., Olea-Reséndiz, M. J. y Mendoza-Escobar, E. (2014). Pago por servicios ambientales en la lucha contra la pobreza en zonas productoras de café del Estado de Guerrero, México. *Tlamati*, 5(4), 5-13.

rural villages at both ejidos. These ejidos have high or very high degrees of marginalization, according to the Mexican standards of measurement of poverty. PES have been in operation for two years; payment of daily wages in exchange for different activities of ecosystem preservation at the forested and coffee-producing areas has had an important impact on the local/regional economy. Many women have benefited from their participation in the program, since they can work at their own ejidos. In addition, emigration has declined, participants' self-esteem has increased, and new forms of social organization are being put into practice, along with recovery of collective work, abandoned for many years. PES field activities have been helpful to capture and infiltrate at least 16 million liters of rainwater across the first two years, as well as to reduce forest soil erosion, in addition to the complete elimination of incidence of forest fires at the ejido areas included in PES program. This program is a viable option to create jobs locally, to generate new production projects with participation of the community and to establish a baseline to fight poverty and to foster sustainable development.

Keywords: coffee, environmental services, Guerrero, poverty.

Introducción

Los ecosistemas naturales dan sostén a la vida humana y son fuente de agua pura, alimento, madera, leña, fibras y productos no forestales, entre otros; además, contribuyen a la regulación del clima, a mejorar la calidad del agua y su tratamiento natural. Asimismo, permiten la formación de suelo, la polinización y el reciclaje de los nutrientes (Millennium Ecosystem Assessment [MA], 2005). Los servicios ambientales son los procesos naturales que se encuentran en los ecosistemas que mantienen la vida sobre el planeta, beneficiando a todos los seres humanos (Cisneros y Galizia Tundisi, 2014; Daily, 1997). Los programas de pago por servicios ambientales buscan cambiar las conductas humanas que han conducido a la degradación de muchos ecosistemas (Ahlheim y Neef, 2006). Consisten en que los beneficiarios reciben un incentivo directo que

les motiva a conservar los ecosistemas desde una perspectiva social, dando como resultado un mejor uso del suelo que si no recibieran dicho pago (Wunder, Wertz-Kanounnikoff, y Moreno-Sánchez, 2007).

En Guerrero, 98.0% de su 5,326 localidades tienen grados alto o muy alto de marginación (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2012). Las condiciones de empobrecimiento de la mayor parte de la población rural la obligan a recurrir a su entorno natural en busca de los satisfactores básicos al no contar con los recursos económicos para adquirirlos y satisfacer sus necesidades de alimento, combustible para cocinar, medicamentos, prendas de vestir, materiales para la construcción y otros.

Guerrero es una de las principales entidades expulsoras de fuerza de trabajo en México, tanto hacia otros estados (lugar 8 de 32) como hacia otros países (lugar 9 de 32), principalmente los Estados Unidos. En un período de 20



Figura 1. Ubicación de los ejidos en el municipio de Atoyac de Álvarez. Fuente. Google Maps (2014).

Tabla 1. Algunas características de los ejidos participantes.

Localidad	Altitud (msnm)	Población	Grado de marginación	% analfabetismo (≥ 15 años)	Promedio escolaridad (años)	% viviendas con piso de tierra
San Vicente de Benítez	912	399	Alto	19.7	5.7	37.3
La Soledad	906	186	Alto	14.7	6.0	74.5
Puente del Rey	860	148	Alto	18.8	5.6	40.9
Puente de los Lugardo	877	92	Alto	13.7	5.2	63.0
La Estancia	1,131	14	Alto	11.1	5.1	40.0
Arroyo Grande del Paraíso	601	65	Muy alto	28.9	3.9	100.0
La Siberia	1,032	28	Muy alto	21.1	4.6	85.7
San Francisco del Tibor	1,039	307	Alto	13.7	5.5	41.3
La Remonta	538	240	Alto	19.5	5.5	64.6

Fuente: Elaboración por HRSP con datos de CONAPO (2012) e INEGI (2010).

Media municipal	17.5	7.2
Media estatal	16.7	7.3
Media nacional	6.9	8.6

años, la población de localidades rurales de Guerrero ha disminuido en seis de sus siete regiones (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 1990,2010). Sólo la región Acapulco tuvo un ligero crecimiento en sus localidades rurales.

En el municipio de Atoyac de Álvarez –en la región Costa Grande del Estado de Guerrero, México– se cultivan 23,163 hectáreas de café, siendo las parcelas de los casi 7 mil campesinos que las trabajan, muy pequeñas –menores de 3.5 hectáreas en promedio (Centro Regional Universitario de Oriente [CRUO], 2011) y con rendimiento muy bajo. Así, la cafecultura no es un factor para que los productores puedan superar sus condiciones de pobreza.

Para encontrar vías de solución, los ejidos cafetaleros de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor participan desde 2012 en el PSA para la Conservación de la Biodiversidad, financiado por CONAFOR. San Vicente tiene siete localidades (cinco con grado de marginación Alto y dos con grado Muy Alto); San Francisco, dos (ambas con grado de marginación Alto) (CONAPO, 2012).

El proyecto PSA, en el cual participa el equipo de investigación con asesoría técnica, tiene como objetivos analizar los impactos económico, social y ambiental de la participación de los ejidatarios en el PSA, diseñar un programa de conservación de los ecosistemas mediante la participación social en los ejidos involucrados en el proyecto y sentar las bases para la lucha contra la pobreza y por el desarrollo sustentable.

Materiales y métodos

Características de los ejidos participantes

Los ejidos de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor se ubican en la zona serrana del municipio de Atoyac de Álvarez (Figura 1), estando la mayor parte de

sus plantaciones de café a altitudes de 900 msnm o más. Varios son los factores que contribuyen en la obtención de cosechas de café de alta calidad, siendo muy importante la ubicación de los cafetales: la altitud donde éstos están establecidos, así como el hecho de que se encuentren bajo árboles que les proporcionan sombra y la creación de un microclima con la iluminación, temperatura y humedad adecuados. Así, además de ser sitios donde se pueden producir cosechas de alta calidad, la presencia de árboles de montaña de muy diversas especies asociados con los arbustos de café confiere a estas zonas la posibilidad de albergar una alta diversidad biológica, lo cual permitió a ambos ejidos concursar para la obtención de recursos financieros y ser incluidos en el PSA.

El núcleo agrario de San Vicente de Benítez tiene 235 ejidatarios y un territorio de 6,612 hectáreas, de las cuales 2,848 (43%) están incluidas en el PSA con un fondo a ser ejercido en un período de cinco años. San Francisco del Tibor tiene 90 ejidatarios y 5,025 hectáreas, de las cuales 1,353 (26.9%) participan en el programa.

Se muestran algunas características de las localidades que integran los dos ejidos participantes en el proyecto (véase tabla 1). Uno de los indicadores importantes en la determinación del Índice de Marginación es el porcentaje de viviendas habitadas que tienen piso de tierra (CONAPO, 2012). En todas las localidades de ambos ejidos es alta la proporción con esta característica, lo cual expone a sus moradores a enfermedades que podrían ser prevenidas al existir piso firme.

Entre estas localidades existen diferencias en cuanto a su acceso a servicios públicos. Uno de ellos es el educativo. Excepto La Estancia y La Siberia, por ser muy pequeñas, las demás cuentan con centros de educación preescolar y primaria. Arroyo Grande del Paraíso sólo tiene preescolar. Solamente Puente del Rey y San Francisco del Tibor tienen, además, escuela telesecundaria. En todos los casos

el grado de escolaridad es menor que la media municipal y estatal.

El acceso a todas las localidades es a través de caminos de terracería que durante la temporada de lluvias sufren cortes y deslaves, dejándolas incomunicadas. La única vía pavimentada es la carretera que a lo largo de 30.8 kilómetros de recorrido conecta a la cabecera municipal con San Vicente de Benítez y de ahí en adelante con otras localidades más alejadas. También esta vía sufre daños durante la época lluviosa y su mantenimiento no es óptimo.

Las dos localidades con mayores carencias materiales y de servicios son Arroyo Grande del Paraíso y La Siberia. En la primera de ellas, por ejemplo, aún no existe servicio eléctrico. En la segunda el 30% de las viviendas no tiene electricidad. Otro rasgo es la fuente de energía empleada para cocinar. Con excepción de muy pocas viviendas de San Vicente de Benítez que utilizan gas licuado a presión, en la totalidad de los hogares de las localidades restantes aún se utiliza leña, cuya combustión en fogones abiertos produce una gran cantidad de humo que expone a las personas –principalmente a las mujeres– a afecciones oculares y pulmonares. A pesar de que durante los últimos cinco años se ha comenzado a introducir estufas ahorradoras de leña en la región, la mayoría de los hogares aún no cuenta con este equipamiento.

Actividades del proyecto

Para iniciar el proyecto, se realizaron asambleas en los ejidos para analizar colectivamente la importancia que tiene la instauración del PSA. A pesar de que la participación comunitaria les representaría la posibilidad de obtener ingresos económicos, esto significa también la modificación de conductas tales como ya no cortar árboles para obtener madera para construir casas o para la venta, no cortar leña indiscriminadamente, no cazar o capturar animales silvestres, dejar de emplear métodos de pesca con alto impacto ambiental, entre otras, además de establecer normas y sanciones para los que infringieran estas circunstancias. Para lograr la sensibilización de los campesinos participantes en el proyecto, así como la apropiación de los conceptos y prácticas relacionados con las actividades de conservación de los recursos naturales que deben realizarse como parte del PSA, entre los meses de marzo y abril de 2012, se organizaron talleres de capacitación y planeación de actividades en cada cabecera de los ejidos con la participación de hombres y mujeres que se incorporarían a los trabajos.

Una vez logrados los acuerdos sobre las acciones, el calendario y los sitios donde se llevarían a cabo los trabajos de conservación, así como el pago que recibirían quienes participaran en los grupos de trabajo, se integraron éstos acuerdos. Las actividades desplegadas por cada persona y cada brigada son supervisadas y registradas por un coordinador(a) nombrado(a) por sus compañeros(as) y quien a su vez reporta los trabajos realizados ante el comité coordinador del programa en la localidad, de tal manera que el pago a cada participante sea el que corresponda a la actividad desarrollada. Asimismo, para cumplir con la más completa transparencia y soporte documental a los informes que se generarían para la agencia financiadora y para la propia comunidad, las actividades se registran fotográficamente y con equipo de sistema de posicionamiento global (GPS), por lo que ante cualquier duda, con estas evidencias regis-

tradas se puede hacer la verificación directa en el campo.

Para el primer año del proyecto, los campesinos participantes realizaron sus actividades de campo entre abril y septiembre de 2012 con los trabajos decididos previamente en los talleres y asambleas. Las actividades que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

Elaboración de letreros informando sobre la participación de cada ejido en el PSA; se encuentran ubicados en carreteras y caminos de la región.

Apertura de “brechas cortafuego” o “guardarrayas” para la prevención de incendios. Es la eliminación total de vegetación a lo largo de franjas de anchura variable en los sitios con mayor riesgo de incendio forestal. Estas franjas, al no tener ya material combustible en ellas, pueden detener el incendio.

Presas de troncos, ramas y piedras. Se colocan en zanjas y cárcavas existentes en las laderas. Su propósito como barreras de retención es reducir significativamente la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia, impedir la profundización de la cárcava o la zanja y evitar la pérdida de suelo.

Establecimiento de zanjas trincheras o de infiltración. También llamadas “tinas ciegas”, se trata de excavaciones de dimensiones 2.0 x 0.4 x 0.4 m que se establecen en forma perpendicular a la pendiente en las laderas y que sirven para que en ellas se acumule agua de lluvia, misma que será infiltrada hacia las capas inferiores del suelo en lugar de que corra libremente sobre la superficie causando erosión. A estas trincheras se les da mantenimiento periódico durante la temporada de lluvias y previo a ésta, para evitar su azolve y garantizar con ello que la captación de agua sea a toda la capacidad de cada excavación.

Recorridos de vigilancia, prevención y combate de incendios, mediante la formación de brigadas de ciudadanos que realizan recorridos frecuentes por el área sujeta a conservación con el propósito de prevenir la tala clandestina, la caza y captura de fauna silvestre, así como detectar, prevenir y combatir los incendios forestales. A las brigadas se les dota con el equipo básico indispensable para su actividad.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a personas participantes en el proyecto originarias de las distintas localidades que componen los dos ejidos. El propósito fue conocer su percepción sobre diversos tópicos como la importancia para la economía personal y familiar de los ingresos que obtenían con su trabajo, los efectos de la emigración laboral en sus localidades ante la falta de fuentes de empleo, el efecto del PSA sobre la emigración, el efecto de participar en el programa sobre vida y su autoestima, y el uso que debería darse a los recursos financieros del programa para los siguientes años de su vigencia. Asimismo, se indagó sobre la importancia del trabajo colectivo y el surgimiento de las nuevas formas de organización de los participantes en grupos de trabajo y la aparición de nuevas estructuras de liderazgo como consecuencia de la participación en las actividades del proyecto.

Resultados

Durante los dos primeros años de vigencia (2012-2013) del PSA en los ejidos participantes, se realizaron diversas actividades directamente relacionadas con la conservación de los recursos naturales y la protección de la biodiversidad en cada una de las localidades integrantes de los dos

Tabla 2. Actividades del proyecto PSA en los ejidos participantes.

Ejido	Actividad	Unidad de medida	Unidades
San Vicente de Benítez (SVB) (mar-sep 2012)	Brechas corta-fuego/guardarraya	jornal	5,533
	Presas de ramas	jornal	296
	Presas de morillos	jornal	136
	Control de incendios forestales	jornal	34
	Vigilancia, supervisión, equipam.	jornal	498
	Zanjas trinchera (\$15/pz)	pieza	27,037
Pago total en Ejido SVB*			-
San Francisco del Tibor (SFT) (ago 2012-may 2013)	Brechas corta-fuego	jornal	3,792
	Control de incendios forestales	jornal	224
	Vigilancia, supervisión, equipam.	jornal	464
Pago total en Ejido SFT*			-

* Por razones de seguridad y políticas de la agencia financiadora, se omiten las cantidades monetarias

ejidos que participan en el PSA. A partir del tercer año se realizarán labores de mantenimiento y el inicio de nuevos proyectos financiados con recursos del programa. Una de las actividades más ampliamente desplegadas fue la apertura de zanjas trinchera, sobre todo en el área del ejido de San Vicente de Benítez, donde se hicieron 27,037 excavaciones de 0.32 m3 cada una, para la captación de agua (véase tabla 2). La excavación de estas zanjas fue la actividad predominante en el ejido de San Vicente, en tanto que las actividades de prevención de incendios lo fueron en el ejido de San Francisco del Tibor durante los dos primeros años del programa.

Impacto económico del PSA

Las asambleas en cada ejido habían acordado previamente que de cada hogar podrían incorporarse a las actividades entre una y tres personas, ejidatarios o no, dado que la preservación de los recursos naturales es una actividad que compete a la población en general, pues todos hacen uso de ellos. Participaron en las distintas actividades un total de 250 personas del ejido de San Vicente. El número promedio de participantes en forma permanente fue de 70. Cada hogar en el ejido podría obtener entre 3,900 y 11,700 pesos mensuales durante el período de trabajo, derivados de la participación constante en las actividades acordadas. Por su parte, en el ejido de San Francisco las actividades se desarrollaron entre julio y septiembre de 2012 y marzo-mayo de 2013, en donde participaron 170 personas. El número promedio de personas que participaron en forma constante fue de 50. En este ejido cada hogar que intervino en los trabajos tuvo la posibilidad de obtener entre 2,240 y 6,720 pesos mensuales.

Para mostrar la importancia que tiene el PSA en la economía de las personas participantes, se resumen las actividades realizadas durante los años 2012 y 2013 en el territorio de cada uno de los ejidos involucrados (véase tabla 2).

Impacto social

De acuerdo con los entrevistados de las distintas locali-

dades, hay características del proyecto que son importantes por su relación con el proceso de empoderamiento y construcción de nuevas formas de organización y participación comunitaria. A partir del inicio de actividades, en ambos ejidos se comenzó a observar un visible cambio en la autoestima de los participantes, principalmente en la gran cantidad de mujeres y jóvenes que se han incorporado a los trabajos. Todas las mujeres de ambos ejidos que fueron entrevistadas para conocer su percepción sobre el impacto del proyecto en sus vidas, sin excepción, afirmaron que no habían tenido en la región un programa de alcance tan amplio que las beneficiara en forma directa.

Una de las consecuencias del PSA, explicada por los propios actores sociales al ser entrevistados, es que desalienta la emigración, pues los beneficiarios sin tener que abandonar sus hogares obtienen un ingreso neto igual o superior al que ganarían fuera de su comunidad desempeñando oficios en la parte más baja de la escala laboral, con el agravante de los gastos asociados (transporte, vivienda, alimentación, etc.), así como los riesgos a su integridad.

Un impacto social adicional muy importante que se observó y fue consignado en las entrevistas, es que la población de los ejidos participantes ha innovado sus procesos de organización interna pues, además de la existencia de las autoridades formales, en cada uno de los dos núcleos agrarios se ha creado un comité coordinador para atender específicamente las actividades del proyecto PSA. Estos comités trabajan en estrecha comunicación con los representantes formales (los miembros del comisariado ejidal). El comité coordinador tiene la responsabilidad de presentar los informes correspondientes a la autoridad formal y a la asamblea general del ejido para que, una vez discutidos y aprobados, el comisariado ejidal haga los reportes y gestione recursos frescos ante CONAFOR que financia el proyecto. Asimismo, cada brigada de trabajo designa a uno de sus integrantes para programar y dirigir las actividades del grupo, supervisar el debido cumplimiento de éstas y reportar al comité coordinador local los informes sobre el trabajo desempeñado.

Impacto ambiental

En el territorio del ejido de San Vicente, al haberse excavado durante el año 2012 una cantidad de 27,037 zanjas trincheras (véase tabla 2), cada una con una capacidad de captación de 320 litros de agua, se tiene en conjunto la posibilidad de prevenir la pérdida de por lo menos 8,652 m³ de agua, es decir, más de ocho y medio millones de litros.

Por su parte, el ejido de San Francisco acordó iniciar su participación el primer año del proyecto principalmente con trabajos de vigilancia, prevención y combate de incendios forestales, pues éstos han sido la amenaza más importante para los bosques y cafetales en la zona montañosa de la Costa Grande y de este núcleo agrario. En combinación con las actividades desplegadas por ciudadanos de San Vicente, se empleó un total de 10,545 jornales destinados a la prevención de incendios en ambos ejidos, que incluyen la apertura de brechas corta-fuego, los recorridos de vigilancia e inspección, las acciones directas de prevención y control de conatos de incendios y la capacitación para su combate.

Discusión

La pobreza es un fenómeno de naturaleza multidimensional. Implica la falta de acceso a la obtención de bienes y servicios, la marginación social y política y la vulnerabilidad a riesgos sociales y ambientales. Dado el vínculo entre la pobreza y los recursos naturales y la importancia de éstos como satisfactores de necesidades humanas, no puede ignorarse la relación entre ambos (Lee y Mahanty, 2009).

Hoy en día, las actividades de conservación de los recursos naturales representan para los ejidatarios, además del efecto ambiental positivo, la obtención de ingresos económicos por su trabajo y la satisfacción de ser partícipes de un proyecto de importancia social en sus propias localidades. El PSA significa para los participantes la obtención de ingresos que no habrían tenido sin su involucramiento en el mismo (Wunder et al., 2007). Los ingresos obtenidos por cada persona que participó en las actividades de campo fueron distintos en cada uno de los dos ejidos debido a que los montos aprobados fueron también diferentes en función de la superficie bajo protección y de los acuerdos tomados por las respectivas asambleas sobre las cantidades a pagar por los jornales correspondientes. El impacto que tiene la puesta en marcha del PSA en la región donde se asientan los dos ejidos participantes se extiende no sólo en el ámbito donde se ubican éstos. Su efecto dinamizador de la economía se ha podido observar en la cabecera municipal, la ciudad de Atoyac de Álvarez, a donde acuden los beneficiarios a adquirir bienes y productos que no pueden conseguir en sus localidades. La derrama de más de dos millones de pesos entre los dos núcleos agrarios como pago a los participantes por sus actividades de conservación de sus recursos naturales es un elemento dinamizador de la economía local y regional, severamente afectada durante muchos años, que se redujo con la crisis económica asociada a los bajos precios del café, principal producto generado por los campesinos de la sierra donde se asientan estos ejidos.

El PSA no vino a sustituir la producción de café, sino

a complementarla, pues muchas de las actividades de conservación de los ecosistemas se realizaron dentro de las plantaciones cafetaleras. Además, las actividades tradicionales en las parcelas se han realizado de tal manera que cada una es atendida por su propietario y algunos de sus familiares, pues no tienen la posibilidad de contratar trabajadores. El trabajo colectivo de ayuda mutua, más común entre campesinos indígenas, no ha sido una costumbre que exista entre los productores de café de la Costa Grande de Guerrero en general ni de los ejidatarios de San Vicente y San Francisco en particular, quienes no son ni se autodefinen como indígenas, además de que no hablan lengua originaria alguna.

Hasta antes de la llegada del PSA a estos ejidos, las tareas colectivas de conservación de los recursos naturales no formaban parte de la vida cotidiana. Algunas actividades eran realizadas de manera esporádica por sólo algunos de los campesinos que tenían más claridad acerca de la necesidad de llevarlas a cabo. Las únicas actividades colectivas que se han venido realizando son el combate a incendios forestales, la reparación de caminos o alguna obra de interés para toda la comunidad, como la construcción de la capilla, la escuela, tanques de almacenamiento de agua para la población, u otro tipo de edificaciones de uso común. El proyecto representa, entonces, el inicio del rescate del trabajo colectivo, abandonado por muchos años. Con ello se refuerza el sentido de colectividad, identificación y solidaridad comunitaria a partir del interés general por preservar el entorno natural de propiedad común al mismo tiempo que obtienen un beneficio económico.

El mejoramiento de la autoestima fue un elemento reconocido de manera general por todos los entrevistados, para quienes la posibilidad de obtener ingresos económicos—principalmente las mujeres y los jóvenes— les ha creado una nueva actitud positiva ante la severa situación económica que han padecido permanentemente.

Las mujeres han jugado un papel fundamental en el desarrollo del PSA en ambos ejidos. Su participación en las brigadas de trabajo ha sido muy entusiasta debido a que con este proyecto se han visto altamente beneficiadas al poder recibir ingresos económicos en sus propios poblados sin tener que emigrar a las ciudades en busca de trabajo, como ocurría hasta antes, exponiéndose a diversos riesgos entre los cuales, de acuerdo con los entrevistados, se incluye la desintegración familiar, la disminución de fuerza de trabajo en la comunidad y la pérdida de la identidad cultural y del sentido de pertenencia a sus localidades de origen (Díaz y Juárez, 2008; Tlachinollan, 2005).

De igual manera, han sido las mujeres las principales impulsoras de que los recursos financieros del programa para los años siguientes no se utilicen sólo para el pago de jornales para el trabajo de campo, sino que se invierta una porción en el financiamiento de proyectos productivos de carácter colectivo y permanente. Es decir, que el PSA sea utilizado como instrumento para iniciativas de mayor alcance que a su vez contribuyan a la creación de empleos en las localidades y a la seguridad alimentaria de las familias.

A partir de finales del mes de abril, los campesinos de la región se dedican a combinar los trabajos del PSA con las actividades de preparación de las parcelas agrícolas destinadas a la siembra de alimentos básicos, para esperar el inicio de la temporada de lluvias. Aproximadamente tres

meses después de la siembra, cosechan maíz, frijol, calabaza y chile con los que habrán de subsistir junto con sus familias hasta el siguiente ciclo agrícola. Un mes o dos antes de mediados de diciembre, cuando inicia la cosecha de café, comienzan las labores de limpieza de sus cafetales, es decir, la eliminación de arvenses y apertura de vías para poder circular dentro de la plantación y tener acceso para el corte de las cerezas (como se conoce comúnmente a los frutos de café ya maduros). La cosecha de café transcurre hasta enero o febrero, dependiendo de la altitud en la que se ubican las plantaciones (a mayor altitud, inicia y termina más tarde la maduración de los frutos de café y su corte). Así, la participación en el PSA ha permitido a los ejidatarios combinar, durante la primera mitad del año, las actividades propias del mismo con las tradicionales labores agrícolas que han desempeñado durante prácticamente toda su vida productiva.

La incorporación de nuevas cargas de trabajo en la vida cotidiana representa, sin duda, una mayor presión y desgaste físico. Sin embargo, contiene alicientes diversos que todos los participantes han asumido con una gran decisión, pues en lugar de utilizar el tiempo disponible posterior a la cosecha y venta del café para ir a buscar empleo fuera de sus localidades, lo invierten ahora en labores de preservación de los recursos naturales de uso común en el territorio de sus propios ejidos. Como resultado, la migración laboral es un fenómeno que pasa a un segundo plano ante la posibilidad de trabajar en su propia localidad, en las parcelas de café y los bosques de su propio ejido y además recibir un pago por ello. Esta nueva realidad representa, en la percepción de los ejidatarios, un alto valor que dada la inexistencia de tal beneficio en el pasado, es altamente apreciado por ellos.

Los beneficios económicos y sociales del PSA constituyen sólo dos dimensiones del proyecto y son tan importantes como su impacto ambiental.

Un impacto ambiental positivo muy importante del programa ha sido la posibilidad de captar agua de lluvia por medio de las más de 27 mil zanjas trincheras que fueron excavadas principalmente en los terrenos del ejido de San Vicente. Sin ellas, el agua no es retenida. Pero la utilidad de estas trincheras no sólo consiste en captar el agua que escurre hacia ellas en la pendiente donde se establecen, sino en su infiltración hacia el subsuelo, por lo que su impacto se multiplica, pues no sólo se pueden llenar una vez. Así, toda el agua captada ya no correrá sin control sobre la superficie llevando consigo un recurso tan valioso como lo es el suelo del bosque y de los cafetales. Además, las presas de ramas, de troncos y de piedras que se han establecido, se suman a las 'tinajas ciegas' y contribuyen también a aumentar la captación de agua y su almacenamiento en el manto acuífero para su posterior aprovechamiento en la parte baja de la cuenca. De esa manera, se fortalece el aporte que hacen el bosque y los cafetales a los servicios ambientales por los cuales se retribuye a sus productores.

Los incendios forestales han sido un constante flagelo en la sierra del municipio de Atoyac de Álvarez. Éste tuvo un registro de 1,217 hectáreas siniestradas en 2013, ubicándose como el séptimo más afectado en Guerrero (Protección Civil Guerrero, 2013). Los ciudadanos de ambos ejidos dedicaron más de 10 mil jornales a diversas actividades relacionadas con la prevención de incendios.

Con esta importancia dada a atender el problema, al 31 de marzo de 2014 no se había registrado incendio alguno en el territorio de los ejidos de San Vicente y de San Francisco, contrario a lo que ocurría en años previos al inicio del PSA. Es decir, la participación en este programa ha permitido la eliminación de este grave problema.

Si bien el deterioro ambiental no está inevitablemente asociado con la pobreza, bajo esta condición los recursos naturales son altamente vulnerables al efecto de muchos factores de impacto como los incendios forestales, el corte de árboles para la obtención de madera, la extracción de leña, la caza y pesca incontroladas como fuente de alimento o para su venta en las ciudades. En última instancia, ese proceso de degradación tendrá efectos más allá del ámbito local. En sentido contrario, las actividades de preservación y restauración de esos recursos naturales tendrán impacto positivo en lo local, regional y global. Los dos ejidos han tomado acuerdos de asamblea general para la formación de brigadas de prevención y combate de incendios forestales y para vedar toda actividad de caza, pesca o captura de ejemplares de fauna silvestre y de corte de árboles. La existencia de un programa como el PSA, que originalmente fue diseñado con objetivos primariamente de preservación ambiental, se ha ido convirtiendo en uno que permite a la vez el logro de metas sociales (Shapiro-Garza, 2011). En condiciones de pobreza y exclusión social, el beneficio del pago por realizar actividades de preservación de los ecosistemas tiene una dimensión distinta comparada con los países donde no existe esa situación. En el caso de los campesinos participantes en este programa, en forma paralela al beneficio ambiental que representa el PSA, éste se convierte en una vía recientemente iniciada por ellos y aceptada de manera general y entusiasta como un mecanismo eficiente para combatir la pobreza, no sólo mediante el pago de jornales, sino el financiamiento de proyectos autosostenibles. Sin embargo, hay autores (Wunder, 2008; Cuellar, Herrador, González y Rosa, 1999) para quienes se debe mantener a la conservación como el objetivo principal del pago por servicios ambientales. Esto es siempre deseable, pero si mediante la conservación de los ecosistemas se establecen sinergias con la adquisición de ingresos económicos a los que de otra manera no se tendría acceso, así como a la elevación de la autoestima de los beneficiarios, entonces su contribución será mucho más apreciada y el impacto será múltiple.

De acuerdo con la Guía de Mejores Prácticas elaborada por cada uno de los ejidos como parte de sus actividades de planeación de los trabajos a efectuar, durante el segundo año de vigencia del proyecto los participantes dedicaron su atención a dar mantenimiento a las obras realizadas durante la primera etapa. Esto reduce la cantidad de jornales directos, pero permite también la posibilidad de establecer para el tercer y subsecuentes años de los cinco en que serán beneficiarios del PSA, la plataforma para la creación de proyectos a ser financiados con recursos del programa, que sirvan para fortalecer la infraestructura y equipamiento de los ejidos, iniciar nuevos proyectos de beneficio social o de producción de bienes mediante la creación de grupos de trabajo con base en la experiencia organizativa adquirida durante el primer año (se han propuesto proyectos de artesanías, floricultura, apicultura, granjas acuícolas, porcinas y avícolas, lombricomposta y otros que se están analizando en las asambleas ejidales). Un proyecto importante que se

discute ya en el ejido de San Vicente de Benítez, es el establecimiento de una planta purificadora y envasadora de agua para consumo humano, dada la abundancia y pureza del líquido de sus manantiales ubicados en las zonas forestales mejor preservadas. Esas iniciativas serán financiadas parcialmente con recursos del mismo proyecto PSA, a los que se sumarán los que se obtengan por otras fuentes. Con estos acuerdos, entre los que se incluye el establecimiento de viveros forestales comunitarios para producir localmente las plantas que servirán para la reforestación, se podrán generar nuevos empleos para beneficio de más personas.

Asimismo, los ejidos de San Francisco del Tibor y San Vicente de Benítez tienen la posibilidad de negociar convenios con las localidades del municipio que se encuentran en la parte baja del mismo, principalmente la ciudad de Atoyac de Álvarez, cabecera municipal, que tenía 21,407 habitantes en el año 2010 y una alta demanda de agua. Esta ciudad y todas las localidades de la parte baja de la sierra de Atoyac y la planicie costera del municipio se benefician con el agua captada en las montañas. Dichos convenios consisten en la aportación de un pago que las comunidades que se encuentran aguas abajo, harían a los ejidos aportantes por el servicio de captación de agua. En Guerrero existe el antecedente del convenio que han operado durante varios años la comunidad forestal de San Pedro Chichila y la ciudad de Taxco de Alarcón, en la región norte del estado, mediante el cual la primera, ubicada a mayor altitud, aporta a la segunda el servicio de captación de agua para cubrir parcialmente la demanda de la población de Taxco, cuya autoridad municipal retribuye a aquella con recursos económicos (Merino, 2006). Los ejidatarios de San Vicente y San Francisco han hecho la propuesta en sus asambleas de explorar también la búsqueda de convenios con empresas privadas, fundaciones e individuos para el ingreso de los ejidos al 'Mercado de Bonos de Carbono' u otros esquemas de compensación por servicios ambientales, como ya ocurre en otros lugares (Charchalac-Santay, 2012).

Durante las últimas tres décadas ha crecido de manera notable la cantidad de trabajos publicados sobre la importancia de los ecosistemas como proveedores de servicios que contribuyen al bienestar humano (Costanza y Kubiszewski, 2012; MA, 2003). Este cúmulo de publicaciones resultantes de la reflexión y la investigación científica da cuenta de la gran preocupación que a nivel mundial genera el deterioro de los recursos naturales y de la cantidad de iniciativas que se adoptan para remediarlo. Sin embargo, para grandes sectores de la población en general muchos de los servicios ambientales aún son poco comprendidos o simplemente su existencia se da por sentada, sin cuestionar la relación que tienen con la vida diaria de las personas en casos como, por ejemplo, la disponibilidad de numerosos medicamentos de uso general fabricados a partir de la enorme diversidad biológica presente que hace que la producción de aquellos sea posible, o el hecho de que la posibilidad de regar las plantas de ornato en un jardín sea el resultado de la captación de agua de lluvia en los bosques y montañas y su acumulación en los mantos acuíferos (Salzman, 2005). Es necesario, entonces, conciliar el interés académico y de los distintos niveles de gobierno sobre los servicios ambientales que brindan las zonas forestales y las áreas dedicadas a la producción de café bajo árboles de sombra, con la necesidad de fomentar la conciencia ambiental entre la población y el interés inme-

diato de ésta por tener mejor nivel y calidad de vida.

Se puede afirmar que la participación de los ejidos de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor en el PSA es un factor que les permitirá sentar las bases para el combate a la pobreza, la creación de fuentes de empleo locales y el inicio de un proceso de desarrollo basado en la satisfacción de las necesidades de la generación presente pero, quizá más importante aún, con una mayor garantía de que las generaciones futuras puedan también satisfacer sus necesidades.

Finalmente, los ejidos de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor son hoy en día un referente para otros ejidos y comunidades de la región que se encuentran ya en el proceso de elaboración de sus propuestas técnicas para concursar por su inclusión en dicho programa.

De las experiencias logradas con el PSA en los dos ejidos participantes en el proyecto, se puede concluir lo siguiente:

El PSA tiene un importante impacto en la economía de las familias y las comunidades campesinas participantes.

El PSA tiene varios impactos sociales positivos sobre las comunidades participantes.

Existe un notable impacto ambiental positivo del PSA al propiciar la captación de agua de lluvia y su incorporación al manto acuífero, la conservación del suelo, la preservación y fomento de la biodiversidad, la prevención de incendios forestales y la protección de los ecosistemas.

El PSA puede sentar las bases para luchar contra la pobreza y por el desarrollo sustentable en los ejidos de San Vicente de Benítez y San Francisco del Tibor.

Agradecimientos

Los autores agradecen la activa participación e interés de los hombres y mujeres, especialmente los (las) jóvenes, de los ejidos de SVB y SFT en el proyecto PSA.

Referencias

- Ahlheim, M. y A. Neef. (2006), Payments for environmental services, tenure security and environmental valuation: Concepts and policies towards a better environment. *Quarterly Journal of International Agriculture* 45(4), 303-318.
- Charchalac-Santay, S. (2012). *Experiencias en Compensación por Servicios Ambientales en América Latina (PSA o REDD+): Descripción de casos relevantes*. Forest Trends. Washington, D.C. 81p.
- Cisneros, J. B. y Galizia Tundisi, J. (2014, Diciembre 1). Diagnóstico del agua en las Américas. *Red Interamericana de Academias de Ciencias. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC* Obtenido de [hp://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/ano-2012/791-diagnostico-del-agua-en-las-americas](http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/libros-publicados/ano-2012/791-diagnostico-del-agua-en-las-americas).
- Consejo Nacional de Población. (2012). *Índices de marginación por localidad 2010*. CONAPO, México.
- Constanza, R. y Kubiszewski, E. (2012), The authorship structure of "ecosystem services" as a transdisciplinary field of scholarship. *Ecosystem Services* 1, 16-25.
- Centro Regional Universitario de Oriente, INCA Rural, AMECAFÉ y Sistema Producto Café. (2011), *Plan de*

- innovación de la cafecultura en el estado de Guerrero*. San Luis Acatlán, Gro.
- Cuellar N., Herrador, D., González, M. y Rosa, H. (1999). Comercio de servicios ambientales y desarrollo sostenible en Centroamérica: Los casos de Costa Rica y El Salvador: Síntesis. *International Institute for Sustainable Development*. IISD. Ottawa, Canadá. 161p.
- Daily, G. (1997), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* Island Press, Washington D.C.
- Díaz, G.A. y Juárez, M. C. (2008), Migración internacional y remesas: impacto socioeconómico en Guerrero. *Papeles de Población* 56: 113-133.
- Google Maps. (Diciembre 1, 2014). Ubicación de los ejidos en el municipio de Atoyac de Álvarez. Obtenido de https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zYjLGDznsGb0.k7YPEy_42cxg&ie=UTF8&om=1&t=h&oe=UTF8&m=0
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1990), *Censo General de Población y Vivienda 1990*. México.
- Lee, E. y Mahanty, S. (2009). *Payments for environmental services and poverty reduction. Risks and opportunities. Issues paper*. The Center for People and Forests. Bangkok, Thailand. 40 p.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005), *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the condition and trends working group*. Island Press, Washington, D.C.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003), *Ecosystems and Human Well-being. A Framework for Assessment*. Island Press. Washington, D.C.
- Merino, L. (2006), Agua, bosques y participación social. La experiencia de la comunidad de San Pedro Chichila, Guerrero. *Gaceta Ecológica*. 80, 33-49.
- Protección Civil Guerrero. (Diciembre 1, 2014). *Plan de incendios forestales 2013*. Obtenido de <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/773/1/images/Incendios%20forestales%201.pdf>.
- Salzman, J. (2005), The promise and perils of payments for ecosystem services. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. 1(1/2), 5-20.
- Shapiro-Garza, E. (2013), Contesting the market-based nature of Mexico's national payments for ecosystem services programs: Four sites of articulation and hybridization. *Geoforum*. 46, 5-15.
- Tlachinollan, A.C. (2005), *Migrar o morir. El dilema de los jornaleros agrícolas de la Montaña de Guerrero*. Centro de Derechos Humanos de la Montaña Tlachinollan, A.C. Tlapa, México.
- Wunder S. (2008), Payments for environmental services and the poor: concepts and preliminary evidence. *Environment and Development Economics* 13: 279-297.
- Wunder, S., Wertz-Kanounnikoff, S. y Moreno-Sánchez, R. (2007), Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad. *Gaceta Ecológica* (número especial). 84-85, 39-52.



Análisis de las prácticas agrícolas y sus afectaciones ante las variaciones climáticas en la localidad de “El Telar”, Coatepec Harinas, México.

