

Jonatan Torres Pérez  
Jorge Alberto Pérez León  
(Coordinadores)

UACJ



*Ciencia en la frontera:*  
revista de ciencia y tecnología  
de la Universidad Autónoma  
de Ciudad Juárez.

**DIRECTORIO**

**Ricardo Duarte Jáquez**  
Rector

**David Ramírez Perea**  
Secretario General

**Manuel Loera de la Rosa**  
Secretario Académico

**Luis Enrique Gutiérrez Casas**  
Coordinador General de  
Investigación y Posgrado

**Daniel Constandse Cortez**  
Director del ICB

**Alejandro Martínez Martínez**  
Jefe del Departamento de Ciencias Químico Biológicas

**Ramón Chavira Chavira**  
Director General de Difusión  
Cultural y Divulgación Científica

**CONSEJO EDITORIAL**

Daniel Constandse Cortez  
Director General

Jorge Alberto Pérez León  
Coordinador Editorial

**COMITÉ EDITORIAL**

VOL. XI, No. 3

Dra. Amalia Pérez Hernández  
Universidad Autónoma del Estado de México

Mtra. Katya Aimée Carrasco Urrutia  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Antonio de la Mora Covarrubias  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Delfino Madrigal Uribe  
Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Jesús Miguel Olivas García  
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Vivian Sistachs Vega  
Universidad de la Habana

Dra. Hortensia J. Reyes Cervantes  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dra. Emma González Carmona  
Instituto de Estudios sobre la Universidad-UAEMex

Dra. María Laura Sampedro Rosas  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. América Rodríguez H.  
Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. Graciela Carrillo González  
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Helvia Rosa Pelayo Benavides  
Departamento de Ciencias Químico Biológicas ICB-UACJ

MDB Miguel Ángel Rosales Serrano  
Departamento de Ciencias de la Salud Academia de Fisiología

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS,  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS**

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Coordinación General de Investigación y Posgrado. Vol. 11. (2013). Ciudad Juárez, Chih.: UACJ, 2013. v. ; 21 cm. Seriada.

Apoyado con Recursos PIFI

*Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* Vol. XI, núm. 3, 2013, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Biomédicas y de la Coordinación General de Investigación y Posgrado del ICB y el Departamento de Ciencias Básicas. Editor responsable: Luis Fernando Plenge Tellechea. Reserva al uso exclusivo otorgada por INDAUTOR Núm. 04-2013-03221300-5400-102 y el ISSN 2007-042X. Publicidad, anuncios y suscripciones, dirigirse a: *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, Heroico Colegio Militar 3775, 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tel. (656) 688 18 85. Copyright © UACJ. Esta obra se terminó de imprimir en diciembre de 2013 en los talleres de la Imprenta Universitaria, Edificio R, Campus ICB, Av. Hermanos Escobar y Av. Plutarco Elías Calles. C.P. 32310. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tiraje: 100 ejemplares.

Los manuscritos propuestos para publicación en esta revista deberán ser inéditos y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas simultáneamente. Al enviar los manuscritos y ser aceptados para su publicación, los autores aceptan que todos los derechos se transfieren a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, quien se reserva los de reproducción y distribución, ya sean fotográficos, en micropelícula, electrónicos o cualquier otro medio, y no podrán ser utilizados sin permiso por escrito de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*; véase, además, notas para autores.

Permisos para otros usos: el propietario de los derechos no permite utilizar copias para distribución en general, promociones, la creación de nuevos trabajos o reventa. Para estos propósitos, dirigirse a: *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, correo electrónico: fplenge@uacj.mx

## CONTENIDO

### **Alcances de los programas de educación ambiental de la UAEméx. en diversos contextos de educación básica**

*Emma González Carmona*  
*Emilio Gerardo Arriaga Álvarez*  
*Irma Eugenia García López*.....9

### **Prospección hidrogeoquímica del acuífero Tula-Bustamante mediante componentes mayoritarios**

*José Juan Saldierna-Ramos*  
*René Ventura-Houle*  
*Francisco De la Garza-Requena*  
*Wilver Enrique Salinas-Castillo*  
*Lorenzo Heyer-Rodríguez*  
*Néstor Guevara-García* .....19

### **Correlaciones canónicas en los bosques de manglar del sistema lagunar Chacahua-Pastorías, Oaxaca**

*Chan Keb, Carlos A.*  
*Linares F., Gladys*  
*Agraz H., Claudia M.*  
*Valera P., Miguel A.*  
*Pérez A., Ricardo*  
*Villegas R., María L. O.* .....27

### **Hábitos de consumo asociados a un comportamiento ambiental: un análisis difuso**

*Aguilar, W.E.*  
*Ojeda, S.*  
*Favela, H.*  
*Cruz, S.E.* .....35

### **Mecanismos involucrados en la regulación de la presión arterial desde un punto de vista neural**

*Eduardo Iván Acosta Gómez*  
*David Reyes Ruvalcaba*  
*Beatriz Araceli Díaz Torres*.....45

### **Los residuos y su relación con el consumidor: una metodología difusa**

*Aguilar, W.E.*  
*Ojeda, S.*  
*Castro, J.R.* .....55



## ABSTRACTS

**Reach of the UAEMéx's environmental education programs in basic education context***Emma González Carmona**Emilio Gerardo Arriaga Álvarez**Irma Eugenia García López*.....9

The UAEM has established a set of formal pedagogical formulations to teach environmental education through its curriculum to form Environmental Science bachelors. In this context, the aim of this article is to present the reach of the exercises in basic education context. In this sense, the underlying question in this research is: Which elements share the proposed formal environmental education? We will follow the methodology that starts with the comparative analysis of the topics, target audience, and institutional-curricular characteristics; finally, it will conclude with a summary of the convergent and divergent points, reach and trends of behavior. In relation with these topics there is an interest in treating Agenda 21, incorporate teaching strategies based on constructivism, and consider the Integral Reforms of Basic Education (RIEB) for viable proposals.

Key words: environmental education, basic education programs, learning contexts.

**Hidrogeochemistry prospection through major components at Tula-Bustamante aquifer**

José Juan Saldierna-Ramos

René Ventura-Houle

Francisco De la Garza-Requena

Wilver Enrique Salinas-Castillo

Lorenzo Heyer-Rodríguez

Néstor Guevara-García .....19

The groundwater quality is ruled by hydrogeological factors that derivate from rock-water interaction processes. An hydrogeochemical prospecting analysis develops an interpretation from the physical-chemistry characteristics of water and its relation with geological characteristics of the system which provides a helpful managing tool. The result of these methodologies is the development of geographic representations from hydrochemical characteristics of the aquifer. The main objective of this work was the portraying of the conditions at Tula-Bustamante aquifer by using hydrogeochemical prospecting techniques. Water samples from wells distributed in the study area were taken and parameters such as pH, electrical conductivity, temperature, and redox gradient were evaluated. In laboratory were conducted physical-chemical tests to determine major components. The data obtained were examined by software as Surfer 9.0, AquaChem 2.5, and Diagrammes 5.4 that produced Piper and Stiff diagrams which facilitated the interpretation and management of the information about the Tula-Bustamante aquifer conditions.

Key words: groundwater, hydrogeochemical, major components.

**Canonical correlations in mangrove forests at Chacahua-La Pastoría lagoon system, Oaxaca***Chan Keb, Carlos A.**Linares F., Gladys**Agraz H., Claudia M.**Valera P., Miguel A.**Pérez A., Ricardo**Villegas R., María L. O. ....27*

The Chacahua-La Pastoría lagoon system was declared as National Park on July 9th, 1937. It is relevant to note that the information about ecology, conservation degree or the impact of mangrove ecosystems for this gap have been little studied. Mangrove ecosystems correspond to the tree line which is located on the foreshore in tropical and subtropical regions. The aim of this study was to determine the degree of relationship between the physical and chemical variables of interstitial water and the structure of mangrove forest in the Chacahua-La Pastoría lagoon system through canonical correlation analysis. The results showed high coefficients of canonical correlation between physical-chemical parameters of interstitial water and the structure of mangrove forest.

Key words: mangrove ecosystem, physical-chemical parameters, dimension reduction.

**Consumption habits associated with environmental behavior: a fuzzy analysis***Aguilar, W.E.**Ojeda, S.**Favela, H.**Cruz, S.E. ....35*

Consumption habits are one of the variables that influence in consumer behavior in the development of environmental practices. The identification and value of consumer behavior helps establish strategies oriented to the reduction of solid waste from its origin. To make this analysis possible was required the use of a hierarchical fuzzy model that allows the use of qualitative and quantitative variables using ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) technique to generate consumer environmental behavior and a correlation analysis for the interpretation with their consumption habits. As a result we were able to identify the consumption habits linked to environmental behavior.

Key words: ANFIS, environmental behavior, consumption habits, solid waste.

**Mechanisms involved on blood pressure regulation since a neural perspective***Eduardo Iván Acosta Gómez**David Reyes Ruvalcaba**Beatriz Araceli Díaz Torres*.....45

This text approaches the main mechanisms of blood pressure control since a neural perspective. The regions involved are shown (pressor center of the rachidian bulb). For example we have the case of the baroreceptor reflex (blood pressure control in a short-term) that involves the stimulation of receptors in the aortic arch and the carotid sinus. Furthermore, the long-term control (humoral) where we can find those neuropeptides that have action on blood pressure. Among them is one of the most important but not the only one, the angiotensin II. The understanding of these mechanisms of blood pressure control and maintenance is very important because some failures on them can trigger chronic-degenerative diseases, including hypertension.

Key words: blood pressure, angiotensin II, control mechanisms.

**Waste and its relationship with the consumer: a fuzzy methodology***Aguilar, W.E.**Ojeda, S.**Castro, J.R.*.....55

Due to the large amount of solid waste generated today in the cities, it is necessary to develop strategies to reduce their impact on the environment. Therefore, it is essential to know its main generator, the consumer, as well as the characteristics that lead him to develop protective behaviors during the buying process. For the analysis we used artificial intelligence tools through a hierarchical fuzzy model determining environmental consumption profiles. The results shown that 46.50% of consumers are aware of the need to protect and conserve the environment through their actions and the consequences that result if we do not do it. However, this knowledge did not indicate that consumers become responsible for the waste they generate.

Key words: consumer, environmental consumption, hierarchical fuzzy model, solid waste.





ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Alcances de los programas de educación ambiental de la UAEMéx en diversos contextos de educación básica

\*Emma González Carmona,<sup>1</sup> Emilio Gerardo Arriaga Álvarez<sup>2</sup>, Irma Eugenia García López<sup>3</sup>

## RESUMEN

La Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), a través del currículum de formación del licenciado en Ciencias Ambientales, ha consolidado un conjunto de formulaciones pedagógicas de educación ambiental formal. En este marco, el objetivo de este trabajo es exponer los alcances de los ejercicios en diversos contextos de la educación básica. En tal sentido, la pregunta que subyace en esta investigación es: ¿cuáles son los elementos que comparten las propuestas de educación ambiental formal? Para ello, se considera la metodología que se inicia con el análisis comparativo de los temas a tratar, el público objetivo y las características institucionales-curriculares, y con ello, se concluye con la síntesis de los puntos convergentes y divergentes, así como sus alcances y tendencias de comportamiento. Respecto a estos últimos, se encuentra un interés por tratar la Agenda 21 de la onu, incorporar estrategias pedagógicas basadas en el constructivismo y considerar las Reformas Integrales de la Educación Básica (rieb) para hacer las propuestas viables.

Palabras clave: educación ambiental, programas de educación básica, contextos de aprendizaje.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las ciencias ambientales en la uaem, en el discurso curricular de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, surge de la necesidad de dar una respuesta integral a los problemas ambien-

tales que la sociedad genera. Esta problemática del hombre-naturaleza, desde la perspectiva de Escalona y Pérez (2006), se torna obvia, pues nadie duda que se manifiesta el rompimiento del equilibrio de los ecosistemas. A pesar de ello, es posible enfren-

1 (\*) "Autor para correspondencia" C. D. en H. Emma González Carmona, mexicana e investigadora del Instituto de Estudios Sobre la Universidad (IESU) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Dirección Postal: Paseo Tollocan, núm. 1402, Toluca, Estado de México. Ciudad Universitaria, Código postal 50110. Teléfono: (01 722) 2145351 283 15 16. emmagcarmona@yahoo.fr

2 D. en E. S. Emilio Gerardo Arriaga Álvarez, mexicano e investigador del Instituto de Estudios Sobre la Universidad (IESU) de la Universidad Autónoma del Estado de México.