Carla Liliana García Celaya¹

Belina García Fajardo^{1*}

María Estela Orozco Hernández¹

Norma Martínez Gutiérrez¹

¹*Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional
Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan s/n, Colonia Universidad. Toluca, Estado de México. C. P. 50130.
(044 (722)2014216)*

**Autor de correspondencia
belygf@gmail.com*

Resumen

El cambio climático es uno de los principales problemas que aqueja al sector agrícola debido a que impacta en la productividad de los cultivos. Las afectaciones asociadas al cambio climático son un problema que se ha intensificado con el paso de los años, por lo que se ha incrementado el interés por analizar e investigar las repercusiones que el cambio climático ejerce sobre diferentes sectores de la población, diferentes tipos de ecosistemas, en general, sobre los daños que se generan directamente a la sociedad. Por lo que, esta investigación se enfoca de manera específica en el análisis de las repercusiones del cambio climático sobre el sector agrícola, tomando un estudio de caso para determinar los efectos producidos sobre los cultivos. La metodología se basa en información cualitativa, planteando la aplicación de entrevistas que sirvan de punto de partida para la recolección de información de la percepción local del campesino respecto a las afectaciones del clima en sus actividades agrícolas y producción, que posteriormente sirvan de base para que se puedan plantear algunas soluciones o propuestas que minimicen los impactos negativos ante dicha problemática. Al analizar una comunidad en específico se pueden identificar diferentes aspectos de su manejo agrícola y de las implicaciones que se producen sobre este sector por las variaciones climáticas que llegan a presentarse. Algunos de los resultados que pudieron encontrarse en este caso específico son que los agricultores si se han visto afectados por la presencia de eventos relacionados a las variaciones climáticas como heladas y sequías, lo cual hace que los rendimientos de los cultivos disminuyan y sus actividades agrícolas tengan que ser modificadas.

Por otro lado, la adaptación del sector agrícola ante el cambio climático en México es un tema que si bien se ha investigado poco, demanda una mayor atención para poder proponer alternativas que sirvan de base para los agricultores y de esta manera puedan hacer frente a los posibles efectos que las variaciones actuales del clima no afecten a sus actividades.

Palabras clave: agricultura, clima, prácticas locales.

Como citar el artículo:

García-Celaya, C. L., García-Fajardo, B., Orozco Hernández, M. E. y Martínez-Gutiérrez, N. (2014). Análisis de las prácticas agrícolas y sus afectaciones ante las variaciones climáticas en la localidad de “El Telar”, Coatepec Harinas, México. *Tlamati*, 5(4), 14-19.

Abstract

Climate change is one of the main problems affecting the agricultural sector as it impacts on crop productivity. The effects associated with climate change are a problem that has intensified over the years, thus, it has increased the interest in analysing and researching the impacts that climate change has on different sectors of the population, on different types of ecosystems, in general, damages generated directly to the society. Therefore, this research focuses specifically on the impacts of the climate change on the agriculture sector, taking a case study to determine its effects on crop production. The methodology is based on qualitative information, approaching interviews application, as an initial step to collect farmers' local perceptions regarding impacts of climate on their agricultural activities and production. For this some interviews serve as a starting point for gathering information which later become basis to approach local solutions and proposals to minimise the negative impacts associated with this problem.

When analysing a particular community we can identify different aspects of agricultural management implications that occur on this sector by weather variations that come to fruition. Some of the results that may be found in this specific case is that if farmers were affected by the presence of events related to climatic variations such as frost and drought, which causes the decrease crop yields and agricultural activities have to be modified.

Moreover, the adaptation of agriculture to climate change in Mexico is an issue that although little research, demand greater attention to alternatives that offer a basis for farmers and thus can deal with the possible effects of current climate variations do not affect their activities.

Keywords: agriculture, climate, local practices

Introducción

La agricultura es una actividad dependiente y ligada intrínsecamente a las condiciones climáticas. La temperatura y la precipitación son los principales factores climáticos relacionados con las actividades agrícolas, por ello, las variaciones de dichas condiciones influyen directamente en los tiempos de las actividades de los ciclos agrícolas y del crecimiento de los cultivos debido a la exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuestas a nuevas concentraciones de CO₂ atmosférico. La alteración de los patrones de las precipitaciones y temperaturas afecta y continuará afectando la productividad agrícola de diferentes maneras dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y período de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto (Villalobos y Retana, 2013). Por ello el sector agrícola, especialmente aquel de temporal es vulnerable a las variaciones del clima, ya que es totalmente dependiente de dichas condiciones.

De manera particular, el Estado de México ha sido importante en el contexto nacional ya que es considerado como uno de los cuatro estados que aportan más producción agrícola al país con un 46% del total nacional y con una superficie dedicada a ésta actividad de 1,035,220.545 hectáreas; el tipo de agricultura practicada es de temporal (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2013).

Los que se encuentran sujetos y afectados directamente ante las variaciones presentadas en el sector agrícola son los actores locales ya que dependen directamente de los ingresos o de la producción de cultivos que genera esta actividad, por lo que es importante documentar la forma en que los agricultores enfrentan y se van adaptando ante tales cambios. Cabe resaltar que el estudio presentado es un estudio en progreso. El área de estudio se eligió en función de un punto seleccionado dentro de los proyectos

“Cambios de uso del suelo por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres templados y cálidos del Estado de México. Impactos locales y emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero [GEI]” y de “Manejo de suelos en aprovechamiento agrícola, pecuario y forestal y sus implicaciones en el proceso de adaptación social en contextos de degradación ambiental en el Estado de México”, del Cuerpo Académico de Estudios Territoriales y Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México.

La relevancia de esta investigación es de nivel regional y local ya que responde a la importancia del sector agrícola en el Estado de México, debido a que la agricultura de temporal es una actividad primaria predominante en éste. La investigación pretende identificar el manejo de las prácticas agrícolas que se desarrollan en el área de estudio.

Para la realización del proyecto es importante conocer si los agricultores de la comunidad llevan a cabo algunas medidas que contrarresten los efectos de los eventos extremos, que pudieran llegar a presentarse en sus áreas de cultivo y con esto aportar beneficios económicos y sociales (mediante la conservación de sus costumbres, reconocimiento del conocimiento local, entre otros), permitiendo a su vez un mejor desarrollo y por tanto una mejor calidad de vida de las personas.

Por tanto, el objetivo del trabajo es caracterizar las prácticas agrícolas y la adaptación que los agricultores llevan a cabo ante las variaciones climáticas presentes en las comunidades rurales.

Materiales y Métodos

De acuerdo a la Ley General de Cambio Climático (2014) la adaptación se define como aquellas medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos,



Figura 1. Superficie agrícola de México. Fuente: INEGI (2005).

que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos (Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático [PEACC], 2014).

Se debe entender como adaptación reactiva a aquella que se produce después de haberse observado o vivido los impactos de un evento climático, este tipo de adaptación contribuye a reducir los futuros impactos adversos del cambio climático, mejorar las consecuencias beneficiosas y producir muchos efectos secundarios inmediatos. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente [SEDUMA], 2014).

Por otro lado la adaptación proactiva es aquella que se produce antes de que se tenga experiencia de los impactos del cambio climático y puede dividirse en dos, medidas anticipadas y medidas relacionadas a las capacidades de las personas en un lugar y tiempo en particular (Cooperación Alemana al Desarrollo, *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* [GIZ], 2014).

El presente estudio se llevará a cabo a nivel local y se basa en el análisis de una comunidad que realice actividades agrícolas. Como se mencionó, se plantea la utilización del método de estudio de caso para realizar esta investigación. La selección del lugar se asocia a la participación en

los proyectos de investigación indicados en la sección anterior, donde se observó la necesidad de investigar las adaptaciones locales ante el cambio climático. El sitio de estudio corresponde a la comunidad El Telar, municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, en la cual realizan actividades agrícolas de temporal de cultivos de maíz.

Como parte de la metodología de este trabajo, se realizaron visitas preliminares a la zona de estudio que permitieron identificar las condiciones generales bajo las cuales se encontraba la zona y en esa primera caracterización se obtuvieron algunos datos como su localización, la cual arrojó que se encuentra cerca de un Área Natural Protegida (Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca), cuenta con áreas agrícolas que cercanas a zonas forestales, cuenta con 270 hectáreas de cultivo y con una población de 541 personas.

Dentro de los métodos de recolección de la información se aplicaron encuestas que permitieron identificar aspectos en relación al sector agrícola como la percepción de los agricultores ante los riesgos que pudieran afectar a sus cultivos por las alteraciones de las condiciones climáticas y las fechas aproximadas de sus actividades agrícolas como la siembra, las escardas y la cosecha.

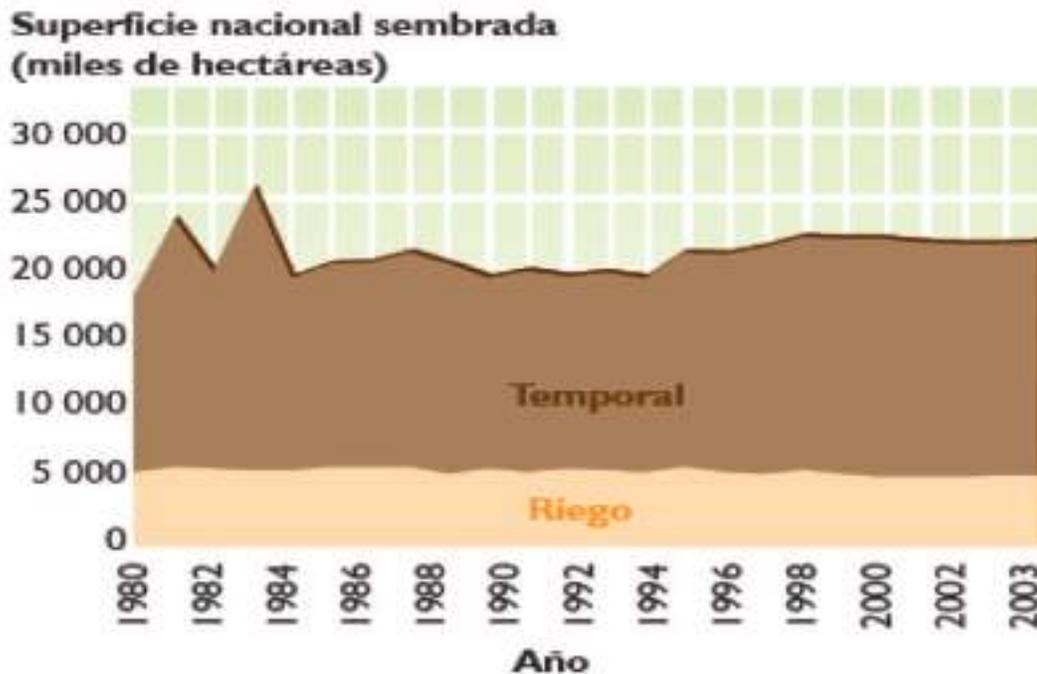


Figura 2. Agricultura de riego y de temporal en México.

El número de encuestas aplicadas fue determinado en relación al proyecto de Cambio de uso de suelo, en donde se determinó el tamaño de la muestra que fuera representativa del lugar de estudio, por lo que se aplicaron 6 entrevistas. Para poder aplicar dichas encuestas fue necesario contactar a la autoridad local (Comisariado Ejidal), para que sirviera de vínculo entre los agricultores y los investigadores para aplicar dichos instrumentos. Ante esto, es importante recalcar que la intervención del Comisariado Ejidal no influyó en las respuestas de los entrevistados pues él no estaba durante la entrevista. Estas entrevistas son la base para un análisis inicial del manejo de las actividades agrícolas con respecto a una posible adaptación a las variaciones o cambios climáticos.

La siguiente fase metodológica es la aplicación de otras encuestas que permitan conocer aspectos más específicos de la agricultura en la comunidad. Posterior a la aplicación de dichos cuestionarios, es necesaria la interpretación de éstos para que sirvan de punto de partida y se puedan identificar nuevas metodologías que puedan aportar información al estudio. Asimismo, se analizarán las variaciones climáticas que repercuten en la productividad de los cultivos, para lo cual será necesario el uso de normales climatológicas, lo que implica la realización de diferentes cálculos con los que se puedan obtener los datos requeridos para determinar las variaciones en el clima; otro dato que será usado es la producción total de los cultivos ya que a través de estos se podría identificar si la cantidad producida se ha visto afectada por el cambio del clima.

Se contempla también el uso de cartografía que permita la identificación del territorio y sobre todo que pueda mostrar el cambio en el clima de la zona de estudio para poder determinar si dicho cambio influye directamente en la agri-

cultura, o en dado caso reconocer que ésta última no se ve afectada en ningún aspecto. Un punto que servirá para el desarrollo del estudio será el uso de fotografías que sirvan como evidencia de los datos obtenidos en las entrevistas, además la observación será relevante para poder corroborar la información que es proporcionada con el objetivo de enriquecer la investigación y obtener resultados más precisos.

Otro aspecto importante de documentar son las consecuencias culturales que dichas modificaciones climáticas generan, es decir, los cambios a los que los agricultores tienen que recurrir para asegurar un rendimiento agrícola pues muchas veces sus tradiciones se ven afectadas o modificadas, además es trascendente identificar las formas locales de manejo agrícola para generar opciones del mismo manejo que permitan aumentar el rendimiento de los cultivos y que se disminuya la vulnerabilidad de los mismos y por ende de los agricultores.

Resultados

La adaptación al cambio climático se enmarca en el contexto de la gestión de riesgo con el objetivo de reducir, prevenir y controlar en forma priorizada la posible ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de respuesta de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo (Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [INE-SEMARNAT], 2012).

Según el INE-SEMARNAT (2014), “la vulnerabilidad de los sistemas productivos deriva de la exposición de su infraestructura al impacto de desastres atribuibles a fenó-

menos naturales, particularmente de origen climático. Todos los sectores económicos o los sistemas son vulnerables en alguna medida a daños directos por los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos, que ocasionan cambios de temperatura o niveles de humedad que modifican sus capacidades productivas, así como a daños indirectos por secuelas de impactos en otras ubicaciones, principalmente por problemas de suministro de materiales, agua o energía. La sociedad en su conjunto, y particularmente las zonas y sectores más pobres del país, presentan condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático; por lo que la evaluación de la vulnerabilidad y la propuesta de medidas de adaptación, deben integrar en su diseño, las características geográficas y climáticas de la zona; las características de la población; la condición socio-económica; el acceso a los recursos naturales y servicios; las condiciones críticas de salud pública, como la malnutrición infantil; el enfoque de género y, las particularidades culturales de cada región” (PEACC, 2014).

Respecto a lo anterior, como parte de los resultados de las entrevistas se obtuvieron las características de las familias con respecto a tamaño de esta, edad, educación y actividad de los integrantes, ingresos, acceso a servicios de salud, el acceso y estado del suelo, en particular de las características generales de las tierras agrícolas como superficie, color, textura y degradación, información sobre las actividades agrícolas, la productividad de las tierras y aspectos culturales desde la perspectiva local.

Estos resultados preliminares indican que sí se han sufrido afectaciones a los cultivos, en particular por la presencia de heladas y sequías, asimismo, se observa que como respuesta a estos impactos negativos, los campesinos se están adaptando de manera gradual a estos eventos climáticos.

De acuerdo a lo obtenido en las entrevistas aplicadas a los agricultores se pudo observar que una de las medidas adaptativas que han llevado a cabo con el paso de los años ha sido la modificación de su calendario agrícola ya que las actividades de siembra y por tanto de escarda y cosecha se han retrasado unos meses por la alteración de las fechas de precipitación.

Sin embargo otro problema al que se ven sometidos al retrasar dichas actividades es que algunas veces las heladas afectan los cultivos debido a que se presentan cuando las plantas se encuentran en crecimiento y las semillas se queman, contribuyendo a la pérdida total o parcial de la siembra.

Como ya se mencionó, en México la mayor parte de las actividades agrícolas se realizan mediante una agricultura de temporal, esto se puede observar en las figuras 1 y 2. Por tanto, es importante recalcar que al llevarse a cabo una agricultura de temporal, ésta es mayormente afectada ante las variaciones de precipitación. Una forma en la que también están respondiendo los agricultores ante los cambios se da mediante una adaptación reactiva, es decir, reaccionan ante daños generados en el pasado; para esto, algunos de ellos están incorporando papa como cultivo alterno y otros están comenzando a practicar la floricultura. Por otra parte, algunos campesinos están retomando las prácticas de asociación de cultivos de maíz de diferentes variedades con haba y calabaza principalmente, para diversificar las plantas y tener producción, otra forma es la rotación entre variedades de maíces criollos o con ave-

na forrajera o papa.

De igual manera se identificó que se cultiva en pendientes no mayores a 15°. En la imagen 3 se muestran algunas de las zonas agrícolas en estudio.

La maquinaria que usan para poder llevar a cabo todas sus actividades agrícolas pertenece a un sistema tradicional, ya que emplean caballos o mulas como principal herramienta de trabajo y se ayudan del arado para complementar sus actividades. También hacen uso del estiércol como fertilizante que ayuda a su vez a mantener la humedad del suelo y que aporta materia orgánica al mismo. Utilizan algunos herbicidas y fertilizantes químicos.

Las zonas agrícolas se relacionan con actividades forestales y pecuarias, en el primer caso se da la relación ya que en el lugar se llevan a cabo actividades forestales de aprovechamiento forestal, las cuales se encuentran cerca de las zonas agrícolas. En el caso de las actividades pecuarias, se da la relación ya que se usa el rastrojo como alimento para los animales o por el uso del mismo estiércol.

Discusión y conclusiones

En la actualidad dicho tema ha tomado mucha relevancia pues genera afectaciones a los diferentes ecosistemas. Debido a que el sector agrícola es una de las bases de la economía no solo local sino mundial es importante analizar los aspectos que puedan alterarlo y que puedan representar afectaciones severas reduciendo con esto la capacidad productiva del sistema para evitar que los daños generados afecten a la sociedad alrededor del mundo.

Es importante destacar que los posibles daños que se pudieran presentar por el cambio climático sobre el sector agrícola representan una amenaza, entendida como aquel fenómeno, sustancia, actividad humana o situación peligrosa que puede causar la muerte, lesiones u otros impactos sobre la salud, daños materiales, pérdida de los medios de vida y servicios, interrupción de la actividad social y económica, o degradación ambiental (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [IPCC], 2014); ya que la agricultura es una actividad que aporta alimento a la población mundial y una de las actividades más practicadas en las comunidades rurales, muchas veces marginadas.

Ésta es una actividad que ha disminuido por factores, económicos y políticos y ahora se ve afectada por eventos extremos como precipitaciones excesivas, ondas de calor que producen sequías e incluso plagas que intensifican la pérdida de producción de los cultivos. De ahí la importancia de analizar las variables climáticas, en particular de eventos extremos, los cuales deben asociarse con los datos de productividad agrícola y las percepciones de manejo a nivel local.

En las cuestiones agrícolas se producen alteraciones económicas y sociales, considerando que dicha actividad aporta el sustento alimenticio a la mayoría de las familias que se dedican a dicha actividad. Los cambios en la dinámica poblacional son uno de los principales problemas por los que se ve afectado el sector agrícola. La edad de las personas principalmente en las comunidades rurales es de gran relevancia ya que los jóvenes no se interesan en las cuestiones del manejo del campo debido a la baja rentabilidad de las actividades primarias pues se ven mayormente atraídos por otros trabajos que se encuentren en zonas urbanas y en los cuales reciben mayores sueldos por lo que se ha propiciado el abandono gradual de dichas prácti-

cas y la transferencia de conocimiento local del manejo de recursos intergeneracional.

Se identifican inicialmente que las experiencias locales de las afectaciones del cambio climático, en particular de las afectaciones de eventos extremos en la productividad agrícola de autoconsumo está dando lugar a estrategias de adaptación de tipo reactiva que se desarrollan y aplican a nivel local. Esta adaptación reactiva está desarrollada a partir de las capacidades, acceso a recursos naturales y sociales y económicos que conforman una plataforma de toma de decisiones para el campesino. Después de experimentar las afectaciones de eventos climáticos se ve afectado el bienestar y desarrollo de la sociedad, en especial las rurales. Por ello, caracterizar y entender el contexto socio-cultural, económico y medio ambiental es central para plantear estrategias adecuadas a nivel local. Especialmente si se considera que el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de la población y los retos en materia de reducción de pobreza, seguridad alimentaria, salud, educación, y otras metas de desarrollo humano.

Uno de los aspectos más evidentes que se encontraron al llevar a cabo visitas a la comunidad en estudio fue que la gente es un actor clave para poder llevar a cabo estrategias de adaptación, contribuyendo paralelamente a la conservación de las actividades agrícolas y recursos naturales asociados en el Estado de México. Esto reitera la necesidad de analizar y documentar de las respuestas locales y su pertinencia para enfrentar de forma adecuada los retos asociados con el cambio climático.

Este estudio engloba las cuestiones climáticas con el sector agrícola, con el fin de identificar los efectos negativos (o positivos en dado caso) de las variaciones en las condiciones climáticas sobre los cultivos que brinde la información necesaria para entender el entorno local y proponer diferentes estrategias que hagan menos vulnerables a los agricultores para evitar que la producción agrícola se vea afectada seriamente, retomando a su vez la posición de las instituciones ante tal problemática con la finalidad de que las actividades planeadas puedan agilizarse y su efectividad sea mayor.

La adaptación del sector agrícola ante el cambio climático en México demanda de mayor investigación de la realidad que enfrentan las familias campesinas vulnerables a las variaciones climáticas y que contribuyen a modificar aspectos de sus modos de vida, su producción, costumbres, prácticas de manejo y alimentación, con un impacto directo en el uso y conservación de los recursos naturales.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo a los proyectos “Cambios de uso del suelo por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres templados y cálidos del Estado de México. Impactos locales y emisiones globales de GEI” (CONACYT-107956) y de “Manejo de suelos en aprovechamiento agrícola, pecuario y forestal y sus implicaciones en el proceso de adaptación social en contextos de degradación ambiental en el Estado de México” (CONACYT-

UAEMex), del Cuerpo Académico de Estudios Territoriales y Ambientales (CAETA) de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, ya que por medio de estos se obtuvieron algunos datos que podrán ser retomados para la culminación del presente trabajo.

Referencias

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Diario Oficial de la Federación. México.
- Cooperación Alemana al Desarrollo. (2014, Marzo, 22). *Costos y Beneficios de la Adaptación al Cambio Climático en América Latina*. Obtenido de <http://www.riesgoycambioclimatico.org/CostosBeneficiosACC/documentos/peru/EstudioCostoBeneficiodeACCenAmericaLatina.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014, Marzo, 22). *Crecimiento de la frontera agrícola*. Obtenido de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/02_vegetacion/cap2.html#9.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2013, Febrero, 20). *Superficie agrícola*. Obtenido de http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/nacional/tematicos/superficie_agricola.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2013, Febrero, 20). *Uso de suelo y vegetación. Consulta interactiva*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=usv_usosueloveg.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2014, Marzo, 22). *Conceptos clave para incorporar la adaptación al cambio climático en proyectos*. Obtenido de <http://www.careclimatechange.org/files/toolkit/Conceptos.pdf>
- Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático. (2014, Marzo, 22). *¿Qué es adaptación?* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México. Obtenido de <http://www.adaptacion.inecc.gob.mx/que-es-adaptacion-y-vulnerabilidad>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. (2012). *Quinta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Resumen Ejecutivo*. México: Grupo Comunicaré.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. (2014, Marzo, 22). *Adaptación al Cambio Climático. Desarrollo de Cambio Climático de Yucatán*. Obtenido de <http://www.cambioclimatico.yucatan.gob.mx/cambioclimatico/adaptacion.php>
- Villalobos, R., Retana, J. (2013, Octubre, 10). Efecto del cambio climático en la agricultura. Experiencias en Costa Rica. Obtenido de http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/cc_agriculturaCR_LX.pdf



Evidence of a decreasing trend in rainfall at northern part of the municipality of Ensenada, Baja California, México from 1978 to 2011

Marta Patricia Souza Peñalosa^{1*}

¹*Independent mathematical analyst. Rio Magdalena 120-24, Mexico, D.F. 01090. Ph. +52 (55) 5550 0927*

**Autor de correspondencia
agromodelos@yahoo.com*

Resumen

En este estudio de caso, se demuestra en términos estadísticos que desde 1978 hasta el 2011, el nivel de precipitación total disminuyó significativamente en la parte del municipio de Ensenada que se encuentra entre las latitudes 31° N y 33° N, en el estado de Baja California, México. Junto con los cambios a largo plazo observados en la precipitación total anual de esta región, mediante un análisis de tendencias por separado para cada mes del año, observamos una descomposición práctica de los cambios sostenidos registrados durante este período de tiempo. Un nivel de significancia del cinco por ciento fue aplicado, tanto en la prueba de Mann-Kendall como en el *t*-test con el fin de obtener estimaciones cualitativas y cuantitativas de las tendencias observadas.

Se muestra que la parte norte de Ensenada ha ido perdiendo las precipitaciones en el transcurso de las últimas tres décadas y media. Esto ha ocurrido principalmente en los meses de Marzo y Septiembre. Estos resultados pueden favorecer las decisiones y las acciones oportunas en relación con la administración del agua de esta importante zona agrícola.

Palabras clave: prueba de Mann-Kendall, *t*-test, análisis de tendencias, cambio climático.

Abstract

In this case study, it is proved in statistical terms that from 1978 to 2011 the level of total rainfall decreased significantly in the portion of the municipality of Ensenada that lies between latitudes 31°N and 33°N, in Mexico's state of Baja California. Along with the observed long-term changes in this region's yearly total rainfall, a separate trend analysis for each month of the year offers a practical decomposition of the sustained changes recorded during this period of time. With a five percent significance level, both the Mann-Kendall test and the *t*-test are applied in order to obtain qualitative and quantitative estimates of the trends observed.

Como citar el artículo:

Souza-Peñalosa, M P. (2014). Evidence of a decreasing trend in rainfall at northern part of the municipality of Ensenada, Baja California, México from 1978 to 2011. *Tlamati*, 5(4), 20-27.

It is shown that the northern part of Ensenada has been losing rainfall in the course of the last three and a half decades and that this has occurred mainly in the months of March and September. These results can favor timely decisions and actions regarding the water management of this important agricultural area.

Key words: Mann-Kendall test, *t*-test, trend analysis, climate change.

Introduction

Climate change affects Mexico in many ways. One of the most serious transformations observed is a sustained decrease in rainfall that has occurred over the last few decades in some portions of the country, like the state of Baja California that appears shaded in white on Figure 1.

This paper is a case study, in the line of research presented by Méndez-González et al. (2008) and Mondal et al. (2012). Within the state of Baja California, it focuses on the northern part of the municipality of Ensenada, composed of the port of Ensenada and a thriving agricultural region. In particular, this area contains Guadalupe Valley, where wine production has prospered remarkably in the last few decades, generating considerable economic growth. The precise surface is illustrated by Figures 2a and 2b. It counts with sufficient data recorded by twenty four meteorological stations, making it possible to provide local decision makers with substantial statistical evidence of a significant decline in total rainfall.

The results presented below are intended to foster sustainable use and conservation of water. They also aim to promote social awareness and understanding of proven climate change. Besides, the methodology offered here applies equally well to analyze the long-term evolution of other essential variables, such as mean temperature, dam

storage and net aquifer recharges. A regional approach to the subject is also recommended, with the advantages and disadvantages of considering a larger area that might stretch from the Mexican state of Baja California Sur to the North American state of California (Figures 1 and 2a).

Above all, the purpose of this research is to contribute conclusive scientific evidence of actual (not future) climate change, showing how revealing a local analysis can be.

Materials and Methods

a) Input

Ensenada is one of the largest municipalities (or counties) in Latin America. The climate changes it faces vary slightly from north to south, hence the present study is limited to the surface of Ensenada that lies at a latitude equal or greater than 31°N.

This area has many weather stations recorded by Mexico's National Meteorological Service (Servicio Meteorológico Nacional, SMN), twenty four of which are used here as they provide at least twenty recent years of monthly data on the region's total rainfall from January 1978 to February 2011 (Table 1). The corresponding data is not included here because it consists of more than nine thousand values.

The arithmetic mean of the data received generates



Figure 1: State of Baja California, Mexico

Table 1: Selected meteorological stations

24 Selected meteorological stations Northern Ensenada, Baja California Key and geographical coordinates at 31°N and 32°N of latitude									
Key	Name	Longitude			Latitude			Altitude ^{2/} MASL	
		West ^{1/}			North ^{1/}				
		D	M	S	D	M	S		
2001	Agua Caliente	116	27	15		6	27	400	
2004	Ignacio Zaragoza -Belén-	116	29	8		11	43	540	
2005	Boquilla Santa Rosa de la Misión	116	46	37		1	18	250	
2036	Olivares Mexicanos	116	40	51	32	2	57	340	
2077	La Misión	116	48	40		6	7	20	
2156	El Florido	116	49	16		28	20	250	
2164	Ejido El Porvenir	115	51	8		6	23	330	
2025	Ensenada (Obs)	116	36	21		51	28	21	
2045	San Carlos	116	27	49		47	7	164	
2056	San Vicente	116	14	52		19	45	110	
2065	Santo Tomás	116	24	22		47	31	180	
2072	Presa Emilio López Zamora	115	35	50		53	45	43	
2079	El Alamar	116	12	14		50	8	710	
2088	Ejido Héroes de la Independencia	115	56	15		36	37	1,000	
2091	Ejido Ignacio López Rayón	116	15	52		17	16	170	
2092	Ejido San Matías	115	32	37	31	19	53	968	
2096	La Calentura	116	2	13		16	13	210	
2104	El Ciprés	116	35	17		47	25	8	
2106	Maneadero	116	34	22		41	44	50	
2108	Punta Banda	116	39	58		42	50	15	
2118	Valle de San Rafael	116	14	3		55	8	721	
2120	Ejido México	116	12	22		4	20	75	
2146	Colonia San Pedro Mártir	115	12	15		2	15	416	
2153	Ejido Uruapan	116	27	18		37	7	195	

NOTE ^{1/} Units used are D=degrees M=minutes S=seconds^{2/} Unit used is MASL=meters above sea level

Source: SMN

Table 2: Results of trend analysis 1978-2011

Significant trends in monthly and yearly total rainfall Northern Ensenada, Baja California 1978-01 to 2011-02								
MONTH	MANN-KENDALL TEST			95% CONFIDENCE INTERVAL				
	Mann-Kendall statistic	1- <i>p</i>	Long term trend	<i>r</i>	1- <i>p</i>	Lower bound	Rate or slope	Upper bound
Unit	S	Percentage	Conclusion	Percentage		Millimeters per decade		
January	-96	92.95	None detected					
February	37	70.32	None detected					
March	-172	99.60	DECREASING	46.23	99.32	-28.93	-16.99	-5.05
April	-6	53.09	None detected					
May	19	60.99	None detected					
June	104	94.61	None detected					
July	-60	81.97	None detected					
August	-39	72.20	None detected					
September	-113	95.87	DECREASING	35.27	94.84	-2.97 ^{2/}	-1.49	0.00 ^{2/}
October	-88	91.12	None detected					
November	-88	91.12	None detected					
December	-14	57.98	None detected					
Year ^{1/}	-128	97.55	DECREASING	39.90	97.67	-97.54	-52.60	-7.65

NOTE ^{1/} Full year with information about its 12 months ^{2/} Approximate value

Calculated with public data from SMN

thirteen time series describing total rainfall in northern Ensenada, measured in millimeters: one for each month of the year (Mondal et al., 2012) and one for the corresponding yearly total.

Note that the arithmetic mean calculated in the step above is not the only choice: the median value can take its place (Khambhammettu, 2005). It is also important to add that the raw input can occasionally be impoverished or biased by missing data.

b) Trend analysis

The thirteen time series obtained above are examined separately. A double test for monotonic trend is applied to each one, following the methodology of parametric and non-parametric Statistical Inference in order to detect and measure any long-term trend showing a 5% significance level (Helsel et al., 2002).

Basically, the two techniques described below are applied: the Mann-Kendall test and the *t*-test. When both reach the same conclusion, the corresponding result is accepted and documented. Sometimes both methods share the same conclusion as long as a level of significance slightly greater than 5% is accepted for the *t*-test, which is considered adequate. In some instances, the outcome of both tests is contradictory, but the corresponding quality control and residual analysis generally shed enough light to solve the problem in a satisfactory manner.

When the null hypothesis is not rejected, it might be that the time series has no monotonic trend, or that the evidence doesn't meet the 5% significance standard.

c) Mann-Kendall test

The Mann-Kendall test is a non-parametric hypothesis test. It applies to time series that are free of significant autocorrelations in order to determine whether they present a monotonic trend, as it chooses between the following null and alternative hypotheses.

H_0 : the time series is made up of values that are the realization of identically distributed random variables

H_1 : the values present a monotonic increasing or decreasing trend, not necessarily linear.

This is a robust test that depends only on the relative magnitude of the given data, hence it is the most frequently used in monotonic trend analyses of hydrologic time series (Hossain et al., 2013; Méndez-González et al., 2008). It is applied to the raw input by means of a programmed Excel file that processes the thirteen series being analyzed in a single run.

In short, for a given time series made up of ten or more real values x_1, x_2, \dots, x_n the Mann-Kendall statistic S is the sum of all possible terms $sign(x_k - x_j)$ in which $1 \leq j < k \leq n$, where $sign(x_k - x_j)$ takes the value 1, 0 or -1 if x_k is greater,



Figures 2a and 2b: Northern Ensenada in Baja California

equal or smaller than x_j , respectively. Thus the absolute value of S is greater when the time series contains mostly increasing (S positive) or decreasing values (S negative).

If the given time series contains no repeated values, the variance of S is given by

$$Var(S) = [n(n-1)(2n+5)] / 18$$

Otherwise, the series has a total of g distinct repeated values that are grouped into sets C_1, C_2, \dots, C_g of cardinality t_1, t_2, \dots, t_g , respectively. In this case, the variance of S is given by

$$Var(S) = (1/18) * [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)]$$

where the indicated sum runs from $p = 1$ to $p = g$.

Finally, the test statistic Z is defined as $(S-1)/[Var(S)]^{1/2}$, 0 or $(S+1)/[Var(S)]^{1/2}$ if the value of S is positive, zero or negative, respectively.

As the value of n increases, the distribution of the random variable Z asymptotically approaches that of a standard normal distribution, i.e. one of zero mean and unit variance.

Therefore, with a significance level of 5%, the time series is said to present an increasing (decreasing) trend when S is positive (negative) and the absolute value of Z is greater than 1.645, in which case the null hypothesis is

rejected.

Note that the Mann-Kendall test in itself is qualitative, as it doesn't estimate the actual rate at which the time series is actually increasing or decreasing.

d) *t*-test

This method stems from the well-known *linear regression model*, in which an optimal straight line is fitted to the given time series by the least squares method. The one-tailed *t*-test confronts the hypothesis of a zero slope in the optimal straight line against a positive (negative) value of the slope, in which case a rejection of the null hypothesis determines an increasing (decreasing) trend in the data. This test is performed at a 5% significance level and an estimate for the slope's value is generated by the corresponding 95% confidence interval (Chatterjee et al., 2000).

In this way, the *t*-test generates results that are qualitative and quantitative. Its various hypotheses and calculations are not reproduced here, as they can be easily found in textbooks on Statistical Inference.

This method calls for adequate treatment of all atypical and influential values that may be present in the raw time series being analyzed. Different decisions in this respect generate slightly different estimations of the rate of change in the data, which is why this technique is less robust than the Mann-Kendall test. It must also be noted that estimates are also altered when a transformation is applied to the

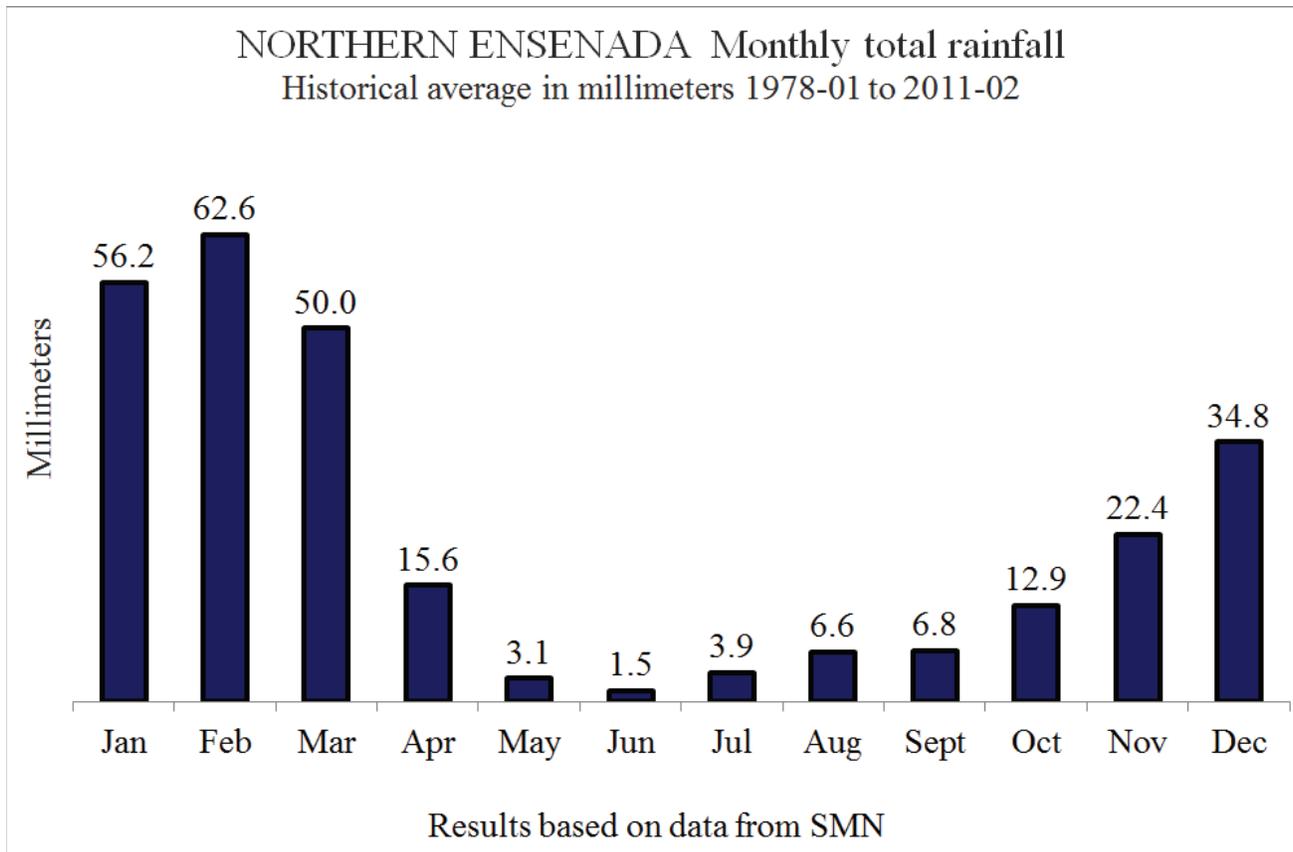


Figure 3: Average total rainfall per month 1978-2011

data in order to ensure that the relationship between time and the given series is linear, or to make the variance of residues constant.

Once more, a programmed Excel file processes the thirteen series jointly, in a single run. For each series considered, another programmed Excel file applies twelve routines simultaneously, so as to provide detailed quality control and a residual analysis.

Finally, the rate of change in total rainfall is presented to the reader in millimeters per decade. This is the preferred unit, as it allows the final values to come as close as possible to human perception of the region's climate change.

e) Average total rainfall

With the purpose of illustrating the area's climate, Figure 3 represents the average monthly total rainfall recorded during 1978-2011 in northern Ensenada. It is important to note that the region's rainy season definitely includes the month of March, whereas September belongs to the dry season.

Results

The evidence found for long-term trend in total rainfall is definitive for the northern part of Ensenada and can be summarized as follows (Table 2).