3 C. D. en H. Irma Eugenia García López, mexicana e investigadora del Instituto de Estudios Sobre la Universidad (IESU) de la Universidad Autónoma del Estado de México.

tar este desequilibrio a través de la educación; de hecho, para Jickling y Wals (2008) el surgimiento de la educación ambiental tiene un referente en la relación de la problemática del hombre con la naturaleza y se expresa en dimensiones ecológicas, sociales, culturales y económicas interrelacionadas de una forma compleja y global.

De esta apreciación surge la pregunta: ¿cuáles son los componentes que trascienden en las propuestas de educación ambiental? Por ello, el objetivo de este trabajo es identificar los alcances de las propuestas de educación ambiental de los trabajos emanados del currículum del Programa de Ciencias Ambientales de la uaem en poblaciones de educación formal, para lo cual se desarrolla la metodología centrada en el análisis comparativo de las propuestas de educación ambiental y concluye con la síntesis de los componentes comunes y divergentes en los diversos programas, así como en la trascendencia de éstos en las poblaciones objetivo.

Los trabajos referidos se enmarcan en la educación primaria, ya que ésta es vista como la base de la formación del futuro ciudadano. En este contexto, las propuestas analizadas son: Programa de Educación Ambiental Transversal para sexto grado de educación primaria en la Escuela Primaria “General Manuel Ávila Camacho” (Rodríguez, 2013); Educación ambiental para niños de nivel primaria, que promueve el aprendizaje significativo y refiere el estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt) (Estrada y Villafaña, 2010); y Educación ambiental: estrategias didácticas para su aprendizaje en el tercer grado de educación primaria. Estudio comparativo en dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca, 2011 (Cedeño y Garduño, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los tres trabajos: Programa de Educación Ambiental Transversal para sexto grado de educación primaria en la Escuela Primaria “General Manuel Ávila Camacho”; Educación ambien-

tal para niños de nivel primaria, que promueve el aprendizaje significativo y refiere el estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt); y Educación ambiental: estrategias didácticas para su aprendizaje en el tercer grado de educación primaria. Estudio comparativo en dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca, 2011.

Se identifica que comparten tres elementos: 1) Temas ambientales; 2) Caracterización del público meta; y 3) Características institucionales que se evidencian en el currículum referido a la primaria (González, 2010). Con ello, se exponen los principales hallazgos de las propuestas educativas.

### 1. Temas ambientales

*1.1 Los constituyentes de la construcción de la propuesta del Programa de Educación Ambiental Transversal para sexto grado de educación primaria en la Escuela Primaria “General Manuel Ávila Camacho”.*

Las temáticas ambientales prioritarias (tap) del contexto escolar muestran:

La problemática ambiental identificada en la institución educativa, en específico la siguiente: el deterioro de áreas verdes, desperdicio de agua, generación de residuos sólidos y consumo irresponsable. Los temas a tratar se fundamentan en las tap y son incluidos con base en la rieb (sep, 2009), a través de su tratamiento en más de una asignatura.

Las temáticas sugeridas tienen relación con tres asignaturas del programa de estudios de sexto grado de 2011: Ciencias Naturales, Geografía, y Formación Cívica y Ética, para lo cual la autora sugiere tratarlos de manera transversal, ya que estos temas son considerados como emergentes, y como complemento de los contenidos de dichas asignaturas.

Con base en el registro de las tap, se incluyen temáticas específicas centradas en la biodiversidad, agua, estilos de vida sostenibles y educación para

la sostenibilidad, puesto que tienen estrecha vinculación con la problemática ambiental del plantel educativo.

Las tap propuestas se fundamentan con el tratamiento derivado de la Agenda 21 de la onu, la cual define la necesidad de atenderlas, dadas sus implicaciones en la vida en general; entender las fuentes que ocasionan el estado actual de su deterioro y problemática, así como su dinámica; y, finalmente, incidir en la problemática, ya sea en la prevención, mitigación y solución.

Esto implica la recuperación de contenidos tratados en otras asignaturas por los discentes y con ello, se potencia el aprendizaje, debido al tratamiento a partir de estrategias didácticas, reflexión en el trabajo de los bloques o unidades de competencia considerados, a fin de trabajar las situaciones socialmente relevantes de manera complementaria en más de una asignatura. Esta forma de trabajo permite aprovechar los conocimientos, habilidades, actitudes y valores, que se promueven en el aula, así como la integración de conocimiento de frontera, que por su relevancia urge tratar.

La organización de los contenidos para dicha propuesta incluye las siguientes estrategias: los temas se conforman en unidades de competencia, los cuales se guían por una competencia general y específica, que permite al discente aprender los conocimientos ambientales, sensibilizar y concienciar e incidir en el tratamiento o la solución de la problemática ambiental. En esta fase, el niño participa activamente en la solución del problema ambiental específico en el hogar, escuela o comunidad.

Por otra parte, el tratamiento de los temas se realiza de lo simple a lo complejo, con la idea de mostrar la caracterización del problema, sus causales y la posible incorporación del discente en la solución.

## *1.2 Los componentes temáticos del trabajo Educación ambiental: estrategias didácticas para su aprendizaje en el tercer grado de educación primaria. Estudio comparativo en dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca, 2011, que expresan:*

La problemática ambiental se aborda en las asignaturas: Ciencias Naturales, Geografía (estudio de la entidad donde vivo), Historia, Formación Cívica y Ética, Educación Física y Educación Artística, a través de la formación de competencias del plan de estudios de la educación primaria, señaladas como competencias para la vida, y con un rango de su formación, que abarca desde las competencias geográficas hasta las históricas, tales como: aprendizaje permanente, manejo de información, manejo de situaciones, convivencia, y vida en sociedad. En tal caso, las autoras construyen estrategias pedagógicas que permiten el aprendizaje a partir de la construcción basada en experiencias que promueven el conocimiento, la problemática, así como la consecuente responsabilidad de los participantes.

Este referente se sustenta en las experiencias de la escuela “verde” y en la experiencia de la aplicación del Programa de Educación Formal en Veracruz: “Río de Rapaces” y su inserción en el currículo de cuarto grado de enseñanza primaria. Así, el grupo de asignaturas que incluye los temas ambientales vincula el desarrollo psicológico, físico, afectivo y cognitivo de los alumnos.

En materia de ciencias naturales, el tema de los seres vivos incorpora el estudio de la nutrición y respiración de las plantas y los animales en términos de su interacción con el medio ambiente. Para ello, se incluyen estrategias pedagógicas que identifican las relaciones entre el ser humano con su entorno, a fin de satisfacer sus necesidades e identificar las prácticas para cuidar el medio ambiente y con ello, mantener la vida. A la par se canalizan prácticas inmediatas de atención en el caso del manejo de residuos sólidos, reúso, reducción y reciclaje de materiales.

De manera puntal se integran los siguientes temas y subtemas, a través de preguntas detonadoras:

- a) ¿Cómo somos los seres vivos?; ¿cómo nos alimentamos los seres vivos?; los seres vivos estamos interconectados a través del aire, suelo, agua, naturaleza, flora y fauna, ¿cuáles son las condiciones del medio ambiente que hacen que tengamos una vida de calidad?
- b) La naturaleza de mi identidad: elementos naturales y el ciclo del agua y su importancia para la vida.
- c) Residuos sólidos: ¿qué pasa si no cuidamos nuestro medio ambiente?, y ¿cuáles son los principales problemas?
- d) Satisfacción de necesidades básicas (consumo versus consumismo): necesidades básicas; consumo; consumismo.
- e) Los problemas ambientales: contaminación del agua, contaminación del aire, contaminación del suelo y contaminación de la vegetación; causas y consecuencias de los problemas ambientales.
- f) Patrimonio natural: anp y unidades del medio ambiente (uma).

*1.3 Los elementos que se tratan en el trabajo Educación ambiental para niños de nivel primaria, que promueve el aprendizaje significativo y refiere el estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt).*

Se recuperan en cuatro módulos: Elementos de la naturaleza que necesitamos para vivir; El cuidado del bosque; Uso y desecho; y Pongamos todo junto. Cada temática en los módulos correspondientes integra estrategias pedagógicas, que evidencian las características del elemento a considerar, la problemática y la inclusión de soluciones en donde el niño participa. Un elemento innovador de este programa es que, en su parte conclusiva, se trabaja por proyectos en donde pueden integrarse

niños de diversos grupos. Así se distinguen los siguientes componentes:

- a) Elementos de la naturaleza que necesitamos para vivir. Incorpora el tratamiento del agua, suelo y aire, a partir de preguntas que denotan las características, la problemática y la forma en que el discente incidiría.
- b) El cuidado del bosque. Contempla: ¿qué encontramos en un bosque?, ¿quiénes viven en el bosque?, ¿qué obtenemos del bosque?, ¿podemos vivir sin el bosque?, ¿quién cuida el bosque?, y ¿cómo cuidamos el bosque?
- c) Uso y desecho. Trata: ¿qué hacemos con las cosas que ya no queremos?, ¿qué tipo de cosas tiramos?, ¿a dónde van las cosas que tiramos?, ¿qué hacer para disminuir la basura?
- d) Pongamos todo junto. Se desarrolla con tres proyectos: La maravilla del bosque; Salvemos el pnnt; y Todos somos parte del todo.

## **2. Caracterización del público meta**

*2.1 Caracterización del público objetivo: los niños de sexto grado de educación primaria en el trabajo en la Escuela Primaria “General Manuel Ávila Camacho”.*

Identificar las características de desarrollo cognitivo es una tarea fundamental para construir las estrategias pedagógicas. Ello permite identificar el rango de madurez cognitiva. Su desarrollo en la etapa operacional, definida por Piaget, se señala como el periodo en el que el niño adquiere un pensamiento reversible, al pedirle que imagine un evento pasado y futuro del medio ambiente, así como un pensamiento concreto, al sugerir soluciones que están a su alcance o inciden en la problemática ambiental que ha detectado.

A la vez, es capaz de pensar en las diferentes posibilidades que pueden ocurrir derivadas de una problemática ambiental. Por ello, puede deducir las conclusiones por las hipótesis que plantea acerca del comportamiento de algo y no solo de una ob-

servación. Por otra parte, se puede decir que es un niño eminentemente social, pues se relaciona de manera social y cultural, lo que contribuye a su desarrollo cognitivo individual.

## *2.2 Público objetivo del trabajo comparativo Educación ambiental: estrategias didácticas para su aprendizaje en el tercer grado de educación primaria.*

Las autoras Cedeño y Garduño (2012) mencionan características propias del aprendiz de tercer grado de educación primaria. Por ejemplo, expresan que el niño es capaz de solucionar operaciones lógicas, clasificación y seriación, entre otras, ya que en la práctica puede mejorar su capacidad de solucionar problemas reales. Al respecto, Piaget marca que el niño en la etapa de las operaciones concretas (7-11 años), tiene un pensamiento lateral y concreto, pero la formulación abstracta sobrepasa su captación. Su pensamiento lógico se debe a la consecución del pensamiento reversible (conservación, clasificación, seriación, negación, identidad y compensación).

Como niño práctico puede mejorar su capacidad de solucionar problemas reales, pero con la consideración de Ausubel este sujeto tiene disposición para aprender significativamente con base en la inmersión en experiencias y la utilización de material atractivo (Beltrán, 2002).

## *2.3 Población meta incluida en el trabajo Educación ambiental para niños de nivel primaria y referido al estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt).*

Se considera que, según Piaget, el niño tiene un pensamiento ligado a fenómenos del mundo, por lo que se le denomina “niño práctico” (Universidad Pedagógica Nacional, 1994a).