With a 95% confidence level, the yearly total rainfall of northern Ensenada during 1978-2010 recorded a de-

creasing long-term trend, at a rate that lies between 7.65 and 97.54 millimeters per decade (Figure 4).

As to the trend analysis relative to each month of the year, March presents a significant decrease in total rainfall at a rate between 5.16 and 28.82 millimeters per decade (Figure 5). With this change, the amount of water that falls to the area's surface during the rainy season (and during the entire year) has diminished considerably in the last decades. The relatively dry month of September records a decline in total rainfall at a rate no larger than 2.97 millimeters per decade (Figure 6), making the dry season even more severe.

For this region, no other month recorded a significant trend in total rainfall in the course of the last three decades. But Table 2 shows that another four months might join the list of purely decreasing rainfall if a 10% significance level (and a 90% confidence level) were considered acceptable: January, June, October and November. This simple exercise in sensitivity analysis reveals a more general picture of serious decline in the area's rainfall.

Discussion and Conclusions

Although the Mann-Kendall test is robust, it is important to remember that it is not universal, so the double trend analysis presented above is highly recommended in order to ensure accurate inferences regarding the evolution of climate variables.

It can be said that the statistical evidence of decreasing

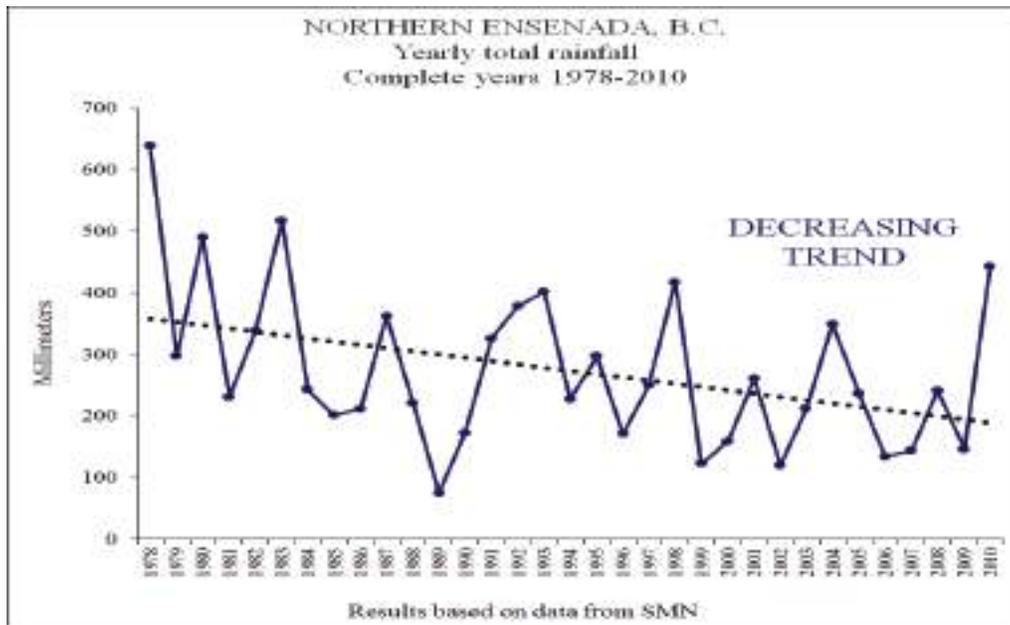


Figure 4: Yearly total rainfall 1978-2010

rainfall in the northern part of Ensenada during the period 1978-2011 is conclusive. So is the proof that the change is essentially due to a significant decline in rainfall during the months of March (rainy season) and September (dry season).

It is important to assess the impact of this observed climate change, as it represents a severe risk for life in general and in particular for human tasks in northern Ensenada, including agriculture, livestock and fisheries. Actions to optimize the area's current water management

may include wastewater reuse, seawater desalinization, crop substitution and upgraded forms of irrigation, but they might not be robust enough to ensure a reliable water supply, health, agriculture and food security for the area's growing population (Bates et al., 2008).

Finally, it is advisable to apply the long-term methodology presented above to determine whether northern Ensenada has experienced an increasing number of droughts; a decreasing number of floods (Hossain et al., 2013); a warming of its surface; decreasing local dam

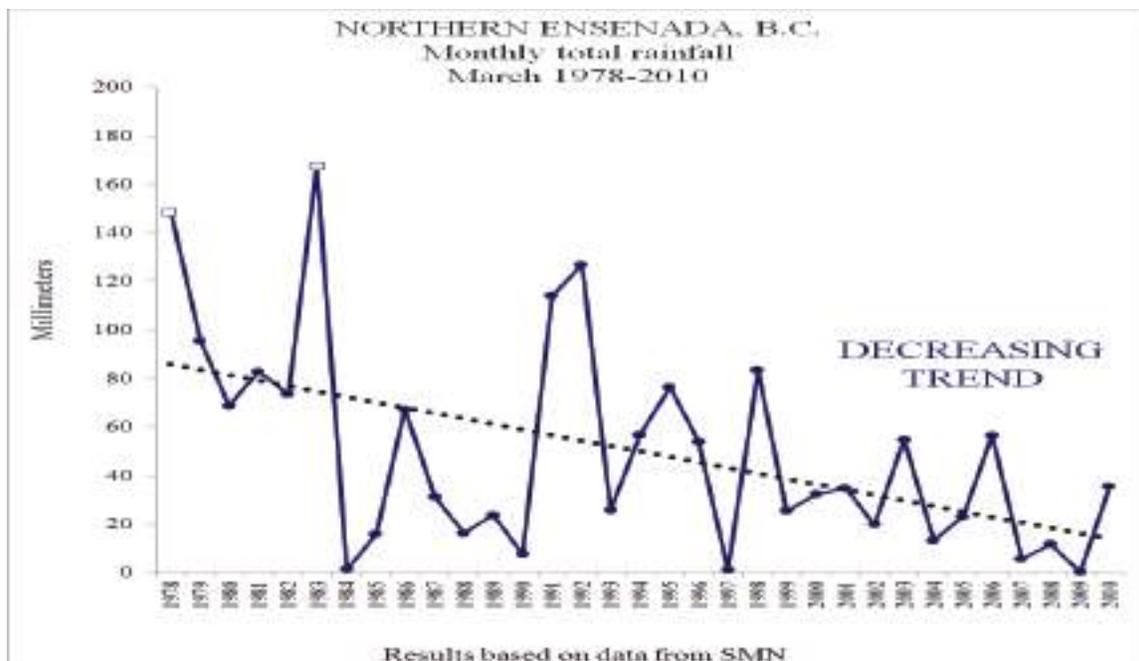


Figure 5: Total rainfall in March 1978-2010

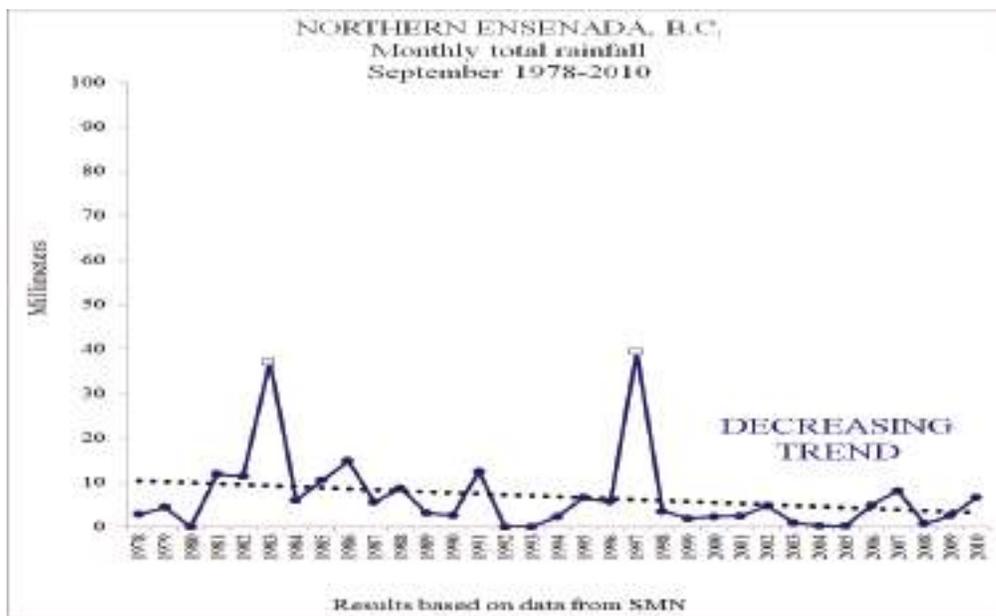


Figure 6: Total rainfall in September 1978-2010

storage; net aquifer depletion. These variables are also worth analyzing for the entire state of Baja California, or for a larger and possibly international surface.

Acknowledgment

A note of gratitude to the Users of Climatological Data Office and to the General Coordination of Mexico's National Meteorological Service (SMN) of the National Water Commission (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA) of the Secretariat of Environment and Natural Resources (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT) for providing the public catalogues and historical data that made this research possible.

References

- Bates, B.C.; Kundzewicz Z.W.; Wu, S; Palutikof, J.P. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 210 pp.
- Chatterjee, S.; Hadi, A.S.; Price, B. (2000). *Regression analysis by example*. New York, USA: Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, Third Edition, 359p.
- Helsel, D.R.; Hirsch, R.M. (2002). Trend Analysis. *Statistical Methods in Water Resources*. Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3. United States Geological Survey. USA.
- Hossain, M.S.; Rahman, A.; Haddad K.; Ishak, E.H. (2013). Trend analysis of flood data in Australia: A case study for Victoria. *20th International Congress on Modelling and Simulation*, Adelaide, Australia.
- Khambhammettu, P. (2005). Mann-Kendall Analysis for the Fort Ord Site; Appendix D in *OU-1 Annual Groundwater Monitoring Report*, HydroGeoLogic. California, USA: Inc. U.S. Army Corps of Engineers.
- Méndez-González, J.; Návar-Cháidez, J.J.; González-Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. México: Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, ISSN 0188-4611, 65, 38-55.
- Mondal, A.; Kundu, S.; Mukhopadhyay, A. (2012). Rainfall Trend Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of Northeastern part of Cuttack District, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences* ISSN:2277-2081 (Online), An Online International Journal, Vol. 2 (1) January-April, 70-78.



Efecto de la contaminación en suelo por pilas domésticas desechadas sobre el desarrollo de *Phaseolus vulgaris*, parte 2: Estudio correlacional.

Celso-Moisés Bautista-Rodríguez^{1*}

Ángel Pérez-Zempoaltecatl²

Daniel Cruz-González²

¹Alter-Energías Grupo. Tepetitlán No. 63, Col. Lomas del Sur, Puebla, México. C. P. 72470

²Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio 105 H, Prol. 14 Sur s/n, Ciudad Universitaria, Puebla, México. C. P. 72570.

*Autor de correspondencia

celso.bautista@sener.com.mx

Resumen

La contaminación de suelos, es un problema que afecta al desarrollo de la flora del planeta, generando una toxicidad potencial. La presencia de desechos indebidamente colectados en los residuos sólidos urbanos es cada vez mayor y la difusión de información del tratamiento adecuado de estos residuos resulta insuficiente. Adicionalmente, no existe en México una normatividad adecuada para la disposición final de estos desechos como lo son las pilas y baterías, las cuales están constituidas por metales pesados, ácidos y álcalis entre otros compuestos peligrosos. Un cultivo de interés económico en el país es el frijol, el cual forma parte importante de la base alimenticia en México y puede ser afectado en producción y calidad por la contaminación en suelo. El presente estudio representa un estudio estadístico correlacional, acerca de los efectos que puedan generar factores como el 2³ de pilas, y el nivel de exposición de estas sobre el suelo e indirectamente sobre cultivos de frijol. Se elaboró un diseño experimental 2³, estableciendo las hipótesis en las cuales se cree que la naturaleza de las pilas, ácida o alcalina, genera un efecto significativo en el crecimiento de la planta, así como también el tipo de exposición a la que fue sometida la planta, con una pila cerrada, pila abierta, y pila completamente despedazada. Los resultados muestran un efecto, de estos factores por separado y un efecto combinado debido a la interacción de estas variables sobre el índice de crecimiento del cultivo de frijol, por lo que se propone el impulso de una norma en nuestro país que regule los niveles de contaminantes en las pilas y baterías de desecho y la disposición como residuos, de esta manera generar una mejor calidad en estas leguminosas y se favorezca la salud y la economía nacional.

Palabras clave: frijol, contaminación, pilas domésticas

Abstract

Soil pollution is a problem that affects the development of the flora of the planet, creating a potential toxicity. The presence of improperly collected waste in municipal solid waste is increasing and disseminating information to appropriate treatment of these wastes is insufficient. Additionally, in Mexico there is no adequate regulations for disposal of these wastes as are the batteries, which consist of heavy metals, acids and alkalis among other hazardous compounds. A crop of economic interest in the country is the bean, which is an important part of the food base in Mexico and may be affected by the quality production and soil contamination. This study is a correlational statistical study about the

Como citar el artículo:

Bautista-Rodríguez, C. M., Pérez-Zempoaltecatl, A., Cruz-González, D. y Arriola-Morales, J. (2014). Efecto de la contaminación en suelo por pilas domésticas desechadas sobre el desarrollo de *Phaseolus vulgaris*, parte 2: Estudio correlacional. *Tlamati*, 5(4), 28-35.

effects that can generate factors such as 2^3 of batteries, and the exposure of these on the ground and indirectly bean crops. Experimental design 2^3 was developed, establishing the assumptions on which it is believed that the nature of the batteries, acid or alkaline, generates a significant effect on plant growth, as well as the type of exposure to which has been subjected plant with a closed cell, open pile, stack and completely shattered. The results show an effect of these factors separately and combined effect due to the interaction of these variables on the growth rate of bean cultivation, so that the momentum of a rule in our country that regulates the levels proposed pollutants in waste batteries and disposal as waste, thus generating better quality in these legumes, and health and national economy favors.

Keywords: beans, contamination, batteries.

Introducción

La falta de conocimiento y normatividad acerca del tratado adecuado de las pilas y baterías gastadas, ocasiona severos problemas ambientales, debido a su inapropiada gestión en los desechos sólidos municipales (DSM). Las pilas domésticas desechadas deben ser consideradas como residuos peligrosos (RP) debido a que presentan 4 características CRETIB (corrosivas, reactivas, explosivas y tóxicas) por lo que requieren una disposición adecuada (Bautista, Rivera, Tepale y Romero, 2011). Al desecharse en el suelo o en rellenos sanitarios, la envoltura metálica que recubre las pilas se daña y las sustancias químicas que contienen se ven liberadas al medio ambiente causando contaminación (Galicia, 2007; Guevara, 2006). La problemática ambiental se debe a que en la tierra, existen metales pesados (como zinc, plomo, mercurio, litio, cadmio, etc.) encontrados en soluciones ácidas o alcalinas, estos metales se mezclan en el suelo por difusión natural en función de las características de éste, filtrándose por lixiviación hacia los mantos acuíferos, los cuales, al contaminar la vegetación, entran en la cadena alimenticia de animales y en consecuencia del ser humano, poniendo en riesgo su salud y generando impactos económicos en la sociedad (Galicia, 2007; Bautista, Campos, Galicia, Rivera, Guevara, Montiel y Castillo, 2007; Castillo y Bolaños, 2005).

Un cultivo de interés económico es el frijol, el cual es de gran importancia en la cadena alimenticia en México. Nuestro país se coloca en el quinto lugar de países productores de esta leguminosa (Borja y García; 2008; Norma Mexicana NMX-FF-038-SCFI-2002, 2011). En el periodo del año 2000 a 2010, México tuvo un rendimiento promedio inferior al promedio mundial, obteniendo 0.8 toneladas por hectárea de terreno. Así también, nuestro país se ubica en el tercer lugar de países consumidores, y también tiene un consumo per cápita de 11 kg en promedio anual. Cabe mencionar que México exporta en promedio 14 684 Ton/año, representando sólo un 0.5 % del producto total exportado a nivel mundial, sin embargo México se coloca en el séptimo lugar de países importadores, es decir, se consume más de lo que se produce (Secretaría de Economía, 2012). La contaminación en el suelo y en consecuencia de cultivos como el frijol, representa también un problema de economía nacional, debido a la disminución de las exportaciones por la baja calidad del producto (Romero; 2011).

A nivel internacional, existen leyes que establecen la gestión de pilas de desecho y sus niveles máximos de concentración de metales pesados, con la finalidad de reducir al mínimo su peligrosidad y de evitar la eliminación de las pilas, acumuladores y baterías usados en el flujo de residuos sólidos urbanos no seleccionados. Las regulaciones

internacionales se han enfocado a establecer límites al contenido de metales en las pilas (Romero; 2011). En México, no existe actualmente una legislación ambiental que determine el uso adecuado de pilas como desecho. En el año 2006 se propuso a nivel federal un proyecto de norma que establece especificaciones para la clasificación e identificación de pilas y baterías para el manejo ambientalmente adecuado de estas, cuando sean desechadas, en donde se indica los límites máximos permisibles para el contenido de mercurio y cadmio, se trata del proyecto PROY-NMX-104-SCFI-2006. Este proyecto ha sufrido modificaciones pero a la fecha continúa en proceso de revisión y aprobación (Romero; 2011), por lo que es necesaria la aplicación de diversos estudios para poder impulsar el desarrollo de ese proyecto a convertirse en una ley semejante a la europea y/o brasileña (Bautista, Tapia, Gaytán, Rivera, y Torres., 2009; Gaytán, Tapia, Bautista, Rivera y Marín, 2009; Marolia, 2007). Por otra parte, México requiere también una normatividad para regular la concentración de metales pesados en las leguminosas (alimentos en general) de importación, con el propósito de reducir impactos en salud pública.

El objetivo principal del presente estudio, es identificar los efectos en el crecimiento de tallos, producidos por contaminar suelos y en consecuencia cultivos con pilas de desecho, así como también diferenciar los efectos de las combinaciones entre pilas ácidas y alcalinas. Resulta relevante mencionar la carencia de reportes de investigaciones de esta naturaleza en el campo bibliográfico y por ello también nuestra propuesta en el presente documento. Otro objetivo viable es estudiar el efecto producido por este tipo de tratamientos y tratar de explicar el fenómeno dentro del sistema; existen estudios que demuestran la absorción de metales por las plantas, lo cual genera un efecto en el crecimiento de tallos y hojas (Galán y Romero, 2008; Clemens, Palmgren y Kramer, 2002; Navarro, Aguilar y López, 2007; Castro y Díaz, 2004). Para ello, se llevaron a cabo análisis estadísticos y correlacionales, aplicando técnicas como ANOVA y superficie de respuesta sobre los efectos de la contaminación de suelos por pilas domésticas ácidas y alcalinas desechadas, sobre cultivos de frijol (Montgomery, 2003).

Metodología

El desarrollo experimental se realizó en un invernadero ubicado dentro del jardín botánico de la BUAP, se inició con la delimitación del terreno y la preparación de la tierra, se combinó tierra de hojas con suelo que se encontraba en el jardín botánico en una proporción 1:1; posteriormente se llevó a cabo el llenado de las macetas y la siembra de las semillas donde se utilizó la misma cantidad y calidad de

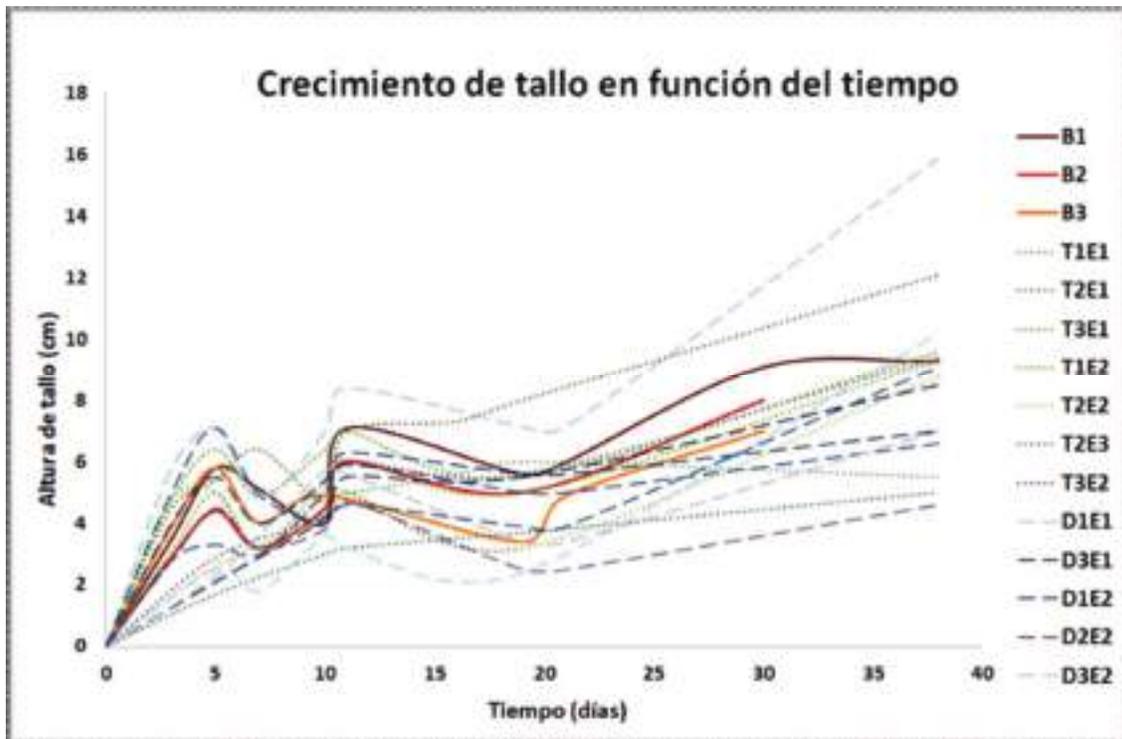


Figura 1. Gráficas de crecimiento de los tallos para el periodo total del experimento.

agua como riego (calidad Junghans) y suelo para cada una. Se realizó el Diseño Experimental 2^3 , ($DE2^3$) para el cual fueron considerados los siguientes factores: pH de la pila desechada, y nivel de exposición; mientras que para cada factor se consideraron tres niveles: 1) Acido, 2) Alcalino y 3) Control o Blanco, para el factor pH; mientras que para el nivel de exposición se determinaron niveles como: 1) Pilas cerradas, 2) Pilas abiertas parcialmente y 3) Pilas despedazadas. EL $DE2^3$, comprende tres repeticiones para cada muestra y se representa codificado en la tabla 1. Los cultivos Testigo o Control fueron codificados con la letra B, las muestras ácidas utilizaron la letra T, y las alcalinas, la letra D; todas seguidas de un número que indica la secuencia de réplica, y la letra E indica el nivel de exposición en el que se encuentran. Así por ejemplo, el código T2E3 corresponde a la segunda repetición para la muestra ácida en el tercer nivel de exposición (Romero, 2011).

Los cultivos se regaron cada tres días (150 mL en las 4 primeras semanas y posteriormente 300 mL durante las siguientes semanas hasta el final del experimento) con agua de mesa de marca registrada, catalogada como de excelente calidad en estudios de Vidales al no encontrar microorganismos (coliformes, microorganismos mesofílicos y estreptococos) presentes en el agua y por su bajo contenido de sales (Vidales, 2000), dichas características son benéficas en el estudio para evitar una probable interferencia en los resultados de la experimentación, de la misma forma se tomaron medidas de las dimensiones de cada cultivo (largo del tallo, largo y ancho de las hojas) y finalmente se llevó a cabo un análisis del aspecto de las plantas de acuerdo al grado de exposición en función del tiempo.

Resultados

La figura 1 muestra gráficas de crecimiento registrado (en diferentes fechas) para los cultivos durante el periodo experimental. En estas curvas de crecimiento, los autores observan al menos 3 cambios de pendiente significativos, dividiendo el estudio estadístico en el mismo número de periodos, siendo estos: i) Primer periodo (germinación y crecimiento): Día 3 al 10, ii) Segundo periodo (aparecen vainas de frijol): Día 11 al 21, iii) Tercer periodo (desarrollo de las vainas): Día 22 al 38. Este cambio de pendiente es atribuible a las diferentes etapas en el ciclo de vida de los seres vivos (Valenzuela, Luengas y Marquet, 1993).

En la tabla ANOVA (véase tabla 2), podemos observar 2 efectos por factores principales (pH y nivel de exposición) y una interacción entre ambos, siendo la variable de respuesta el Índice de Crecimiento (IC), teniendo unidades de cm/día y se obtiene como la pendiente en curvas de ajuste lineal para cada curva de crecimiento y cada periodo de análisis. Se hace un enfoque en el valor P para cada factor. Comparándolo con la condición de que si $P > 0.05$ se acepta la hipótesis nula, en donde no existen alteraciones significativas para la variación del factor.

Así para el primer periodo, podemos notar que no existe un efecto estadísticamente significativo, al variar los factores pH y Exposición de manera independiente sobre la variable de respuesta (crecimiento en el tallo), sin embargo la interacción de las variables genera un efecto fuertemente significativo. En el segundo periodo de crecimiento, ninguno de los tres parámetros juega un papel importante en

Tabla 1. Diseño Experimental 2³ para el estudio

T1E1	T2E1	T3E1	B1E1	B2E1	B3E1	D1E1	D2E1	D3E1
T1E2	T2E2	T3E2	B1E2	B2E2	B3E2	D1E2	D2E2	D3E2
T1E3	T2E3	T3E3	B1E3	B2E3	B3E3	D1E3	D2E3	D3E3

el efecto significativo para los cultivos, no obstante, el valor P es muy cercano a 0.05 para los factores pH y la variable Exposición, se aleja moderadamente. En el tercer periodo, observamos un comportamiento similar al segundo, en donde sólo el factor pH es el que determina un efecto estadísticamente significativo en la variable de respuesta.

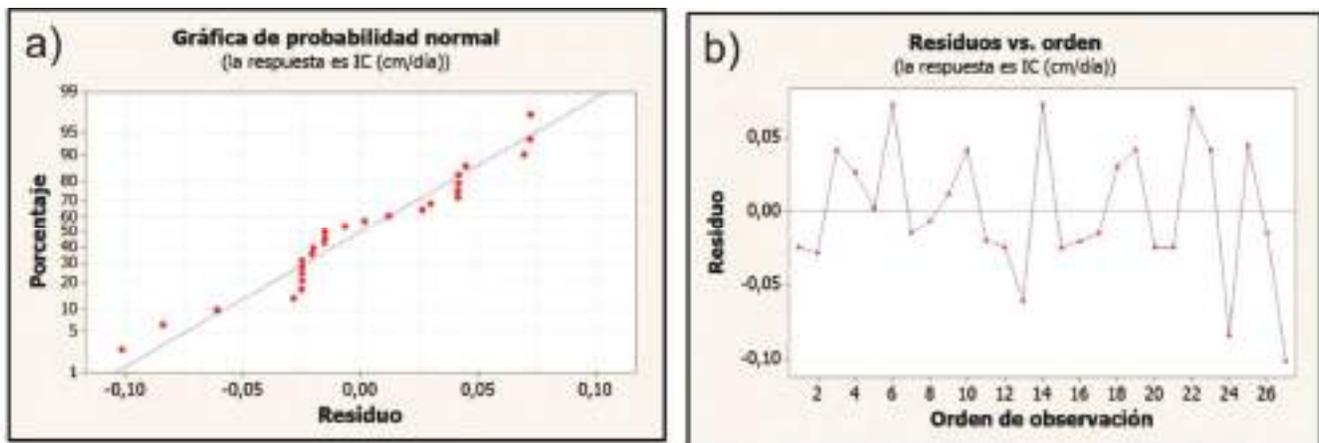
En la figura 2a, se muestra la gráfica de normalidad, la cual denota un acomodo aceptable de los residuales hacia una línea recta. En la figura 2b, se muestra la gráfica del residual contra el orden de la corrida (gráfica de independencia) y la dispersión aleatoria de los datos confirman la independencia aceptable del diseño experimental con respecto al tiempo. En cuanto al segundo y tercer periodo, se observan comportamientos muy similares, denotando así la idoneidad aceptable del modelo estadístico aplicado, y la correcta aplicación de los análisis de varianza.

En la figura 3 se observan las interacciones (cruces de líneas) de los factores para cada periodo. En la figura 3a, observamos una fuerte interacción debida a la combinación de los factores pH y exposición, interacción que produce un efecto, que para fines estadísticos es significativo (véase tabla 2). La figura 3b, para el periodo 2, muestra una interacción débil en comparación con lo observado en la figura 3a, no mostrando un cruce de líneas tan evidente, por lo que en la tabla 2, la interacción de estos factores no genera un efecto significativo en el crecimiento. En el periodo 3 (véase figura 3c) se nota una interacción más significativa, el cruce es aún más evidente que en el segundo periodo, sin embargo, esta interacción todavía no es considerada significativa por el estudio ANOVA como lo muestra el valor P de la tabla 2, sin embargo es importante señalar la aproximación que tiene al valor de 0.05.

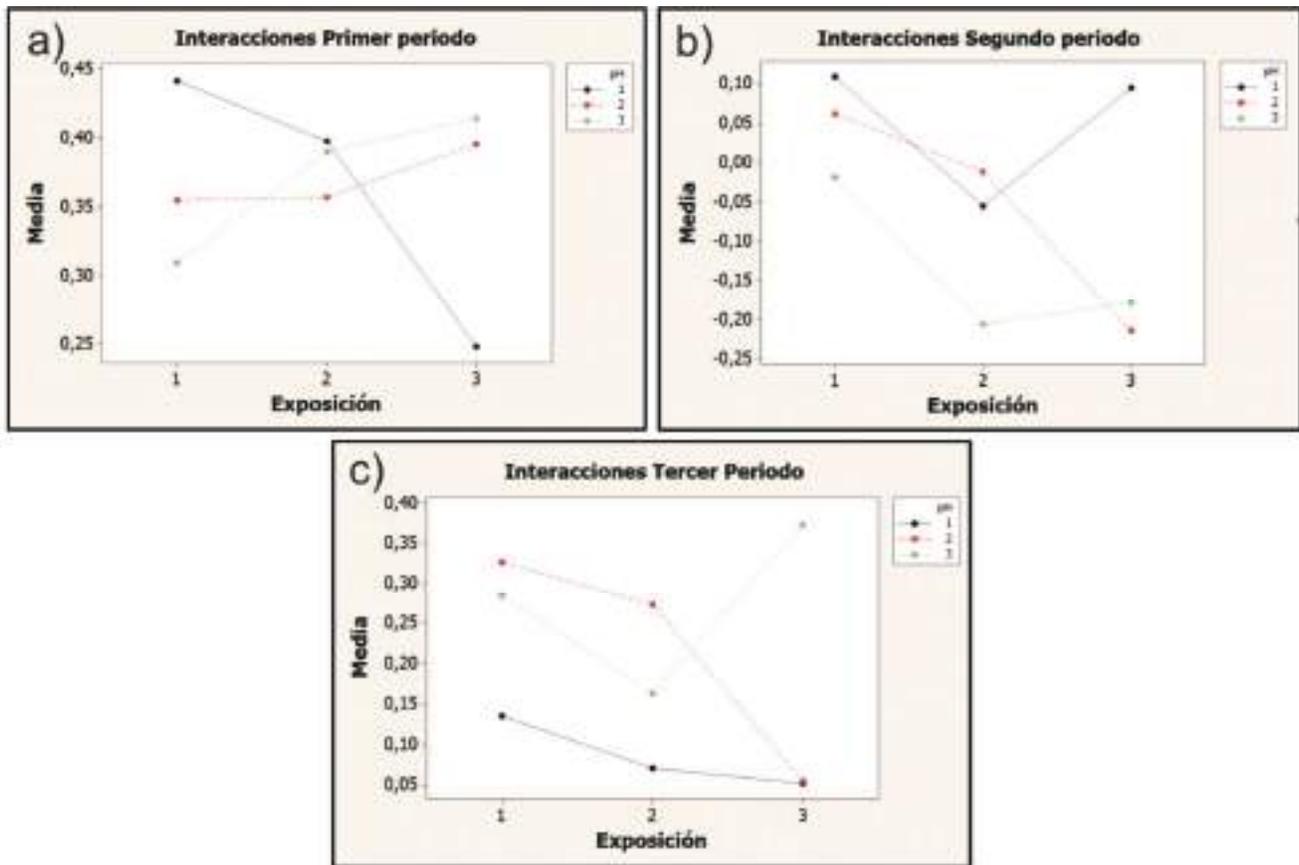
Superficie de Respuesta

Primer periodo

En este periodo (véase figura 4a), observamos que a un nivel de pH ácido, y con el primer nivel de exposición con pila cerrada, las velocidades de crecimiento de tallo (IC) se ven sorprendentemente favorecidas. Kiatgamjorn y Nitta (2002) demostraron que los cultivos de soya presentaban un desarrollo superior al estándar, al ser sometidos por 5 días a campos eléctricos de diferente intensidad. En este estudio, las pilas en el nivel de exposición 1 estaban cerradas e instaladas a aproximadamente 2 centímetros del centro de las macetas (lugar de la siembra de las semillas) a manera de electrodos, por lo que probablemente a causa del riego constante se generó un sistema electroquímico complejo de baja intensidad y probablemente variable, en función de la saturación de agua durante el riego, considerando que las pilas son de desecho y no se determinó la cantidad de energía residual. Este campo electroquímico podría ser capaz de afectar la difusión natural de los iones en el suelo y en consecuencia afectar sus procesos de absorción de iones metálicos por las raíces durante el desarrollo natural de los cultivos. En el caso de la pila alcalina, se observa un comportamiento completamente diferente al mostrado con la pila ácida, lo anterior puede atribuirse a la naturaleza de construcción de las pilas, en donde la pila alcalina presenta carcasa metálica (Zn) mientras la carcasa de la pila ácida es de cartón, el cual es degradable en presencia de humedad, luego entonces, este factor de la naturaleza de las pilas, puede ser una variable que interviene en la liberación de metales en el suelo, y en consecuencia, de la contaminación del cultivo. Por otra parte, los efectos



Figuras 2. a) Gráfica de Normalidad, b) Gráfica de Independencia



Figuras 3. a) Interacciones del primer periodo, b) Interacciones del segundo periodo, c) Interacciones del tercer periodo

sobre el IC de los cultivos se invierte en el nivel de exposición 3, esto es; el ambiente ácido es altamente agresivo contra el crecimiento de los cultivos mientras que el ambiente alcalino parece ser favorable, siendo atribuible a una probable corrosión del electrolito ácido de las pilas despedazadas sobre las raíces de los cultivos, impidiendo así su desarrollo (Benavides, 2000).

En la figura 4b, también se observa el favorecimiento del IC, en un valor de pH alcalino, y un nivel de exposición 3 con pila despedazada, probablemente la combinación de estos factores logró este favorecimiento. En la tabla ANOVA (véase tabla 2), se muestra un valor $P = 0.000$, que denota la significancia de la interacción de estos factores. Se sabe que algunos iones de metales pesa-

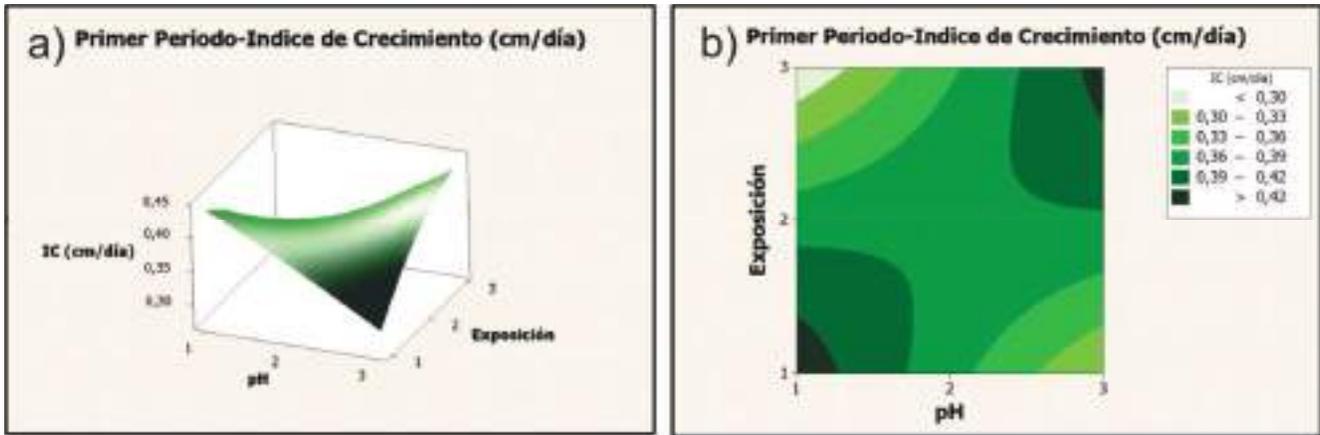
dos (como el Fe, Zn o Cu) en un pH entre 5.5 y 6.5, y ligeramente alcalinos, no pueden ser absorbidos directamente, la forma en que ingresan a las plantas es por medio de quelatos sintetizados biológicamente cuya función es acarrear los iones metálicos. La formación de estos quelatos usualmente se lleva a cabo en un pH de entre 6 y 9, debido a que en ambientes ácidos, los iones de metales pesados son solubles y absorbidos fácilmente, por lo que la formación de quelatos estables se da en ambientes alcalinos (Romero, 2011). Por ejemplo el hierro (Fe), es uno de los metales solubles en medio ácido y que en un medio alcalino se tiene disponible formando parte de un quelato (Romero, 2011). Robinson y colaboradores, aislaron un gen llamado FRO2 que se expresa en raíces de *Arabidopsis Thaliana* en condiciones de deficiencia de Fe. Dicho gen FRO2 parece corresponder a una reductasa de Fe-quelato, y de acuerdo a los autores el aislamiento de FRO2 tiene implicaciones para la generación de cultivos con mayor cantidad nutricional y mejor crecimiento en suelos con bajo nivel de Fe disponible (Benavides, 2000; Robinson, Procter, Connolly y Guerinot, 1999). Bajo este escenario, suponemos que en este medio alcalino, los iones de metales como el hierro, han desarrollado cierto tipo de genes, o agentes quelantes, que benefician la velocidad del crecimiento del tallo.