Este acercamiento a la realidad mejora la capacidad para pensar de manera lógica, debido a la

consecución del pensamiento reversible (conservación, clasificación, seriación, negación, identidad y compensación). Por consiguiente, mejora la capacidad de solucionar problemas concretos (a la mano), adopta la perspectiva de otro y considera las intenciones en el razonamiento moral.

En esta misma interpretación, pero de manera complementaria, para Vigotsky (1988) es importante considerar la Zona de Desarrollo Próximo, con ayuda del docente y de los pares, para entender, explicar y sugerir soluciones de los problemas en las diversas esferas sociales en las que el discente se desenvuelve: familiar, escolar y social (Universidad Pedagógica Nacional, 1994b).

Al mismo tiempo, las autoras integran los planteamientos de Bruner y Ausubel en la construcción de las estrategias pedagógicas. Para el primero, importa la incorporación de registros lingüísticos según el pensamiento lógico y el contexto en el que el discente vive, y para el segundo, es posible fomentar el aprendizaje significativo, a través de la relación en las experiencias y contexto en el que el discente se desarrolla.

## ***3. Características institucionales que se evidencian en el currículo referido a la primaria***

### *3.1 Referente institucional-curricular del programa de estudios de sexto grado.*

El análisis de este componente permite identificar, en los tres ejemplos, la ruta de integración en el currículo, para tratar la temática que se sugiere en cada uno de los programas de educación ambiental. Por principio, en cuanto a los componentes curriculares que se consideran, éstos se evidencian a través de la adquisición de competencias, la cual se define como el conjunto de los diversos saberes que se ponen en práctica para resolver un problema.

En este sentido, Rodríguez (2013) cuida que los bloques temáticos de cada asignatura refieran las competencias y aprendizajes que el alumno adquirirá al concluirlos, lo cual contribuye a la for-

mación integral de los discentes en términos de desarrollo de competencias para la vida. Por esta razón, los temas que componen la propuesta se integran en unidades que refieren competencias generales y específicas, las cuales se distribuyen en el perfil de formación del niño de sexto grado, y su concordante organización del conocimiento de lo simple a lo complejo.

Los elementos curriculares específicos integran las características de los temas ambientales, además de incorporar las características del público objetivo, ya tratadas (cónfer supra), así como las condiciones institucionales operativas, que determinan la inclusión de las estrategias de aprendizaje significativo, es decir, el aprendizaje que se integra a la vida del discente. Con ello, Rodríguez (2013) señala que, a través de su aplicación, es posible trascender el conocimiento en la vida del niño.

La construcción de las estrategias de aprendizaje significativo, se incorpora como temáticas transversales en las unidades de aprendizaje. La idea es incluir la problemática emergente en la programación escolar, con la finalidad de incidir en ésta. Por otra parte, desde la perspectiva del constructivismo se diseñan las estrategias pedagógicas en tres momentos experienciales: conflicto, asimilación y acomodación o equilibrio, los cuales reflejan las tres estrategias propuestas: la estrategia introductoria, que activa el conocimiento previo; la estrategia de desarrollo, que incorpora el nuevo conocimiento; y, finalmente, la estrategia integrativa o de aplicación, en la cual la vida del discente trasciende al emplear el conocimiento adquirido.

De Díaz-Barriga (2006), se retoma la importancia de cada una de las estrategias para guiar y construir el aprendizaje significativo:

a) La función de la estrategia introductoria es activar el conocimiento previo mediante una pregunta detonadora o lluvia de ideas sobre un tema expreso en una imagen, canción, video o relato.

b) La función de la estrategia de desarrollo es entender la esencia del tema, a partir del insumo de nuevos saberes, que bien pueden ser: saber vivir, saber convivir, saber hacer y saber conocer.

c) La función de la estrategia integrativa o de aplicación, es la utilización de los anteriores insumos para incidir en el problema que se estudia e integrarlo a la vida.

### *3.2 Trabajo en dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca.*

En los tres trabajos que se analizan, las autoras toman como referente las rieb para identificar los lineamientos y organizar el conocimiento y las propuestas del trabajo, así como las situaciones de aprendizaje en materia ambiental, específicamente las asignaturas que incluyen la temática, para lo cual en el primer punto se describen los objetivos de la educación básica, y en el segundo, los cambios, con especial énfasis en los temas ambientales dentro del programa de educación del tercero y sexto grados de primaria.

En el caso de esta propuesta educativa, Cedeño y Garduño (2012) realizan un análisis de las asignaturas que incorporarían las estrategias pedagógicas. Con ello, se prevé que la construcción de la propuesta de educación ambiental sea coherente con los objetivos de la rieb de 2009, que se ven permeados en la estructura y organización del conocimiento, así como en el diseño de estrategias pedagógicas y la formación de competencias para la vida en sociedad, y orientadas a promover la toma de conciencia de las implicaciones sociales y el uso de la tecnología; actuar con respeto ante la diversidad sociocultural; combatir la discriminación y el racismo; y manifestar una conciencia de pertenencia a su cultura, a su país y al mundo. Lo que implica la posibilidad de aprender, asumir y dirigir su propio aprendizaje a lo largo de la vida. Con ello se involucran diferentes saberes para

comprender la realidad, adquiriendo la capacidad de entender la compleja relación de la sociedad y el impacto de sus actividades en el medio ambiente (sep, 2009).

El discente es quien está facultado para analizar y sintetizar experiencias basadas en la memoria motriz; a partir de ellas se podrán crear nuevas situaciones con diversos resultados y, a su vez, se podrá interpretar su entorno a través de preguntas como: ¿qué debo hacer?, ¿para qué lo haré?, ¿cómo y de cuántas formas lo puedo lograr?, ¿qué resultados obtendré? (sep, 2009).

Asimismo, el material didáctico, las actividades y el contexto son componentes curriculares que Cedeño y Garduño (2012) consideran para que el aprendizaje sea significativo. De acuerdo con Hernández (2008), el conjunto de material didáctico es diseñado para elevar el nivel de conocimiento y motivación, y la disponibilidad de recursos y referentes del entorno inmediato aseguran un aprendizaje permanente, ya que los referentes de aprendizaje están disponibles en el entorno como las características institucionales y el contexto geográfico, social, cultural y económico.

Otro componente curricular es el que concierne a la organización académica y administrativa, que bien puede representar una parte del contexto de aprendizaje, aunado a la infraestructura. De manera particular, los componentes curriculares considerados en la propuesta de educación ambiental son: tiempo destinado, objetivo, competencias, saberes, materiales y desarrollo de estrategias con base en los principios constructivistas.

### *3.3 Trabajo de Educación ambiental referido al estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt).*

En este trabajo, Estrada y Villafaña (2010) explicitan los principales elementos del currículum para hacer viable el Programa de Educación Ambiental. Para ello, incorporan los objetivos institucionales,

la organización del conocimiento, las estrategias, las actividades, la evaluación del desempeño e incluso, los materiales y tiempo destinados para cada uno de los bloques propuestos. Así, las estrategias pedagógicas de aprendizaje tienen un gran peso.

Respecto a los objetivos de la propuesta, se califican como coherentes con el programa actual de educación primaria, los cuales marcan el contenido temático en las dos nuevas asignaturas que la última reforma incluye. La organización del conocimiento en los temas que se proponen efectuar en diversos bloques especializados, a partir de un planteamiento de problema o de una premisa con connotación ambiental relativa al pnnt.

Las actividades, los materiales, el tiempo y el tipo de desempeño o evaluación son expuestos para cada uno de los bloques y para cada una de las lecciones en coherencia interna y externa en los aparatos sugeridos.

## CONCLUSIONES

El análisis comparativo de los tres trabajos de educación ambiental en la educación primaria, permite identificar los alcances y limitantes de los mismos, y con ello se evidencian las respuestas que surgen de la pregunta de investigación siguiente: ¿cuáles son los componentes que trascienden en las propuestas de educación ambiental en las proposiciones analizadas?

En el análisis comparativo se identifican tres componentes sustantivos: los temas ambientales basados en las tap, que se dictan en la Agenda 21 de la onu; las características de los públicos objetivo, desde los supuestos constructivistas; y las características curriculares del nivel al que van dirigidos. Con ello, se identifica que los alcances de las propuestas, en cuanto a los temas, trascienden de lo local a lo global. Se incluye el tratamiento de la temática ambiental con base en la problemática en la que la institución está inmersa, y las estrategias pedagógicas que se desarrollan en la temática incorporan la caracterización del elemento a conocer,

la problemática en la que se está inmerso y la manera en que el niño incide en su solución. De esta manera, se integra la problemática del entorno, los intereses de los niños, así como los objetivos de los programas para lograr resultados satisfactorios.

Respecto a las características del público meta, se incorporan las teorías del aprendizaje en la caracterización, tales como: la construcción del conocimiento, por Piaget; la mediación social e instrumental para potenciar el aprendizaje del discente, por Vigotsky; el aprendizaje significativo, por Ausubel; y la incorporación del registro lingüístico ad hoc, por Bruner.

Con relación a los componentes curriculares, los tres trabajos incluyen el análisis de la rieb para hacer coherentes sus propuestas programáticas en cuanto a temas, organización del conocimiento, competencias a desarrollar, objetivos, estrategias, actividades, tiempo y desempeño. Cabe señalar que estos elementos se expresan tanto de manera explícita como implícita; además, que un componente curricular sensible es la estrategia pedagógica de aprendizaje. Al respecto, en los tres casos se desarrollan tres tipos de estrategias, que conducen a la formación de competencias que dan evidencia del aprendizaje significativo. Como comentario marginal, se visualiza el juego para interesar a los niños para el desarrollo de las estrategias pedagógicas.

Respecto a los alcances, se considera que las propuestas influyen en la toma de conciencia de los actores escolares: estudiantes, padres de familia y personal docente y administrativo; además de que modifican valores y actitudes desde la lógica de formación por competencias, ya que con ello se adoptan técnicas y comportamientos responsables y éticos, para mitigar o solucionar los problemas ambientales de su entorno inmediato y cotidiano.

Si bien la variable perfil del docente no se considera en el análisis comparativo, ésta representa una variable controlada, pues el perfil es representado por el conjunto de autoras de cada uno de los programas analizados. Los diversos indicadores

cuidados por la docencia para la aplicación del programa en el Área Metropolitana del Valle de Toluca, dan cuenta de: dominio del tema, que evidencia un registro lingüístico apropiado al tema y al público; interacción con y entre los alumnos, pues a partir de esta convivencia se potencia el aprendizaje; promoción del aprendizaje; solución de dudas; promoción de la autoevaluación; corrección pertinente; introducción de activación de aprendizajes previos; claridad en las instrucciones; eficiencia de las actividades; material adecuado; organización del tema; evaluación del proceso de aprendizaje; y cumplimiento de los objetivos del aprendizaje, a partir de las capacidades que se desarrollaron.

Con relación a las limitantes, se reconoce que aunque comparten en general la metodología de construcción del programa, las características específicas del contexto de los aprendices marcan el éxito de las propuestas, especialmente de los directivos de las escuelas. También se reconoce que la construcción de los tres programas, se hizo por especialistas en las ciencias ambientales, por lo que convendría construir programas con grupos interdisciplinarios y transdisciplinarios. Con ello, se reconoce que la educación ambiental es un híbrido o un puente de comunicación con las otras disciplinas.

Para el caso del programa dirigido a dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca, las condiciones de infraestructura y equipamiento se convierten en un medio de apoyo fundamental. En tal sentido, para el análisis comparativo este referente tendría que considerarse. En específico, en la escuela marginada con respecto a la urbana, los niños se mostraron más interesados por temas relacionados, por ejemplo, con la problemática del agua, pues experimentan la carencia de ésta, y acerca de la naturaleza, pues conocen más la fauna y flora de su entorno. En sentido contrario, en la misma temática tratada con niños de la escuela urbana, no se apreció significativamente un especial interés, pero sí un mayor conocimiento de animales



exóticos, debido al acceso a internet de la mayoría de ellos.

## REFERENCIAS DE LIBROS

- Beltrán Llera, J. (2002). *Procesos, estrategias y técnicas de aprendizaje*. Editorial Síntesis.
- Cedeño, L. N. y B. L. Garduño (2012). “Educación ambiental: estrategias didácticas para su aprendizaje en el tercer grado de educación primaria. Estudio comparativo en dos escuelas del Área Metropolitana del Valle de Toluca, 2011”. México. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la uaem.
- Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Escalona, J. y M. Pérez (2006). La educación ambiental en la Universidad de Los Andes: un estudio desde la perspectiva de los estudiantes de educación. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-49102006000300011&lang=pt](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102006000300011&lang=pt)
- Estrada, A. M. y A. D. Villafaña (2010). “Propuesta de educación ambiental para niños de nivel primaria, que promueve el aprendizaje significativo y refiere el estudio del Área Natural Protegida (anp) Parque Nacional Nevado de Toluca (pnnt)”. México. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la uaem.
- Hernández, M. L. (2008). “Estrategias de educación ambiental como elemento de aprendizaje significativo para el manejo sustentable del agua en el tercer grado de educación primaria”. México. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEM.
- Jickling, B., E. Arjen y J. Wals (2008). *Globalization and Environmental Education: Looking beyond Sustainable Development*. Disponible en: <http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a785923785>
- Rodríguez, J. (2013). “Temáticas ambientales prioritarias en educación básica: propuesta de un Programa de Educación Ambiental Transversal para sexto grado de primaria. Caso de estudio: Escuela Primaria ‘General Manuel Ávila Camacho’, Toluca, Estado de México”. México. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la uaem.
- Secretaría de Educación Pública (sep) y Subsecretaría de Educación Básica (seb) (2009). *Reforma Integral de la Educación Básica 2009*. México: sep.
- Universidad Pedagógica Nacional (1994a). *Antología básica. El niño: desarrollo y proceso de construcción del conocimiento. Lectura: Estadios del desarrollo según Piaget*. México: Licenciatura en Educación (Plan 1994).
- (1994). *Antología básica. El niño: desarrollo y proceso de construcción del conocimiento. Lectura: Zona de desarrollo próximo. Una nueva aproximación*. México: Licenciatura en Educación.
- Vigotsky, L. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Interacción entre aprendizaje y desarrollo*. 3a. edición. Barcelona: Editorial Crítica. Biblioteca de Bolsillo.

## REFERENCIA DE REVISTA

- González, E. (2011, 30 de junio). “Una propuesta metodológica para la instrucción ambiental: componentes para la incorporación de temas ambientales prioritarios”. *Revista Proyección*, núm. 10. Argentina: Instituto cifot, 69-90.



# Prospección hidrogeoquímica del acuífero Tula-Bustamante mediante componentes mayoritarios

\*José Juan Saldierna-Ramos<sup>1</sup>, René Ventura-Houle, Francisco de la Garza-Requena, Wilver Enrique Salinas-Castillo, Lorenzo Heyer-Rodríguez y Néstor Guevara-García

## RESUMEN

La calidad del agua subterránea se rige por factores hidrogeológicos, los cuales son producto de procesos de interacción roca-agua. Un análisis de prospección hidrogeoquímica es una herramienta en la gestión de recursos hídricos, la cual desarrolla una interpretación a partir de la determinación físico-química del agua y su relación con características geológicas del acuífero. Mediante este tipo de análisis, se crean representaciones geográficas sobre la distribución de las características hidroquímicas del acuífero. El objetivo general de este trabajo fue caracterizar el acuífero Tula-Bustamante mediante componentes mayoritarios empleando técnicas de prospección hidrogeoquímica. Se tomaron muestras de agua de pozos distribuidos en la zona de estudio, se evaluaron parámetros en campo como; pH, conductividad eléctrica, temperatura y el gradiente redox. En laboratorio se realizaron los análisis físico-químicos para determinar componentes mayoritarios. Los datos obtenidos se examinaron mediante los software Surfer 9.0, AquaChem 2.5 y Diagrammes 5.4, de los cuales se obtuvieron diagramas de Piper y Stiff, que facilitaron la interpretación y el manejo de la información sobre las condiciones del acuífero Tula-Bustamante.

Palabras clave: agua subterránea, hidrogeoquímica, componentes mayoritarios.

## INTRODUCCIÓN

Las características físicas y químicas del agua subterránea son resultado de procesos hidrogeológicos (Raju, Shukla y Pam, 2009), los cuales son responsables de la evolución geoquímica del agua subterránea. Para evaluarse, se requiere una descripción

del material geológico contenido en las rocas, en donde el agua está en contacto (Rouabhia et al., 2011); dichos procesos influyen en la calidad del agua.

Con base en lo anterior, es importante analizar el agua subterránea para conocer de manera más

<sup>1</sup> Centro Universitario, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamps., México; C.P. 87149.  
\* Autor para correspondencia: saldiernajose@gmail.com

precisa el comportamiento de un acuífero (Subba, 2009); en consecuencia, los estudios hidrogeoquímicos se han convertido en un tema de interés relevante y en una base para la creación de mecanismos de gestión de aguas subterráneas (Vasanthavigar, Srinivasamoorthy y Prasanna, 2012).

Las técnicas de prospección hidrogeoquímica permiten realizar una representación geográfica de la distribución de las características hidroquímicas del acuífero, obtenidas del análisis físico-químico del agua subterránea (Raju, Shukla y Pam, 2009).

Las representaciones geográficas o mapas obtenidos, se emplean para caracterizar el acuífero y así comprender el funcionamiento de dichas propiedades; además, se pueden detectar posibles vulnerabilidades de degradación del agua subterránea (Umar, Khan y Absar, 2006).

Es así que la prospección hidrogeoquímica sirve como herramienta para el diseño de programas de gestión, los cuales se usan con el objetivo de generar normas para llevar a cabo un manejo sustentable de los recursos hídricos (Pacheco y Cabrera, 1997).

El objetivo general de esta investigación fue analizar y modelar especialmente la calidad del agua mediante componentes mayoritarios del acuífero Tula-Bustamante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

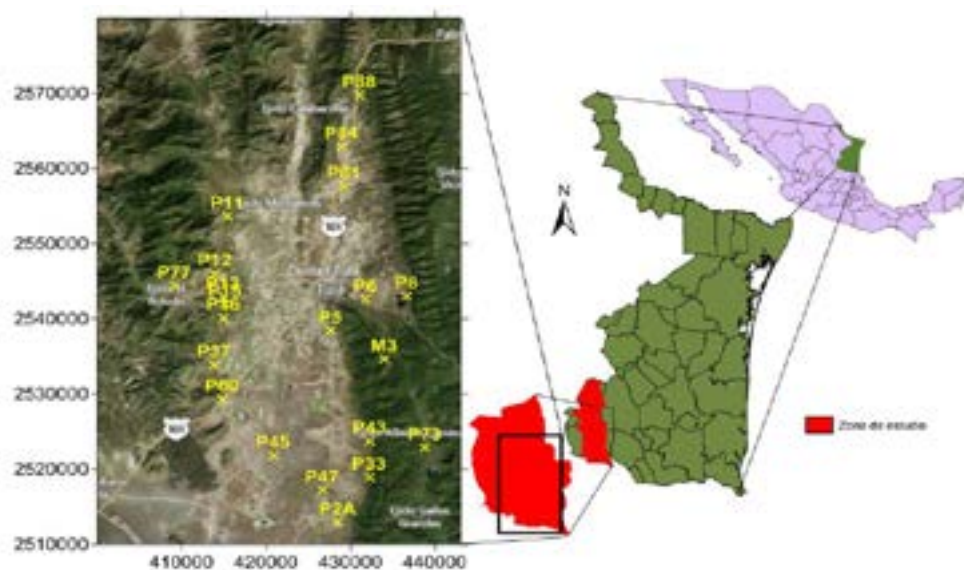
### Zona de estudio

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tula, localizado en la parte suroeste del estado de Tamaulipas (figura 1), con una cuenca endorreica, con características ecogeográficas del altiplano mexicano, lluvias escasas inferiores a los 400 mm/año y un clima semidesértico.

La zona técnicamente carece en su totalidad de escurrimientos superficiales perennes, por lo que el suministro de agua para los diferentes usos de la zona depende de las fuentes de agua subterránea (ceat, 2012).

### Preparación del material

Se utilizaron envases de polietileno con capacidad de tres litros, que se lavaron previamente con de-



**Figura 1.** Zona de estudio.  
x = Ubicación de fuentes de abastecimiento.

tergente sin fosfatos y se enjuagaron con agua destilada. Para el transporte, las muestras se depositaron en hieleras para su conservación a temperatura inferior a los 10 °C.

### **Toma de muestras**

Para la toma de muestras, se siguieron los procedimientos indicados y estandarizados en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (apha, 1981).

Se tomaron muestras a 21 pozos distribuidos aleatoriamente, los cuales cuentan con infraestructura para la extracción de agua asistida mediante bombas de succión, con un promedio de vida de 30 años.

### **Análisis de las muestras**

En campo se midieron parámetros al agua como: pH, conductividad eléctrica, temperatura y sólidos totales disueltos de cada pozo, con el aparato hi 9813 portable.

En laboratorio se determinaron los siguientes parámetros físico-químicos: potencial de oxidación-reducción con el potenciómetro Denver Instruments modelo ub-10, alcalinidad, dureza, cloruros, por el método de titulación; y sulfatos con el espectrofotómetro marca Turner modelo 690.

Los datos obtenidos se compararon con la NOM-127-SSA-1994 de Límites máximos permisibles de calidad para el consumo humano (Imppch) (ssa, 1994).

### **Interpolación geográfica de datos**

El software Surfer 9.0 para Windows realiza mapas representativos de diversos tipos de gráficos basados en una técnica de interpolación de datos denominada Kriging (Fagundo, 2007), que es un método geoestadístico que considera que la distancia o dirección entre puntos donde se tomó la muestra tiene una correlación espacial, la cual aplica para explicar la variación en la superficie.

Para llevar a cabo este procedimiento, se tienen que realizar los siguientes pasos: un análisis

estadístico de los datos, un modelado de variogramas, la creación de mapas y la exploración de la varianza.

La fórmula general del Kriging es:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Donde:

$Z(s_i)$  = Valor medido en la ubicación  $i$

$\lambda_i$  = Ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación  $i$

$S_0$  = Ubicación de la predicción

$N$  = Cantidad de valores medidos

El modelo de variograma que se utilizó en este trabajo fue exponencial, ya que era el que más se ajustaba a los valores obtenidos en el histograma. Para los valores geográficos, se utilizó el sistema Universal Transverse Mercator (utm), datum wgs 1984, zona 14 N, atribuida a la localización de los sitios de muestreo (pozos de extracción).

De esta manera, se generaron diferentes mapas de prospección hidrogeoquímica que representaron geográficamente las diferentes concentraciones sobre el terreno, permitiendo observar la distribución espacial de los elementos a estudiar.

## **RESULTADOS**

Los datos obtenidos de pH son poco variables. En cuanto a los demás parámetros analizados, se observa una marcada variación en los datos, reflejada en los valores de la desviación estándar (cuadro 1).

### *Cationes*

Las variaciones en las concentraciones del ion Ca rebasaron el Imppch de la NOM-127-SSA de 500 mg/l (figura 2), originado por el contacto y disolución de materiales sedimentarios de origen calcáreo que se encuentran en la región, principalmente dentro del valle, y obteniendo valores más altos en la región sur de la zona de estudio.