Segundo periodo

Para las figuras 5a y 5b, podemos notar una desviación a un crecimiento débil en la planta para valores de pH alcalino, con los tres niveles de exposición. Para el nivel ácido

Tabla 2. Valores P de las ANOVAS del DE²³ por periodo

Fuente	Valor P		
	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer periodo
pH	0.916	0.061	0.02
Exposición	0.441	0.092	0.307
Interacción	0	0.374	0.094



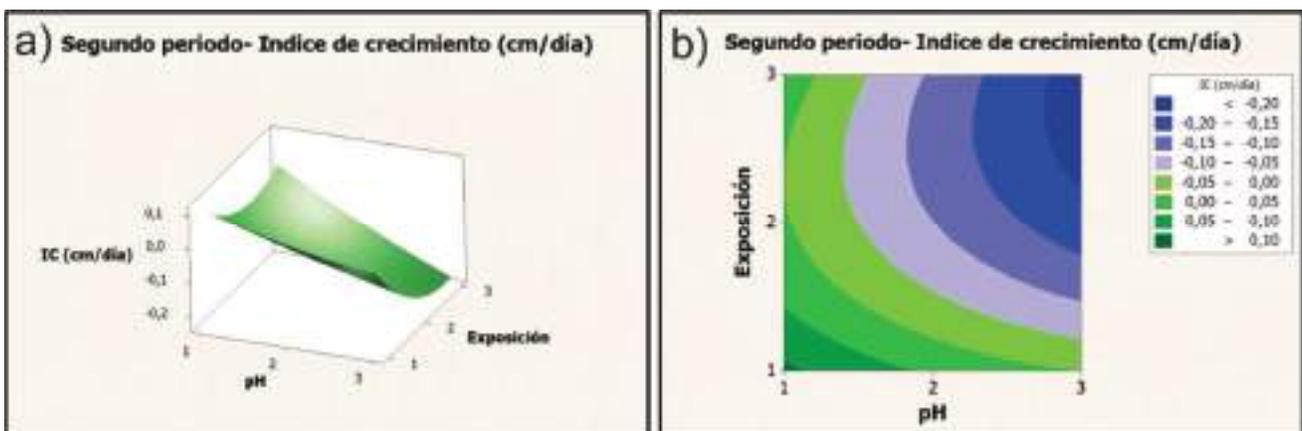
Figuras 4. a) Gráfica superficial 3D para el primer periodo, b) Grafica de contorno superficial para el primer periodo

y la primera exposición se observa una velocidad de crecimiento mayor al control, una posible explicación de este fenómeno se propuso en párrafos anteriores, en la discusión del periodo uno, siendo este máximo un efecto del periodo anterior. Para el mismo nivel ácido, pero con la exposición 3, notamos que los IC comienzan a disminuir, esto se puede atribuir a que la mayoría de los metales tienden a estar disponibles y solubles en un pH ácido, en consecuencia podemos inferir que la presencia de metales con mayor cantidad (pila despedazada) comienza a tener un efecto de toxicidad, provocando un bajo desarrollo de la planta (Galán y Romero, 2008). A un nivel de pH alcalino con la tercera exposición, observamos IC muy pobres, es decir, se observó un debilitamiento de la planta. Los metales pesados poseen gran capacidad para unirse con moléculas orgánicas. En este sentido, cabe destacar la gran afinidad que muestran los metales pesados para formar ligandos, tales como grupos sulfhidrilo, radicales amino, fosfato, carboxilo e hidroxilo. El resultado de estas uniones ligando-metal puede ser muy perjudicial para la célula, puesto que puede generar el desplazamiento de elementos esenciales de su metabolismo estándar, produciendo efectos de deficiencia (Navarro et al., 2007). Esta combinación de niveles de factor pudo ocasionar el debilitamiento antes descrito, ocasionando ese desequilibrio y desplazamiento

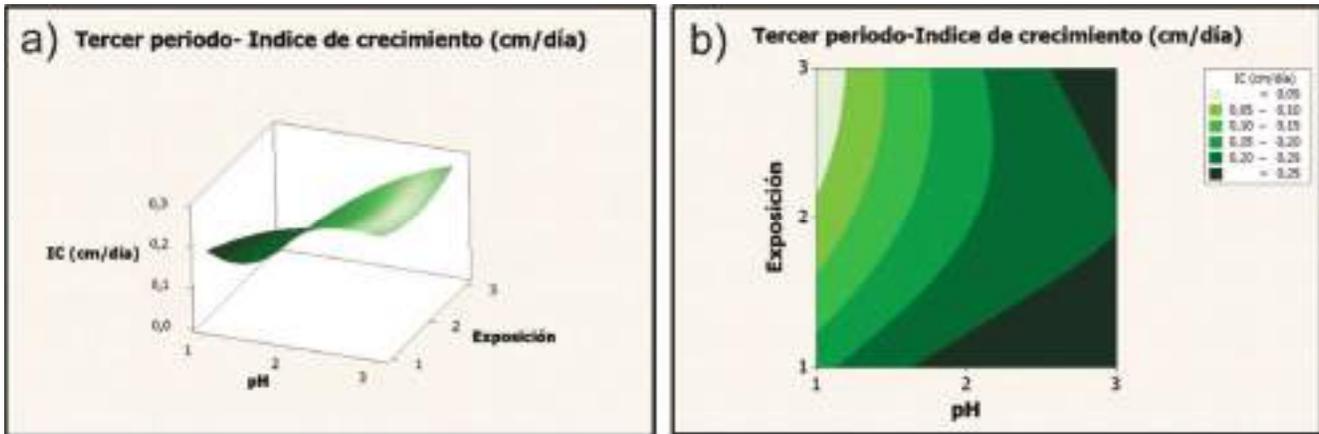
de elementos esenciales, y probablemente es la razón por la cual se observa un IC muy bajo. Un factor que suponemos, probablemente pudo intervenir en el IC, fue el hecho de que en este periodo aparecen las primeras vainas de frijol; es sabido que en periodos de reproducción para una planta, el crecimiento se ve inhibido, debido a que los recursos y nutrientes, se centran y enfocan en el desarrollo del embrión y se lleva a cabo la reproducción (Universidad Nacional del Nordeste, 2013; Universidad de Sevilla, 2013). Por tanto, se cree que en esta etapa el crecimiento se ve afectado por la reproducción de la planta, además de que existen diferencias entre los cultivos contaminados (pilas ácidas y alcalinas) y los cultivos control.

Tercer periodo

En las figuras 6a y 6b, es posible destacar un IC, muy alto en las tres exposiciones, en un ambiente alcalino. Fue en este periodo, la etapa en la que se observó la madurez del cultivo, y en que la planta desarrolló las vainas de semillas de frijol generadas en el segundo periodo. En este lapso de madurez, comienza la generación de frutos, las hormonas juegan un papel importante en las respuestas de los cultivos, ya que se consideran reguladores químicos, e integran el crecimiento, desarrollo y actividades metabólicas (Romero, 2011). También ocurre la reproducción sexual, para las plantas comienza un nuevo ciclo de vida (Curtis y



Figuras 5. a) Grafica superficial 3D para el segundo periodo, b) Grafica de contorno superficial para el segundo periodo



Figuras 6. a) Grafica superficial 3D para el tercer periodo, b) Grafica de contorno superficial para el tercer periodo

Barnes, 2008).

Observamos en la figura 6b, que en un valor de pH ácido y la primera exposición de pila, todavía se sigue favoreciendo el crecimiento, sin embargo se observa menor comparado con los periodos anteriores, probablemente, debido a que la planta se dedica a la producción de sus frutos, y reduce su crecimiento. Por otra parte, en el mismo nivel de pH, pero con la exposición 3, podemos notar que la disponibilidad y solubilidad de los metales pesados provoca un bajo valor IC, probablemente debido a que los niveles de concentración perjudican la velocidad de crecimiento, discutidos en el segundo periodo.

En la misma figura 6b, a un valor de pH alcalino, se ve favorecida la velocidad de crecimiento (IC), esto puede ser atribuido a la discusión que se ha hecho en párrafos anteriores; algunos metales, como el zinc, son más móviles en ambientes alcalinos; y pueden ser absorbidos con facilidad por las plantas (Romero, 2011). Otro mecanismo, es la quelatación, y el desplazamiento de elementos importantes para la vida de la planta misma, por el agente quelante. El hecho de que el tercer periodo, haya sido la etapa en la cual se dieron los frutos de las plantas, también puede intervenir en el estudio, probablemente, las hormonas presentes en el cultivo, se centren, en la producción de vainas, su respuesta sea la de producir energía para la reproducción, y el crecimiento se vea afectado por la absorción de metales (Romero, 2011; Curtis y Barnes, 2008).

Discusión y conclusiones

Efectos por contaminación de pilas en cultivos de frijol se observaron a partir de dos factores importantes en el desarrollo de estas plantas, el pH de las pilas desechadas, y el nivel de exposición a la contaminación del suelo por pilas domésticas desechadas. El ANOVA muestra una afectación significativa individual y en ocasiones combinada de los factores sobre el desarrollo del cultivo, en forma variable y en función de las etapas de crecimiento, es decir; los efectos son diversos y variables en cada una de las etapas de desarrollo. Por otra parte, el análisis de superficie de respuesta muestra la complejidad de la manifestación de los efectos principales durante los periodos en estudio para el cultivo de Frijol. Donde un pH ácido elevado es tóxico durante los primeros días de vida del cultivo mientras un

ambiente altamente alcalino parece estimular el índice de crecimiento del Frijol. Sin embargo esta manifestación se invierte durante la etapa de preparación a la reproducción y durante el periodo sucesivo, nuevamente la alcalinidad favorece al índice de crecimiento del cultivo mientras un pH ácido lo inhibe, todo esto en presencia de los metales pesados que constituyen a las pilas domésticas. Los autores proponen el complemento de este estudio con análisis adicionales y complementarios acerca del suelo y su interacción con el cultivo, y la propia naturaleza de las plantas de frijol; también se hace énfasis en el fomento a la implementación de una normatividad más específica en México acerca del manejo de las pilas, su disposición como desecho, y el tratamiento que evite la contaminación del agua, suelo y las plantas, con el propósito de impedir o al menos reducir al máximo los efectos en la salud de la sociedad.

Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y al Grupo Alter-Energías por el financiamiento al presente proyecto.

Referencias

- Bautista, R. C. M., Rivera, M. J. A. Tepale, O. N. y Romero, Z. A. G. (2011). *Pilas combustible frente a pilas convencionales: toxicidad, legislación y sus implicaciones en la reforma energética mexicana*. Puebla, MEX: BUAP.
- Bautista, R. C. M. Tapia, P. A. B., Gaytán, C. V., Rivera, M. J. A. y Torres, J. L. (2009). Implicaciones de la reforma sobre la legislación mexicana con respecto a tecnologías energéticas nuevas y convencionales. *IX Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana del Hidrógeno*. MEX.
- Bautista, R. C. M., Campos, P. J. M., Galicia, P. M. M., Rivera, M. J. A. Guevara, G. Montiel. C. V., Castillo, V. J. I. (2007). Estudio sobre la energía residual presente en pilas domésticas "AA" recolectadas por el programa GAE-Cellban-05. *La jornada de pilas de combustible e hidrógeno y VII congreso de la SMHL*. Chihuahua, MEX.
- Benavides, A. (2000). Absorción y asimilación de hierro en

- las plantas. *Revista de Difusión Científica y Tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. 3, 50-57.
- Borja, B. M. y García, S. J. A. (2008). Políticas para disminuir las importaciones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: Un análisis por tipo de variedad. *Agrociencia*. 42, 949-958.
- Castillo V. J. L. y Bolaños B. J. L. (2005). Tecnología para el tratamiento de pilas y baterías desechadas a partir de equipos electrónicos portátiles. *International Journal of environmental pollution*. 21(1), 1159-1164.
- Castro, J. y Díaz, M. L. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta Ecológica*. 72, 53-74.
- Clemens S., Palmgren, G. M., Kramer, U. (2002). A log way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in plant science*. 7, 309-315.
- Curtis, H. y Barnes, N. S., (2008). *Biología*. Buenos Aires, ARG: Editorial Médica Panamericana, 1160p.
- Galicia Pineda, M. M. (2007). *Manual de procedimientos GAE-CellBatt-05 aplicado en la BUAP para la gestión de pilas domésticas desechadas*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Gaytán, C. V. Tapia, P. A., Bautista, R. C. M., Rivera, M. J. A. y Marín, T. J. L. (2009). La legislación mexicana frente al tema de las pilas domésticas desechadas. *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencia Ambientales*. MEX.
- Guevara, G. J. A., Castillo, V. J. L., Meléndez, P. E., Montiel, C. V. y Bautista, R. C. M. (2006). Complete end-of-life management of cells and batteries by the route: electronic reuse-components recovery-chemical recycling: an economical and low environmental impact alternative for the disposal. *The second International meeting on Environmental Biotechnology and Engineering*. (21MEBE), MEX.
- Kiatgamjorn, P. K. y Nitta, W. S. (2002). The effect of electric field on bean spout growing. *International Conference on Electromagnetic Compatibility (ICEM)*. THA.
- Marolia, K. (2007). Evolución de la colección y reciclaje de pilas en Europa. *Asociación Europea de Pilas, Foro de pilas*. MEX.
- Montgomery, D. C. (2003). *Diseño y Análisis de Experimentos*. México, D. F.: Limusa Wiley, 692p.
- Navarro, A. J. P., Aguilar, A. I. y López, M. A. R. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas*. 16 (2), 10-25.
- NMX-FF-038-SCFI-2002. (2011). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)- Especificaciones y métodos de prueba. SAGARPA. México
- Robinson, N. J., Procter, C. M., Connolly, E. L. y Guerinot, M. L. (1999). A ferric-chelate reductase from iron uptake from soils. *Nature*. 397, 694-697.
- Romero, Z. A. G. (2011). *Efecto de la contaminación en suelo por pilas domésticas desechadas sobre el desarrollo de cultivos de frijol*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Secretaría de Economía. (Noviembre 21, 2012). *Análisis de la Cadena de Valor del Frijol*. Obtenido de: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf
- Universidad de Sevilla. (Noviembre 21, 2013). *La evolución de las características vitales: crecimiento, reproducción y envejecimiento*. Obtenido de: http://asignatura.us.es/aeovveg/BP_tema6.pdf.
- Universidad Nacional del Nordeste. (Noviembre 21, 2013). *Crecimiento*. Obtenido de: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimiento.pdf>.
- Valenzuela, R., Luengas, B. J. y Marquet, L. S. (1993). *Manual de Pediatría*, MEX: McGraw-Hill, 858p.
- Vidales Olivo, A. (2000). Diagnóstico de la calidad de agua de mesa: Una acción positiva, *Conciencia Tecnológica*, 14, 41-46.



Hiperacumulación inducida de oro, plata y metales pesados en *Brassica rapa* cultivada en desechos de mina.

Lucía Delgadillo-Ruiz¹
 Perla Ivonne Gallegos-Flores¹
 Francisco Román-García¹
 Josefina Huerta-García¹
 Edgar León Esparza-Ibarra^{1*}

¹Laboratorio de Biotecnología y Ciencias Ambientales. Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. Preparatoria s/n, Col Agronómica. Zacatecas, Zacatecas. C. P. 98066. Tel +52 (492) 92211326

*Autor de correspondencia
 edgarzac@gmail.com

Resumen

Con el objetivo de inducir la hiperacumulación de metales pesados en plantas de la especie *Brassica rapa*, crecida en un sustrato de desecho de mina, varios tratamientos fueron aplicados. Tres agentes quelantes: ácido cítrico (C₆H₈O₇), tiocianato de amonio (NH₄SCN) y el ácido etilidiaminotetraacético [EDTA] (C₁₀H₁₆N₂O₈), así como fertilizantes químicos, tales como: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); un fertilizante foliar y los elementos: hierro (Fe), manganeso (Mn), magnesio (Mg), cobre (Cu), calcio (Ca) y azufre (S) en ppm. Un sustrato proveniente de la presa de desechos de la mina, localizada en el municipio de Zacatecas, fue utilizado como medio de cultivo de las plantas. Los resultados de laboratorio mostraron que el sustrato es, predominantemente, de tipo franco-arenoso. Además, se pudo determinar que la aplicación de una combinación adecuada de fertilizante foliar de ácido cítrico y ácido ascórbico; así como nutrientes tales como N, P y K, pueden inducir incrementos importantes en los rendimientos de materia seca en la especie *B. rapa*. Aunque los resultados del análisis químico del tejido vegetal aún no han sido determinados en el laboratorio, los resultados preliminares en relación a las características físico-químicas, así como los rendimientos de materia seca registrados, sugieren que los desechos provenientes de la mina podrían ser disminuidos mediante el cultivo de la especie *B. rapa*, aplicando al sustrato de cultivo, los nutrientes y quelantes en proporciones adecuadas.

Palabras clave: Desechos de mina, fitorremediación y metales pesados.

Abstract

Several treatments were applied with the objective to induce heavy metal hyperaccumulation in *Brassica rapa* plants species, grown in a mine waste substrate. Three chelating agents: citric acid (C₆H₈O₇), ammonium thiocyanate (NH₄SCN) and EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈), well as chemical fertilizer: nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K); a foliar fertilizer and the elements iron (Fe), manganese (Mn), magnesium (Mg), copper (Cu), calcium (Ca) and sulfur (S) in ppm. A from substrate dam mine waste, located in the municipality of Zacatecas, was used as a medium of growing plants. Laboratory results showed that the substrate is predominantly of sandy loam type. Additionally, it was determined that the application of an appropriate combination of foliar fertilizer, citric acid and ascorbic; well as nutrients such as N, P and K, can induce significant increases in dry matter yields in the species *B. rapa*. Though the results

Como citar el artículo:

Delgadillo-Ruiz, L., Gallegos-Flores, P. I., Román-García, F., Huerta-García, J. y Esparza-Ibarra, E. L. (2014). Hiperacumulación inducida de oro, plata y metales pesados en *Brassica rapa* cultivada en desechos de mina. *Tlamati*, 5(4), 36-42.

of the chemical analysis of plant tissue have not yet been determined in the laboratory, preliminary results relation to the physico-chemical characteristics and dry matter yields recorded suggest that wastes from the mine could be decreased by culturing species *B. rapa*, applied to the growing medium and chelating nutrients in appropriate proportions.

Key words: Mine waste, phytoremediation, heavy metals.

Introducción

Según la definición de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, las actividades de la minería generan gran cantidad de residuos conocidos comúnmente como jales de mina. El suelo, por lo tanto, experimenta un gran impacto y las consecuencias directas de esta contaminación son: a) ausencia inicial de vegetación, b) pérdida de su productividad, c) disminución de la biodiversidad e indirectamente d) la contaminación del aire y aguas superficiales y subterráneas (Becerril, Barrutia, García, Hernández, Olano y Garbisu, 2007). Entre las estrategias que se han empleado con éxito para extraer o inmovilizar a los metales pesados en los ecosistemas se encuentra la fitorremediación; la cual en suelos contaminados se basa en el uso conjunto de plantas, enmiendas al suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener o disminuir la toxicidad de los contaminantes generados por las actividades de la minería (Chaney, Malik, Li, Brown, Angle y Baker, 1997).

La clave para el éxito de la aplicación de estas tecnologías se basa en un fenómeno denominado hiperacumulación de metales, definido como la capacidad que tienen algunas especies de plantas para concentrar metales en sus tejidos, sin presentar síntomas de toxicidad en niveles superiores a los que registran otras especies que crecen en el mismo ambiente (Llugany, Tolrà, Poschnrieder y Barceló, 2007). Este término fue retomado por científicos de la Universidad de Massey en la década de los 70's (Brooks, Lee, Reeves y Jaffre, 1977). Esta fitotecnología empleada para descontaminar los suelos reúne un gran número de ventajas, especialmente la limpieza y la economía, ya que no utilizan reactivos químicos peligrosos ni afectan negativamente a la estructura del suelo, porque sólo aplican prácticas agrícolas comunes. Además, el proceso se realiza *in situ*, evitando costos por el transporte del material contaminado a otros lugares (Cunningham, Berti y Huang, 1995). Sin embargo, las condiciones adversas que a menudo privan en los sustratos de desecho producto de la actividad minera, inhiben el crecimiento y desarrollo de especies vegetales debido a la presencia de altas concentraciones de metales pesados que resultan tóxicos para las plantas. Baker y Walter (1990) han propuesto que las plantas tienen diferentes respuestas al estrés de metales pesados y que algunas especies pueden extraerlos, acumularlos o sólo indicar su presencia. Para ello, la planta utiliza un mecanismo de complejación en el interior de la célula para desintoxicar uniendo a los metales pesados con los ligandos para formar complejos.

Con el propósito de hiperacumular algunos metales pesados, se han utilizado desde hace tiempo especies como *Brassica júncea*, *Brassica nigra* y *B. rapa*, las cuales han mostrado capacidad para hiperacumular zinc (Zn), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu).

Bajo ciertas condiciones, la aplicación de agentes quelantes tales como el EDTA, tiocianato de amonio y ácido cítrico a sustratos de desechos producto de la actividad minera, pueden inducir la hiperacumulación de oro (Au), plata (Ag) y metales pesados tóxicos (Hg, As, Cu, Pb y Zn) en plantas de la especie *B. rapa* (mostacilla). El objetivo del presente trabajo fue determinar la hiperacumulación de Au, Ag y metales pesados tóxicos en plantas de mostacilla cultivadas en desechos de mina adicionando una solución nutritiva con fertilizantes foliares y agentes quelantes como el tiocianato de amonio (NH₄SCN), EDTA (C₁₀H₁₆N₂O₈·2H₂O) y ácido cítrico (C₆H₈O₇·H₂O) para evaluar su comportamiento como agentes inductores.

Materiales y métodos

Las muestras de desechos fueron obtenidas de la zona de jales de la mina El Bote, localizada en el estado de Zacatecas, coordenadas 22°46'35" N y 102°26'21" W (véase figura 1).

El tipo de muestreo fue sistemático y se basó en un modelo geométrico específico donde las muestras fueron tomadas a intervalos regulares a lo largo de ese patrón. Esta estrategia fue útil para cubrir en forma fácil y uniforme un sitio de forma que toda la población esté representada. El primer muestreo se realizó aleatoriamente y el resto de acuerdo al patrón asignado asegurando que la población de muestras esté representada en forma total y uniforme, siendo este procedimiento, el ideal para obtener volúmenes de material contaminado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006. Las muestras fueron obtenidas a profundidades de 0 a 30, de 31 a 60 y de 61 a 100 cm y éstas fueron clasificadas, empaquetadas, almacenadas y, finalmente, preparadas para ser caracterizadas físico-químicamente en el laboratorio.

Para almacenar las muestras se utilizó material de polietileno donde además se evitaron factores como la luz, el calor, la humedad y otros factores que puedan cambiar su naturaleza. También se registró el nombre, ubicación y profundidad de la muestra. Posteriormente, se secaron en charolas de aluminio para facilitar el manejo de las muestras y mejorar la homogenización disminuyendo los cambios químicos indeseables. Se secaron en un horno a una temperatura no mayor a 35° C.

Las concentraciones de Au, Ag, Pb, Hg, As, Cu y Zn fueron determinadas mediante Fluorescencia de rayos X. Para la precisión del análisis se requirió disponer de estándares para la calibración que se aproximen lo más posible a las muestras tanto en composición química como física y métodos adecuados para considerar los efectos de la matriz. Este método tiene limitada sensibilidad en la detección de los elementos menores de número atómico 14 y existen cierta limitación a este carácter no destructivo, ya que ciertos materiales pueden deteriorarse cuando son sometidos durante largos periodos a una intensa radiación con rayos X (Martínez, Novoa y Barón, 2006).

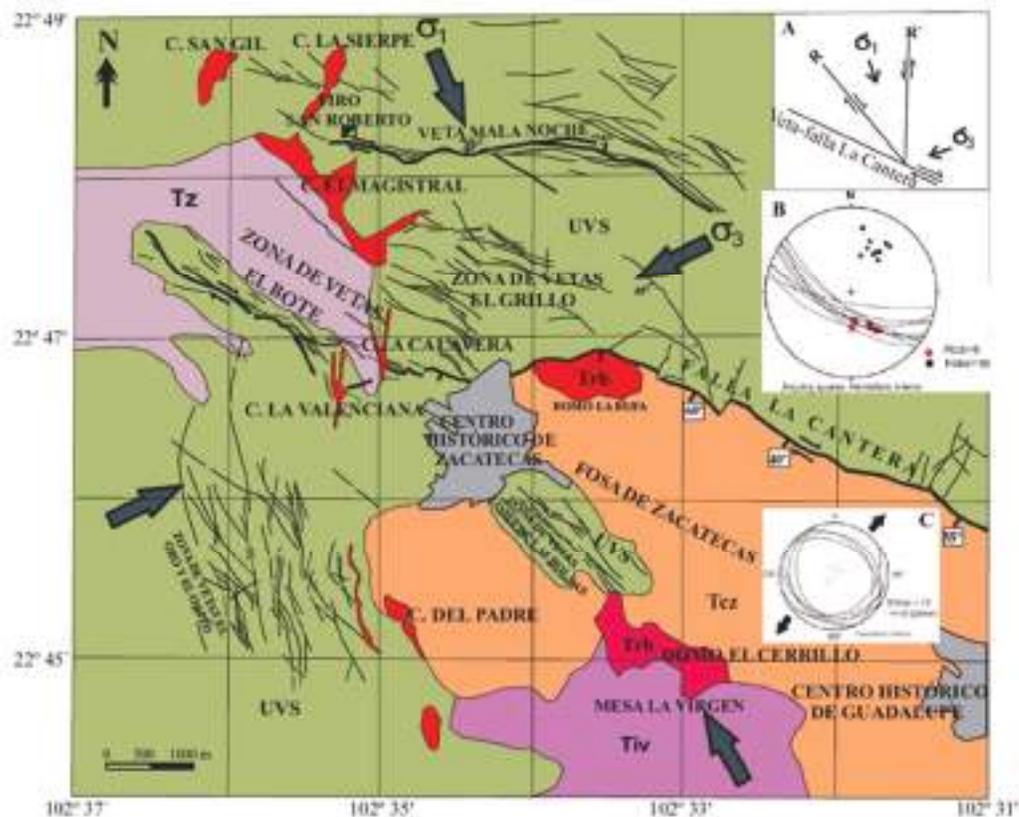


Figura 1. Localización de la mina el Bote .

Las semillas de *B. rapa* fueron sembradas y germinadas a una profundidad de 1 cm en charolas plásticas bajo condiciones de invernadero. La germinación se dio cuatro días después de la siembra y la plántula se trasplanto tres semanas después de la siembra en recipientes previamente preparados con las mezclas de sustratos que contenían 2 kg de jales y 1.6 L de solución nutritiva. Después del trasplante, el sistema de riego fue programado para trabajar en forma automatizada sobre el cultivo. Para la preparación de la solución nutritiva se diluyeron 20 L de biofertilizante líquido (“biol”), 400 g de tres diferentes fertilizantes foliares: T2- Bocashi, T3 - Lombricomposta y T4 - solución nutritiva y 1.8 L de agua. Dos semanas después de concluir las aplicaciones de la solución nutritiva, se realizó la aplicación de los agentes quelantes, los cuales se diluyeron en un recipiente con cuatro litros de agua cada uno. El tiocianato de amonio, EDTA y ácido cítrico se aplicaron en dosis de 1 g por kg de sustrato en cada tratamiento. Para el caso de la aplicación de los tres, las diferentes dosis se concentraron en 100 ml de agua para cada uno, la cual se llevó a cabo al final del ciclo vegetativo de la mostacilla (*B. rapa*), empleando la misma dosis para todas las plantas a las que se les aplicó. Por lo que los tratamientos quedaron de la siguiente manera: tratamiento 1 (T1: control) 100 ml agua; tratamiento 2 (T2: NH_4SCN) 100 ml de tiocianato de amonio; tratamiento 3 (T3: EDTA) 100 ml ácido etilendiaminotetraacético; tratamiento 4 (T4: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) 100 ml ácido cítrico. Por último, se determinó el pH, textura y conductividad eléctrica (CE), de acuerdo a lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.

Resultados

En la figura 1 se muestra que los jales de la mina El Bote se encuentran ubicados en el sureste de la ciudad de Zacatecas, en colindancia con otras minas aledañas. Las muestras de jales son franco-arenosas y los resultados físico-químicos mostraron las condiciones generales bajo las cuales se encuentran los residuos de esta mina. En la tabla 1 se muestran los resultados de las características físico-químicas (pH, textura y conductividad eléctrica) de los desechos de la mina el Bote. La figura 2 muestra que la morfología de las plantas control de *B. rapa* cultivadas en los jales alcanzaron un 50 % más de altura, una área foliar más abundante y produjeron floración al término del estudio; con respecto a la morfología de las plantas que fueron sometidas a los tratamientos con agentes quelantes, éstas presentaron disminución en su crecimiento (véase figura 3). En la figura 4 se muestra la concentración media de oro (143.9 ppm) y plata (13.5 ppm) de los desechos de la mina así como de otros contaminantes como el mercurio (218 ppm) y el arsénico (249.1 ppm). La producción de materia seca (MS) en el tratamiento 1 presentó menor concentración de biomasa seca de la planta (2.2 gr), mientras que los tratamientos 2, 3 y 4, presentaron un aumento en los valores de 17.12, 22.32 y 26.30 gr respectivamente, esto debido a la adición de fertilizantes químicos (N, P, K, Ca y S) y solución nutritiva (“biol”). Los resultados que se muestran en la tabla 2 señalan la producción de biomasa en los tratamientos con base en el diseño experimental. La hiperacumulación de los metales en las plantas del tratamiento 1



Figura 2. Morfología de las plantas control de *B. rapa*

presento en Au 71.95 ppm, Ag 5.88 ppm, Hg 68.79 ppm, As 108.23 ppm, Cu 20 ppm, Pb 260 ppm y Zn 100 ppm, observando que el T2 presenta menor hiperacumulación con respecto a los anteriores siendo Zn con 70 ppm quien estuvo más cerca a los valores del T1, para el T3 y T4 el metal con mayor concentración fue Hg 54.10 ppm y 50.76 respectivamente (véase tabla 3).

Discusión y conclusiones

Los resultados físico-químicos de los residuos de la mina dieron un suelo ácido (pH con un valor promedio de 4.86 +/- 0.045) lo cual mostró que entre más bajo fue el pH, mayor fue el incrementó de la conductividad eléctrica (véase tabla 1) y de la concentración de metales presentes (véase tabla 3).

Respecto a la concentración de oro, plata y metales pesados, se encontró que la cantidad media de oro (véase la figura 4) en los desechos es elevada [142.84 ppm (mg/kg)], permitiendo que en la planta control o testigo hubiera

Tabla 1. Características físico-químicas de los desechos de la mina el Bote

Característica	Valor
pH	4.86
Textura	Arenosa
Arena (%)	75.04
Arcilla (%)	3.32
Limo (%)	21.63
Materia Orgánica (%)	0.38
CE	5.08
PO ₄	1.14

Tabla 2. Biomasa de las plantas en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Promedio de los pesos (g)
T1 Testigo	2.2
T2	17.125
T3	22.325
T4	26.3
Total	67.95

una marcada diferencia en la hiperacumulación inducida de este metal (véase la tabla 3) por parte de las plantas de esta especie [71.954 ppm (mg/kg)]. Esto debido a que este tratamiento se estableció exclusivamente en jal y no se mezcló ningún sustrato para simular suelos contaminados como lo fueron en los demás tratamientos (T2, T3 y T4), por lo que la disponibilidad de Au en 100% de jal fue superior al resto de los demás. Estos resultados demuestran que la hiperacumulación media de Au en las plantas testigo (jal) de *B. rapa*, es superior a la obtenida por Anderson, Moreno y Meech (1998), donde se empleó *B. juncea* y se obtuvieron concentraciones superiores de 57 mg/kg de tejido en las hojas de esta especie. Cabe mencionar que es factible volver a re-extraer el Au del sustrato desde el punto de vista económico, debido a la cantidad presente en él. Para el caso de la plata, las concentraciones medias en los residuos de mina fueron muy bajas, 10.975 ppm (mg/kg) respecto al resto de los elementos (véase la figura 4), y la cantidad de este metal en los desechos incidió en la absorción (véase la tabla 3); siendo el testigo (T1) el que hiperacumuló la mayor cantidad de plata, 5.889 ppm (mg/kg) y que mostró significancia en comparación a los demás tratamientos (T2, T3 y T4). Tomando en cuenta los estudios de



Figura 3. Efecto producido en la morfología de las plantas de *B. rapa*, por la aplicación de los tratamientos

Anderson et al. (2005) que indican que entre el 10 y el 20% de la presencia de oro y otros metales valiosos, como la plata y el platino en los residuos, pueden ser extraídos por el cultivo; y esto es bueno para el caso de que algún metal pueda volverse a re-extraer.

Por otro lado, las concentraciones medias de: Hg, As, Cu, Pb y Zn encontradas en el sustrato (véase la figura 4), registraron cantidades asimiladas muy significativas en el testigo, comparado con los tres restantes tratamientos (véase la tabla 3), por lo que se afirma que se logró hiperacumular cantidades considerables de metales pesados tóxicos. Sobre todo el arsénico, que ocupa el lugar número 20 entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre y está ampliamente distribuido en rocas y suelos, en las fuentes de agua natural y en pequeñas cantidades en todos los seres vivos (Wang y Mulligan, 2006). El arsénico está clasificado dentro del Grupo 1 de la lista de sustancias de interés prioritario que publica el ministerio de salud de Canadá debido a su carácter venenoso y porque es una causa del desarrollo de cáncer en los humanos (Health Canadá,

2006). Actualmente se utilizan varias tecnologías para atrapar y eliminar el arsénico de las pilas de fundición y de los relaves (colas) de las minas. Para controlar de forma efectiva la contaminación del aire en las fundiciones, se pueden usar limpiadores, colectores electrostáticos y filtros de bolsa que son capaces de eliminar hasta el 99.7% del polvo y humo producidos durante el proceso de tostación y fundición (Vallero, 2007). Para el tratamiento de relaves de las minas y aguas residuales, se pueden utilizar compuestos de hierro que reaccionan con el arsénico y lo extraen del agua (Straskraba y Moran, 1990). Es posible, también, filtrar el arsénico de las aguas residuales y relaves con óxidos de hierro, revestimientos de arcilla y filtros de carbón activado, que podrán eliminarse de forma segura. También se está estudiando el uso de plantas, humedales y nanopartículas de hierro para eliminar el arsénico de áreas contaminadas (Straskraba y Moran, 1990).

De acuerdo a lo que señala Chen, Christie, y Li. (2001), la planta de mostacilla (*B. rapa*), absorbió cantidades importantes de As, Pb, Hg, Cu y Zn; considerándola una es-

Tabla 3. Concentración promedio hiperacumuladas de los metales pesados

Tratamientos	Au (ppm)	Ag (ppm)	Hg (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
T1 Testigo	71.95	5.89	68.74	108.23	20	260	100
T2	23.11	2.84	44.40	52.34	10	50	70
T3	24.34	2.10	54.10	53.11	10	35	40
T4	24.50	2.70	50.76	35.52	10	10	40

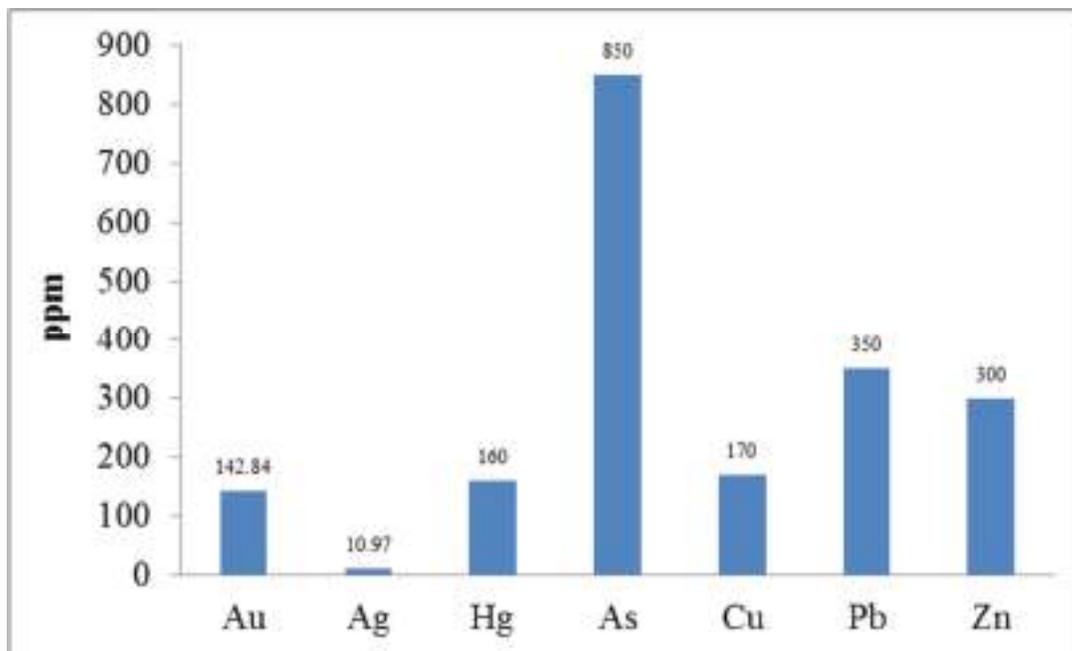


Figura 4. Concentración media de metales en los jales de la mina el Bote.

pecie hiperacumuladora. Para el presente estudio encontramos que las concentraciones de Hg, As, Pb, Cu y Zn, presentes en los desechos de mina, registraron valores en un rango de entre 149.51 a 895.51 mg/kg (véase la figura 4) y que las plantas de *B. rapa* acumularon cantidades importantes de algunos metales (71 ppm para Au y 108 ppm de As). No obstante que fueron adicionados quelantes, éstos no tuvieron efecto alguno para inducir la acumulación de los metales, solo con la solución nutritiva. Sin embargo, respecto a lo que establece Robinson, Lombi y Zhao (2003), que debido a que las concentraciones no superaron el 0.1% (1,000 ppm), no puede ser considerada como una especie con potencial hiperacumulador.

Agradecimientos.

Este trabajo se realizó gracias al apoyo económico del proyecto de la UAZ con número de registro: 127/2013.

Referencias.

- Anderson C. W. N., Brooks R. R., Stewart R. B. y Simcock R. (1998). Gold uptake by plants. *Gold bulletin*, 32, 48-51.
- Anderson C., Moreno, F. y Meech, J. (2005). Una demostración de campo de la tecnología de fitoextracción de oro. *Minerals Engineering*, 18, 385-392.
- Becerril J. M., Barrutia O., García J. I., Hernández A., Olano J. M. y Garbisu C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: Aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas*, 16(2). 1-6.
- Baker J. M. A. y Walter D. P. L. (1990). Metal uptake and accumulation. En Shaw AI (Ed.) *Heavy Metals Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects*. 156-174. CRC. Boca Raton, FL, USA.
- Brooks, R. R., Lee, J., Reeves, R. D. y Jaffre, T. (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium

specimens of indicators plants. *Journal of Geochemical Exploration*, 7, 49-57.

- Canada Health (Junio 1, 2014). *Guidelines for Canadian drinking water quality: Guideline technical document – Arsenic*. Obtenido de <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/arsenic/index-eng.php>.
- Chaney, R. L., Malik, M., Li, Y. M., Brown, S. L., Angle J. S. y Baker. A. J. M. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current Opinions in Biotechnology*, 8, 279-284.
- Chen, B., Christie, P. y Li, L. (2001). A Modified Glass Bead Compartment cultivation System for Studies on Nutrient and Trace Metal Uptake by Arbuscular Mycorrhiza. *Chemosphere* 42, 185-192.
- Cunningham, S. D., Berti W. R., y Huang, J. W. (1995). Phytoremediation of contaminated soils. *Trends Biotechnology*, 13, 393-397.
- Llugany M., Tolrà R., Poschnrieder C. y Barceló J. (2007). Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre? *Ecosistemas*, 16, 4-9.
- Martínez B. D., Novoa O. D. y Barón G. A. J. (2006). Espectrometría de fluorescencia de rayos X. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 790-793.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006. (2006). *Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra*. Diario Oficial de la Federación. MX
- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. (2004). *Establecimiento de criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Arsénico, berilio, Cadmio, Cromo hexavalente, mercurio, Níquel, plomo, Selenio, Talio y Vanadio*. Diario Oficial de la Federación. MX.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. (2000). *Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis*. Diario Oficial de la Federación. MX:
- Robinson, B. H., Lombi, E., Zhao, F. J., y McGrath, S. P.

- (2003). Uptake and Distribution of Nickel and other Metals in the Hyperaccumulator Berkheya Coddii. *New Phytologist*, 158, 279–285.
- Straskraba V. y Moran R. E. (1990). Environmental Occurrence and Impacts of Arsenic at Gold Mining Sites in the Western United States. *International Journal of Mine Water*, 9(1-4), 11.
- Vallero, D. A. (2007). *Fundamentals of Air Pollution*. Amsterdam: Elsevier.
- Wang, S. y Mulligan C. N. (2006). Occurrence of Arsenic Contamination in Canada: Sources, Behavior and Distribution. *Science of The Total Environment*, 366(2–3), 701–721.



Estructura y calibración de un sistema electrónico de monitoreo del flujo de agua en la zona no saturada.

Javier Salas-García¹

Jaime Gárfias-Soliz¹

Juan Carlos Pérez-Merlos¹

Hilario Jesús Llanos-Acebo²

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Paseo Universidad s/n. Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria. C.P. 50295. Toluca, México. +52(722)180 6191 ext. 226.

² Departamento de Geodinámica. Universidad del País Vasco. Los Apraiz, I. Vitoria-Gasteiz, C.P. 01006, País Vasco.

*Autor de correspondencia
proyectos@javiersalasg.com

Resumen

Para determinar la disponibilidad de agua de un acuífero, es esencial cuantificar su recarga. A pesar de la variedad de métodos para estimarla, a menudo éstos están limitados por la instrumentación necesaria para calcular sus componentes. El objetivo de este trabajo es presentar el diseño de un equipo de monitoreo hidrológico capaz de monitorear el perfil del flujo de agua en un pozo de monitoreo en función de cuatro variables obtenidas en el campo: el contenido de humedad, la presión de succión, el flujo en secciones transversales y el nivel freático. La instrumentación desarrollada se instaló en tres pozos de monitoreo del valle de Toluca. Comprende una unidad de control conectado a un servidor de internet a través de un enlace de telefonía celular. El equipo transmite los valores de las variables monitoreadas a intervalos programables. Se presenta la estructura y el proceso de calibración de los instrumentos instalados. El consumo de corriente del sistema es de 0.6 miliamperes (mA) en reposo y de 13.5 mA en operación con un ciclo de trabajo del 0.11%, lo que permite un tiempo de operación de dos meses sin reemplazar su batería (6 Volts y 12 Amper-hora). Se determinó una ecuación de calibración que incluye una compensación por efecto de la temperatura para los bloques de yeso que determinan indirectamente el contenido de humedad con un $R^2=0.95$. El error relativo porcentual de los lisímetros resultó menor del 5% para volúmenes mayores de 100 mL. Los transductores empleados en los tensiómetros y en los freatómetros tuvieron en promedio $R^2 = 0.98$. Esto muestra a pesar de su bajo costo, esta instrumentación es capaz de determinar las variables monitoreadas. Además, esta tecnología puede ser aplicada para transmitir otras variables medidas *in situ*, en función de los objetivos de la investigación en particular de que se trate.

Palabras clave: instrumentación, flujo de agua, zona vadosa

Abstract

In order to determine availability of water from an aquifer, it is essential to quantify its recharge. Despite the variety of methods to estimate it, often they are limited by the necessary instrumentation to calculate its components. The aim of this paper is to present the design of hydrological monitoring equipment capable of monitoring the flow profile of water in a

Como citar el artículo:

Salas-García, J., Gárfias-Soliz, J., Pérez-Merlos, J. C. y Llanos-Acebo, H. J. (2014). Diseño de un sistema electrónico automático para monitorear el flujo de agua en la zona no saturada. *Tlamati*, 5(4), 43-48.

monitoring well in terms of four variables obtained in the field: the water content, suction pressure, the water flow through cross sections and the water table level. The developed instrumentation was installed into three monitoring wells in the Toluca Valley. It includes a control unit connected to an Internet server through a cellular link. The equipment transmits the monitored variable values at programmable intervals. The structure and the calibration of the tools are presented here. The current consumption of the system is 0.6 milliamperes (mA) in standby mode and 13.5 mA in operation, with a duty cycle of 0.11 %, which allows an operation time of two months without replacing the battery (6 volts and 12 Ampere hour). It was determinate a calibration equation that includes a compensation for the temperature effect of gypsum blocks indirectly determine the moisture content with an $R^2 = 0.95$. The relative error percentage of the lysimeters was lower than 5% for larger volumes than 100 mL. The pressure transducers used in water level meters and tensiometers had an average $R^2 = 0.98$. This shows despite its low cost, that instrument is capable of determining the monitored variables. In addition, this technology can be applied to impart other variables measured *in situ*, depending on the objectives of the particular investigation concerned.

Palabras clave: instrumentation, water flow, vadose zone

Introducción

Para determinar la capacidad de un acuífero como recurso hídrico, es esencial cuantificar su recarga. En consecuencia, se han desarrollado una gran cantidad de métodos para su estimación (Scanlon, Healy y Cook, 2002). A pesar de la variedad de métodos, muchos están limitados por la cantidad de parámetros disponibles, los que a su vez dependen del tiempo y del costo de la adquisición, operación y mantenimiento de la instrumentación requerida. En general, en los métodos aplicados en la zona vadosa, se necesita una instrumentación capaz de monitorear el contenido de humedad, el nivel freático y el potencial de succión a diferentes profundidades.

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo presentar el diseño de un equipo de monitoreo hidrológico (EMH) capaz de monitorear el perfil del flujo de agua en un pozo de monitoreo, en función de cuatro variables obtenidas en el campo: el contenido de humedad, la presión de succión, el flujo en secciones transversales y el nivel freático. La instrumentación presentada se instaló en tres pozos de monitoreo del valle de Toluca con resultados satisfactorios. Debido a la magnitud de este trabajo, sólo se presentan los principios de operación y diseño del EMH. En un trabajo posterior se presentará la metodología de su instalación en los pozos de monitoreo y las mediciones realizadas con estos equipos en el campo.

Materiales y Métodos

Estructura del EMH

El equipo de monitoreo electrónico (EMH) se divide en tres secciones (véase figura 1). La primera sección (véase figura 1a) corresponde a la tarjeta principal (TP), que coordina todas las operaciones del EMH, incluidos los sensores en la zona vadosa que constituyen la segunda sección (véase figura 1b). La tercera sección (véase figura 1c) corresponde a los tres freatómetros instalados en los piezómetros de los pozos de monitoreo en la zona saturada. Los datos medidos por el EMH se pueden almacenar localmente o transmitirse a través de un enlace mediante una red de telefonía celular.

La TP está conectada a una batería recargable sellada de 6 V que sirve como fuente de energía para alimentar a

todo el EMH. Además, contiene un microcontrolador PIC18F4550 que coordina los siguientes elementos: a) circuitos para administrar la fuente de alimentación, entre los que destacan reguladores *LDO (Low-DropOut)* caracterizados por tener un bajo consumo, así como requerir una reducida diferencia de voltaje entre la entrada y la salida. b) Un reloj en tiempo real (*RTC*) que internamente actualiza sus propios registros que contabilizan los segundos, minutos, horas y días de operación. Esta información es crítica para indicar al microcontrolador el momento en el que debe realizar las mediciones, así como durante la descarga y sincronización de la información. El *RTC* empleado tiene la matrícula DS1302 y es fabricado por la empresa MAXIM (2008). La comunicación de este circuito con el microcontrolador se establece mediante una transmisión en serie. c) Una memoria no volátil *EEPROM* con matrícula 24LC1025 y una capacidad de 1 Mega bit distribuidos en 128,000 registros de 1 Byte (Microchip, 2011). d) Una serie de comparadores para acondicionar la señal proveniente de tres lisímetros. e) Un oscilador y un multiplexor analógico para medir la resistividad eléctrica asociada al contenido de humedad en tres bloques de yeso.

La sección correspondiente a la zona vadosa consiste en un conjunto de instrumentos compuesto por: a) un bloque de yeso para medir el contenido de humedad, b) un lisímetro para medir el flujo de agua y c) un tensiómetro para medir el potencial de succión.

Los elementos de medición de los tres bloques de yeso del EMH (véase figura 1b), consisten en un par de electrodos de cobre de 8 cm de largo y 3 mm de diámetro, separados entre sí una distancia de 5 mm. El yeso disminuye las diferencias entre lecturas en tipos de suelo con distinto grado de salinidad y aporta una mayor estabilidad a las lecturas (Measurement Engineering Australia [MEA], 1998). De este modo, las variaciones en el contenido de humedad en el medio circundante se reflejan en la resistividad eléctrica entre las terminales de cada bloque de yeso.

El lisímetro consiste en un embudo en cuya salida se encuentra acoplada un material sintético hidrofílico, que conduce el agua capturada hacia una apertura acotada por dos terminales conductoras (TC). Al caer una gota, estas terminales cierran un circuito eléctrico acoplado a la etapa de acondicionamiento de la TP, misma que contabiliza el número de gotas que ingresan al área de captura del embudo.

Los tensiómetros consisten en un cilindro circular recto

(a) Tarjeta principal

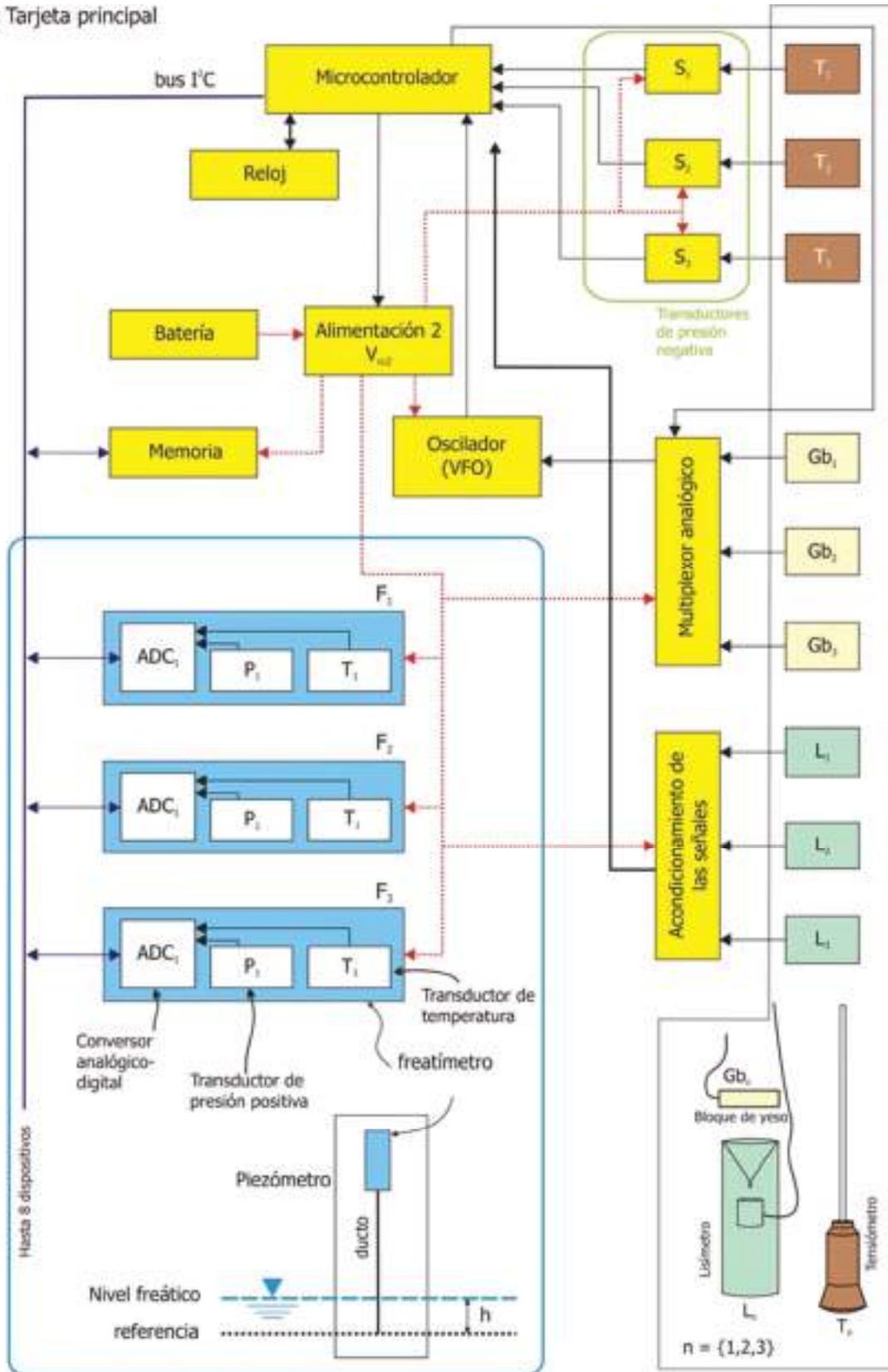


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema de monitoreo hidrológico. Para su descripción se divide en tres secciones: (a) tarjeta principal, (b) instrumentación en la zona vadosa e (c) instrumentación en los piezómetros.

con un volumen interior de 350 mL, conectado con la superficie del suelo a través de un conducto flexible (véase figura 4.1b). La interfaz entre el agua contenida en el tensiómetro y el medio en el que se requiere medir la presión de succión está constituida por un material cerámico poroso. La longitud de los conductos esta en función de la profundidad a la que se instala cada tensiómetro. El diseño de los tensiómetros de este trabajo considera una instalación aproximadamente a 5 m, 10 m y 15 m, dependiendo de la estratigrafía de cada pozo. Esta característica los distingue respecto a los de otros estudios en que los tensiómetros se instalan desde unos cuantos centímetros hasta alrededor de 3 m a partir de la superficie del suelo (Araya, Gowing y Dise, 2010; Bradley, Clay, Clifford, Gerrard y Gurnell, 2010). La razón de esto obedece a las limitaciones que imponen las excavaciones necesarias para instalar los lisímetros a esa profundidad.

Para medir la profundidad del nivel freático en un pozo de monitoreo, el EMH emplea tres freatímetros. Para llevar a cabo esta misma función, algunos medidores comerciales miden la presión ejercida por la columna de agua en cuestión. Sin embargo, algunos de éstos determinan la presión absoluta y tienen el inconveniente de incluir el efecto de la presión atmosférica, por lo que se necesita un equipo adicional para restar dicha contribución (Rasmussen y Crawford, 1997). El método empleado en el freatímetro de este trabajo consiste en medir la presión diferencial entre la atmósfera y un tubo que se introduce en la columna de agua del pozo cuyo nivel se requiere calcular. De esta manera, la presión en el interior de dicho tubo es proporcional a la columna de agua. Puesto que la presión medida es diferencial, no necesita un medidor adicional para compensar la presión atmosférica (Salas-García, Gárñas, Llanos y Martel 2010). Además, cada freatímetro incluye un termómetro, cuya utilidad radica no sólo en la determinación de la temperatura *in situ* del agua subterránea; también permite hacer correcciones menores en la determinación del nivel freático a diferentes temperaturas.

Calibración del EMH

Para calibrar las lecturas de los sensores de resistividad eléctrica en los bloques de yeso, se determinó el contenido de humedad de las muestras por el método gravimétrico, el cual consiste en tomar una muestra del suelo, pesarla y desecarla en un horno a 110 °C sucesivamente hasta que su peso no cambie, lo cual ocurrió generalmente después de 8 horas en las muestras analizadas. La cantidad de agua extraída, determinada por la diferencia de peso, es precisamente la contenida originalmente en la muestra (Sanders, 1998).

Para medir cuantitativamente la calidad del ajuste de las funciones características de los sensores, se emplearon los siguientes indicadores: error medio absoluto [MAE], el error de raíz media cuadrática [RMSE], el coeficiente de determinación R^2 , (Legates y McCabe, 1999) y el coeficiente Nash y Sutcliffe [NS] (1970).

Para calibrar el número de gotas detectadas por el lisímetro, se vertieron diez volúmenes conocidos y se contabilizaron las gotas resultantes. Cuando el material hidrofílico del lisímetro está seco, se requiere superar un umbral en el que dicho material se satura lo suficiente como para comenzar a gotear. El volumen se cuantificó a partir de la

caída de la primera gota. Esto parte del supuesto de que en el interior de la columna el material hidrofílico tiene un contenido de humedad en equilibrio con el medio poroso circundante.

Los transductores de presión que están presentes en los tensiómetros se calibraron inicialmente con diez distintos valores de presión entre 0 y 50 kPa provenientes de una bomba de vacío y un manómetro analógico. Se realizó una segunda calibración con una columna de agua, estableciendo cinco valores de presión entre 0 y 20 kPa. Por otra parte, los transductores de los freatímetros se calibraron realizando mediciones de diez diferentes alturas de una columna de agua distribuidas en un rango de 20 kPa; de manera similar al proceso de calibración desarrollado en otros trabajos (Arzate, Álvarez, Yutis, Pacheco y López-Loera, 2006; Salas-García et al., 2010).

Resultados y discusión

Uno de los parámetros más importantes de desempeño de un sistema electrónico es su consumo de energía. Para el uso eficiente de ésta, el microcontrolador entra en un modo de bajo consumo después de verificar la hora del RTC. Este consumo resultó ser de 0.6 mA. La verificación de la hora actual se realiza a intervalos de 17 segundos, con una duración de 2 ms, lo cual representa un ciclo de trabajo de tan solo 0.011%, resultando en un ahorro de energía del 99.989 % durante los tiempos de espera con respecto al mismo sistema sin esta función. Cuando termina el tiempo de espera entre mediciones, el microcontrolador activa un regulador secundario que alimenta todos los sensores instalados en el pozo de monitoreo, con excepción del acondicionamiento de señal de los lisímetros, que siempre esta activo. El consumo de corriente durante este intervalo es de 13 mA durante 3.25 s.

Se determinaron una serie de coeficientes de aproximación de un polinomio de segundo orden para caracterizar la respuesta del oscilador que mide indirectamente la resistencia eléctrica de los bloques de yeso. En los 9 bloques de yeso que se calibraron, se obtuvo, en promedio, un RMSE = 1.16, $R^2 = 0.95$, MAE = 1.08 y $\underline{NS} = -1.9$, lo que constituye una diferencia en las mediciones mucho menor que la diferencia del contenido de humedad de las muestras en el campo, debido a la heterogeneidad de medios porosos en medios naturales, por lo que el desempeño de estos sensores de contenido de humedad es apropiado para su aplicación en el campo. Al incorporar los resultados de un análisis paramétrico de la variación de la temperatura, T, la frecuencia medida en Hertz en el oscilador f_{VFO} , encontramos que en función de la resistencia eléctrica en los bloques de yeso, R_b y de la temperatura, T, en °C, se determinó f_{VFO} como (véase ecuación 1):

$$f_{VFO} = \frac{1.44}{1000(1500 + 2R_b)C} + (0.0162 \text{Log}(R_b) - 0.2334)T - 0.000014824R_b + 1.9108027 \quad (1)$$

En donde, a su vez R_b se relaciona con el contenido de humedad como (véase ecuación 2):

$$R_b = a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0 \quad (2)$$

en donde a_0 , a_1 y a_2 son coeficientes de calibración particulares de cada bloque de yeso.

En lo que respecta a la calibración de los lisímetros, la relación resultó ser en promedio 1 gota = 50 μ L. A fin de percibir con mayor claridad la diferencia entre los valores medidos respecto a su aproximación lineal, se calculó el error relativo porcentual, mismo que es elevado (hasta un 20%) para valores menores a 20 mL; mientras que dicho error disminuye para volúmenes mayores. Esto se debe a que algunas gotas de agua quedan adheridas a las paredes internas del cono del lisímetro, y no drenan con la misma fluidez que para los valores más altos de flujo.

Los transductores empleados en los tensiómetros son del mismo tipo que los empleados en los freatímetros. Sin embargo, para los tensiómetros se usó el puerto complementario de vacío del transductor; mientras que para los freatímetros se usó el puerto de presión positiva. En consecuencia, los resultados de la calibración fueron muy similares, con un R^2 promedio de 0.98. Lo anterior es el resultado de una etapa de linearización incorporada por el fabricante en el mismo transductor. El rango de operación en los primeros fue de 0 a 50 kPa, y para los freatímetros de 0 a 20 kPa. Esto se debe al orden menor de las variaciones en el nivel freático. Además, para emplear la escala completa en los freatímetros sería necesario extender 2.5 m el ducto conectado a cada transductor, lo que incrementaría el peso del equipo, lo cual a su vez incrementaría el costo del cable de acero para sostener el sensor así como el riesgo de que el freatímetro quedara atorado dentro de los piezómetros.

Conclusiones

La calibración de los equipos ha demostrado que, a pesar de su bajo costo, esta instrumentación es capaz de determinar con un buen grado de precisión las variables monitoreadas. En particular, los resultados de la calibración de los bloques de yeso indican que aunque éstos tienen una respuesta cuantitativamente distinta, son capaces de aportar datos cuantitativos si se calibran individualmente. Se obtuvieron un conjunto de ecuaciones no lineales que describen la relación entre f_{VFO} , θ , R_b y T mediante coeficientes de ajuste individuales. Estos resultados concuerdan con estudios similares que también compensan el efecto de la temperatura en sus determinaciones (Castiglione, Shouse, Mohanty y Van Genuchten, 2005).

Los lisímetros presentaron una respuesta altamente lineal. Además, su diseño permite una instalación a profundidades de varios metros. Esto constituye una ventaja cuando se compara con otros estudios en los que la profundidad de instalación es mucho menor y, aunque algunos son más precisos, el diseño del tipo de lisímetro desarrollado en este trabajo permite su aplicación a profundidades mayores (Benli, Kodal, Ilbeyi, y Ustun, 2006; Nichol, Rowlett y Barbour, 2008). La calibración de los transductores empleados en los tensiómetros y freatímetros también mostró una tendencia lineal y su diseño evita los problemas asociados al uso de transductores de presión absoluta,

en conformidad con otros trabajos (Rasmussen y Crawford, 1997).

La etapa de transmisión de datos es una de las contribuciones de este trabajo al estado del arte de sistemas de monitoreo de parámetros hidrológicos subterráneos. A pesar de que desde hace algunos años existen investigaciones que emplean dispositivos electrónicos instalados en el campo para un monitoreo continuo, su uso es muy poco frecuente (Schwartz, Schreiber y Yan, 2008). En la actualidad, aunque existen estaciones de monitoreo remoto automáticas, en su mayoría tienen su aplicación en el registro de parámetros meteorológicos o tectónicos, estas últimas sobre todo ante el riesgo de erupciones volcánicas (Saltykov, Kugaenko, Sinitsyn y Chebrov, 2008; Lee y Wu, 2009). El equipo de transmisión desarrollado en el marco de este proyecto permite enviar no solo las variables de los sistemas aquí desarrollados. Esta tecnología puede ser aplicada para transmitir otras variables medidas *in situ*, en función de los objetivos de la investigación en particular de que se trate.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT), a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) y a la Universidad del país Vasco (UPV) por la distinción en el otorgamiento de las becas y el apoyo al primer autor en el financiamiento para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, los autores agradecen el soporte logístico por parte del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA).

Referencias

- Araya Y. N., Gowing D. J. y Dise N. (2010). A controlled water-table depth system to study the influence of fine-scale differences in water regime for plant growth. *Aquatic Botany*, 92(1), 70-74.
- Arzate J. A., Álvarez R., Yutsis V., Pacheco J. y López-Loera H., (2006). Geophysical modeling of Valle de Banderas graben and its structural relation to bahía de Banderas, México. *Revista Mexicana De Ciencias Geológicas*, 23 (2),184-198.
- Benli, B., Kodal, S., Ilbeyi, A. y Ustun, H. (2006). Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. *Agricultural Water Management*, 81, 358-370.
- Bradley C., Clay A., Clifford N. J., Gerrard J. y Gurnell A. M. (2010). Variations in saturated and unsaturated water movement through an upland floodplain wetland, Mid-Wales, UK. *Journal Of Hydrology*, 393(3-4), 349-361.
- Castiglione P., Shouse P. J., Mohanty B. P. y Van Genuchten M. T. (2005). Analysis of temperature effects on tension infiltrometry of low permeability materials. *Vadose Zone J*, 4(3), 481-487.
- Lee W. H. K. y Wu Y. M. (2009). *Encyclopedia Of Complexity And Systems Science*.
- Legates, D. y M., G. J. (1999). Evaluating the use measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research*, 35, 233-241.

- Maxim. (Enero 1, 2008). Ds1302 Trickle-Charge Time-keeping Chip. Obtenido de <http://web.media.mit.edu/~msung/SAK2/DS1302Z.pdf>
- MEA. (Noviembre 13, 1998). Resurrecting the gypsum block for soil moisture. *Measurement Engineering Australia*, Obtenido de: <http://Www.Mea.Com.Au/Files/Publications/Pub-Sm04.Pdf>
- Microchip. (2011). *24AA1025/24lc1025/24FC1025. 1024k 12c™ CMOS Serial EEPROM*. Microchip Technology Inc.
- Nichol, C. F., Rowlett, D. K. y Barbour, S. L. (2008). A new standpipe lysimeter design for the measurement of soil matric suction. *Vadose Zone Journal*, 7, 919-929.
- Nash J. E. y Sutcliffe J. V. (1970), River flow forecasting through conceptual models. Part I- a discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282-290.
- Rasmussen T. C. y Crawford L. A. (1997). Identifying and removing barometric pressure effects in confined and unconfined aquifers. *Groundwater*, 35(3), 502-511.
- Salas-García J., Gárfias J., Llanos H. y Martel R. (2010). Diseño y aplicación de instrumentación para la caracterización hidrometeorológica e hidrogeológica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(2), 233-247.
- Saltykov V., Kugaenko Y., Sinitsyn V. y Chebrov V., (2008), Precursors Of Large Kamchatka Earthquakes Based On Monitoring Of Seismic Noise. *Journal Of Volcanology And Seismology*, 2(2), 94-107.
- Sanders L., (1998). *A manual of field hydrogeology*. New Jersey. USA.
- Scanlon B. R., Healy R. W. y Cook P. G., (2002), Choosing Appropriate Techniques For Quantifying Groundwater Recharge. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 18-39.
- Schwartz B. F., Schreiber M. E. y Yan T., (2008), Quantifying Field-Scale Soil Moisture Using Electrical Resistivity Imaging. *Journal Of Hydrology*, 362(3-4), 234-246.



Síndromes de filiación cultural atendidos por médicos tradicionales en Taxco de Alarcón, Guerrero, México.

Adrián Urióstegui Flores¹

¹Licenciatura en Geografía, Universidad Autónoma de Guerrero. Ex hacienda de San Juan Bautista s/n. Taxco el Viejo, Guerrero. Tel: +52 (762) 6220741.

*Autor de correspondencia
a_uriostiegui@yahoo.com

Resumen

En el presente trabajo se parte de los conceptos teóricos de la epidemiología sociocultural para estudiar los síndromes de filiación cultural que son atendidos por médicos tradicionales en la ciudad de Taxco de Alarcón, Guerrero. Los principales hallazgos demuestran cómo la epidemiología sociocultural proporciona un camino alternativo para analizar dichos malestares, los cuales continúan siendo atendidos por médicos ancestrales que radican en la comunidad. También se dan a conocer los principales síndromes de filiación cultural, sus tratamientos, medidas preventivas y consecuencias que pueden acontecer si dichos malestares no son atendidos con antelación. Los síndromes de filiación cultural reconocidos y más destacados fueron el mal de ojo, empacho, aire, caída de mollera, susto, envidia, embrujo, sangre con toxinas, *etika*, algodoncillo, púrpura, niños enlechados y *aquiztle*.

Palabras clave: Síndromes de filiación cultural, epidemiología sociocultural, médicos tradicionales

Abstract

This study is based on theoretical concepts of sociocultural epidemiology, in order to study cultural affiliation syndromes attended by traditional healers at the city of Taxco de Alarcón, State of Guerrero, México.

Main findings in this study show how sociocultural epidemiology provides an alternative way to analyze some discomforts. Ancient physicians living at the rural community prescribe these discomforts. In the same way, this study show results about major syndromes, cultural affiliation, treatments, preventive measures and consequences that may occur due to unattended discomforts.

Syndromes recognized as most prominent cultural affiliation were, as follows: el mal de ojo, empacho, aire, caída de mollera, susto, envidia, embrujo, sangre con toxinas, *etika*, algodoncillo, púrpura, niños enlechados and *aquiztle*

Keywords: Syndromes of cultural affiliation, sociocultural epidemiology, traditional healers

Como citar el artículo:

Urióstegui Flores, A. (2014). Síndromes de filiación cultural atendidos por médicos tradicionales en Taxco de Alarcón, Guerrero, México. *Tlamati*, 5(4), 49-56.

Introducción

En el presente trabajo se parte de los conceptos teóricos de la epidemiología sociocultural para estudiar los síndromes de filiación cultural que son atendidos por médicos tradicionales en la ciudad de Taxco de Alarcón, Estado de Guerrero, México. Esta ciudad cuenta con una población de aproximadamente 52, 217 habitantes (Gobierno del Estado de Guerrero-Secretaría de Desarrollo Social, 2012) y se localiza al norte del Estado de Guerrero, entre los 18 33' de latitud norte, 99 36' de longitud oeste, con una altitud aproximada de 1800 msnm (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 1998).

Los principales hallazgos demuestran cómo la epidemiología sociocultural proporciona un camino alternativo para analizar dichos malestares, mismos que continúan siendo atendidos por médicos ancestrales que radican en la comunidad. También se dan a conocer los principales síndromes de filiación cultural, sus tratamientos, medidas preventivas y consecuencias que pueden acontecer si dichos malestares no son atendidos con antelación.

Los síndromes de filiación cultural reconocidos y más destacados fueron el mal de ojo, empacho, aire, caída de mollera, susto, envidia, embrujo, sangre con toxinas, etika, algodoncillo, púrpura, niños enlechados y aquiztle.

Finalmente, en la discusión se confrontan (mediante el material empírico obtenido) algunas propuestas relacionadas con la temática en cuestión.

Una definición de epidemiología sociocultural (misma que empleamos en el presente trabajo), se hace explícita en los comentarios de Menéndez (2008), en donde se señala que “[.....] *debe basarse en la articulación y complementación entre la antropología médica y la epidemiología, a partir de ambas disciplinas y no sólo a partir de una de ellas en forma exclusiva y dominante*” (Menéndez, 2008, p.14).

Como se observó, el concepto de epidemiología sociocultural es relativamente reciente, y define un carácter interdisciplinario:

Por epidemiología sociocultural entendemos, más que una disciplina académica, una propuesta de interlocución que rebasa el ámbito de los expertos para incluir en el panorama de la salud colectiva las voces de actores y sectores que tradicionalmente han estado excluidos en la definición y manejo de los problemas de salud (Haro, 2008, p. 3).

Asimismo, la postura que adoptamos considera, tanto la importancia que tienen los conocimientos ancestrales y su diversa complejidad histórico-cultural derivada, como la trascendencia de los trabajos experimentales y bioestadísticos derivados de la epidemiología.

Por otra parte, el síndrome de filiación cultural hace alusión a un:

Término derivado de la corriente de antropología colonialista para referirse a las enfermedades que poseen los modelos médicos de diversas partes del mundo, diferentes al “científico” occidental. Encierra una connotación de menosprecio

al darles un carácter poco racional, con una interpretación simbólica desde cada cultura. El modelo convencional occidental se coloca en un pedestal en el cual su carácter científico, la excluye de una filiación cultural. Ésto último es falso y también este modelo médico no puede negar su filiación en una cultura “biologicista”, mecanicista e individualista desde la que se han tipificado las enfermedades” (Almaguer, Vargas, García Hernán y Ruiz, 2003. p. 26).

Objetivos

1.- Conocer y analizar (mediante el marco teórico y conceptual de la epidemiología sociocultural) los principales síndromes de filiación cultural que se presentan actualmente en la comunidad de Taxco de Alarcón, Guerrero.

2.- Registrar la causalidad de dichas afecciones, tratamientos, medidas de prevención, y consecuencias si no se recibe el tratamiento adecuado.

Metodología

El estudio fue básicamente cualitativo. En una primera etapa se realizó un registro bibliográfico con el fin de conocer información disponible sobre el tema abordado.

Posteriormente, se diseñó un cuestionario de entrevista (de preguntas abiertas), y se tomaron en cuenta los planteamientos de Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.392-404) respecto al muestreo en investigación cualitativa. Lo anterior específicamente en lo que respecta a muestras homogéneas, en donde “[.....] *las unidades a seleccionar poseen un mismo perfil o características, o bien, comparten rasgos similares*” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Considerando lo anterior, se localizó a seis médicos tradicionales reconocidos que radicaban en la misma población. El cuestionario se aplicó a dichos habitantes, e incluyó preguntas abiertas sobre las características de estos sanadores, la causalidad de los principales síndromes de filiación cultural, los tratamientos, las medidas preventivas que se emplean para evitar o atenuar su impacto, las consecuencias que pueden suceder si dichos desequilibrios no son atendidos oportunamente y, la frecuencia de la atención.

Finalmente, se realizó el análisis tomando en cuenta la información bibliográfica disponible y, los datos recabados en trabajo de campo. El proyecto tuvo una duración de un año, desde septiembre del 2012 a septiembre del 2013.

Resultados

Los datos obtenidos confirman cómo los médicos tradicionales siguen tratando variados síndromes de filiación cultural, entre los que destaca básicamente el mal de ojo, empacho, aire, caída de mollera, susto, envidia, embrujo, sangre con toxinas, etika, algodoncillo, púrpura, niños enlechados y aquiztle (véanse tablas 1 al 8).

En la localidad el mal de ojo es uno de los principales motivos de consulta (véase tabla 1). Este padecimiento se origina por diversas causas, desde una vista muy fuerte o caliente, tener la sangre dulce, envidia hacia la persona, por agarrar aire, porque se considera que algunas personas tienen la vista fuerte sin saberlo afectando principalmente a

Tabla 1. El mal de ojo.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias si no es atendido
- Mal de ojo - Ojo - Daño	- Vista muy fuerte o caliente - Tener la sangre dulce - Envidia - Creencias - El niño llama mucho la atención - Se espanta el niño - Les calientan mucho la sangre - Agarrar aire - Pasar por una barranca o cueva - Se tiene la vista fuerte sin saberlo afectando principalmente a niños y plantas - Vista muy pesada y mal intencionada lo que afecta principalmente a niños - Se reconoce que es algo sin explicación, pero existe - Considerada como una superstición - Por influencias negativas de algunas personas - Porque no los toca la gente que causó el malestar	- Quebrar el cuerpo poniendo sal en la lengua y escupir en la frente y en el estómago, hacer una cruz con el dedo, dar apretones por todo el tronco y con ropa interior sucia limpiar la frente y todo el cuerpo - Pasar un chile guajillo o ancho por frente y cuerpo - Usar un huevo y/o un fruto llamado ojo de venado - Una bolsa de tela roja con ajo, chile ancho y coral de mar - Colocar alguna cosa de oro adentro de la ropa (en donde se descarga la vista fuerte y protege al niño) - Piedra de azabache - Limpiar con una camisa sucia - Jarilla, ruda, hinojo y santamaría - Alumbre, un chile verde y limón - Quebrar el huevo en un medio vaso de agua para ver el daño - Escupir con sal - Golpear moderadamente al niño en los muslos - Hacer una limpia antes de las doce del día tres veces por semana con jarilla, flor de santamaría, huevo, chile, limón y alcohol	- Fiebre muy alta - Continuidad del malestar - Llanto - Deshidratación y severas temperaturas - Alta temperatura en la cabeza - Continuidad de la molestia - No dormir - No comer - Diarrea - Dolor - Dilatación o abultamiento de los ojos - Muerte de la persona

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 2. El empacho.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Empacho - Mal de Empacho	- Comida que se queda pegada o no se digiere - Se presenta en niños pequeños cuando comen cosas muy secas y en demasiada cantidad - Por algo que cayó mal - Por comer cosas secas - Debido a que se ingieren galletas - Porque se pegan cáscaras en el estómago	- Masaje en toda la espalda, tomar la piel con la yema de los dedos dando un jalón firme y rápido quebrando con ello el empacho. Administrar una cucharada de aceite de oliva - Recurrir a las curanderas - Realizar una sobada con aceite, hierbabuena y carbonato - Usar manzanilla, hierbabuena y albahaca - Se administra aceite de oliva y estomaquil - Se soba el estómago jalando la piel	- Vómito - Pérdida de peso - Diarrea que puede derivar en disentería - Los niños lloran en exceso - No se come - Aumenta la gravedad - Muerte	- Cuidar la alimentación - No dar en cantidad exagerada alimentos (galletas, bombones o chicles) - No comer en la calle - Recurrir a un curandero para sobarse - Aumentar la higiene y la limpieza en los alimentos

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 3. El aire.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Aire en cuerpo - Aire en oídos - Aire en ojos - Aire en cuello	- Infecciones - Contaminación - Mentalidad de la persona - No cubrirse adecuadamente - Pasar por fuentes de agua (barrancas, aguas estancadas, tanques grandes) - Exponerse al aire - Salir en la noche o después de haber comido (pollo o huevo) - Cambios de temperatura - No cubrirse al bañarse (aunado a la entrada de agua en oídos) - Entendido como sinónimo de conjuntivitis	Aire en el cuerpo: - Limpia con jarilla y ruda - Se toma una combinación de flores de jazmín, chon de China, albahaca y gotas de limón - Té de ruda, una muñeca de jarilla puesta en el estómago con alcohol, un trapo de tela y venda - Píldoras de éter o hierbas de santamaría y pirúl Aire en los ojos: - Se utiliza manzanilla, rosa de castilla o humo de cigarros Aire en los oídos: - Se usa el humo de cigarro soplado en dicho órgano con un cono de papel Aire en el cuello: - Altamisa, albahaca, romero y jarilla	- Vómitos - Problemas visuales - Lagrimeo en los ojos - Ojos irritados - Continuidad de este malestar - Aumento de dolor - Exceso de llanto en los niños - Lagañas - Pérdida de la audición - Incremento de la gravedad	- No exponerse al viento - Cubrirse bien - Tomar medicamentos caseros - Evitar pasar por dichas fuentes de agua o donde se encuentre agua estancada

Fuente: Trabajo de campo.

niños y plantas, se tiene una vista muy pesada y mal intencionada (lo que daña a niños), se reconoce que es algo sin explicación pero existe, es considerada como una superstición, o bien, se origina porque no los toca la gente que causó la enfermedad

El tratamiento es variable, en éste se tiene que 1) “quebrar” el cuerpo poniéndose sal en la lengua y escupiendo en la frente y en el estómago, “untar” una cruz con el dedo, dar apretones por todo el tronco y con ropa interior sucia limpiar la frente y todo el cuerpo, 2) pasar un chile guajillo o ancho por la frente y el cuerpo, 3) usar un huevo, 4) emplear la ropa del papá, 5) un ojo de venado, 6) una bolsa de tela roja con ajo, chile ancho y coral de mar, 7) alguna cosa de oro adentro de la misma ropa (en donde se descarga la vista fuerte y protege al niño), 8) azabache, 9) limpiar con una camisa sucia, 10) jarilla, ruda, hinojo y santamaría, 11) alumbre, un chile verde y limón, 12) sobar con aceite, 13) quebrar el huevo en un medio vaso de agua para ver el daño, 14) escupir con sal, 15) acudir a la iglesia y observar el santísimo manifiesto, 16) golpear moderadamente al niño en los muslos, 17) aplicar lociones e incienso, 18) pasar la ropa interior del esposo o del padre de fa-

milia, 19) la persona que hizo el mal de ojo tiene que agarrar al niño que dañó, 20) se tiene que dar una limpia a la persona enferma antes de las doce del día tres veces por semana utilizando jarilla, flor de santamaría, un huevo, un chile, un limón y alcohol o bien, 21) se usa un huevo en agua limpia y chiles de árbol acitrados.