El comportamiento del Ion Mg (figura 3), se

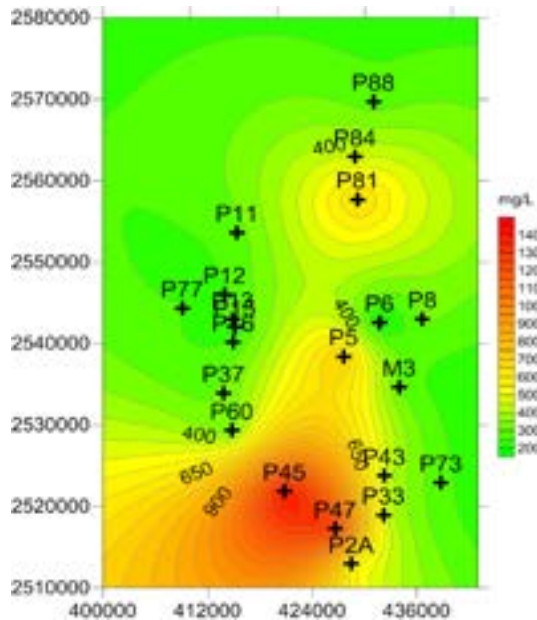
**Cuadro 1.** Datos obtenidos de campo e in situ.

| Parámetro (mg/l) | Media  | Desv. estándar. | Máx.    | Mín.  |
|------------------|--------|-----------------|---------|-------|
| pH               | 7.30   | 0.18            | 7.7     | 7     |
| C.E.             | 1.20   | 0.94            | 4.31    | 0.39  |
| Redox            | 288.69 | 114.16          | 685.9   | 165.1 |
| TDS              | 766.55 | 483.36          | 1950    | 283   |
| Temp °C          | 21.10  | 4.40            | 27.5    | 10    |
| Ion Ca           | 449.81 | 336.80          | 1418    | 162   |
| Ion Mg           | 154.29 | 197.39          | 860     | 0     |
| Ion Na           | 75.06  | 143.70          | 615     | 1     |
| HCO <sub>3</sub> | 251.33 | 60.70           | 389     | 186   |
| SO <sub>4</sub>  | 515.38 | 604.84          | 2055.73 | 3.92  |
| Cl               | 25.26  | 50.72           | 236.24  | 0.99  |

deriva de la disolución de carbonatos magnésicos asociados a los aluviones de zonas calizas, que abundan en la región, obteniendo valores altos en la zona norte sobrepasando el Impch de la NOM-127-SSA de 500 mg/l.

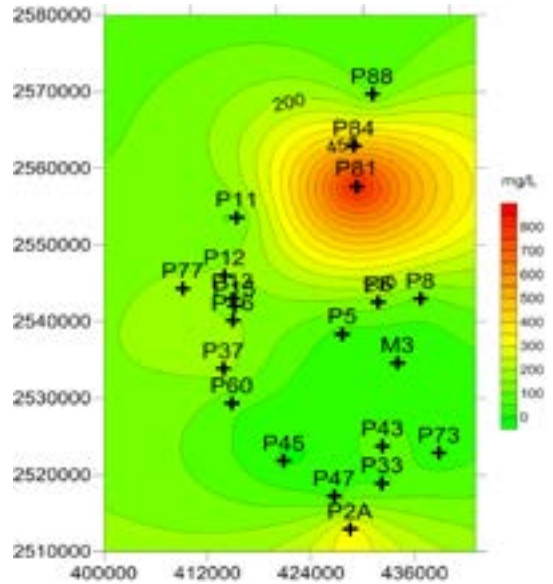
El Ion Na (figura 4) tuvo el mismo comportamiento que el ion Mg, lo cual tiende a afectar la calidad del suelo de la zona norte del acuífero (Jalali, 2010).

### Ion Ca



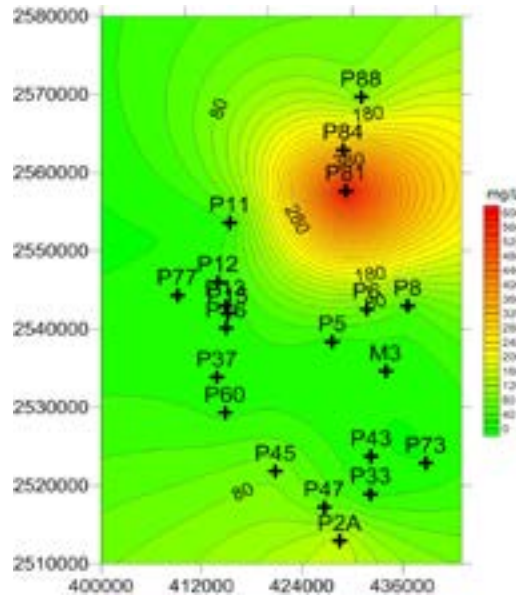
**Figura 2.** Prospección hidrogeoquímica sobre dureza (Ca).

### Ion Mg



**Figura 3.** Prospección hidrogeoquímica sobre dureza (Mg).

### Ion Na



**Figura 4.** Prospección hidrogeoquímica sobre ion Na.

### Aniones

El ion bicarbonato (figura 5) mostró una variación en sus valores rebasando el Impch de 300 mg/l, derivado de la disolución de minerales de arcilla o precipitación y disolución de minerales carbonatados secundarios (Rouabhia et al., 2011), presentes en la geología de la zona de estudio.



El ion cloruro (figura 6) presenta un valor alto en la zona norte, producto de la mezcla del agua de retorno de riego y la interacción agua-roca (Rouabhia et al., 2011); un alto contenido de este anión contribuye a la salinización de la fuente de abastecimiento.

De igual manera, el ion sulfato sobrepasa el  $Im_{ppch}$  (400 mg/l) dentro de la zona del valle (figura 7), sobresaliendo la región norte de la zona de estudio, producido por la oxidación de material volcánico presente en la zona (Druhan et al., 2007).

### Alcalinidad

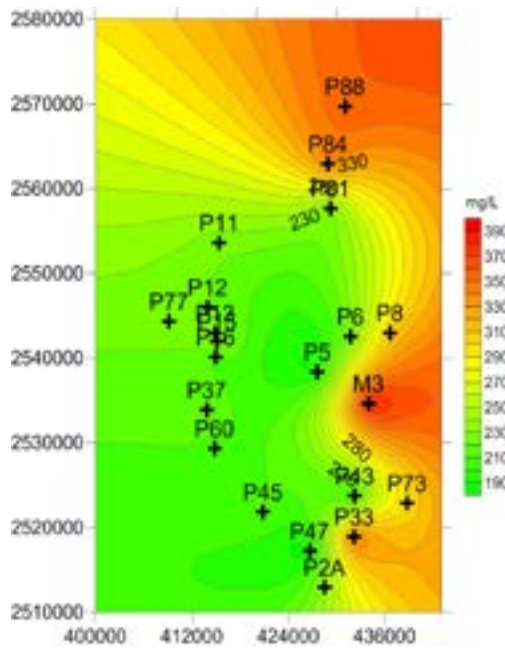


Figura 5. Prospección hidrogeoquímica sobre alcalinidad.

### Cloruros

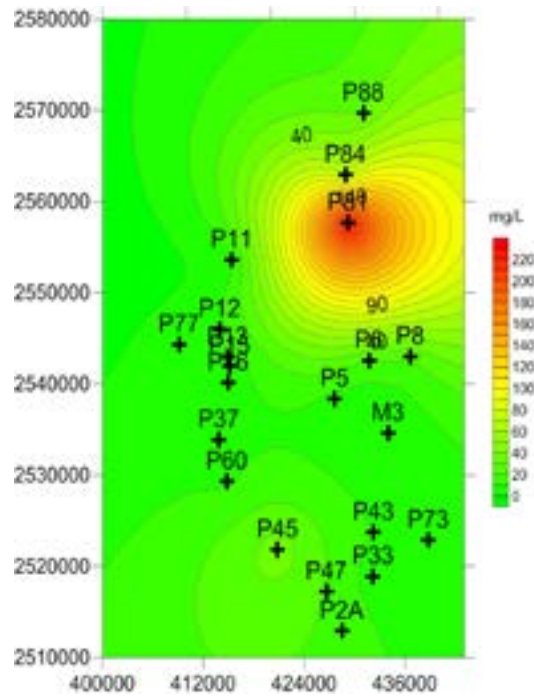


Figura 6. Prospección hidrogeoquímica sobre cloruros.

### Sulfatos

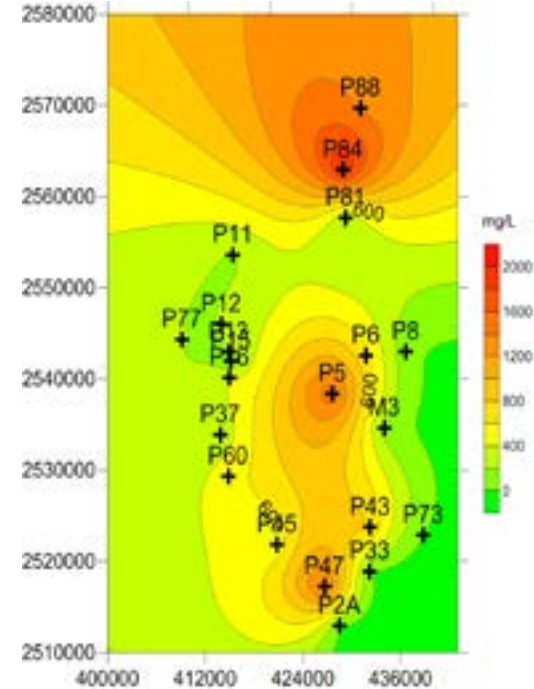
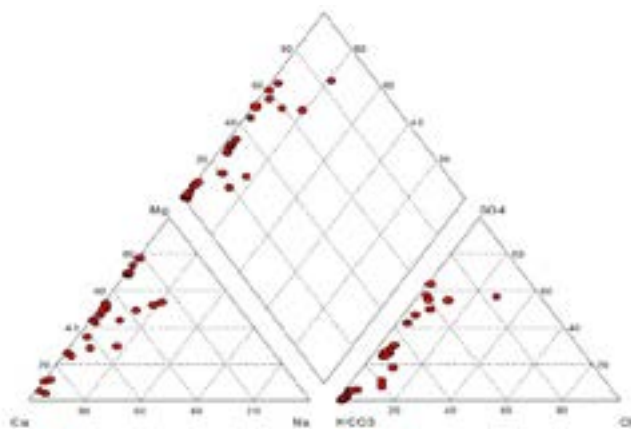


Figura 7. Prospección hidrogeoquímica sobre sulfatos.

### Diagrama de Piper

El diagrama de Piper se utiliza principalmente para representar la proporción de tres componentes de cationes (Ca, Na y Mg) y aniones (HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y Cl). La suma de estos componentes debe representar el 100% de la composición del agua.

Para la realización del diagrama, se utilizó el software AquaChem 2.5, como se muestra en la figura 8. El diagrama de Piper resultante de los valores obtenidos de los análisis físico-químicos, se interpreta como un agua cálcico-magnésica, inclusive sobrepasando el Imppch de la NOM-127-SSA-1994, con una baja concentración de Cl (cloro) y Na (sodio).