Según lo observado esta afección continúa actualmente siendo atendida por médicos tradicionales, por los mismos familiares de los afectados e incluso, se ha llegado a observar cómo personal biomédico que labora en instituciones de salud locales recomiendan y canalizan a pacientes con los propios terapeutas ancestrales.

Por otra parte, en el denominado empacho en Taxco, se reconoce como un malestar del sistema digestivo, un desorden del mismo, un padecimiento real que puede provocar la muerte, o ha sido considerado sólo como una creencia acerca de las enfermedades de dicho sistema (véase tabla 2).

En la localidad la causa del empacho se ha atribuido a comida que se queda pegada, porque no se digiere la misma, se presenta en niños pequeños cuando comen cosas muy secas y en demasiada cantidad, por algo que cayó

Tabla 4. La caída de mollera.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Caída de mollera - Hundimiento en el cráneo - “Hoyo que se tiene”	- Caída del niño - Deshidratación	- Meter la cabeza del niño en agua con el fin de que se suba o se acomode la mollera	- Continuidad del malestar - Llanto del niño - Muerte	- Dar líquidos - Evitar caídas

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 5. La torcedura de boca.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Torcedura de boca - Boca chueca	- Pasar por una barranca - Aguas estancadas - Pozos - Tanques grandes - Manantiales - Salir rápido después de haber comido - Pasar por lugares donde existe agua	- Hacer una limpia - Ingesta de hierbas (flores de jazmín, chon de China, albahaca y gotas de limón) - Pasar un huevo crudo por la cara y cabeza de la persona afectada	- Continuación de la deformación en la boca - Quedarse con dicha deformidad	- Hacer una limpia (con flores de jazmín, chon de China, albahaca y gotas de limón) - Pasar un huevo crudo por la cara y cabeza

Fuente: Trabajo de campo.

mal, debido a que se ingieren galletas o incluso, porque se pegan cáscaras en el estómago.

Los tratamientos reportados son: 1) se da un masaje en toda la espalda y se toma la piel con la yema de los dedos dando un jalón firme y rápido quebrando con ello el empacho, después de dicha curación se administra una cucharada de aceite de oliva, 2) se recurre a las curanderas, 3) se realiza una sobada con aceite, hierbabuena y carbonato, 4) se usa manzanilla, hierbabuena y albahaca, 5) aceite de oliva y estomaquil o 6), se “soba” el estómago jalando la piel.

Por otra parte, un aire se puede impregnar en diversas partes del cuerpo (piel, músculo, hueso o sistema respiratorio) causando dolor y enfermedad (véase tabla 3). Sin embargo dicho aire es provocado principalmente por la diferencia de temperatura y viento frío.

En la comunidad el aire es una afección que también deriva de no cubrirse adecuadamente, se adquiere al pasar por fuentes de agua (barrancas, aguas estancadas o tanques grandes), exponerse al viento o aire (en referencia al fenómeno meteorológico), salir en la noche o después de haber comido cierto tipo de alimentos (pollo o huevo, por ejemplo), por los cambios de temperatura, no cubrirse al bañarse (aunado a la entrada de agua en los oídos) y es entendido sólo como creencias que la gente tiene o bien, como un sinónimo de conjuntivitis.

El aire se combate tomando una combinación de flores de jazmín, la hierba conocida como *chon de China*, albahaca y gotas de limón, té de ruda, una muñeca de jarilla pues-

ta en el estómago con alcohol, un trapo de tela y venda, píldoras de éter o hierbas de santamaría y pirúl. En el aire en los ojos se realiza básicamente una limpia con jarilla y ruda, manzanilla y rosa de castilla o el humo de cigarros (cuya parte final del mismo es colocado a un costado de la frente). En el aire en los oídos se usa el humo de un cigarro, el cual es soplado en dicho órgano empleando un cono de papel.

En el enfriamiento del cuello (variante de aire) se utilizan hierbas como altamisa, albahaca, romero y jarilla, y hay continuidad de signos y síntomas (como vértigo o vómito) si éste no es tratado. Aquí se recomienda como medidas de protección el evitar caminar por los lugares donde se encuentra agua estancada.

Finalmente, este malestar sigue siendo reconocido en la comunidad por médicos tradicionales e incluso por habitantes muy jóvenes; algunos de estos últimos siguen recomendando los tratamientos antiguos para atenuar una afección que forma parte, sin duda, de una compleja tradición popular.

En el ejemplo de la caída de mollera se percibe básicamente un hundimiento en el cráneo o se le considera como un sinónimo de deshidratación. El principal tratamiento consiste en meter la cabeza del niño en agua con el fin de que se le suba o se le acomode nuevamente dicha mollera (véase tabla 4).

También sobresale la torcedura de boca, y se origina por pasar en lugares donde hay agua, barrancas, aguas estancadas, pozos, tanques grandes, manantiales o salir rápi-

Tabla 6. El espanto.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Susto - Espanto	- Golpes - Caídas - Una fuerte impresión - Ver como persona tiene una fuerte caída	- Té de ajeno - Magnesita - Comer pan duro - Acudir con un sacerdote para que practique rezos	- Trauma en los niños - Pérdida de apetito - Adelgazamiento - Continuidad del malestar - Diabetes - Insomnio - Muerte	- Seguir los tratamientos recomendados - Tratar de evitar accidentes en niños y adultos

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 7. El embrujo.

Nombre	Causa	Tratamiento	Consecuencias	Prevención
- Embrujo	- Rencor	- Bolsa roja con ajo	- Muerte	- Consulta a brujo
- Magia negra	- Odio	- Un moño rojo		- Cruzarse las venas
	- Envidia	- Cargar un ajo macho		
	- Mala voluntad	- Consultar a un brujo		
	- Venganza			

Fuente: Trabajo de campo.

do después de haber comido ciertos alimentos. Su descuido provoca vértigo, vómitos o problemas relacionados con la visión (observación de rayos de colores por ejemplo) (véase tabla 5).

La protección más común es la ingesta de flores de jazmín, chon de China, albahaca, gotas de limón y/o pasar un huevo crudo por la cara y cabeza de la persona afectada.

En los casos de espanto o susto, los tratamientos más comunes son: el té de ajeno, la magnesita, el comer pan duro o el acudir con un sacerdote para que practique rezos. El origen es atribuido a golpes, caídas, una fuerte impresión y/o el observar que la persona tenga una fuerte caída. La consecuencia inmediata es el trauma en los niños, la pérdida de apetito, el adelgazamiento, la continuidad de la enfermedad, diabetes, insomnio, e incluso la muerte. Se previene siguiendo los tratamientos recomendados y tratando de evitar accidentes en niños y adultos (véase tabla 6).

También existen conceptos sobre *chaneques*, los cuales han derivado sobretodo de gente proveniente del sur del Estado de Guerrero (Coyuca de Benítez, por ejemplo) que radica actualmente en la comunidad. Los chaneques son “niños de seis años con caras de señor” cuyo objetivo principal es el juego y pueden hacer daño en día número non con moretones, golpes o bien seguir a la persona. Se encuentran principalmente en piletas, ríos, pozos de agua, huertos o donde están las hojas grandes. El agua bendita y el rezo, acompañado de un borracho o una prostituta (en el lugar donde han sido vistos los chaneques) son las principales medidas de protección.

La noción de *nagual* también deriva de migrantes provenientes del sur del Estado y se refiere a gente que puede adquirir forma de animales locales (leopardo, venado o aves, por ejemplo). Según la información obtenida es necesario colocar ceniza debajo de la cama al momento de nacer para saber que animal va a ser o bien, colocar un animal preñado. Aquí se considera que si le pasa algo al animal, también le pasará a la persona. Para conseguir protección es necesario enterrar un clavo en medio de la casa “sin que nadie se entere”, rezar en la vivienda, poner ajos en forma de cruz o bien, usar flores rojas, albahaca, agua bendita, un huevo y alcohol.

Para evitar el embrujo o magia negra en la comunidad, se utiliza una bolsa roja con ajo, un moño rojo o se carga un ajo macho. El embrujo o magia negra se realiza por rencor, odio, envidia, mala voluntad, venganza y se considera que la persona afectada puede morir si no se trata con antelación. Se previene básicamente consultando a un brujo o “cruzándose las venas” (unir las venas de los brazos en forma de cruz para que la enfermedad no llegue a la

persona) (véase tabla 7).

En el *aquixtle* (erupción de la piel parecida a quemaduras en forma de llagas) se busca el alivio con una variante de la llamada flor de alhelí; lavando e hirviendo dicha hierba y aplicándola con vendas en forma de cataplasma. Aquí se considera que dicha erupción puede continuar si no se aplica el tratamiento y la causa ha sido relacionada con el microorganismo que provoca el denominado herpes zoster (véase tabla 8).

En la localidad el algodoncillo se refiere a infecciones en la boca, mismas que son tratadas con un hueso seco de guajolote. Si la infección se descuida puede extenderse hasta la garganta, por lo que se previene lavando la boca tres veces al día y usando desinfectante (tabla 8).

En dicha ciudad, existe otro malestar conocido como etika, atribuido a la inflamación del estómago en los niños debido a un susto muy grande. Aquí el alivio llega básicamente dando de comer una rata de campo en caldo (véase tabla 8).

Otra afección que resalta son las protuberancias, abultamientos o bolas debidas a envidia provocadas por gemelos o mellizos. Para conseguir la salud es necesario que uno de los gemelos toque la zona afectada. La muerte o la pérdida del miembro es la consecuencia inmediata más grave si el tratamiento es descuidado.

La denominada púrpura se origina por la exposición a fertilizantes, insecticidas y virus. Para el alivio se recurre principalmente al meticorten o prednisona, y su descuido tiene consecuencias graves, tales como derrames internos, desangramiento, disminución de plaquetas en la sangre o moretones. Como protección se trata de evitar cortaduras o golpes cuando la persona tiene dicha afección (véase tabla 8).

Cierta gente de la comunidad en cuestión considera que un bebé se encuentra enlechado debido al exceso de leche administrada. Aquí se busca el alivio mediante una combinación de tela de cascarón de huevo con leche materna. De su descuido deriva la diarrea en exceso, y se previene alimentando con leche al bebé pero, en un horario equilibrado (véase tabla 8).

Conclusiones

Respecto al término de epidemiología sociocultural, consideramos que la articulación y complementación entre la antropología médica y la epidemiología es una postura que brinda un panorama científico complejo, y un marco alternativo para entender expresiones culturales que se encuentran enmarcadas en el ámbito de la salud (lo que incluye los síndromes de filiación cultural).

Por una parte, el enfoque antropológico proporciona un panorama viable para el análisis de los síndromes de filia-

Tabla 8. Otros síndromes de filiación cultural que son reconocidos en la ciudad.

Síndrome de filiación cultural	Causa	Tratamiento	Consecuencias si no recibe tratamiento	Prevención
- Sangre con toxinas	- Deficiente y mala alimentación - Toxinas que se acumulan en el cuerpo	- Té de muicle - Cambio de alimentación	- Erupciones - Desnutrición - Desequilibrios en la presión arterial	- Equilibrar la alimentación
- Etika	- Emociones - Sustos	- Dar de comer una rata de campo - Evitar sustos en niños pequeños	- Inflamación del sistema digestivo en niños	- Evitar alteraciones nerviosas y sustos
- Algodoncillo	- Infecciones	- Hueso seco de guajolote	- Extensión de la infección	- Baño constante
- Púrpura	- Exposición a fertilizantes - Insecticidas y virus	- Meticorten	- Desangramiento - Derrames internos	- Evitar la exposición a fertilizantes e insecticidas
- Niños enlechados	- Exceso de leche administrada	- Cascarán de huevo con hierbabuena	- Diarrea intensa	- Alimentación adecuada
- Aquiztle	- Virus que provoca el herpes zoster	- Variantes de la flor de alelí	- Continuidad de la erupción	- Evitar desequilibrios nerviosos

Fuente: Trabajo de campo.

ción cultural; rasgos que se encuentran incorporados en una cosmovisión de mundo específica. En el mismo sentido, también se hace necesario el tomar en cuenta datos y técnicas derivadas de la epidemiología, y su vinculación con enfoques alternativos provenientes de las ciencias sociales, con el fin de comprender de mejor manera la complejidad del fenómeno acotado.

Referente a los síndromes de filiación cultural, se confirmó cómo éstos se siguen tratando por médicos tradicionales. Aquí fueron reconocidos sobretodo el mal de ojo, empacho, aire, caída de mollera, susto, envidia, embrujo, sangre con toxinas, *etika*, algodoncillo, púrpura, niños enlechados y *aqiztle*.

El mal de ojo y el empacho son los principales motivos de consulta. Ambos tienen consecuencias graves si se descuida su atención, incluyendo la muerte del paciente.

El susto o espanto también es importante, ya que se considera que puede dañar el sistema nervioso y ocasionar crisis de histeria, o bien, afectar el páncreas provocando diabetes irreversible.

Finalmente, como fue posible confirmar, los síndromes de filiación cultural registrados tienen tratamientos, medidas preventivas, y variadas consecuencias si se descuida su curación, lo que forma parte importante de la estructura e ideología médica que se presenta en esta ciudad turística, ubicada en la Región Norte del Estado de Guerrero.

Bibliografía

Aguirre Beltrán, G. (1980). *Medicina y magia*. México: Instituto Nacional Indigenista-Secretaría de Educación Pública.
Almaguer, J. A., Vargas, V., García Hernán, J. y Ruiz, A.

(2003). *Relación intercultural con la medicina tradicional: manual para el personal de salud*. México: Secretaría de Salud.

Berenzon, S., Ito, E. y Vargas Guadarrama, L. A. (2006). Enfermedades y padeceres por los que se recurre a terapias tradicionales en la ciudad de México. *Salud Pública de México*, 48(1), 45-46.

Gobierno del Estado de Guerrero (2001). Plantas medicinales de Guerrero, 1a parte. *Así somos. Órgano quincenal de información cultural, centro de investigación y cultura de la secretaría de desarrollo social del gobierno del Estado de Guerrero*. 179.

Gobierno del Estado de Guerrero-Secretaría de Desarrollo Social (Junio 1, 2012). *Catálogo de localidades*. Obtenido de: <http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=120550001>

González, L. y Hersch, P. (1993). Aportes para la construcción del perfil epidemiológico sociocultural de una comunidad rural. *Salud Pública de México*, 35(4), 393-402.

Haro, A. J. (2008). Presentación. *Región y Sociedad*, 20(2).

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1998). *Cuaderno estadístico municipal. Taxco de Alarcón, Estado de Guerrero*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2003). *SCINCE 2000*. [CD-Rom]. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

López, A. (1996). *Cuerpo humano e ideología. Las concepciones de los antiguos nahuas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Tomo I.

- López, A. (1984). *Textos de medicina náhuatl*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lozoya, X., Velázquez, G. y Flores, A. (1988). *La medicina tradicional en México. Experiencia del programa IMSS-COPLAMAR, 1982-1987*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Mateos, R. M. (1999). *Medicina y cultura*. México: Plaza y Valdéz.
- Mártinez Hernández, A.I (2008). *Antropología médica*. Barcelona: Editorial Anthropos.
- Menéndez, E. L. (2008). Epidemiología sociocultural: propuestas y posibilidades [Número especial]. *Región y Sociedad*, 20(2), 5-50.
- Menéndez, E. (1992). Modelo hegemónico, modelo alternativo subordinado, modelo de autoatención, caracteres estructurales. En R. Campos (Comp.). *La antropología médica en México*. México: Instituto Mora-Universidad Autónoma Metropolitana. Tomo I.
- Mercado, F. (1996). *Entre el cielo y el infierno. Un estudio sobre la experiencia de diabetes en un barrio popular de Guadalajara*. Tesis de doctorado. México: El Colegio de Michoacán.
- Piedrasanta, R. (s/f). Salud, cultura y migración en áreas rurales: nosología popular y atención de padecimientos frecuentes. Región mixe baja, Oaxaca, México. *Asociación mexicana de población, AC. Investigaciones socio-demográficas en algunas regiones de México*. México: Asociación Mexicana de Población, AC.
- Sepúlveda, M. T. (1988). *La medicina entre los purépechas prehispánicos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Signorini, I. (1989). *Los tres ejes de la vida*. México: Biblioteca Universidad Veracruzana.
- Zolla, C., Del Bosque, S., Tascón, A. y Mellado, V. (1988). *Medicina tradicional y enfermedad*. México: Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social.



Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) en respuesta a la poda y la defoliación.

Dolores Vargas-Alvarez^{1*}

Víctor Alfonso González-Hernández²

Marcos Soto-Hernández³

Efraín Cruz Cruz⁴

Agustín Damián Nava⁵

Francisco Palemón Alberto⁵

¹Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero. Avenida Lázaro Cárdenas s/s, Colonia La Haciendita, Chilpancingo, Gro. C. P. 39090

²Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. km. 36.5 Carretera federal México- Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C. P. 56 230

³Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. km. 36.5, Carretera federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C. P. 56 230

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, campus Zacatepec. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá Oaxca, Morelos. C.P. 68200. Tel +52 (951) 5166181.

⁵Unidad Académica de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Autónoma de Guerrero. Periférico Poniente S/N Colonia Villa de Guadalupe. C.P. 40033, Iguala de la Independencia, Guerrero

*Autor de correspondencia

vdolores@colpos.mx

Resumen

En el presente estudio se evaluaron dos huertas con diferente manejo una defoliada (HD) a finales de diciembre, con suspensión de riego en el mes de noviembre, y la otra con suspensión de riego en el mes de abril y podada en el mes de julio (HSP). Ambas huertas fueron diferentes en área foliar (HD=6m²/árbol y HSP=8m²/árbol), producción (HD=60 kg/árbol y HSP=20 kg/árbol) y acumulación de biomasa en tallo (HD = 2 kg/árbol y HSP 4 kg/árbol), frutos (HD = 6 kg/árbol y HSP = 2 kg/árbol), hojas (HD = 2 kg/árbol) y HSP = 4 kg/árbol), así como las diferentes épocas de producción (HD octubre-diciembre y HSP enero-abril). El fruto de la huerta defoliada presentó un diámetro de 3.6 cm, inferior al de la huerta con poda y sequía que fue de 5.6 cm de diámetro mayor. La cosecha en la huerta defoliada inició en el mes de octubre, y en la huerta con poda y sequía en el mes de enero.

Palabras clave: defoliación, poda, sequía, *Psidium guajava*, biomasa.

Abstract

This study is related with an evaluation of two orchards with different treatments: one defoliated (HD) towards the end of December, with a lack of irrigation since November, and another pruned in July (HSP) with a lack of irrigation since April. Their leaves areas were different, (HD=6 m²/tree and HSP=8 m²/tree). Their accumulation of stem biomass (HD=2 kg/tree and HSP=4 kg/tree). Their fruits weights (HD=6 kg/tree and HSP=2 kg/tree). Their leaf weights (HD=2kg/tree and HSP=4 kg/tree). Their fresh weight of fruits (HD=60 kg/tree and HSP=20 kg/tree). Their phases of

Como citar el artículo:

Vargas-Alvarez, D, González-Hernández, V. A., Soto-Hernández, M., Cruz-Cruz, E., Damián-Nava, A. y Palemón-Alberto, F. (2014). Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) en respuesta a la poda y la defoliación. *Tlamati*, 5(4), 57-63.

production were OD, October-December and ODP, January-April. The fruits attained diameters, OD 3.6 cm and 5.6 cm. The harvest began in OD, October, and ODP in January

Keywords: defoliation, pruning, drought, *Psidium guajava*, biomass

Introducción

México ocupa el segundo lugar en el ámbito internacional en producción de guayaba (*Psidium guajava* L.). La importancia de este cultivo radica en la calidad del fruto (Rathore, 1976) y en sus propiedades medicinales (Lozoya, Meckes, Abou-Zaid, Tortoriello, Nozzolillo y Arnason, 1994), que son características de importancia económica y social. Las prácticas de cultivo que se aplican para lograr mayor rendimiento y calidad de fruto, involucran podas, suspensión de riego y defoliación, entre otras (Ahead y Terrace, 1963; Ortega, 1971). La poda se hace para dar forma de cono al árbol y así captar más radiación fotosintéticamente activa y producir frutos de mayor calidad.

La suspensión de riego provoca detención del crecimiento y cierre estomático, pero también estimula la floración, inmediata al reanudar el riego, lo que permite controlar la época de producción (Munns, 2002). La defoliación también permite regular el tiempo de desfase la producción de frutos, y obtener producción cuando el precio es mayor (Almaguer, Rodríguez y Espinosa, 1997); además, la defoliación promueve la brotación más uniforme de yemas vegetativas y reproductoras. No obstante, la defoliación (Khan, Khan, Ansari y Samiullah, 2002), al igual que el estrés hídrico (Chartzoulakis, Patakas, Kofidis, Bosabalidis y Nastou, 2002), restringe el desarrollo foliar.

El crecimiento y el desarrollo son procesos esenciales en la vida vegetal; y ambos ocurren durante toda la vida de la planta. La expresión y manifestación del crecimiento y el desarrollo depende de la disponibilidad de meristemas, fotosintetizados y reguladores de crecimiento, así como del ambiente (Gardner *et al.*, 1985; Krug, 1999). El crecimen-

to es el resultado de los procesos de división y agrandamiento celular, los cuales requieren de la síntesis de proteínas, carbohidratos, lípidos, etc., y son irreversibles. El desarrollo requiere del crecimiento, agrandamiento y la diferenciación celular. Este último es el proceso de especialización celular (Gardner, Pearce y Mitchell, 1985). La acumulación de biomasa es el resultado del crecimiento, agrandamiento y diferenciación celular. Como indicadores de crecimiento se usan a la acumulación de biomasa, área foliar, diámetro, altura y peso fresco. Aún cuando este último presenta fluctuaciones, es considerado como factor de calidad para algunas flores y frutos.

Una forma conveniente de evaluar el crecimiento de una especie es mediante la cinética de acumulación de biomasa (Dale y Milthorpe, 1983), que en el caso del guayabo es importante por el potencial de producción de ramas y hojas.

En el presente estudio se comparó el crecimiento y comportamiento fenológico del guayabo en dos sistemas de manejo, uno basado en defoliación y el otro con aplicación sequía combinada con poda del árbol.

Materiales y métodos

Como representativas de dos sistemas de manejo, se eligieron dos huertas comerciales, ambas ubicadas en el municipio de Coatepec de Harinas, Estado de México. Una huerta se manejó con un periodo de estrés por sequía. El 8 de abril a junio, seguido de una poda el 2 de julio, con el fin de cosechar frutos entre enero y abril, en diferentes fechas de cosecha cortes. El 18 de diciembre del año anterior al muestreo, en la segunda huerta se aplicó urea 13%

Tabla 1. Desarrollo fenológico de árboles de guayabo de la huerta defoliada.

Periodo	Etapas fenológica	Días después de la brotación vegetativa	Diámetro del fruto (cm)
Abril	Primordio de botón	30	0.15±0.03
Mayo	Botón	60	0.24±0.05
Junio	Botón	90	0.48±0.08
Julio	Amarre de fruto	120	0.6±0.1
Agosto	Cerillo	150	1.11±0.04
Septiembre	Canica	180	1.98±0.3
Octubre	Huevo	210	2.5±0.83
Noviembre	Sazón y Maduro	240	2.8±0.75
Diciembre	Maduro	270	3.3±1.43
Enero	Maduro	300	

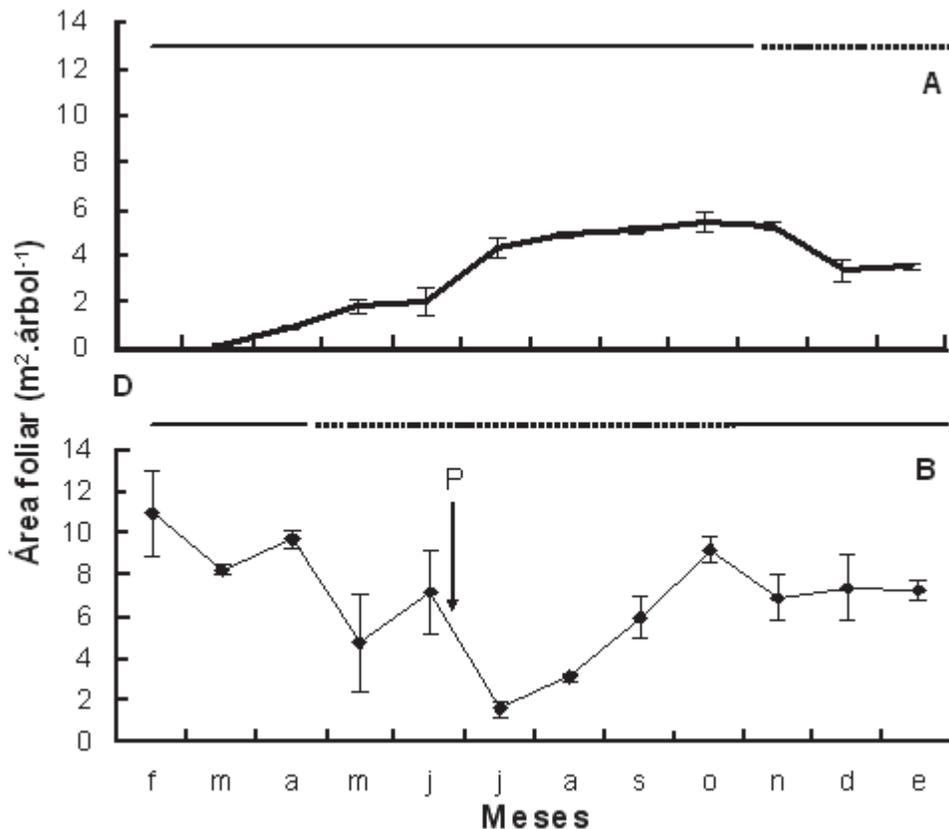


Figura 1. Cinética de crecimiento del área foliar en huerta defoliada (A) y en huerta con poda y sequía (B). P = Poda. ‡ = Desviación estándar; - - - = Sequía; ___ = Riego; D = defoliación. (Los datos son promedios ± desviación estándar; excepto cuando las desviaciones son menores que los símbolos).

(p:v) y cianamida 2% (p:v) como defoliantes, para inducir la producción de frutos de octubre a diciembre en el siguiente año, ésta huerta fue regada desde enero a noviembre.

Ambas huertas tenían una densidad de 600 árboles por hectárea, distribuidos en hileras separadas en 4 m y con 3 m entre árboles. Fueron regados con riego de micro aspersión aplicado cada dos días con un flujo de 40 Litros.ha⁻¹ durante cinco horas.

El análisis de crecimiento se llevó a cabo registrando el crecimiento axial o longitudinal mediante muestras de una rama por árbol y tres árboles por huerta, tomadas cada 30 días. Los datos obtenidos de las ramas fueron extrapolados al árbol completo con base en el porcentaje estimado visualmente que representaba cada rama en la copa, mediante la siguiente fórmula:

$$C = R (100/P)$$

C = Valor extrapolado en el árbol completo

R = Valor observado en la rama

P = Porcentaje estimado de la rama muestreada con respecto a toda la copa.

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Fisiotecnia Vegetal del Colegio de Postgraduados, donde se midió área foliar (cm²) con un integrador electrónico de área LI-3100 (Licor, Inc. Lincoln, NE, EE. UU.) y peso

seco de hojas, órganos reproductores y madera; cada órgano fue secado en una estufa con aire forzado (Precisión 17 GCA Corp.) a 60 °C por 72 horas, y luego pesado en una balanza eléctrica (Explorer 0.01 g, Ohaus Corp., EE. UU.). Los resultados se obtuvieron por triplicado en cada uno de los muestreos.

Los datos fueron analizados con comparación de medias mediante la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.10$) y desviación estándar.

Resultados y discusión

Hubo diferencias en el patrón de desarrollo foliar de los árboles entre las dos huertas. La huerta sometida a los tratamientos de poda y sequía presentó una defoliación natural durante la primavera, atribuible a la sequía, que se aceleró con la poda aplicada en el mes de julio (véase figura 1). El árbol recuperó 91 % del área foliar en solo tres meses después de la poda, para luego disminuir ligeramente entre noviembre y enero debido a la senescencia y caída de hojas residuales que quedaron después de la poda.

En la evaluación realizada en diciembre sobre el crecimiento foliar en la huerta defoliada en el mismo mes, se observa un crecimiento foliar en el que se percibe una curva típica sigmoideal de febrero a noviembre, que declina por efecto de la sequía causada por la suspensión del riego.

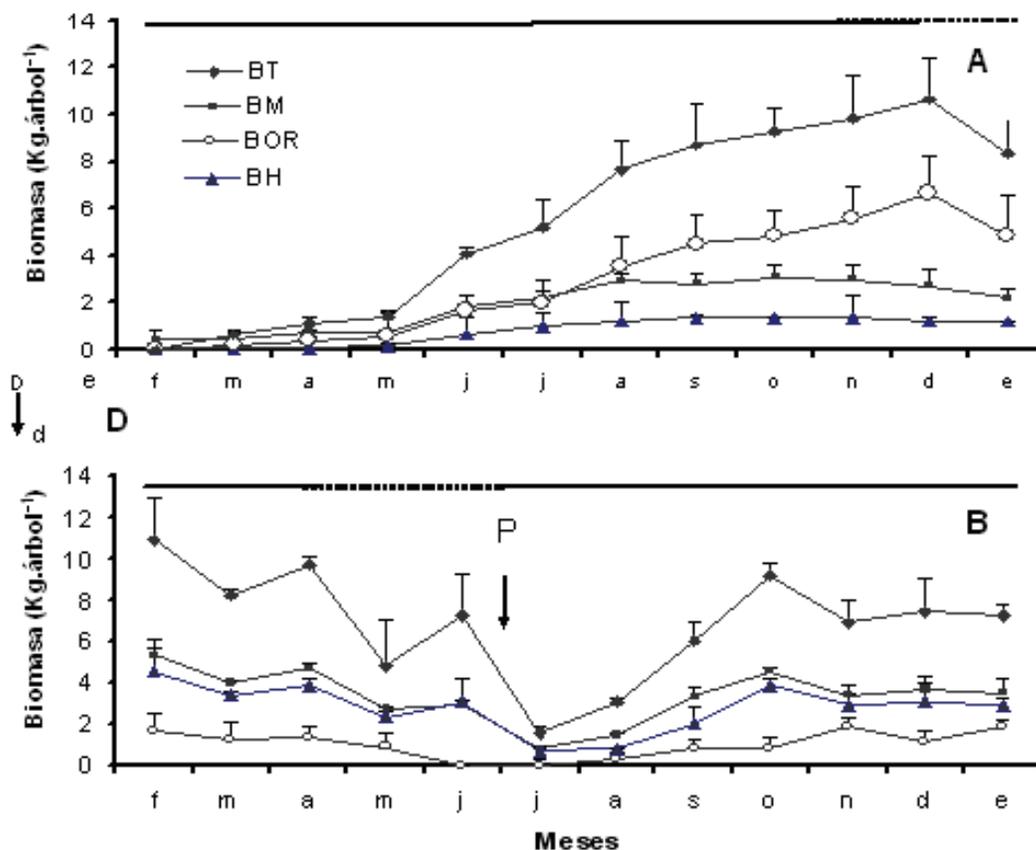


Figura 2. Cinética de acumulación de biomasa en la huerta defoliada (A) y en huerta con poda y sequía (B). BH = Biomasa de hoja; BM = Biomasa de madera; BOR = Biomasa de órganos reproductores; BT = biomasa total; P = Aplicación de poda. \uparrow = Desviación estándar; - - - = Sequía; ___ = Riego; D = Aplicación de defoliante. (Los datos son promedios \pm desviación estandar., excepto cuando las desviaciones son menores que los símbolos. La defoliación altera diferentes procesos como el cambio de color en brotes nuevos (Raymond, 1998); además la alteración del metabolismo primario subsecuentemente altera el metabolismo secundario, como la ruta biosintética de fenoles (Keinanen et al., 1999), y el balance hormonal se afecta con la acumulación de auxinas y etileno que promueven la floración (Khan et al. 2002; Leite y Muller 1983). Almaguer et al. (1997), Singh et al. (1994) y Shigeura et al. (1975), afirmaron que la defoliación produce uniformidad en la producción y acorta el periodo de cosecha

En la huerta defoliada, el área foliar (5 m^2) fue menor que la otra huerta, tal vez por que el árbol defoliado sólo se recupero a expensas de las reservas acumuladas en el tallo y la raíz. En la huerta con poda y sequía, la máxima área foliar fue más del doble (11 m^2) que la huerta defoliada. Después de la poda, 2 m^2 de área foliar permanecieron en la huerta, por lo que su recuperación fue más rápida (4 meses), y alcanzó su máxima área foliar en octubre. En contraste, después de la defoliación, la huerta obtuvo su máxima área foliar a los 11 meses.

La suspensión de riego en ambas huertas y en diferentes periodos ocasionó la defoliación natural de los árboles, lo que coincide con Almaguer et al. (1997), quienes observaron que los intervalos cortos de sequía ocasionan defoliación parcial al árbol de guayabo, y la entrada a quiescencia. Los resultados también concuerdan con el comportamiento de otras especies como mostaza (*Brassica juncea*) (Khan y Samiullah, 2000; Khan et al. 2002), y coliflor (*Brassica oleracea*), en los que la defoliación disminuye su

biomasa vegetativa pero incrementa la de la flor (Van den Boogaard y Thorup-Kristensen 1999, Van Den Boogaard, Grevsen y Thorup-Kristensen, 2000; Skimmer, Morgan y Hanson, 1999).

La huerta con poda y sequía presento una defoliación natural en el mes de mayo, al segundo mes de haber suspendido el riego. En el mes de junio, con el inicio de las lluvias, creció de nuevo el área foliar debido a que el guayabo puede desarrollar yemas vegetativas y reproductoras todo el año en condiciones climáticas benignas (Lederman, Ferreira, Alves y Fernandes, 1997),

La huerta defoliada presentó un abatimiento del área foliar en los tres últimos meses del año, lo cual se atribuye a la suspensión del riego. La sequía inducida por la reducción en el suministro de agua y las temperaturas bajas que prevalecen en la zona de estudio, más el invierno, ocasionó la defoliación natural (Singh, Singh y Singh, 1994; Khan et al., 2002). El estrés hídrico ocasiona la detención del crecimiento y alteraciones biológicas como el cierre estomático,

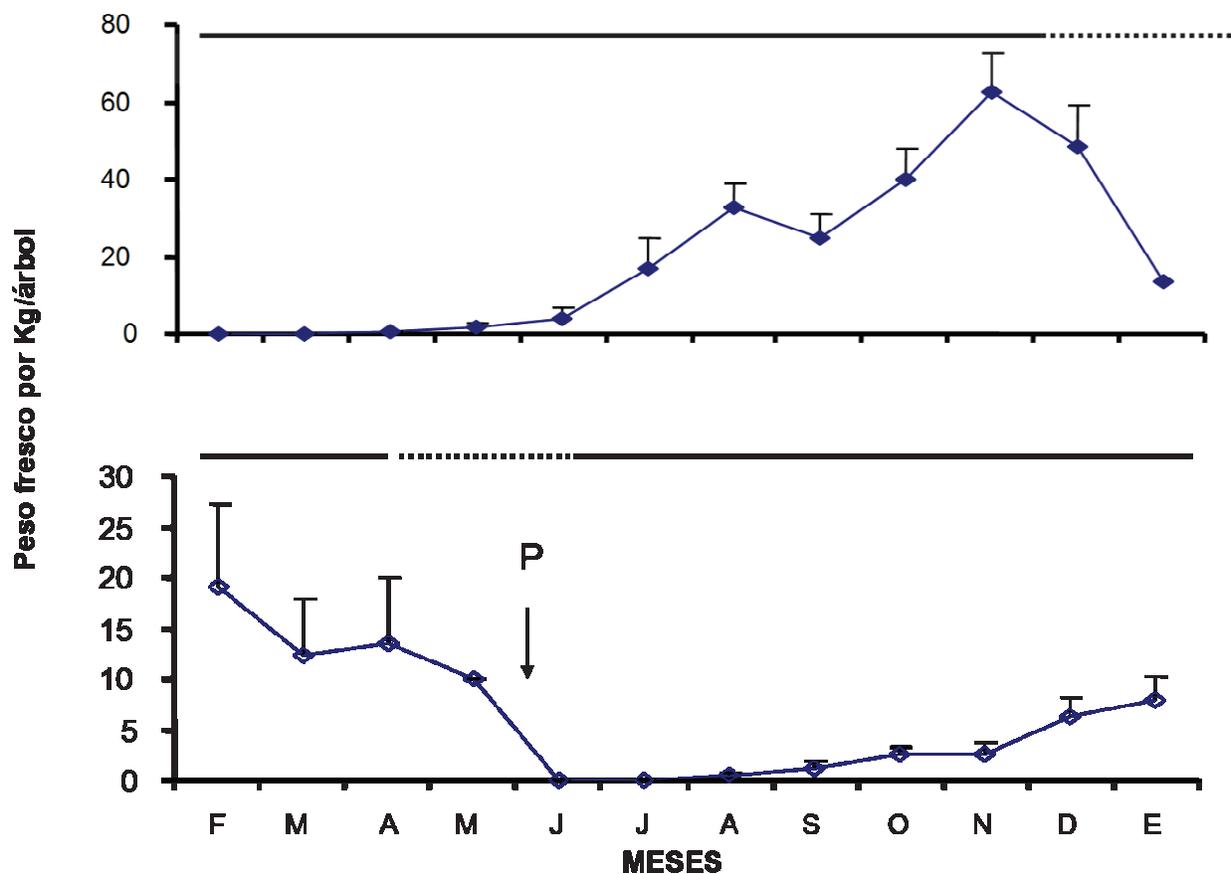


Figura 3. Rendimiento de fruto en la huerta defoliada (A) y la huerta con poda y sequía (B). En la huerta con poda y sequía, la época principal de cosecha de fruto fue en febrero, con un rendimiento máximo de 20 kg.árbol⁻¹; en cambio, en la huerta sometida a defoliación el máximo rendimiento de fruto (60 kg.árbol⁻¹) se alcanzó en noviembre

Tabla 2. Desarrollo fenológico de árboles de guayabo de la huerta podada y sometida a sequía.

Periodo	Etapa fenológica	Días después de la poda	Diámetro de fruto (cm)
Julio	Botón	18	nd
Agosto	Amarre de fruto	58	1.98±0.05
Septiembre	Cerillo	90	2.98±0.2
Octubre	Canica	120	3.8±0.16
Noviembre	Huevo	150	4.6±0.23
Diciembre	Sazón	180	5.61±0.3
Enero	Maduro	210	5.92±0.03

nd: no detecto

disminución de la transpiración y menor actividad fotosintética (Bingham, Panico y Stevenson, 1996), si el periodo de sequía es largo puede provocar incluso el fin de toda actividad fisiológica y la muerte celular (Munns, 2002).

Las cinéticas de la acumulación de materia seca de las dos huertas coinciden con sus respectivos patrones cinéticos de área foliar.

En la huerta defoliada, cuyo patrón de crecimiento fue sigmoidal en todos sus órganos y en la biomasa total, los mayores valores se alcanzaron en diciembre, 10 meses después de reanudar el crecimiento (véase figura 2). La producción de órganos reproductores también alcanzó máximo valor (60 kg por árbol), en diciembre y representó 57% de la biomasa total.

En la huerta sometida a sequía (iniciada en abril) y posterior poda (julio), se observó una notoria reducción en la biomasa residual de la planta y sus órganos, que se redujo notoriamente en julio. En esta huerta, la máxima asignación de biomasa a los órganos reproductores (2 kg/árbol) ocurrió en febrero (véase figura 2) y apenas representó 16 % de la biomasa total. Es decir, este manejo de huerta favoreció el crecimiento foliar y de madera, pero disminuyó en órganos reproductores.

En las dos huertas ocurrieron los mismos eventos fenológicos del desarrollo reproductor, pero en diferentes épocas (véanse tablas 1 y 2). Así, la huerta defoliada tardó 270 días en producir, mientras que ese proceso duró 210 días en la huerta con poda y sequía. En la huerta con poda y sequía el fruto fue de mayor diámetro y longitud que la huerta defoliada en el primer flujo de producción. De hecho, los frutos de la huerta con poda y sequía se clasifican en calidad primera extra (Normand y Habid, 2001; Esfrain y D' Araujo, 1997), mientras que los de la huerta defoliada se clasifican como de primera y segunda calidad. La calidad de fruto no sólo depende del tamaño, sino también del contenido de sólidos solubles y acidez, características que también pueden ser alteradas por la época de cosecha y el manejo de la sequía (Verreynne, Rabe y Theron, 2001; Rathor, 1976; Ortega, 1971).

Conclusiones

La huerta con poda y sequía y la huerta defoliada presentaron diferencias en el área foliar, peso seco de tallo, hoja, fruto; adicionalmente las épocas de cosecha fueron diferentes, lo que amplía el periodo en el mercado.

Fisiológicamente el manejo de la huerta defoliada fue más eficiente en la producción de frutos que la huerta con poda y sequía.

La huerta con poda y sequía presentó mayor área foliar, mientras en la defoliada fue menor y mayor producción de frutos de menor calibre; mientras que la huerta con poda y sequía fue menor pero de mayor calibre. Las épocas, cantidades y calidades están definidas por ellas mismas y el precio del fruto.

Referencias

Ahead, S. y Terrace, M. (1963). Some studies on fruit bud formation in guava (*Psidium guajava* L.). *Journal Agricultural Research*, 2, 84-92.

Almaguer V. G., Rodríguez, J. y Espinosa J. (1997). Forced production of guava in México. *Acta Horticulturae*, 452, 77-93.

Bingham, J. J., Panico A., y Stevenson E. A. (1996). Extension rate and respiratory activity in growth zone of wheat roots: time course for adjustments after defoliation. *Physiology Plantarum*. 98, 201-209.

Chartzoulakis, K., Patakas A., Kofidis G., Bosabalidis A., y Nastou, A. (2002). Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae*, 95, 39-50.

Dale, J. E. y Milthorpe F. L. (1983). The Growth and Functioning of Leaves. *Cambridge University Press*. 489-497.

Esfrain, P. W. y D' Araujo C. F. A. (1997). Stem and fruit growth of six guava tree (*Psidium guajava* L.) cultivars under soil water stress conditions. *Acta Horticulturae*. 452, 87-93.

Gardner, F. P., Pearce R. B. y Mitchell R. L. (1985). Physiology of crop plants. *Iowa State University Press. Ames, U.S.A.* 327 p.

IDE D.C. y Peres, L. M. (1997). Response of guava *Psidium guajava* L. cv *Paluma* to three levels of nitrogenous and potash fertilization at first production. *Acta Horticulturae*. 452, 101-105.

Keinanen, M., Julkunen-Tiitto R., Mutikainen P., Walls M., Ovaska-J. J. y Vapaavuori, E. (1999). Trade-offs in phenolic metabolism of silver birch: effects of fertilization, defoliation, and genotype. *Ecology* 80, 1970-1986.

Khan, N. A., Khan M., Ansari H. R. y Samiullah, N. A., (2002). Auxin defoliation effects on photosynthesis and ethylene evolution in mustard. *Scientia Horticulturae*. 95, 43-51.

Khan, N. A. y Samiullah, N. A. (2000). Response of mustard (*Brassica juncea* L.) applied nitrogen with or without ethrel sprays under non-irrigated conditions. *Journal Agronomic Crop Science* 84, 63-66.

Lederman, I. E., Ferreira S. M., Alves A. M. y Fernandes J. B. (1997). Selection of superior genotypes of brazilian guava (*Psidium guineense*, Swartz) in the coastal wood forest region of northeast Brazil. *Acta Horticulturae* 452, 95-100.

Leite, R. M. y Muller, M. W. (1983). Effect of defoliation on the phenological behavior of shaded and unshaded cacao trees. *Rev. Theobroma*. 13, 203-210.

Lozoya, X., Meckes M., Abou-Zaid M., Tortoriello J., Nozzolillo C. y Arnason J.T., (1994). Quercetin glycosides in *Psidium guajava* L. Leaves and determination of a spasmolytic principle. *Archive of Medical Research*. 25, 11-15.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*. 25, 239-250.

Normand, F. y Habib, R., (2001). Phenology of strawberry guava (*Psidium cattleianum*) in Réunion Island. *Journal Horticulture Science Biotech*. 76, 541-545.

Ortega, O. (1971). Relación entre la fecha de inicio de riego y fecha de floración y fructificación de la guayaba en Calvillo, Ags. *Revista Fitotecnia* 2, 34-35.

Rathore, D. B. (1976). Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *Journal Horticulture Science*. 51, 41-47.

Raymond, C. A. (1998). Role of leaf development and colour change in differential defoliation of *Eucalyptus regnans* families by the leaf eating beetle *Chrysophtharta bimaculata* (Olivier). *Forest Ecology and Management* 109, 75-84.

- Shigeura, G. T.M, Bulloch, R. M. y Silva, J. A., (1975). Defoliation and fruit set in guava. *Hortscience* 6, 590.
- Singh, G., Singh, A. K. y Singh, G., (1994). Urea-induced defoliation and subsequent yield in guava. *Fertilizer News*. 39, 39-41.
- Skimmer, R. M., Morgan, J. A. y Hanson, J. D., (1999). Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: nitrogen elevated CO₂ effects. *Crop Science*, 39, 1749-1756.
- Van Den Boogaard, R., Grevsen, K. y Thorup-Kristensen, K., (2000). Effects of defoliation on growth of cauliflower. *Scientia Horticulturae*, 91, 1-16.
- Van Den Boogaard, R. y Thorup-Kristensen, K., (1999). The effect of defoliation on phenological development and yield in cauliflower. *Journal Horticulture Science Biotechnology*, 74, 269-275.
- Verreynne, J. S., Rabe, E. y Theron, K. I., (2001). The effect of combined deficit irrigation and summer trunk girdling on the internal fruit quality of Marisol Clementines. *Scientia Horticulturae*, 91, 25-37.



La necesidad de implementar la Educación Ambiental (EA) en el plano de la educación formal.

Ramón Bedolla Solano¹

José Luis Aparicio López²

Adriana Miranda Esteban³

¹Unidad Académica de Sociología, Universidad Autónoma de Guerrero. Dirección: Paseos de la Cañada s/n, Infonavit Alta Progreso, Acapulco, Guerrero. C. P. 39610. Tel: +52 (744) 4455129.

²Unidad Académica de Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero. Los Pinos s/n, Col. El Roble. Acapulco, Guerrero, C. P. 39640.

³Unidad Académica de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Guerrero. Nicolás Catalán No.48 Col. Centro, Chilpancingo, Guerrero. C. P. 39010. Tel. +52 (747) 4719310

*Autor de correspondencia

rabedsol@hotmail.com

Resumen

La Educación Ambiental (EA) actualmente denominada Educación para el Desarrollo Sostenible, desde antes de su surgimiento, ya había sido empleada como método pedagógico por algunas instituciones, para promover la conciencia y la reflexión en las personas sobre el cuidado y preservación de los recursos naturales. A partir de 1972, la necesidad es mayor, los organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), sugieren a los gobiernos de los países implementarla en las escuelas. En el plano de la educación formal la EA ha atravesado por ciertos enfoques para su desarrollo (naturalista, ecologista y ambientalista), tanto el naturalista como el ecologista se basan en el cuidado de la naturaleza, el ambientalista es más completo, abarca lo ambiental y las relaciones de los sectores sociales, para que se logre la sustentabilidad de una región. Actualmente en el campo de la educación escolarizada, se opta por este enfoque.

Palabras clave: problemática ambiental, educación ambiental, educación formal, sustentabilidad

Abstract

Environmental Education (EE) now called Education for Sustainable Development (ESD), since before its inception, had been used as a teaching method at some academic institutions, in order to promote awareness and reflection in people about the care and preservation of natural resources. Since 1972, this need of teaching ESD is greater, as international agencies such as the United Nations Environment Program (UNEP), suggest to implement it in schools to governments of the countries. In terms of formal education EE has gone through certain approaches to development (naturalist, ecologist and environmentalist), both the naturalist and the ecologist based in the care of nature, the environmentalist is more comprehensive, covering environmental and relations of social sectors, to get the sustainability of a region. Currently in the field of school education, they opt for this approach.

Keywords: Environmental issues, environmental education, formal education, sustainability

Como citar el artículo:

Bedolla Solano, R., Aparicio López, J. L. y Miranda Esteban, A. (2014). La necesidad de implementar la Educación Ambiental (EA) en el plano de la educación formal. *Tlamati*, 5(4), 64-69.

Introducción

Desde hace ya varias décadas en el mundo se han presentado problemáticas que han impactado de manera negativa en el medio ambiente, entre éstas se mencionan: la explotación y uso de los recursos naturales, contaminación de suelos, ríos, aire, explotación de animales; Éstos a su vez y desde aquel momento, ocasionaron otras problemáticas como son la destrucción de la capa de ozono, calentamiento de la tierra, desertificación, contaminación atmosférica, contaminación de los océanos, pérdida de la diversidad de algunas especies de animales, etc. En la actualidad estos problemas han ido evolucionando de manera constante y lo peor, es que el ser humano ha sido el actor principal, por diversas razones, una de ellas es seguir sobreviviendo en el mundo donde se encuentra, pero se vale justificar que tal vez estos hechos se han venido realizando de manera consciente o inconsciente, aunque en la actualidad tenemos que utilizar un sentido responsable, evitando así seguir afectando a nuestra casa, que es el planeta tierra. En las últimas décadas del siglo XX, existió la preocupación mundial entre los gobernantes de diferentes países para tratar estas cuestiones que iniciaron aquejando al planeta y con ello, se trataron de establecer algunas estrategias, las primeras fueron de tipo conservadoras, es decir, estaban enfocadas en controlar o a prevenir estos asuntos a través de la conservación de los recursos, pero también haciendo uso de ellos, para obtener sus beneficios; La visión de estas medidas fueron de tipo mercantilistas, seguir beneficiando al mercado y consumo, es decir, poco se contribuía al desarrollo sustentable del entorno, sin embargo durante el paso de los años, con las reuniones realizadas en diferentes partes del mundo, y como iniciativa de los países subdesarrollados, el enfoque conservador fue criticado, quedando con ello, que las estrategias o acciones que se realizaran tenían que tener un enfoque del desarrollo sustentable o sostenible, ¿Qué es el desarrollo sustentable o sostenible?: El concepto de desarrollo sustentable es el resultado de la creciente percatación de los vínculos globales entre problemas ambientales, cuestiones socioeconómicas, para hacer con la pobreza y la inequidad y la preocupación de un futuro saludable para la humanidad. Vincula fuertemente al medio ambiente y las cuestiones socioeconómicas (Hopwood, 2005).

Una de las reuniones más conocidas a nivel mundial y que tuvo como finalidad atender el deterioro ambiental, fue la Conferencia de las Naciones Unidas: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en Estocolmo, Suecia (1972). Tuvo lugar en junio de 1972, fue el evento que convirtió al medio ambiente en un tema de relevancia a nivel internacional. La conferencia reunió tanto a países desarrollados como en desarrollo, aunque debe señalarse que la entonces Unión Soviética y la mayoría de sus aliados no asistieron. La Conferencia de Estocolmo emitió una Declaración de 26 Principios y un plan de acción con 109 recomendaciones. Se fijaron algunas metas específicas: una moratoria de diez años a la caza comercial de ballenas, la prevención de descargas deliberadas de petróleo en el mar a partir de 1975, y un informe sobre los usos de la energía para 1975. La Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano y sus Principios formaron el primer cuerpo de una «legislación blanda» para cuestiones internacionales relativas al medio ambiente. Los principios se parafrasean libre-

mente en el recuadro pertinente. La conferencia también definió al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como “la conciencia ambiental del sistema de las Naciones Unidas” (Nebbia, 2002).

A raíz de esta reunión surgen organismos como, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1972, el Programa Internacional en Educación Ambiental (PIEA) en 1975, para trabajar en favor del medio ambiente. Como inquietud por resolver problemas de esta naturaleza y tomando como base la reunión llevada a cabo en Estocolmo, Suecia en 1974, en Cocoyoc, México, se desarrolló el Simposio conducente la Declaración de Cocoyoc, en 1975 en Belgrado, Yugoslavia se organizó el Taller Internacional de Educación Ambiental por el PNUMA y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en 1977 en la ciudad de Tbilisi, Georgia en la extinta URSS, se llevó a cabo una reunión para crear el corpus teórico de la Educación Ambiental, en 1992 en Rio de Janeiro, Brasil, se llevó a cabo la Conferencia de Rio Janeiro, para discutir asuntos relacionados al medio ambiente, así como también de la Educación Ambiental, en el año 2002 en Johannesburgo en Sudáfrica se realizó la reunión, Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, el objetivo de la misma fue apoyar los compromisos globales para alcanzar el desarrollo sustentable y contribuir con la minimización de la pobreza en el mundo. Otro dato que es importante subrayar, y que ha surgido con base en estas reuniones y acuerdos en beneficio del medio ambiente son: la designación del 5 de junio como Día Mundial del Medio Ambiente, la Educación Ambiental, la parte jurídica (el derecho ambiental). Una de las estrategias más significativas que desde el primer momento se consideró para resarcir el daño al medio ambiente fue el de promover un sentido más crítico y responsable en el individuo, de tal manera que este fuera más consciente en el cuidado de los recursos que la naturaleza nos ofrece. Para este fin, surge la Educación Ambiental.

Pero ¿Qué es la Educación Ambiental?:

Según Fausto Chagollán (2006), hace referencia a la manera como debe definirse la Educación Ambiental (EA) y menciona que esta no es un campo de estudio como la química, física, biología, o ecología. Que EA, es un proceso y que en realidad el término sería Educación para el Desarrollo Sostenible porque es más comprensible y específico, lo cual evitaría confusiones, ya que indica claramente el propósito del esfuerzo educativo: educación sobre el desarrollo sostenible, el cual es en realidad la meta de la Educación Ambiental. De hecho, el Consejo sobre Desarrollo Sostenible (del Presidente Clinton, Estados Unidos) sugirió que la Educación Ambiental está evolucionando hacia una educación para la sustentabilidad, que tiene un gran potencial para aumentar la toma de conciencia en los ciudadanos y la capacidad para que ellos se comprometan con decisiones que afectan sus vidas. El mismo autor, en esta misma obra cita diferentes definiciones de EA de otros autores, pero estas están enfocadas solamente al ámbito del cuidado ecológico, como por ejemplo: “La educación ambiental, en un sentido amplio, incluyendo la concientización y el entrenamiento, provee el complemento indispensable de otros instrumentos del manejo ambiental” N. J. Smith-Sebasto (1997) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos define a la

EA, como “Es el proceso de reconocer valores y aclarar conceptos para crear habilidades y actitudes necesarias que sirven para comprender y apreciar la relación mutua entre el hombre, su cultura y el medio biofísico circundante”.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, define que la EA, “Es una educación que prepara individuos de todas las edades, de todos los niveles, en organización formal e informal, para que tomen conciencia y se interesen por el medio ambiente y sus problemas asociados, y trabajen a favor de la solución de los problemas ambientales y la prevención de los nuevos que aparezcan”. Tomando como referencia de que la EA tiene como propósito las cuestiones ambientales y socioeconómicas para lograr el desarrollo sustentable; el mismo autor hace mención que la Educación Ambiental, es:

- Un proceso que incluye un esfuerzo planificado para comunicar información o suministrar instrucción.
- Un proceso basado en los más recientes y válidos datos científicos al igual que en el sentimiento público prevalente.
- Un proceso diseñado para apoyar el desarrollo de actitudes, aptitudes, opiniones, creencias y valores.

El apoyo de la adopción sostenida de conductas que guíen tanto a los individuos como a los grupos para que vivan sus vidas, crezcan sus cultivos, fabriquen sus productos, compren sus bienes materiales, se desarrollen tecnológicamente, etc., de tal manera que minimicen lo más que sea posible la degradación del paisaje original o las características geológicas de una región, y que disminuyan la contaminación del aire, agua o suelo, y la depredación de plantas y animales. En otras palabras, la Educación Ambiental nos enseña a continuar con el desarrollo, al mismo tiempo que se protegen, preservan y conservan los sistemas que representan y son el soporte vital del planeta. Esta es la idea detrás del desarrollo sostenible. Parece curioso el hecho que tengamos que enseñar a la población y, especialmente a los gobernantes que tienen el poder en la toma de decisiones, como desarrollar las diferentes actividades del hombre en sus dimensiones económica, tecnológica, política, cultural, social y ambiental. Pero existen antecedentes y razones suficientes para creer que la mayoría de las personas y dirigentes del planeta no comprenden el impacto que muchos comportamientos (actividades) de la especie humana han generado y están generando sobre el ambiente.

Destacando la importancia de promover conciencia en los seres humanos por el cuidado y preservación de los recursos naturales, el no deterioro del medio ambiente y aunado a ello el desarrollo sustentable que involucra las cuestiones socioeconómicas y ambientales, desde un primer momento, los organismos o instituciones que se crearon a nivel mundial, tenían por mandato diseñar estrategias que promovieran información significativa, a través de la educación ambiental entre la población y los gobernantes. Tal es el caso de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) creado en 1972 y el Programa Internacional en Educación Ambiental (PIEA) creado en 1975. En 1942, en plena Segunda Guerra Mundial, los gobiernos de los países europeos que enfrentan a la Alemania nazi y sus aliados se

reunieron en Inglaterra en la Conferencia de Ministros Aliados de Educación (CAME). La guerra está lejos de terminar, pero los países se preguntan ya sobre la manera en que van a reconstruir los sistemas educativos una vez restablecida la paz. Muy rápidamente este proyecto crece y adquiere una dimensión universal. Nuevos gobiernos deciden participar, entre ellos el de los Estados Unidos de América. La UNESCO obra por crear condiciones propicias para un diálogo entre las civilizaciones, las culturas y los pueblos fundado en el respeto de los valores comunes. Es por medio de este diálogo como el mundo podrá forjar concepciones de un desarrollo sostenible que suponga la observancia de los derechos humanos, el respeto mutuo y la reducción de la pobreza, objetivos que se encuentran en el centro mismo de la misión y las actividades de la UNESCO. Todas las estrategias y actividades de la UNESCO se sustentan en las ambiciosas metas y los objetivos concretos de la comunidad internacional, que se plasman en objetivos de desarrollo internacionalmente acordados, como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Por ello, las competencias excepcionales de la UNESCO en los ámbitos de la educación, la ciencia, la cultura y la comunicación e información contribuyen a la consecución de dichas metas. La misión de la UNESCO consiste en contribuir a la consolidación de la paz, la erradicación de la pobreza, el desarrollo sostenible y el diálogo intercultural mediante la educación, las ciencias, la cultura, la comunicación y la información. La Organización se centra particularmente en dos grandes prioridades: en África; la igualdad entre hombres y mujeres y en una serie de objetivos globales. Lograr la educación de calidad para todos y el aprendizaje a lo largo de toda la vida; movilizar el conocimiento científico y las políticas relativas a la ciencia con miras al desarrollo sostenible; abordar los nuevos problemas éticos y sociales, promover la diversidad cultural, el diálogo intercultural y una cultura de paz; construir sociedades del conocimiento integradoras recurriendo a la información y la comunicación (UNESCO, 2014). Aunque la UNESCO tuvo sus orígenes de iniciación en 1942, y por consiguiente que su labor es la de conducir los sistemas educativos y políticas en esta materia en el mundo, a partir de 1972 refuerza también las estrategias que se tenían que llevar a cabo para hacer conciencia en las personas acerca de la problemática ambiental. Por tal razón apoya al PNUMA en asuntos de educar sobre el uso inteligente de los recursos naturales y juntos UNESCO y PNUMA crean el PIEA. Es conveniente hacer mención a detalle de estos organismos internacionales que apoyaron desde un primer momento a implementar medidas sobre prevención, control y cuidado de los recursos naturales.

El PNUMA, establecido en 1972, es la voz para el medio ambiente dentro del sistema de Naciones Unidas. El PNUMA es defensor, educador, catalizador y facilitador de la promoción del uso inteligente de los activos naturales del planeta para el desarrollo sostenible. Los principales objetivos del PNUMA son: servir como defensor autorizado del medio ambiente mundial, desarrollar instrumentos para el medio ambiente nacionales e internacionales, fortalecer las instituciones para la gestión eficaz del medio ambiente. Su misión es proporcionar liderazgo y animar a la asociación para el cuidado del medio ambiente a través de inspirar, informar y permitir a las naciones y las personas mejorar su calidad de vida sin comprometer la de las futu-

ras generaciones y su mandato es ser la máxima autoridad mundial sobre el medio ambiente que establece una agenda, que promueve una implementación coherente de las dimensiones medio ambientales del desarrollo sostenible dentro del sistema de Naciones Unidas y que sirve como un defensor autorizado del medio ambiente mundial (UNEP, 2012).

En 1975 la UNESCO en cooperación con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA pusieron en marcha el Programa Internacional de Educación Ambiental PIEA, este programa operó hasta 1995, cuando el PNUMA suspendió su contribución a la UNESCO para la operación del mismo. El PIEA tuvo como foco desarrollar una toma de conciencia y comprensión de la magnitud de los problemas ambientales en toda su complejidad, para inducir una acción responsable de la ciudadanía en la prevención y solución de dichos problemas, trazándose objetivos a formular la teoría de la EA; integrarla en el sistema escolar y en la educación no formal considerando las características de la población; desarrollar programas y proyectos educativos; formar en EA al personal docente, en formación y en servicio; desarrollar recursos educativos, materiales didácticos y medios audiovisuales; promover la investigación, la experimentación, y la evaluación, así como establecer un sistema de intercambio y difusión de la información (UNESCO, 1990b: 215-216 en González, 2009).

Estos organismos fueron los primeros en el mundo que implementaron estrategias para contrarrestar los efectos adversos del medio ambiente, y por lo tanto entre sus metas, se destacaba el papel de la educación. Actualmente, algunos de ellos permanecen vigentes y su labor hoy en día sigue siendo casi similar, como lo es el caso del PNUMA por ejemplo, su propósito actual es promover una Educación Ambiental que garantice en desarrollo sustentable en la población, en un contexto internacional; es decir, estos organismos sugieren a los países y gobernantes políticas sobre el desarrollo social, y para ello se pretende el cuidado inteligente y preservación de los recursos naturales. Los diversos problemas ambientales que han venido afectando al mundo, en especial a Latinoamérica y a nuestro país, la Educación Ambiental (EA) llega a ser una actividad de suma importancia. Tal vez el hecho de promover conciencia en las personas, no resuelva esta problemática, pero si al implementar conocimientos, habilidades destrezas y valores, se logre promover conductas favorables, desarrollar estrategias, cultura, etc. en favor del medio ambiente y con ello se logre minimizar o en su caso erradicar algunos de esos problemas. Todo mundo necesita de los recursos naturales. El medio ambiente es y ha sido siempre importante para que la vida exista en la faz de la tierra, sin aire no podemos respirar y morimos, sin agua nos moriríamos de sed, etc. La alteración del medio ambiente repercute en el ser humano, si se contamina el suelo, se provoca la sequía o la desertificación, entonces se pueden causar enfermedades u otros problemas relacionados, como por ejemplo, si se altera el clima en una zona en donde habita el mosquito *Aedes aegypti* que transmite el dengue y éste por cuestiones de emigración tiene que buscar una zona propicia para su hábitat y reproducción y encuentra de la misma manera una región que después de ser fría se convierte en una zona con temperatura propicia para el mosquito, éste se quedará en dicho lugar, con ello se entendería que si hay

personas ahí, más adelante podrían llegar a enfermarse de dengue. Con este ejemplo se comprende que la Educación Ambiental actualmente forma el sentido crítico y reflexivo en las personas y ello contribuye en el desarrollo sustentable de una región. La sustentabilidad se va a dar cuando se integra lo ambiental y las cuestiones socioeconómicas pero de manera racionalizada, teniendo en cuenta que es necesario pensar antes de actuar, ejemplo de ello, “si corto un árbol, siembro otro”. Para resarcir la problemática ambiental en otros países y especialmente en los de Europa, la Educación Ambiental fue implementada por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, por asociaciones civiles, por instituciones y universidades, ésto a raíz de sugerencias que proporcionaron los organismos o instituciones que se crearon a partir de 1972. Cuando se dice que la Educación Ambiental fue incorporada por instituciones educativas, universidades, etc., que imparten una educación organizada u oficial en un país, se habla de una Educación Formal. Las instituciones que ofrecen una educación formal en estos países, implementaron en sus planes de estudios la dimensión ambiental, con el objetivo de que en todos los niveles educativos comprendieran el cuidado y preservación de los recursos naturales y contribuyeran de una manera con propuestas sustentables del entorno. La Educación Formal es la escolarizada y la imparten las instituciones educativas que siguen un currículum o programa oficial, como por ejemplo en México, la Universidad Autónoma de Guerrero.

La Educación Formal en este sentido, es todo aquel proceso de enseñanza e instrucción impartido dentro de una institución (escuela, colegio, universidad), sustentada dentro de una praxis legal-institucional, destinada a favorecer a una clientela minoritaria en relación a la constelación o universo representado por una realidad concreta, con métodos y prácticas de trabajo que requieren de variadas condiciones que la gran mayoría por las mismas causas del subdesarrollo, no pueden reunir. En nuestro país, al igual que en otros países, la Educación Ambiental, se desarrolla en el contexto de la educación formal (en programas oficiales que ofrecen escuelas y universidades). También al igual que en otros países, se desarrolla o lleva a cabo de otras maneras, como por ejemplo, grupos y organizaciones civiles (educación no formal) o cuando se aprende interactuando en la casa, con los amigos, etc. (educación informal). La incorporación de lo ambiental al sistema escolarizado: Son esfuerzos para incorporar contenidos ambientales -conocimientos, actitudes, valores, y/o destrezas- a la educación formal, vía el currículum, los materiales (por ejemplo libros de texto), o los métodos de enseñanza, desde los niveles básicos de enseñanza hasta el posgrado (Nieto, 2001). Los enfoques que se dieron en un primer momento fueron diferentes a los actuales, es decir aprender para cuidar el medio ambiente (antes), cuidar el medio ambiente para lograr la sustentabilidad en el contexto social (ahora), esto significa que a través de la Educación Ambiental hoy en día, se garantiza el desarrollo sustentable y las instituciones educativas deben trabajar sobre ello.

El Consejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAM), da a conocer que el concepto de ambiente ha ido evolucionando a través del tiempo y como consecuencia, los enfoques de Educación Ambiental, por lo tanto las instituciones educativas centran su atención en tres enfoques: a) Enfoque Naturalista, b) Enfoque Ecologista y c) Enfoque Am-

bientalista.

Enfoque Naturalista: partir de este enfoque, la noción de ambiente se limita a lo que es la “naturaleza”, percibida como una problemática que amenaza el desarrollo económico. Frente a ello la educación ambiental consiste en transmitir información (contenidos conceptuales) acerca de las relaciones de dependencia entre los elementos “naturales”, para sensibilizar a las personas y promover actividades que favorezcan la conservación del ambiente “natural”.

Enfoque Ecologista: Desde este enfoque la preocupación de la Educación Ambiental se centra en una visión cuestionadora del ambiente, los ecosistemas y los recursos naturales. Se trata de transmitir conocimientos sobre ecología y de desarrollar capacidades (contenidos procedimentales) que lleven a las personas a un uso racional de los recursos, favorezcan el “equilibrio ecológico” y consecuentemente, ofrezcan bienestar al ser humano.

Enfoque Ambientalista: Posteriormente la Educación Ambiental concibe el ambiente como una totalidad donde todos sus elementos (incluido el ser humano) se interrelacionan sistemáticamente. A partir de esta concepción holística y sistémica, la Educación Ambiental parte de una valoración de la vida en todas sus formas, y desde aquí su tarea consiste en fomentar en las personas valores ético-morales que sustenten una opción personal de respeto del derecho a satisfacer las necesidades y el derecho a la vida, no sólo de las generaciones de hoy, sino también de las generaciones futuras. Desde esta concepción, la Educación Ambiental tiene como fin primordial crear en los alumnos y alumnas lo que llamamos conciencia ambiental.

Durante el desarrollo e implementación de la Educación Ambiental en el mundo y especialmente en la Educación Formal, se han implementado estos enfoques, y la respuesta es porque así lo han venido marcando las políticas internacionales en este rubro.

Aunque la conferencia celebrada en Estocolmo, Suecia fue el hito de la EA en el mundo, el enfoque de la reunión fue de tipo conservacionista, esto es, hacia el énfasis en la conservación a ultranza de los recursos naturales. En la reunión de Cocoyoc, México en 1974, se rechaza la premisa “crecer primero, y distribuir los beneficios después con justicia”, en lo que respecta a EA, se busca con ésta lograr que el público adquiera una plena conciencia y una plena participación social en la solución de los problemas ambientales. Las referencias básicas de la EA son la Conferencia de Tbilisi y la de Río; sin embargo, cabe recalcar que Tbilisi fue una consecuencia de la Conferencia de Estocolmo y que por lo tanto asume la misma conceptualización (Chagollán, 2006b, p.11, 12-13).

A partir de la Reunión en Cocoyoc ya se cuestiona la imposición de las políticas de los países desarrollados sobre los subdesarrollados para asumir la responsabilidad de los asuntos en materia ambiental y que el fin de la EA tendría que adoptar otro rumbo, sin embargo el enfoque sustentable se materializó hasta 1992, con los acuerdos de la Reunión de Río, actualmente es la visión que se implementa en las curriculas de la educación formal.

Resultaría difícil señalar una fecha que fije la aparición del movimiento que denominamos Educación Ambiental (EA). La fundación del Council for (Consejo de Educación Ambiental) en la Universidad de Reading, Inglaterra (año 1968), suele ser el punto de referencia. Este organismo, de

carácter planificador y coordinador, pretendía aglutinar e impulsar el naciente trabajo que, sobre el medio ambiente, estaban desarrollando algunas escuelas y centros educativos del Reino Unido. Una característica del movimiento de EA en sus orígenes, común en otros países, es el hecho de que se inicia desde las bases educativas. Son los maestros quienes realizan los primeros ensayos de E.A., muchas veces en el seno de trabajos de campo en asignaturas de Ciencias Naturales, actividades de conocimiento del medio, de cuidado y conservación de la naturaleza, de estudios del entorno, etc. Paralelamente, las ideas que luego compondrán el modelo que ahora conocemos se iban desarrollando también en el ámbito no formal, principalmente en el seno de los grupos ecologistas, que en aquellos momentos eran escasos, pero muy activos, (Novo, 1996, en Bedolla, 2009). La Educación Ambiental (EA) adquiere su patente internacional en 1972 con la Declaración de Estocolmo, arriesgándome a ser muy excluyente conviene describir brevemente el contexto internacional y en la región latinoamericana de ese momento, toda vez que la aparición tardía y ulterior desarrollo del campo en la región se forjó más por el conjunto de complejos y contradictorios procesos y concepciones nacionales y regionales, que por los acuerdos adoptados en las reuniones "cumbre" (summits) sobre este tema. La historia de la EA se recoge frecuentemente a partir de 1972, podemos afirmar que en América Latina este campo comienza a expresarse al menos una década más tarde, pero con especificidades propias (González, 1999, en Bedolla, 2009). Según González, Bonilla Rius, Bravo Mercado, de Alba, Esteva, Maldonado, Morelos Ochoa, Reyes, Sánchez y Santamaría, (2000) En México, la Educación Ambiental (EA) tuvo un inicio tardío respecto a otros países norteamericanos y europeos. Ha mantenido un ritmo progresivo creciente. Sobre todo durante los últimos quince años. Los avances logrados en este periodo, permiten afirmar que el campo se encuentra en un proceso de consolidación, si bien persisten rezagos y distorsiones que es preciso atender en el corto plazo.

Actualmente en cualquier nivel educativo del mundo, se escucha hablar de sustentabilidad, esto significa que los planes de estudios oficiales, han incorporado el enfoque ambientalista, que es el más idóneo para poner en práctica. Desarrollar conocimientos, habilidades, actitudes y valores para la búsqueda de la sustentabilidad, no es cosa del estudiante de nivel básico, ni del de nivel superior, del sociólogo, del médico, del abogado, del biólogo, del licenciado en turismo, etc. es de todos y hablar de Educación Ambiental o Educación para la Sustentabilidad no precisamente se está hablando de impartir un curso, materia o taller de ello, también puede referir a un tema que involucre la cuestión ambiental con lo social, lo cultural y económico. Un programa o plan de estudio, toma en cuenta los lineamientos del modelo educativo de la institución o universidad a la que pertenece. Actualmente, estos modelos deben contar con fundamentos sustentables y considerar lo establecido en las políticas gubernamentales en esta materia. Todo programa de estudio, llámese de médico, ingeniero, etc., debe promover las competencias en el campo de la sustentabilidad, sean éstas genéricas o específicas. Las genéricas son las que todos los profesionales deben desarrollar para comprender el entorno y transformarlo, además de ser útiles en el aprendizaje autogestivo y establecer relaciones armónicas con los otros. Las específicas son conocimien-

tos (saber conocer), habilidades (saber hacer), actitudes y valores (saber ser) aplicados en el desempeño correspondientes del perfil profesional y ejercicio social de cada disciplina. Hay carreras universitarias que aplican la dimensión ambiental de manera más detallada y ésto debido a que el perfil de egreso así lo exige, porque es necesario que el profesionista que vaya a formarse desarrolle conocimientos, habilidades y actitudes específicas en ese campo, en cambio hay otras en donde no se requiere, pero si son necesarias las competencias genéricas, es decir, conocer temas ambientales en modalidad transversal, porque el modelo educativo lo plantea y porque las instituciones de educación formal deben coadyuvar en el desarrollo sostenible para tener un mundo mejor. En lo que respecta al método pedagógico para impartir Educación Ambiental (Educación para el Desarrollo Sostenible) en el plano de la educación formal, las instituciones educativas deben de tener identificado el enfoque de enseñanza-aprendizaje más idóneo, es decir, un enfoque que promueva las competencias académicas y sociales necesarias en el estudiante, de tal manera que se logre lo cometido de la educación sustentable. El enfoque lo va a establecer el modelo educativo de la institución. Actualmente los modelos educativos, sugieren que para dirigir esta parte, se use el enfoque constructivista y el enfoque de las competencias. Este metodología establece como debe de hacer su trabajo el docente, que estrategias didácticas y de evaluación debe de aplicar durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, la forma en que debe trabajar el estudiante y como deben alcanzarse las competencias. Una característica de estos modelos son sus fundamentos teóricos metodológicos, como el constructivismo por ejemplo: El Constructivismo, en palabras sencillas, quiere decir que el ser humano aprende no de manera pasiva sino por sí mismo, “construyendo” su propio conocimiento. Por su parte, por competencias entendemos que la construcción de este conocimiento no se da en un vacío, sino dentro de un contexto, lo cual implica adecuar lo que se aprende de una determinada situación de la vida real. Lo anterior constituye una nueva concepción de la enseñanza y el aprendizaje, misma que podemos resumir en dos partes: (García, 2010).

Para poder contribuir de manera consciente con los problemas que están afectando al medio ambiente y su impacto en los demás sectores sociales, es fundamental que la escuela dote de competencias integrales al ser humano (saber conocer, saber hacer y saber ser) y para que se logre se tienen que emplear métodos de aprendizaje activos y participativos. No es importante solamente que el educando conozca que en su contexto concurren o están presentes problemas de esta índole, sino que actué sobre ellos, indagando, proponiendo, haciendo algo para minimizar o solucionar el problema. Eso que conozca y haga lo tiene que aplicar con actitudes de respeto hacia su entorno. La necesidad de implementar la educación para el desarrollo sostenible en el campo de la educación formal en el mundo, es una cuestión muy seria, el hombre hace caso omiso de las advertencias sobre el cambio climático, el descongelamiento de los glaciales, contaminación de ríos, mares, etc. Esto también de una forma u otra causa efectos adversos en el ser humano, en su salud, en su modo de

vivir, etc. Por tal motivo, la finalidad de la EA es lograr que el ser humano haga conciencia, se sensibilice, desarrolle competencias y contribuya con propuestas de solución para corregir algunos problemas que ya están presentes y que puedan surgir para lograr la sustentabilidad de un país o región.