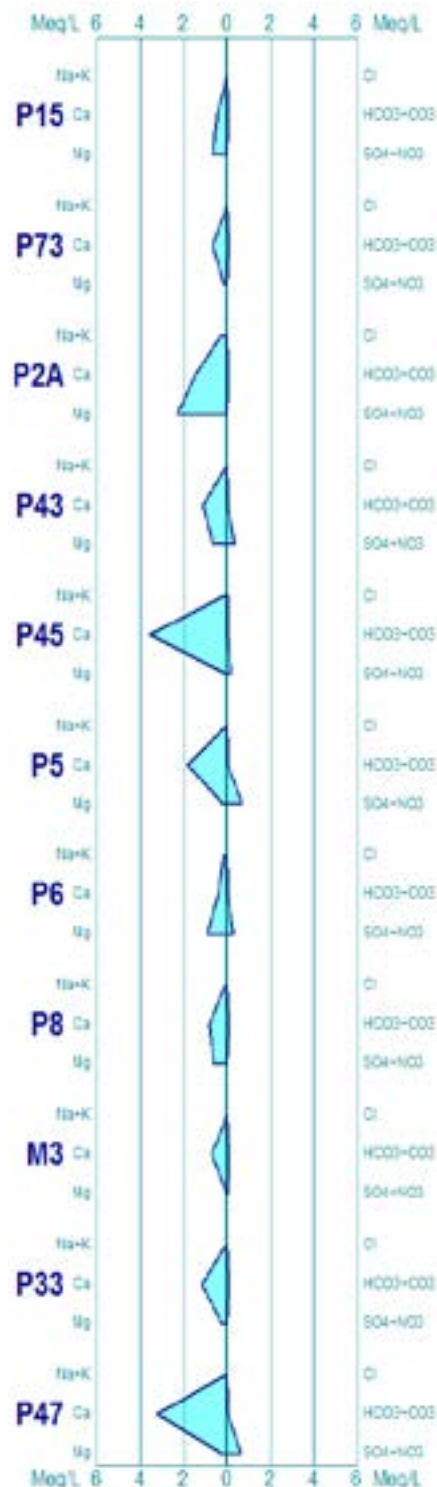


**Figura 8.** Diagrama de Piper, representativo de la composición del agua en la zona de estudio.

### Diagramas de Stiff

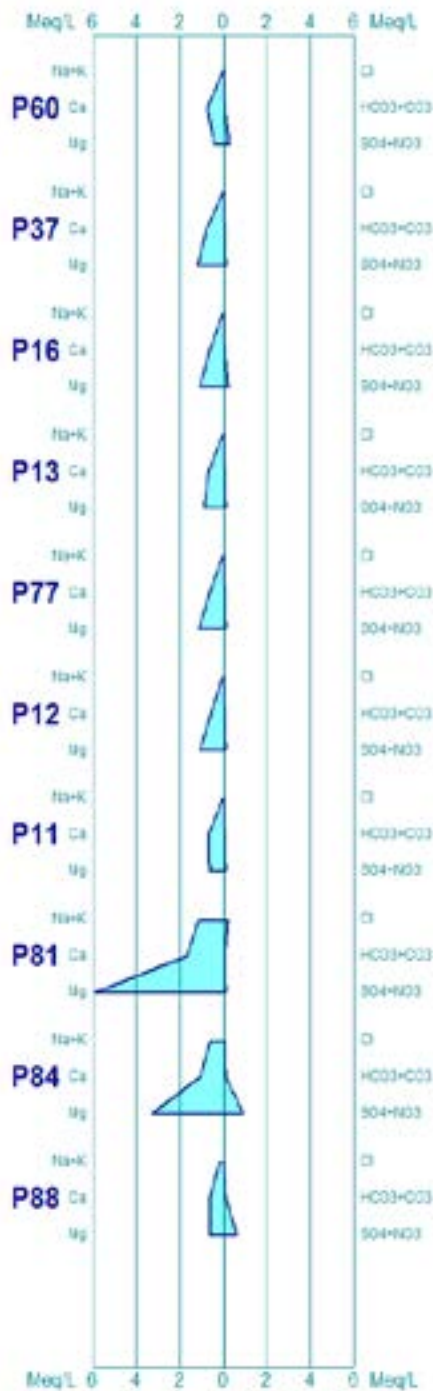
Los diagramas de Stiff se componen de tres ejes con la misma escala, unidos por un catión (Ca, Na y Mg) y un anión (HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y Cl), que permiten visualizar claramente la composición y el grado de mineralización de cada uno de los pozos examinados. Para la realización de los diagramas, se utilizó el software Diagrammes 5.4.

En la figura 9 se muestran los diagramas obtenidos para cada muestra de pozos de la zona de estudio, donde se ve claramente que prevalece una alta concentración de cationes como ion Ca y ion Mg; en contraparte, los aniones muestran concentraciones bajas en todos los pozos.



**Figura 9.** Diagramas de Stiff de cada muestra de la zona de estudio (continúa...).





**Figura 9.** Diagramas de Stiff de cada muestra de la zona de estudio (...continuación).

## DISCUSIÓN

La prospección hidrogeoquímica es una herramienta factible para conocer las características de

la evolución natural de un acuífero, con la finalidad de comprender la tendencia a la degradación e impactos sobre el acuífero (Edmunds et al., 2003).

En el caso particular de esta investigación, al crear las representaciones geográficas se hace más fácil la interpretación de los datos, en donde se considera la influencia de los materiales calcáreos del acuífero, ya que los iones dominantes son Ca y Mg.

Asimismo, se identifica la tendencia del acuífero a padecer problemas ligados a la sobreexplotación y salinización de las fuentes de abastecimiento subterráneo.

## CONCLUSIÓN

Al analizar y estudiar los resultados de los análisis físico-químicos con el software Surfer 9.0, se obtuvieron las prospecciones hidrogeoquímicas de dichos parámetros en representación geográfica, con los cuales se puede delimitar y ubicar los pozos de abastecimiento y las zonas donde se sobrepasa el límite máximo permisible de los componentes mayoritarios.

La clasificación del agua está en función a cationes y aniones, dependiendo del dominio de los componentes en el diagrama de Piper (Back, 1966). Para la zona de estudio prevalece un agua de tipo mixta cálcico-magnésica-bicarbonatada.

Los pozos de abastecimiento P81 (ejido Cerro Mocho), P84 (ejido Álvaro Obregón), P45 (ejido Francisco I. Madero) y P47 (ejido Las Cruces) son propensos a sufrir problemas de salinización.

## RECOMENDACIONES

Se realizará un análisis de presencia de componentes minoritarios y trazas para identificar los procesos hidrogeoquímicos, que provoca el sobrepasar los límites máximos permisibles en los mencionados lugares.

De igual manera, efectuar un perfil geoestructural de la zona de estudio, con el cual se generará más información detallada sobre el acuífero en estudio.

## REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA) (1981). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 15.
- Back, W. (1966). "Hydrochemical Facies and Groundwater Flow Patterns in Northern Part of Atlantic Coastal Plain". *Geol. Surv. Prof. Paper*, 498-A, 42.
- Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas (ceat) (2012). Actualización del estudio de disponibilidad del acuífero Tula-Bustamante. México.
- Druhan, J. L., J. F. Hogan, C. J. Eastoe, B. J. Hibbs y W. R. Hutchison (2008). "Hydrogeologic Controls on Groundwater Recharge and Salinization: a Geochemical Analysis of the Northern Hueco Bolsón Aquifer". *Hydrogeology Journal*, 16. Texas, eu, 281-296.
- Edmunds, W. M., P. Shand, P. Hart y R. S. Ward (2003). "The Natural Baseline Quality of Groundwater: a uk Pilot Study". *Science Total Environment*, 310, 25-35.
- Environmental Protection Agency (EPA) (1983). *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*. Washington, EU: EPA, Office of Research and Development, Method epa-600/4-79-020.
- Fagundo, J. R. (2007). *Contribuciones al desarrollo de la hidrogeoquímica*. La Habana, Cuba: Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional.
- Jalali, M. (2010). *Hydrogeochemistry of Groundwater and its Suitability for Drinking and Agricultural Use in Nahavand*, Western Iran, 20, 65-73.
- Pacheco, J. y S. Cabrera (1997). "Groundwater Contamination by Nitrates in the Yucatán peninsula". *Hydrology Journal*, 5. México, 47-53.
- Raju, N. J., U. K. Shukla y P. Ram (2009). "Hydrogeochemistry for the Assessment of Groundwater Quality in Varanasi: a Fast-urbanizing Center in Uttar Pradesh, India". *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 279-300.
- Rouabhia, A., F. Baali, C. Fehdi, B. Abderrahmane y B. Djamel (2011). "Hydrogeochemistry of Groundwaters in a Semi-arid Region. El Ma El Abiod aquifer, Eastern Algeria". *Arab. J. Geosci*, 4, 973-982.
- Secretaría de Salud (ss) (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, y límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación.
- Subba Rao, N. (2001). "Geochemistry of Groundwater in Parts of Guntur District, Andhra Pradesh, India". *Environmental Geology*, 41, 552-562.
- Umar, R., M. M. A. Khan y A. Absar (2006). "Groundwater Hydrochemistry of a Sugarcane Cultivation Belt in Parts of Muzaffarnagar District, Uttar Pradesh, India". *Environmental Geology*, 49, 999-1008.
- Vasanthavigar, M., K. Srinivasamoorthy y M. V. Prasanna (2011). Evaluation of Groundwater Suitability for Domestic, Irrigational, and Industrial Purposes: a Case Study from Thirumanimuttar River Basin, Tamilnadu, India". *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 405-420.

# Correlaciones canónicas en los bosques de manglar del sistema lagunar Chacahua-Pastorías, Oaxaca

Carlos A. Chan Keb,<sup>1</sup> \*Gladys Linares F.,<sup>2</sup> Claudia M. Agraz H.,<sup>3</sup> Miguel A. Valera P.,<sup>2</sup> Ricardo Pérez A.<sup>2</sup>  
y María L. O. Villegas R.<sup>2</sup>

---

## RESUMEN

El sistema lagunar Chacahua-La Pastoría fue declarado Parque Nacional el 9 de julio de 1937. Es relevante resaltar que la información sobre la ecología, el grado de conservación o el impacto que presentan los ecosistemas de manglar para esta laguna, han sido muy poco estudiados. Los ecosistemas de manglar corresponden a la vegetación arbórea, que se localiza en la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales. El objetivo de este trabajo es conocer el grado de relación entre las variables físicas y químicas del agua intersticial, así como la estructura del bosque de manglar en el sistema lagunar Chacahua-La Pastoría, a través de un análisis de correlaciones canónicas. Los resultados mostraron altos coeficientes de correlación canónica entre los parámetros físico-químicos del agua intersticial y la estructura del bosque de manglar.

Palabras clave: ecosistema manglar, parámetros físico-químicos, reducción de dimensión.

---

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de manglar corresponden a la vegetación arbórea, que se localiza en la zona de ma-

reas en las regiones tropicales y subtropicales. Los manglares están compuestos por halófilas facultativas, que pueden crecer a diferentes salinidades, que van desde dulceacuícolas (0 ups) hasta hiper-

1 Estudiante del Doctorado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), calle 14 núm. 6301 sur, Fracc. Jardines de San Manuel, Puebla, Pue., México; C.P. 72470; Tel. 229 55 00 ext. 7358; fax: ext. 7351.

2 Posgrado en Ciencias Ambientales (ICUAP-BUAP).

\* Autora para correspondencia: gladys.linares@correo.buap.mx

3 Universidad Autónoma de Campeche (UAC).

salinas (entre 40 y 90 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres a los 15 ups (Agraz-Hernández *et al.*, 2011 y 2012).

El sistema lagunar Chacahua-La Pastoría fue declarado Parque Nacional el 9 de julio de 1937 y es relevante resaltar que la información sobre la ecología, el grado de conservación o el impacto que presentan los ecosistemas de manglar para esta laguna, han sido muy poco estudiados (Conabio, 2008 y 2009).

El grado de desarrollo estructural de los bosques de manglar, así como la distribución de las diferentes especies están determinados por diversos factores, entre los que se destacan: el tipo de clima, la disponibilidad de agua dulce y de nutrientes terrígenicos, la tasa de reciclamientos de éstos, los flujos de mareas, la frecuencia y periodos de inundación, los niveles microtopográficos, las características físicas y químicas del sedimento y el agua intersticial (salinidad y redox), la frecuencia de huracanes, la presencia o ausencia de parásitos y enfermedades, la energía de oleaje, la edad del bosque y los contaminantes producto de las actividades humanas (Odum, McIvor y Smith iii, 1982).

Este trabajo tiene como propósito principal realizar un estudio sobre los parámetros físico-químicos del agua intersticial y las variables biológicas en los bosques de manglar que bordean los sistemas lagunares de Chacahua, Chacahua-Zapotalito, Chacahua y Corral, La Pastoría, Salina y Miniyua, Oaxaca, así como determinar la correlación entre las variables físicas y químicas del agua intersticial y la estructura de estos bosques de manglar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *a) Localización del área de estudio*

El sistema lagunar Chacahua-La Pastoría, se encuentra localizado en el estado de Oaxaca, en el municipio de San Pedro Tututepec, en las coordenadas geográficas 15°58' y 16°02' latitud norte y 97°33' y 97°47' longitud oeste (Vargas, 1984). Este complejo se caracteriza por ser una depresión inundada en la margen interna del borde continental.

La extensión que presenta el complejo es de 13 274 ha, de las cuales 2902.7 constituyen tres lagunas mayores: Chacahua, Tianguisto y La Pastoría. Las lagunas de Chacahua y La Pastoría, se encuentran separadas por un canal de dos kilómetros. Asimismo, este complejo se encuentra constituido por lagunas menores interconectadas por canales estrechos (Salina, Grande, Poza El Mulato, Poza de los Corraleños y Palizada).

Es relevante resaltar que existe muy poca información sobre la ecología, el grado de conservación o el impacto que presentan los ecosistemas de manglar, que bordean los sistemas lagunares en estudio.

En el Anexo 1 se muestra la figura 1 con los sitios de estudio utilizados para el monitoreo en los sistemas lagunares. La estructura de los mismos es la siguiente:

- Laguna de Salina: consta de cuatro estaciones con coordenadas geográficas: noreste, norte, noroeste y oeste.
- Laguna de Chacahua: consta de tres estaciones con coordenadas geográficas: oeste, norte y sur.
- Laguna de Chacahua y Corral: consta de una estación con coordenada geográfica este.
- Laguna de Chacahua-Zapotalito: consta de una estación con coordenada geográfica oeste.
- Laguna La Pastoría: consta de tres estaciones con coordenadas geográficas: norte, sur y sureste.

### *b) Procedimientos generales y parámetros estimados*

Para cada uno de los ecosistemas de manglar seleccionados como sitio de estudio, se georreferenciaron y establecieron diversos transectos a lo largo del sistema y, en su caso, se realizó el mismo procedimiento en una zona adyacente a un área perturbada. Dichos transectos se efectuaron perpendiculares a la línea del estero, vena o laguna.

El método que se utilizó es el de cuadrantes referidos a un punto central, que consiste en un tran-

secto semiparalelo a 5-10 m de la orilla del estero con 20 puntos. Se colocó en cada punto una cruce-ta de madera sobre un poste y se determinaron la distancia y la circunferencia a la altura del pecho (dap) del árbol más cercano, en cada uno de los cuatro cuadrantes que proyectan los perpendicu-lares de la cruce-ta, identificándose la especie.

De acuerdo a este método, se incluyeron sola-mente los árboles mayores de 11.5 cm de circun-ferencia, realizando mediciones en 80 árboles por transecto, con lo cual se determinó la densidad y el área basal por hectárea. En el caso de áreas de manglar del tipo matorral, se estimaron la densidad y el área basal con cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> a lo largo del perfil de vegetación, contabilizándose el número de plantas y diámetros promedio.

Asimismo, se determinó la productividad pri-maria en términos de hojarasca en sus diferentes ti-pos fisonómicos. Para ello, se instalaron canastillas de defoliación en 15 sitios de estudio, seleccionan-do aquellos que fueron los más representativos de las diferentes condiciones ambientales, los cuales se definieron durante el muestreo de prospección.

Dentro de cada ecosistema elegido, se instala-ron seis canastillas de 0.25 m<sup>2</sup> en cada una de las diferentes especies de manglar: *R. mangle*, *L. ra-cemosa*, *A. germinans* y *C. erectus* (Pennington y Sarukhán, 2005) y por tipo de bosque, tales como: ribereño, borde, cuenca, sobrelavado o tipo mato-rral (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

El material acumulado en las canastas de defo-liación fue retirado mensualmente durante un ci-clo anual. Posteriormente, se secaron a 65 °C hasta peso constante (aproximadamente tres días) y se pesaron por separado hojas, ramas, frutos y flores. De igual manera, se determinó la producción por hectárea, al mes, de flores y semillas, efectuándose a partir del material acumulado en las canastillas para determinar la producción de hojarasca, men-sual y anual.

También se pesó el número de propágulos o hipocótilos por mes. Una vez obtenida la produc-ción, se pesaron 100 hipocótilos y propágulos de

*R. mangle*, *A. germinans* y *L. racemosa*, con la fi-nalidad de obtener el peso promedio individual, el cual fue dividido entre el peso de la suma total de hipocótilos o propágulos concentrados en las ca-nastas por mes (valor para 0.25 m<sup>2</sup>) y multiplicado por 4 y por 10 000 para obtener la cantidad por hectárea por mes.

Por otra parte, se determinaron los parámetros físico-químicos del agua intersticial. Para ello, se tomaron mensualmente muestras del agua intersti-cial en los diferentes tipos fisonómicos de manglar de las estaciones de muestreo seleccionadas para cada laguna.

Para determinar la salinidad se utilizó un re-fractómetro con intervalos de 0 a 100 g/l, y los pa-rámetros físicos y químicos (pH, redox y tempera-tura del agua intersticial) fueron monitoreados con un ysi 100 multiparamétrico.

La determinación de los nutrientes se llevó a cabo con un cromatógrafo iónico (IC Advanced 861) y un sistema de filtración de muestra 788, ma-nejado a través del software IC NET versión 2.3. El flujo de la inyección de la muestra es de 2 µl (microlitros).

Para el procesado de los nitritos (NO<sub>2</sub>-), nitra-tos (NO<sub>3</sub>-) y fosfatos (PO<sub>4</sub>-3), se utilizó una co-lumna de aniones: Metrosep A Suup 5, 6.1006.503 (250 mm de longitud x 4.0 mm de diámetro inter-no) y un supresor de CO<sub>2</sub> 853 (mcs). Los reactivos que se usaron para el análisis de los aniones son el eluente de NaHCO<sub>3</sub> de 0.003 molar, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de 0.0024 molar y una solución regeneradora para el sistema del supresor de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 250 mM (mili-molar); las muestras se procesaron a una dilución de 1:5 (2 ml de muestra y 8 ml de agua ultrapura).

En resumen, se observaron los parámetros fí-sicos (temperatura) y químicos (salinidad, nitrito, nitrato, amonio, fosfatos, pH y redox del agua in-tersticial), y la estructura (crecimiento del diáme-tro, hojarasca, densidad individual, área basal y altura) entre los diferentes tipos fisonómicos de los bosques de manglar a lo largo del perfil de las esta-ciones por laguna.

*c) Procedimientos estadísticos*

Para establecer el grado de relación entre estos dos grupos de variables, se utilizó la técnica multivariada de correlaciones canónicas, que permite investigar la presencia de cualquier patrón de cambio que ocurra de forma simultánea en dos conjuntos de variables por separado determinando la correlación existente entre ellos.

El análisis de correlaciones canónicas (ACC) es un método exploratorio de datos multivariados y, de manera semejante al análisis de componentes principales (ACP), se basa en resultados del álgebra matricial. Su propósito es la exploración de las correlaciones muestrales entre dos conjuntos de variables cuantitativas observadas sobre el mismo conjunto de unidades experimentales, utilizando combinaciones lineales de las variables iniciales que permiten reducir la dimensionalidad (Linares, 2006).

El acc puede abordar una amplia gama de objetivos, que puede ser alguno de los siguientes (o todos):

- Determinar si dos conjuntos de variables (mediciones efectuadas en el mismo objeto) son independientes uno del otro o, por el contrario, determinar la magnitud de las relaciones que puedan existir entre los dos conjuntos.
- Derivar los pesos o ponderaciones para cada uno de los dos conjuntos de variables, de manera que las combinaciones lineales de cada uno estén máximamente correlacionadas. Otras funciones lineales que maximizan la correlación restante son independientes del conjunto o conjuntos anteriores de combinaciones lineales.
- Explicar la naturaleza de las relaciones que existen entre los dos conjuntos de variables, por lo general mediante la medición de la contribución relativa de cada variable a las funciones canónicas que son extraídas.

El problema de las correlaciones canónicas no es más que un problema de extremos condiciona-

dos, por lo que puede resolverse aplicando el método de los multiplicadores de Lagrange, aunque la vía más ampliamente utilizada en la actualidad es a través de la descomposición singular de una matriz.

A continuación se hace una breve exposición de los aspectos matemáticos esenciales de este método multivariado.

Se está interesado en las medidas de asociación entre dos grupos de variables. El primer grupo, de  $p$  variables, está representado por el vector aleatorio  $X^{(1)}$  de orden  $(p \times 1)$ .

El segundo grupo, de  $q$  variables, está representado por el vector aleatorio  $X^{(2)}$  de orden  $(q \times 1)$ . Se asume que  $X^{(1)}$  representa el conjunto más pequeño, es decir,  $p \leq q$ .

Para los vectores  $X^{(1)}$  y  $X^{(2)}$ , se tiene:

$$E[X^{(1)}] = \mu^{(1)}, \quad Cov(X^{(1)}) = \Sigma_{11},$$

$$E[X^{(2)}] = \mu^{(2)}, \quad Cov(X^{(2)}) = \Sigma_{22},$$

$$Cov(X^{(1)}, X^{(2)}) = \Sigma_{12} = \Sigma'_{21}.$$

Además, se encuentra que el vector

$$X[(p+q) \times 1] = \begin{bmatrix} X^{(1)} \\ \dots \\ X^{(2)} \end{bmatrix}$$

tiene media:

$$\mu[(p+q) \times 1] = \begin{bmatrix} \mu^{(1)} \\ \dots \\ \mu^{(2)} \end{bmatrix}$$

y matriz de covarianza:

$$\Sigma[(p+q) \times (p+q)] = E(X - \mu)(X - \mu)' = \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix}$$

Las covarianzas entre cada par de variables de diferente conjunto son contenidas en  $\Sigma_{12}$  o equi-

valentemente en  $\Sigma_{21}$ . Esto es, los pq elementos de  $\Sigma_{12}$  miden la asociación entre los dos conjuntos. La tarea principal del análisis de correlación canónica es resumir las asociaciones entre los conjuntos  $X^{(1)}$  y  $X^{(2)}$  en términos de las covarianzas (correlaciones).

Las combinaciones lineales proporcionan medidas de resumen simples de un conjunto de variables. Sean:

$$U = a'X^{(1)}$$

$$V = b'X^{(2)}$$

donde  $a$  y  $b$  son vectores de coeficientes. Además, se tiene que:

$$\text{Var}(U) = a' \text{Cov}(X^{(1)})a = a' \Sigma_{11} a$$

$$\text{Var}(V) = b' \text{Cov}(X^{(2)})b = b' \Sigma_{22} b$$

$$\text{Cov}(U, V) = a' \text{Cov}(X^{(1)}, X^{(2)})b = a' \Sigma_{12} b.$$

Se requiere buscar los vectores de los coeficientes  $a$  y  $b$ , tales que:

$$\text{Corr}(U, V) = \frac{a' \Sigma_{12} b}{\sqrt{a' \Sigma_{11} a} \sqrt{b' \Sigma_{22} b}} \quad (1)$$

sea lo más grande posible.

La primera pareja de variables canónicas es la pareja de combinaciones lineales  $U_1, V_1$  con varianzas unitarias, las cuales maximizan la correlación (1). La segunda pareja de variables canónicas es la pareja de combinaciones lineales  $U_2, V_2$  con varianzas unitarias, las cuales maximizan la correlación (1) entre todas las opciones que no están relacionadas con la primera pareja de variables canónicas. Así, la  $k$ -ésima pareja de variables canónicas es la pareja de combinaciones lineales  $U_k, V_k$  con varianzas unitarias, las cuales maximizan la correlación (1) entre todas las opciones que no están relacionadas con la  $(k-1)$  pareja de variables canónicas.

El ACC funciona adecuadamente si los datos

forman una nube de puntos con forma de hiperelipsoide, pero si esto no ocurriese se pueden utilizar nuevas extensiones y generalizaciones de esta técnica multivariada (Otopal, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos grupos de variables analizados fueron, como mencionamos anteriormente, la estructura forestal (crecimiento del diámetro, hojarasca, densidad individual, área basal y altura) y los parámetros físicos (temperatura) y químicos (salinidad, nitrato, amonio, fosfatos, pH y redox del agua intersticial).

Según la notación expresada previamente, estos dos grupos de variables constituyen los conjuntos  $X^{(1)}$  y  $X^{(2)}$ ; el primero, con 5 variables observadas, y el segundo, con 8 variables observadas.

Los datos fueron procesados en lenguaje R, utilizando las funciones que aparecen en la siguiente página web:

<http://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/cancor.html>

En el cuadro 1 se muestran las correlaciones canónicas de las parejas de combinaciones lineales posibles. Obsérvese que los tres primeros coeficientes de correlación canónica son altos y positivos, con lo que se comprueba la relación directamente proporcional entre la estructura del bosque de manglar y el comportamiento de las propiedades físico-químicas del agua intersticial.