Referencias

- Bedolla, R. (2009). La educación Ambiental (EA), Situación e Importancia. La EA en México. *Monografias.com*. Acapulco, Guerrero, MX
- Boris, Y. (1973). *La disyuntiva entre educación formal o informal para el desarrollo integral*. Edit. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú.
- Chagollán, F. (2006). *Educación Ambiental*. Edit. Umbral. Jalisco. México.
- Consejo Nacional del Ambiente (s/f). *Educación Ambiental como tema transversal. Manual para trabajar en la programación de aula*. Lima, Perú.
- García, E. (2010). *Pedagogía constructivista y competencias: Lo que los maestros necesitan saber*. Edit. Trillas. México. 94-95.
- González, E. (1999). Otra lectura de la historia de la Educación Ambiental en América Latina. *Tópicos de Educación Ambiental*, 1(1), 9-26.
- González, E. Bonilla Rius, E. Bravo Mercado, M. T., de Alba, A., Esteva, J., Maldonado, T. del N. J., Morelos Ochoa, S., Reyes, J. Sánchez, A. y Santamaría, O. (2000). La Educación Ambiental en México: Logros, perspectivas y retos de cara al nuevo milenio. *III Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental*. México. Edit. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y pesca
- González, E. (2009). La Educación Ambiental Institucionalizada: Actos fallidos y Horizontes de Posibilidad. *Perfiles Educativos*, 124, 2-4
- Hopwood, B. (2005). *Sustainable Development: Mapping Different Approaches*. Edit. Sustainable Research Institute, University of Northumbria, Newcastle on Tyne, UK. DOI: 10.1002/sd.244
- Naciones Unidas (Febrero 21, 2014). *Conferencias de la ONU sobre el medio Ambiente*. Centro de Información, México, Cuba y República Dominicana. Obtenido de: http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/conf.htm.
- Nebbia, T. (2002). *Integración del Medio Ambiente y el Desarrollo 1972-2002*. PNUMA. Ecuador.
- Nieto, M. (2001), *Modalidades de la Educación Ambiental: diversidad y desafíos*. Edit. Rima. Brasil.
- Novo, M. (1996). La Educación Ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios. *Revista iberoamericana de educación / Educación Ambiental*, 11, 3.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Febrero 21, 2014). *Construir la paz en la mente de los hombres y de las mujeres*. Obtenido de: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/about-us/who-we-are/history/>, el 21 de febrero de 2014.
- United Nations Environment Programme. (Febrero 21, 2014). *Environment for development*. Obtenido de: <http://www.unep.org/spanish/About/>.



Pautas metodológicas para estudios observacionales de Islas de Calor Urbano.

José Francisco Cantú Dávila¹

René Bernardo Cabrera Cruz.^{*1}

Julio César Rolón Aguilar¹

Robert Pichardo Ramírez¹

Ricardo Tobías Jaramillo¹

Alberto José Gordillo Martínez²

¹Cuerpo Académico Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable UAT-CA-29. Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller". División de Estudios de Posgrado e Investigación. Universidad Autónoma de Tamaulipas.

²Cuerpo Académico en Ciencias Ambientales UAEHGO-CA-59. Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*Centro Universitario Tampico-Madero. C.P. 89138. Tel. (01)-833-241-20-00 Ext 3541, Ext 3451 (fax).

*Autor de correspondencia
rcabreracruz@yahoo.com.mx

Resumen.

El fenómeno Isla de Calor Urbano (ICU) ha sido ampliamente estudiado. Su dimensión se ha medido y reportado en cientos de ciudades alrededor del mundo aplicando métodos observacionales que implican la medición comparativa de temperatura urbana y rural, presentando deficiencias en la elección de sitios representativos, el control de los efectos del clima y de la superficie, la forma sincrónica y el número de réplicas de las mediciones, entre otras. En el presente trabajo, se realizó una revisión de 75 estudios de literatura de ICU, publicados en artículos de revistas de reconocido impacto, como *Boundary-Layer Meteorology*, *Journal Applied Meteorology*, *Atmosphere* y *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, libros técnicos de la *World Meteorological Organization*, memorias de congreso y tesis obtenidas de las bases de datos Thomson, Elsevier y EBSCO. De los cuales se seleccionaron 16 artículos; 1 libro de autor de actual reconocimiento en el estudio del fenómeno; 5 documentos técnicos y 3 memorias de congreso. Identificando 9 pautas a seguir para estudios observacionales del fenómeno de ICU, de acuerdo a los criterios de conceptualización, teorización y la observación de campo para establecer parámetros de calidad metodológica en este tipo de estudios y su futura aplicación en la República Mexicana.

Palabras clave: Islas de Calor Urbano, meteorología, temperatura

Abstract.

Urban Heat Island (ICU) is a widely studied phenomenon. Measures of this phenomenon is reported in hundreds of cities around the world; applying observational methods involving quantity of comparative urban and rural temperature, controlling synchronously effects of climate and surface, and replicated measurements, among others. In this paper, a reviewed analysis from 75 studies of ICU related literature was developed, as follows: articles published in journals of recognized impact as *Boundary-Layer Meteorology*, *Journal Applied Meteorology*, *Atmosphere* and *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, technical books from *World Meteorological Organization*, Proce-

Como citar el artículo:

Cantú-Dávila, J. F., Cabrera-Cruz, R. B., Rolón-Aguilar, J. C., Pichardo-Ramírez, R., Tobías-Jaramillo, R. y Gordillo-Martínez, A. J. (2014). Pautas metodológicas para estudios observacionales de Islas de Calor Urbano. *Tlamati*, 5(4), 70-83.

edings of Congresses and thesis obtained from databases as Thomson, Elsevier and EBSCO. Documents selected was, as follows: 16 articles; 1 book from an author of actual recognition in the study of the phenomenon; 5 technical papers and 3 proceedings of congresses. Identifying nine guidelines related to observational studies of ICU phenomenon, according to conceptualization, theorization and field observation in order to establish parameters about methodological quality in this type of studies, and its future implementation in Mexico.

Keywords: Urban Heat Island, meteorology, temperature

Introducción

El estudio del fenómeno Isla de Calor Urbano (ICU) ha sido ampliamente desarrollado, medido y reportado en cientos de ciudades alrededor del mundo, principalmente en los países económicamente desarrollados, siendo el indicador más conocido relacionado con la modificación del clima urbano. (Fouillet, Rey, Laurent, Pavillon, Bellec, Ghihenneuc-Jouyau, Clavel, Jougla y Hémon, 2006, Oke; 2006; Stewart, 2011). La mayoría de los estudios se centran en la existencia, magnitud, dinámica y forma de la ICU, ya sea en la atmósfera o en la superficie de una población particular. Las primeras observaciones científicas del fenómeno fueron documentadas en 1818 por Luke Howard, motivado por las observaciones que en la ciudad, las nevascas eran menos intensas que en los alrededores de la ciudad de Londres, Inglaterra, así como los estudios de Emilien Renou en París, en la segunda mitad del siglo XIX y de Wilhelm Schmidt en Viena en el año 1917 (Garland, 2011). De la misma manera, investigadores tales como Parry (1956), Chandler (1962, 1970) y Bohm y Gabl (1978), estudiaron el problema utilizando la metodología de medición comparativa de temperatura urbana y rural.

En los últimos años se ha dado el debate en torno a la aplicación de metodologías para el estudio del problema (Grimmond, 2006; Stewart, 2007). De la misma manera, Oke (2006, 2009), se propone establecer protocolos de investigación recomendando incorporar mediciones de temperatura en meso y micro escala, correspondencia en la escala temporal; así como un diseño experimental que incluya la correcta calibración de instrumentos, su colocación en áreas representativas e inclusión de metadatos con el fin de validar las mediciones. En tanto Stewart (2007), hace una revisión sistemática de la metodología de 190 estudios del fenómeno ICU, mostrando la debilidad científica en cuanto al control de medición y la descripción de la metodología utilizada en estos estudios. Una de las deficiencias más frecuentes consiste en la percepción de la temperatura como una variable fácil de medir, sin considerar que ésta debe medirse en forma sincrónica, con un número suficiente de réplicas, además de que no debe ser afectada por eventos que no sean atribuibles al entorno urbano. Finalmente, se considera que el uso de sistemas de evaluación, al igual que la aplicación de guías y manuales de buenas prácticas, pueden ser una herramienta valiosa para soportar metodológicamente la fase de diseño y orientar a los investigadores en la realización de estudios que den lugar a la certidumbre y a la aplicación de medidas, para que produzcan resultados confiables en el estudio de las ICU.

Es en este contexto es pertinente una revisión de la literatura de estudios de ICU que identifiquen y generen

pautas a seguir para estudios observacionales del fenómeno de Islas de Calor Urbano, de acuerdo a los criterios de conceptualización, teorización y observación de campo para establecer parámetros de calidad metodológica en este tipo de estudios y su futura aplicación en la República Mexicana.

Metodología

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma de Tamaulipas Campus Tampico-Madero, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Ingeniería, "Arturo Narro Siller" durante el año 2013. Se llevó a cabo una revisión de bases de datos especializados, para seleccionar criterios metodológicos actualizados en el Campo del Estudio Observacional de ICU, a través de las siguientes etapas:

1.- Selección de universo de estudio.

Conformado por trabajos de investigación tales como artículos, tesis, manuscritos, documentos de conferencias y boletines obtenidos de bases de datos tales como Thomson, Elsevier, y EBSCO.

2.- Selección de criterios de análisis.

Que los estudios, en su título o resumen, presentaran claramente la metodología utilizada o aportaciones para la mejora de la calidad metodológica.

Que los estudios se refirieran a la existencia y determinación de la magnitud de la ICU mediante enfoques observacionales, por el modelo de dosel urbano. Este enfoque fue seleccionado debido a que debajo del dosel urbano se genera la mayor parte de la actividad antropogénica.

Que los estudios fueran realizados por investigadores de reconocido nivel internacional en climatología urbana, que aporten a la metodología.

3.- Análisis de la información.

Se identificaron los criterios relevantes para la mejora de los marcos metodológicos y conceptuales en el estudio y manejo del fenómeno de ICU, desde el punto de vista de las ciencias ambientales para la propuesta de un modelo indirecto de estudio.

Resultados y discusión

1. Selección del universo de estudio.

En la tabla 1 se presentan los 75 estudios de ICU, obtenidos de las Bases de Datos Thompson, Elsevier y EBSCO, a los cuales se aplicó la revisión. De ellos 61 fueron artículos de revistas de reconocido impacto, como *Boundary-Layer Meteorology*, *Journal Applied Meteorology*,

Tabla 1. Universo de Estudios

Año de publicación	Título	Autor(es)	Tipo de Publicación	Revista o Institución	Fuente
1956	Local temperature variations in the Reading area.	Parry, M.	Artículo	<i>Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.</i>	Thomson
1963	Basic Instrumentation and Measurements for Plant Environment and Micrometeorology	Tanner CB	Artículo	Soils Bulletin 6. Department of Soil Science, University of Wisconsin.	EBSCO
1966	Philosophy of Natural Science.	Hempel, C. G.	Libro	Prentice Hall	Thomson
1970	Meteorological observations in urban areas.	Landsberg, H. E.	Artículo	<i>Meteorological Monographs.</i>	Elsevier
1973	The climate of cities: A review of recent literature.	Peterson JT.	Libro	Climate in Review	EBSCO
1974	Numerical computation of turbulent flows.	Launder, B.E., y Spalding, D. B.	Artículo	Computer Methods in applied Mechanics and Engineering.	Elsevier
1975	Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver.	Oke, T. R., Maxwell G. B.	Artículo	<i>Atmospheric Environment.</i>	Elsevier
1976	The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Atmosphere</i>	Elsevier
1977	Empirical estimation of the urban effects on climate: A problem analysis.	Lowry, W. P.	Artículo	<i>Journal of Applied Meteorology.</i>	Elsevier
1977	The energy balance of urban canyon.	Núñez, M., y OKe, T. R.	Artículo	Journal of Applied Meteorology.	Elsevier
1978	Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies.	Anthes, R., Seaman, N., y Warner, T.	Artículo	Monthly Weather Review	Elsevier
1979	Review of Urban Climatology 1973 – 1976.	Oke, T. R.	Artículo	<i>World Meteorological Organization</i>	Elsevier
1980	Modeling the daytime urban surface energy balance.	Nunez, M., y Oke, T. R.	Artículo	Geographical analysis.	Elsevier
1980	The synoptic climatology of Birmingham's urban heat island, 1965-1974.	Unwin DJ.	Artículo	Weather	Thomson

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
1981	The Urban Climate.	Landsberg, H.E.	Libro	Academic Press	Elsevier
1981	Canyon geometry and the nocturnal heat island: comparison of scale model and field observations.	Oke, T. R.	Artículo	Journal of climatology.	Elsevier
1982	Urban Topoclimatology	Oke, T. R.	Artículo	Progress in Physical Geography	Elsevier
1982	The energetic basis of the urban heat island.	Oke, T. R.	Artículo	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.	Elsevier
1983	Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8.	World Meteorological Organization	Documento técnico	World Meteorological Organization.	Elsevier
1984	Urban Topoclimatology	Goldreich, Y.	Artículo	Progress in Physical Geography	Elsevier
1987	Urban heat storage derived as energy balance residuals.	Oke, T. R., y Cleugh, H. A.	Artículo	Boundary-Layer Meteorology.	Elsevier
1987	Influence of meteorological conditions on urban/rural temperature and humidity differences for a small city.	Travis DJ, Meentemeyer V, Suckling PW	Artículo	Southeastern Geographer	EBSCO
1987	Development of nested grid, second moment turbulence closure model and application to the 1982 ASCOT brush creek data simulation.	Yamada, T., y Bunker, S.	Artículo	Journal of Applied Meteorology.	Elsevier
1988	The urban energy balance.	Oke, T. R.	Artículo	Progress in physical geography.	EBSCO
1989	Orographic influence on urban climate.	Wanner. H., y Fülliger, P.	Artículo	<i>Weather and Climate.</i>	Elsevier
1993	The Goddard cumulus ensemble model.	Tao, W. K., y Simpson, J.	Artículo	Part I: model description. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences.	EBSCO
1994	Methods for handling missing data in research synthesis	Pigott TD.	Documento técnico	The Handbook of Research Synthesis	Elsevier

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
1995	Surface temperature and emissivity at various scales: definition, measurement and related problems.	Becker, F., y Li, L.	Artículo	Remote Sensing Reviews.	EBSCO
1995	Climatological studies in Uppsala with special regard to the temperature conditions in the urban area.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Progress in Physical Geography.</i>	Elsevier
1996	Modeling and simulation of the Tokyo urban heat island.	Saitoh, T. S., Shimada, T., Hoshi, H.	Artículo	Atmospheric Environment.	Elsevier
1997	CFD analysis of mesoscale climate in the Greater Tokyo area.	Mochida, A., Murakami, S., Ojima, T., Kim, S., Ooka, R., y Sugiyama, H.	Artículo	Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.	Thomson
1998	An urban canyon energy budget model and its application to urban storage heat flux modeling.	Arnfield, A., y Grimmond, C.	Artículo	Energy and Buildings.	Elsevier
1998	Explicit forecasting of super cooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model.	Reisner, J., Rasmussen, R. J., y Bruintjes, R. T.	Artículo	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.	EBSCO
1999	Building canopy model for the analysis of urban climate.	Ashie, Y., Ca, V., y Asaeda, T.	Artículo	Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.	EBSCO
1999	Urban heat island modeling in conjunction with satellite-derived surface/soil parameters	Hafner, J., y Kidder, S.Q.	Artículo	Journal of Applied Meteorology.	Elsevier
2000	Lidar observation of the nocturnal boundary layer formation over Sofia Bulgaria	Kolev, I., Savov, P., Kaprielov, B., Parvanov, O., y Simeonov, V.	Artículo	Atmospheric Environment.	Elsevier
2000	A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models.	Masson, V.	Artículo	Boundary-Layer Meteorology.	Elsevier
2001	Cool surface and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas.	Akbari, H., Pomerantz, M., y Taha, H.	Artículo	Solar Energy	Elsevier

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
2001	A simple single-layer and slab models.	Kusaka, H., Kondo, H., Kikegawa, Y., y Kimura, F.	Artículo	Boundary-Layer Meteorology.	Elsevier
2001	Doing Science: Design, Analysis and Communication of Scientific Research	Valiela, I.	Libro	<i>Oxford University Press: New York.</i>	Thomson
2001	Development of a land surface model part I: application in a mesoscale meteorology model.	Xiu, A., y Pleim, J. E.	Artículo	Journal of Applied Meteorology.	Elsevier
2002	A global version of the PSU-NCAR Meso-scale model.	Dudhia, J., y Bresch, J. F.	Artículo	Monthly Weather Review.	Elsevier
2002	An urban surface exchange parameterization for mesoscale models.	Martilli, A., Clappier, A., y Rotach, M.	Artículo	Journal of Applied Meteorology.	Elsevier
2002	Station exposure metadata needed for judging and improving quality of observations of wind, temperature and other parameters.	Wieringa J, Rudel E.	Documento técnico	World Meteorological Organization	Elsevier
2003	Guidance on Metadata and Homogenization.	Aguilar E, Auer I, Brunet M, Peterson TC, Wieringa J.	Documento técnico	World Meteorological Organization	Elsevier
2003	Review two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and the urban heat island.	Arnfield, A.	Artículo	International Journal of Climatology.	Elsevier
2003	Thermal remote sensing of urban climates.	Voogt, J. A., y Oke, T. R.	Artículo	Remote Sensing of Environment	EBSCO
2004	Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings.	Flor, F. S., y Dominguez, S. A.	Artículo	Energy and Buildings.	Elsevier
2004	Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites.	Oke, T. R.	Documento técnico	<i>World Meteorological Organization</i>	Elsevier
2004	Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: Review and new approach.	Unger J.	Artículo	Climate Research	Elsevier

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
2005	Modeling the impact of anthropogenic heating on the urban climate of Philadelphia: a comparison of implementations in two PBL schemes	Fan, H., y Sailor, D. J.	Artículo	Atmospheric Environment.	Elsevier
2005	A simple energy balance model for regular building arrays.	Kanda, M., Kawai, T., Kanega, M., Moriwaki, R., Narita, K., y Hagishima, A.	Artículo	Boundary-Layer Meteorology.	Elsevier
2005	Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM+ Data: separation of anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux.	Kato, S., y Yamaguchi, Y.	Artículo	Remote Sensing of Environment.	EBSCO
2005	Development of multi-layer urban canopy model for the analysis of energy consumption in a big city: structure of the urban canopy model and its basic performance.	Kondo, H., Genchi, Y., Kikegawa, Y., Ohashi, Y., Yoshikado, H., y Komiya, H.	Artículo	Boundary-Layer Meteorology.	Elsevier
2005	Interactions between thermal advection in frontal zones and the urban heat island of Wrocław, Poland.	Szymanowski, M.	Artículo	<i>Theoretical and Applied Climatology.</i>	Elsevier
2006	Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon outdoor thermal comfort in hot and dry climate.	Ali-Tourdet, F., Mayer, H.	Artículo	Buildings Environment.	Elsevier
2006	A canopy layer model and its application to Rome.	Bonacquisti, V., Casale, G., Palmieri, S., y Siani, A.	Artículo	Science of the Total Environment.	Thomson
2006	Methodology and Results of Calculating Central California Surface Temperature Trends: Evidence of Human-Induced Climate Change?	Christy, J. R., Norris, W. B., Redmond, K., Gallo, K. P.	Artículo	Journal Climate.	Elsevier
2006	The convective heat exchange at exchange at the external surface of buildings.	Cole, R. J., y Sturrock, N. S.	Artículo	Building Environment.	Elsevier
2006	Ground and top of canopy layer urban heat island partitioning on an air bone image.	Goldreich, Y.	Artículo	Remote Sensing of Environment.	EBSCO

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
2006	Progress in measuring and observing the urban atmosphere.	Grimmond, C. S. B.	Artículo	<i>Theoretical and Applied Climatology</i> .	EBSCO
2006	Towards better scientific communication in urban climate.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Theoretical and Applied Climatology</i> .	Elsevier
2006	Urban texture analysis with image processing techniques: winds and dispersion.	Ratti, C., Sabatino, S. D., Britter, R.	Artículo	Theoretical and Applied Climatology.	Elsevier
2006	Modelling of the annual mean maximum urban heat island with the application of 2 and 3D surface parameters.	Unger J.	Artículo	Climate Research	Elsevier
2007	Review of urban climatology in (sub)tropical regions.	Roth M.	Artículo	International Journal of Climatology	Elsevier
2007	Heat island research in Europe – state of the art.	Santamouris, M.	Artículo	Advances in Building Energy Research.	EBSCO
2007	Landscape representation and the urban-rural dichotomy in empirical urban heat island literature, 1950 – 2006	Stewart, I. D.	Memoria	Acta Climatologica et Chorologica	EBSCO
2008	An urban parameterization for a global climate model. Part 1: formulation and evaluation for two cities.	Oleson, K. W., Bonan, B., Feddesma, J., Vertenstein, M., y Grimmond, C. S. B.	Artículo	Journal of Applied Meteorology and Climatology.	Elsevier
2008	All guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings.	Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M.	Artículo	Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.	EBSCO
2009	The need to establish protocols in urban heat island work.	Oke, T. R.	Memoria	<i>T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment</i>	Elsevier
2009a	A new classification system for urban climate sites.	Stewart, I. D., Oke, T. R.	Memoria	<i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> .	EBSCO

Tabla 1. Universo de Estudios (continuación)

Año de Publicación	Título	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente
2009b	Classifying urban climate field sites by "local climate zones": The case of Nagano, Japan.	Stewart, I. D., Oke, T. R.	memoria	<i>Seventh International Conference on Urban Climate.</i>	EBSCO
2011	Towards the modeling of sustainability into urban planning: using indicators to build sustainable cities.	Rosales, N.	Artículo	Procedia Engineering.	EBSCO
2011	Redefining the urban heat island.	Stewart, I. D.	Tesis	The University of British Columbia	Thomson
2013	Precedents reconceived: urban design learning catalyzed through data rich 3-D digital models.	Senbel, M., Girling, C., White, J. T., Kellett, R., y Chan, P. F.	Artículo	Design Studies.	Thomson

Fuente: Elaboración propia.

Atmosphere y Quaterly Journal of the Royal Meteorological Society; 4 libros de autores reconocidos en el estudio del fenómeno ICU; 5 documentos técnicos de la *World Meteorological Organization* [WMO]; 4 memorias de congresos y 1 tesis.

2. Selección de criterios de análisis.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la aplicación de los 3 criterios de análisis en reportes de estudios de ICU. Se pueden apreciar los datos del año de publicación, título y autores del trabajo, tipo de estudio, revista y base de datos. En cuanto a los resultados de la aplicación de los criterios de selección se muestra que:

De los estudios analizados, 54 muestran claramente la metodología utilizada para la obtención de los resultados mostrados, o bien presentan aportaciones metodológicas al estudio del fenómeno ICU, bajo el enfoque de capa de dosel. De los 54 estudios que cumplen con el primer criterio, 32 de ellos utilizan para el estudio del fenómeno el enfoque de dosel urbano. 25 de ellos corresponde a autores que aportan a la metodología como Tim R. Oke o Iain D. Stewart (véase tabla 2).

3. Pautas metodológicas.

Una vez realizada la revisión de artículos especializados se identificaron 9 criterios metodológicos que un estudio de ICU debe considerar como una buena práctica de rigurosidad científica. Los criterios se resumen a continuación.

Criterio 1: Alineación entre el método y el modelo conceptual, lo cual se refiere a que la prueba de funcionamiento de la investigación está en consonancia con el modelo conceptual de un estudio de ICU de capa de dosel.

La prueba de funcionamiento requerida del modelo de ICU de capa de dosel es la medición de la temperatura superficial del aire en zonas urbanas y rurales. Este modelo está implícito en el análisis histórico de la isla de calor en

Londres de Howrad (1833), pero se desarrolló y sistematizó más formalmente por Oke (1976; 1982; 1988) en la literatura moderna. Este modelo requiere medir la temperatura del aire aproximadamente a la altura refugio, de 1 a 2 m sobre el nivel del suelo o al menos por debajo del nivel del techo, y en los sitios de campo definidos como zonas rurales.

Criterio 2. La claridad en las definiciones operativas de magnitud o intensidad de ICU deben expresarse explícitamente en el informe, o de manera implícita a través de su discusión o presentación de los datos.

Las definiciones operacionales justifican las variables de medición y los sitios de campo utilizados para cuantificar la magnitud de la ICU. Para ello se requieren dos condiciones de una definición operativa: primeramente se debe estipular la ubicación y el número de sitios de campo para cuantificar la magnitud ICU, así como las variables de medición obtenidas en esos sitios.

Criterio 3. Evidenciar las especificaciones del equipo. Estas deben indicarse explícitamente en el informe o de manera implícita mediante la presentación de los datos. Deben incluir el tipo, el montaje y la precisión del dispositivo de medición.

La Organización Meteorológica Mundial [OMM] es inequívoca en su postura sobre la precisión de la medida: "Ninguna declaración de los resultados de una medición está completa si no incluye una estimación de la probable incertidumbre de la magnitud", que normalmente se expresa como el intervalo de valores en el que el valor verdadero de una magnitud difiere del obtenido por el dispositivo de medición (WMO, 1983).

Criterio 4. Detallar adecuadamente los metadatos del sitio en el informe.

Los metadatos incluyen un boceto local o mapa a escala regional o fotografía del área de estudio y uno o más

Tabla 2. Resultados de la aplicación de los criterios de selección.

Año de publicación	Titulo	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente	Criterios de Selección		
						a) Aporte a la Metodología	b) Estudio de Capa de Dosel	c) Prod. por Inv. Reconocidos
1963	Basic Instrumentation and Measurements for Plant Environment and Micrometeorology	Tanner CB	Artículo	Soils Bulletin 6. Department of Soil Science, University of Wisconsin.	EBSCO	✓	✓	✓
1970	Meteorological observations in urban areas.	Landsberg, H. E.	Artículo	<i>Meteorological Monographs.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
1976	The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Atmosphere.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
1977	Empirical estimation of the urban effects on climate: A problem analysis.	Lowry, W. P.	Artículo	<i>Journal of Applied Meteorology.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
1979	Review of Urban Climatology 1973 – 1976.	Oke, T. R.	Artículo	<i>World Meteorological Organization: Geneva. WMO Technical Note No. 169.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
1980	Modeling the daytime urban surface energy balance.	Nunez, M., y Oke, T. R.	Artículo	Geographical analysis.	Elsevier	✓	✓	✓
1981	The Urban Climate.	Landsberg, H.E.	Libro	Academic Press: New York.	Elsevier	✓	✓	✓
1981	Canyon geometry and the nocturnal heat island: comparison of scale model and field observations.	Oke, T. R.	Artículo	Journal of climatology.	Elsevier	✓	✓	✓
1982a	Urban Topoclimatology	Oke, T. R.	Artículo	Progress in Physical Geography.	Elsevier	✓	✓	✓
1982b	The energetic basis of the urban heat island.	Oke, T. R.	Artículo	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.	Elsevier	✓	✓	✓
1983	Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8.	World Meteorological Organization (WMO).	Documento técnico	World Meteorological Organization. Geneva.	Elsevier	✓	✓	✓
1984	Urban Topoclimatology	Goldrieck, Y.	Artículo	Progress in Physical Geography.	Elsevier	✓	✓	✓

Tabla 2. Resultados de la aplicación de los criterios de selección (continuación)

Año de publicación	Titulo	Autor (es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Fuente	Criterios de Selección		
						a) Aporte a la Metodología	b) Estudio de Capa de Dosel	c) Prod. por Inv. Reconocidos
1988	The urban energy balance.	Oke, T. R.	Artículo	Progress in physical geography.	EBSCO	✓	✓	✓
1994	Methods for handling missing data in research synthesis	Pigott TD.	Documento técnico	The Handbook of Research Synthesis.	Elsevier	✓	✓	✓
1995	Climatological studies in Uppsala with special regard to the temperature conditions in the urban area.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Progress in Physical Geography.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
2002	Station exposure metadata needed for judging and improving quality of observations of wind, temperature and other parameters.	Wieringa J, Rudel E.	Documento técnico	World Meteorological Organization. Geneva.	Elsevier	✓	✓	✓
2003	Guidance on Metadata and Homogenization.	Aguilar E, Auer I, Brunet M, Peterson TC, Wieringa J.	Documento técnico	World Meteorological Organization. Geneva.	Elsevier	✓	✓	✓
2004	Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites.	Oke, T. R.	Documento técnico	<i>World Meteorological Organization. Geneva.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
2006	Progress in measuring and observing the urban atmosphere.	Grimmond, C. S. B.	Artículo	<i>Theoretical and Applied Climatology.</i>	EBSCO	✓	✓	✓
2006	Towards better scientific communication in urban climate.	Oke, T. R.	Artículo	<i>Theoretical and Applied Climatology.</i>	Elsevier	✓	✓	✓

Tabla 2. Resultados de la aplicación de los criterios de selección (continuación)

Año de publicación	Titulo	Autor(es)	Tipo de publicación	Revista o institución	Criterios de Selección			
					Fuente	a) Aporte a la Metodología	b) Estudio de Capa de Dosel	c) Prod. por Inv. Reconocidos
2007	Review of urban climatology in (sub)tropical regions.	Roth M.	Artículo	International Journal of Climatology.	Elsevier	✓	✓	✓
2009	The need to establish protocols in urban heat island work.	Oke, T. R.	Memoria	<i>T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment.</i>	Elsevier	✓	✓	✓
2009a	A new classification system for urban climate sites.	Stewart, I. D., Oke, T. R.	Memoria	<i>Bulletin of the American Meteorological Society.</i>	EBSCO	✓	✓	✓
2009b	Classifying urban climate field sites by "local climate zones": The case of Nagano, Japan.	Stewart, I. D., Oke, T. R.	memoria	<i>Seventh International Conference on Urban Climate.</i>	EBSCO	✓	✓	✓
2011	Redefining the urban heat island.	Stewart, I. D.	Tesis	The University of British Columbia.	Thomson	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

indicadores cuantitativos de la superficie a escala micro o local de la exposición, la rugosidad o la cubierta en los sitios de campo utilizados para cuantificar la magnitud de la ICU.

Según las directrices de la OMM sobre metadatos climáticos, todas las mediciones meteorológicas deben incluir la especificación de identidad de la estación, la ubicación geográfica, medio ambiente local, la instrumentación, las prácticas de observación, procesamiento de datos y la historia de la estación (Aguilar, Auer, Brunet, Peterson, Wieringa, 2003). Directrices suplementarias de la OMM para mediciones meteorológicas en las zonas urbanas hacen hincapié en que el medio ambiente local y los acontecimientos históricos son especialmente importantes debido a la naturaleza compleja y dinámica de las ciudades (Oke, 2004). Estos pueden ser mediante una ilustración a escala local, regional o mapa (por ejemplo, bosquejo del sitio, o fotografía aérea) del área de estudio y debe reflejar las principales características físicas y culturales de la región, tales como cadenas montañosas, valles, masas de agua, rutas de transporte, las zonas edificadas y otras características del terreno que son relevantes para el clima superficial, local y regional. Posibles indicadores incluyendo el factor de visión del cielo, la relación de aspecto de edificios o

árboles, la cobertura fraccional de superficies construidas y naturales, y la entrada térmica de las superficies construidas o naturales.

Criterio 5. Representatividad de los sitios de campo a escala micro o local.

Requiere que los sitios de campo utilizados para cuantificar la magnitud ICU sean aproximadamente representativos, en los materiales de superficie, la geometría y la actividad humana, de los alrededores a escala local.

Este criterio es primordial. Se espera que los investigadores coloquen los instrumentos de medición a una altura de refugio en zonas donde el "círculo de influencia", sea relativamente homogéneo en cuanto a la cubierta de la superficie, la geometría y la actividad humana. El radio de este círculo es difícil de estimar, ya que cambia con la densidad de la construcción y la estabilidad atmosférica. Sin embargo, la evidencia empírica sugiere que como regla general, el radio no debe ser de más de unos pocos cientos de metros (Chandler, 1964; Oke, 2004; Runnalls y Oke, 2006). En cuanto al nivel de micro-escala el ajuste a micro-escala de un sensor térmico debe ser menor a 100 m en 1 a 2 m sobre el nivel del suelo, mientras que a escala local debe ser entre 100 y 1000m.

Criterio 6. Número suficientemente grande de observaciones repetidas.

El número de réplicas de observaciones en un informe debe ser lo suficientemente grande como para cumplir con los objetivos declarados de estudio y para obtener estimaciones representativas y fiables de la magnitud ICU.

La medición regular y repetida proporciona control sobre la variación al azar, y aumenta la probabilidad de obtener valores representativos de un efecto deseado en un momento y lugar elegido (Valiela, 2001).

Criterio 7. Control pasivo de los efectos del entorno.

Los efectos extraños del clima sobre la magnitud ICU deben ser controlados por diseño experimental. Las variables se deben medir en condiciones climáticas relativamente estacionarias es decir sin la presencia de vientos fuertes que provoquen advección, o de precipitaciones con la finalidad de reducir el riesgo de confusión causado por efectos urbanos como reflectancia, emisividad, y almacenamiento. (Lowry, 1977).

El control pasivo de tiempo se puede lograr a través de los diseños de muestreo preconcebidos o por medio de la selección de datos antes del análisis. La selección de datos excluye las mediciones realizadas durante el clima no estacionario o por lo menos reconoce los efectos del tiempo sobre magnitudes de ICU reportadas

Criterio 8. Control de los efectos de superficie.

Los efectos extraños de relieve de la superficie, como la elevación, carreteras y masas de agua deben evitarse a través del diseño de muestreo, o si no es posible al menos reconocer sus influencias a través de la discusión y aplicar un factor de corrección.

Los efectos de relieve de la superficie, la elevación, y los cuerpos de agua son difíciles de evitar en la mayoría de los estudios ICU (Landsberg, 1970, Wanner y Filliger, 1989). Por lo tanto, los investigadores deben adoptar una estrategia de diseño adecuada para contrarrestar las influencias superficiales no deseadas. El diseño experimental es fundamental para eliminar o evitar que sitios de medición no sean ubicados en laderas, barrancos, acantilados o crestas y no configurarlos en forma perpendicular a superficies alargadas como valles y costas.

Gran cantidad de localidades urbanas y rurales tienen efectos superficiales no deseados que no se pueden evitar; en la que las medidas correctivas de caso se pueden realizar en los datos después de que han sido recogidos. Las técnicas correlacionales pueden mejorar el aislamiento del efecto urbano en terrenos complejos (Goldreich, 1984). Sin embargo, su aplicación tiene graves inconvenientes y deben usarse con precaución, en todo caso, para corregir las estimaciones de la magnitud de ICU.

Criterio 9 Simultaneidad en la medición de las temperaturas.

Este criterio pone de manifiesto la importancia del control de tiempo durante la medición de la ICU. Si las temperaturas utilizadas para cuantificar la magnitud ICU no son sincrónicas, se deben ajustar de manera que lo sean, de lo contrario, la magnitud de la ICU sería inducida.

Conclusiones

En cuanto a la revisión de la literatura de ICU, los resultados obtenidos ponen de manifiesto que existen pocos estudios que muestran una metodología específica para el estudio del fenómeno ICU, que podría ser consecuencia de omisiones o de un manejo inadecuado de la conceptualización, teorización y la observación de campo. La aplicación de las pautas metodológicas que resultan de este trabajo de investigación, eliminará la manera subjetiva y simplista con que es manejado el concepto magnitud de ICU. Sin embargo, es prudente mencionar que esta revisión se limitó a estudios observacionales bajo el enfoque del modelo de Capa de Dosis Urbano, que es la capa superficial de la atmósfera situada por encima del suelo y por debajo de la línea de techo, en donde se desarrolla y afecta la actividad humana causando problemas de contaminación, salud, confort térmico e incrementando el consumo de energía por enfriamiento.

Referencias

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. y Wieringa, J. (2003). Guidance on Metadata and Homogenization. *World Meteorological Organization: Geneva. WMO Technical Document No. 1186.*
- Arnfield, J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International journal of climatology*. 23, 1-26.
- Bohm, R. y Gabl, K. (1978). The urban heat island in dependence of different meteorological parameters. *Archives for meteorology, geophysics, and bioclimatology*. 26, 219-37.
- Chandler, T. J. (1970). Urban climatology. Inventory and prospect. In *Urban Climates – Proceedings of the Symposium on Urban Climates and Building Climatology*, October 1968, Brussels. WMO Technical Note No. 108. World Meteorological Organization: Geneva.
- Chandler, T. J. (1964). City growth and urban climates. *Weather*. 19, 170-171.
- Chandler, T. J. (1962). Temperature and humidity traverses across London. *Weather*. 17, 235-241.
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Ghihenneuc-Jouyaux, C., Clavel, J., Jougla, E. y Hémon, D. (2006). Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International arch occupation Environ Health*. 80(1), 16-24.
- Garland, L. (2011). *A review of "Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas"*. Taylor & Francis Routledge Psychology Press. Londres, Inglaterra 208p.
- Goldreich, Y. (1984). Urban topoclimatology. *Progress in physical geography*. 8, 336-364.
- Grimmond, C. S. B. (2006). Progress in measuring and observing the urban atmosphere. *Theoretical and applied climatology*. 84, 3-22.
- Howard, L. (1833). *The Climate of London*. International Association for Urban Climate. Londres, Inglaterra. Dalton: 208p
- Landsberg, H. E. (1970). Meteorological observations in urban areas. *Meteorological monographs*. 11, 91-99.

- Landsberg, H.E. (1981). *The Urban Climate*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: Academic Press, 275p.
- Lowry, W. P. (1977). Empirical estimation of the urban effects on climate: A problem analysis. *Journal of applied meteorology*. 16, 129-135.
- Oke, T. R. (2009). The need to establish protocols in urban heat island work. *T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment, 11-15*. Obtenido de: <http://ams.confex.com/ams/89annual/techprogram/paper150552.htm>.
- Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and applied climatology*. 84, 179-190.
- Oke, T. R. (2004). Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites. *World meteorological organization: Geneva*. Report 81.
- Oke, T. R. (1995). Classics in physical geography revisited Sundborg A. 1951: Climatological studies in Uppsala with special regard to the temperature conditions in the urban area. *Progress in physical geography*. 19, 107-113.
- Oke, T. R. (1988). The urban energy balance. *Progress in physical geography*. 12, 471-508.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly journal of the royal meteorological society*. 108, 1-24.
- Oke, T. R., (1979). Review of Urban Climatology 1973-1976. *World Meteorological Organization: Geneva*. WMO Technical Note No. 169
- Oke, T. R., (1976). The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. *Atmosphere*. 14, 269-277.
- Oke, T. R., Maxwell G. B. (1975). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric environment*. 9, 191-200.
- Parry, M. (1956). Local temperature variations in the Reading area. *Quarterly journal of the royal meteorological society*. 82, 45-57.
- Runnalls, K. E. y Oke, T. R. (2006). A technique to detect microclimatic inhomogeneities in historical records of screen-level air temperature. *Journal of climate*. 19, 959-978.
- Stewart, I. D. (2007). Landscape representation and the urban-rural dichotomy in empirical urban heat island literature, 1950 – 2006. *Acta Climatologica et Chorologica* 40-41, 111-121.
- Stewart, I. D. y Oke, T. R., (2009a). Conference notebook – A new classification system for urban climate sites. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 90, 922-923.
- Stewart, I.D. y Oke, T. R. (2009b). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan. *In Preprints, Seventh International Conference on Urban Climate*. 29 June-3 July, Yokohama.
- Stewart, I.D. (2011). Redefining the urban heat island. Tesis Doctoral, University of British Columbia, 335p.
- Szymanowski, M. (2005). Interactions between thermal advection in frontal zones and the urban heat island of Wrocław, Poland. *Theoretical and applied climatology*. 82, 207-224.
- Valiela, I. (2001). Doing Science: Design, analysis and communication of scientific research. *Oxford University Press: New York*.
- Wanner, H., y Filliger, P. (1989). Orographic influence on urban climate. *Weather and climate*. 9, 22-28.
- World Meteorological Organization (WMO). (1983). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. *World Meteorological Organization. Geneva*. WMO 8, 51p.