**Cuadro 1.** Correlaciones canónicas de las cinco parejas de combinaciones lineales.

|         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.99875 | 0.98072 | 0.81830 | 0.58729 | 0.36747 |
|---------|---------|---------|---------|---------|

En los cuadros 2 y 3 aparecen los coeficientes de las variables canónicas para cada conjunto  $X^{(1)}$  y  $X^{(2)}$ . Puede apreciarse que en las combinaciones lineales  $U$  y  $V$ , correspondientes a la primera correlación canónica, se destaca el crecimiento del diámetro como importante en  $U$ , mientras que en  $V$  se presentan las variables  $PO_4^{3-}$ ,  $NH_4^+$  y temperatura como las más importantes, y expresan una relación

de oposición de  $\text{NH}_4^+$  con las otras dos. Estas mismas relaciones se presentan para las combinaciones lineales  $U$  y  $V$  correspondientes a la segunda correlación canónica. Las combinaciones lineales  $U$  y  $V$  correspondientes a la tercera correlación canónica destacan también la importancia de la variable crecimiento del diámetro, aunque expresan una oposición con la altura, y toman a  $\text{NH}_4^+$  y la temperatura como importantes, pero no expresan oposición entre ellas.

Es conocido que la producción de hojarasca, el valor del potencial redox, el grado de eutrofización del agua intersticial y la concentración de la salinidad, son buenos estimadores del grado de conservación y vulnerabilidad actual y tendencial de los ecosistemas de manglar.

Los bosques de manglar son considerados como uno de los ecosistemas más importantes de la biósfera, debido a su gran biodiversidad. Al consultar la literatura del tema, se destaca que la distribución, composición y fisonomía de los bosques de

manglar están determinadas por los cambios latitudinales en la temperatura y precipitación, aunque localmente dependen de la fisiografía, geomorfología, sustrato, salinidad, nivel de inundación y relieve (Agraz-Hernández *et al.*, 2011b).

Una profundización de estas relaciones lleva aparejado el estudio de las diferentes lagunas del complejo Chacahua-La Pastoría. Por ejemplo, la Laguna de Salina presenta en el agua intersticial condiciones mesotróficas a eutróficas, debido a las descargas del distrito de riego mediante un canal artificial, plantaciones agrícolas y agricultura de riego y temporal, con aportes desde 4.2 mg/l para los  $\text{NO}_3^-$  hasta 0.97 para los  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l). En el caso del agua intersticial de los bosques que bordean la Laguna de Salina, los aportes de compuestos nitrogenados derivados de los fertilizantes del distrito de riego drenan desde el noroeste hasta el oeste, estableciéndose condiciones hipertróficas.

Otro ejemplo es el caso del manglar que bordea la Laguna de Chacahua, el cual se mantiene

**Cuadro 2.** Variables canónicas de la estructura forestal

|                      | Variable canónica 1 | Variable canónica 2 | Variable canónica 3 | Variable canónica 4 | Variable canónica 5 |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Crecimiento diámetro | 4.17e-01            | <b>1.10e+00</b>     | <b>8.29e-02</b>     | 1.54e+00            | -0.5780             |
| Hojarasca            | -1.87e-04           | -5.33e-05           | -4.12e-04           | 3.38e-04            | 0.0004              |
| Densidad Individual  | 3.29e-06            | 1.80e-06            | 2.40e-05            | 1.03e-05            | 0.00001             |
| Área basal           | 2.74e-03            | -1.13e-02           | 7.38e-03            | 9.89e-03            | -0.0098             |
| Altura               | 4.40e-02            | 3.78e-04            | <b>1.82e-02</b>     | -2.71e-02           | 0.041               |

**Cuadro 3.** Variables canónicas de las propiedades fisicoquímicas del agua intersticial

|         | Variable canónica 1 | Variable canónica 2 | Variable canónica 3 | Variable canónica 4 | Variable canónica 5 | Variable canónica 6 | Variable canónica 7 | Variable canónica 8 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| NNO3-   | 8.3e-02             | 0.115               | 0.244               | -1.2e-01            | 0.229               | 0.429               | -0.476              | 0.303               |
| PPO4-3  | 3.4e-01             | 0.233               | 0.213               | -3.4e01             | 0.023               | 0.112               | 0.149               | -0.032              |
| SSO4-2  | 9.8e-05             | 0.000               | -0.000              | -4.8e-05            | -0.000              | 0.000               | -0.000              | 0.000               |
| NNH4+   | -5.3e-01            | -0.699              | -0.4802             | 8.2e-01             | -0.178              | 0.479               | -0.070              | 0.109               |
| SSalini | -1.4e-02            | -0.007              | 0.008               | 2.1e-02             | -0.013              | -0.035              | 0.001               | 0.000               |
| Rredox  | 7.07e-05            | 0.0002              | 0.000               | -1.6e-03            | 0.001               | 0.003               | 0.001               | 0.000               |
| PpH     | 4.41e-02            | 0.105               | 0.062               | 5.9e-01             | -0.462              | 0.032               | -0.573              | -0.193              |
| TTemp   | 1.31e-01            | 0.245               | -0.406              | 3.5e-01             | -0.025              | -0.032              | 0.202               | 0.334               |



por la influencia de mareas a través de la boca de Chacahua, los aportes y escurrimientos del río San Francisco y de las descargas del canal artificial proveniente del distrito de riego, y las plantaciones agrícolas hacia este sistema lagunar. Puesto que las condiciones prevalecientes en el agua intersticial, en general, son mesohalinas (37 ups), mesotróficas (con eutróficas en el canal de mareas, que lo comunica con la Laguna de La Pastoría, con  $\text{NO}_3^-$  de 3.1 mg/l a 1.14 mg/l de  $\text{PO}_4^{3-}$ ) y con condiciones de tendencia aeróbica durante la época de lluvias (-168 mV) a anaeróbicas (-247.6 mV) en la época de estiaje; al registrarse tiempos de residencia del agua de 1.61 días en época de estiaje.

En cuanto a los altos valores de las correlaciones canónicas encontradas en el ACC, son resultados que concuerdan con otras investigaciones realizadas en el contexto de los bosques de manglar. Lovelock *et al.* (2005) y Mckee (2001) indican que la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y en el agua intersticial, se ven reflejadas en la estructura de los bosques de manglar.

La determinación de estas relaciones es de gran importancia, ya que los manglares se consideran como uno de los ecosistemas más ricos del planeta, al ser cuerpos receptores de aguas continentales que reciben y procesan nutrientes, además de que actúan como filtros biológicos, mejoran la calidad del agua y brindan otros múltiples servicios ambientales.

## CONCLUSIONES

El sistema lagunar Chacahua-La Pastoría muestra altos coeficientes de correlación canónica entre los parámetros físico-químicos del agua intersticial y la estructura del bosque de manglar, corroborando que la disponibilidad de los nutrientes en el agua intersticial se ve reflejada en la estructura de los bosques de manglar.

En la actualidad, países en desarrollo como México reconocen los manglares como ecosistemas que juegan un papel crucial en la mejora económica de las regiones costeras, al mantener

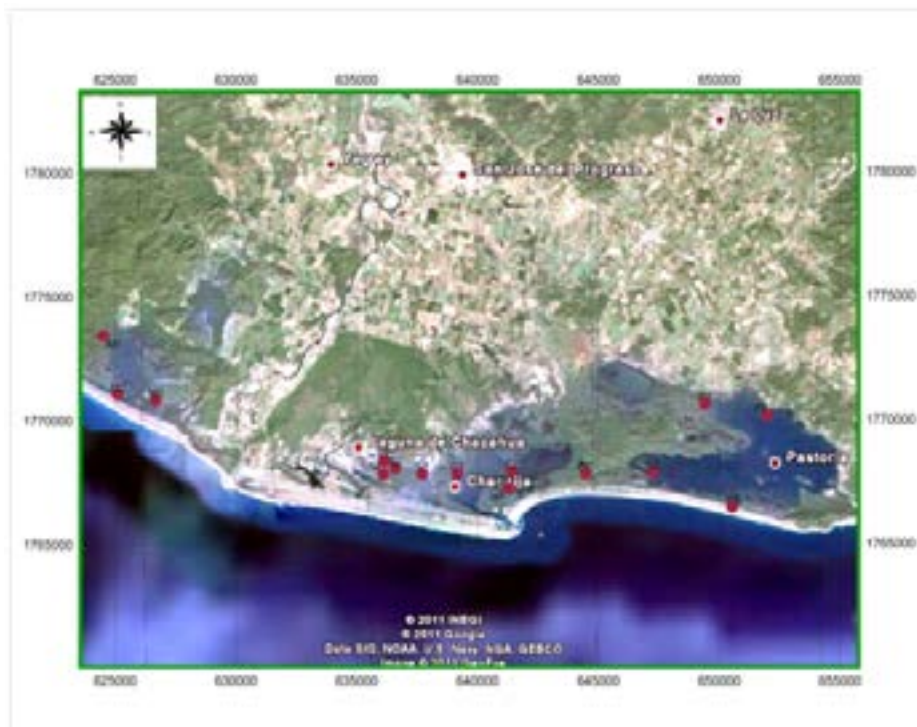
importantes pesquerías a través del aporte de la materia orgánica.

## REFERENCIAS

- Agraz-Hernández, C. M., C. Chan-Keb, J. Osti Sáenz, E. Chan Canul, C. García Zaragoza, G. Posada y B. E. Vega (2011a). “Variación climática en la Laguna de Términos, Campeche: productividad y fenología de *Rhizophora mangle*”. En: A. V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J. I. Rojas Galaviz (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. 2ª. edición. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa/ UNAM-ICMYL/Universidad Autónoma de Campeche, 229-254.
- Agraz-Hernández, C. M., C. García Zaragoza, S. Iriarte-Vivar, F. J. Flores-Verdugo y P. Moreno-Ceasola (2011b). “Forest Structure, Productivity and Species Phenology of Mangroves in the La Mancha Lagoon in the Atlantic Coast of Mexico Wetlands”. *Ecol. Manag.*, 19, 273-293.
- Agraz-Hernández, C. M., J. Osti-Sáenz, C. A. Chan-Keb, D. Gómez-Ramírez, S. Castillo-Domínguez, G. Expósito-Díaz, E. Márquez, J. Acosta, J. E. Reyes-Castellanos, K. P. Conde-Medina, M. Y. Cach-Ruiz y E. Chan-Canul (2012). “Los ecosistemas de manglar en el estado de Campeche: diagnóstico de la conservación e identificación de áreas potenciales para la restauración (Etapa I)”. Clave: 126430. Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica. Conacyt-Gobierno del estado de Campeche.
- Agraz-Hernández, C. M., R. Noriega-Trejo, J. López-Portillo, F. J. Flores-Verdugo y J. J. Jiménez Zacarías (2006). Guía de campo: identificación de los manglares en México. México: Universidad Autónoma de Campeche-Epomex/CFE/ CONAFOR/UNAM/CEDESU/INECOL. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de

- la Biodiversidad (Conabio) (2008). Manglares de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- (2009). Manglares de México: extensión y distribución. 2ª. edición. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Linares Fleites, G. (2006). *Análisis de datos multivariados*. México: Ed. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Computación.
- Lovelock, C.E., M. C. Ball, B. Choat, B. M. J. Engelbrecht, N. M. Holbrook e I. C. Feller (2006). “Linking Physiological Processes with Mangrove Forest Structure: Phosphorus Deficiency Limits Canopy Development, Hydraulic Conductivity and Photosynthetic Carbon Gain in Dwarf Rhizophora Mangle”. *Plant, Cell & Environment*, 29, 793-802.
- McKee, K. L. (2001). “Root Proliferation in Decaying Roots and Old Root Channels: a Nutrients Conservation Mechanism in Oligotrophic Mangrove Forest?”. *J. Ecol.*, 89, 876-887.
- Odum, W. E., C. C. McIvor y T. J. Smith III (1982). *The Ecology of the Mangroves of South Florida: a Community Profile*. Washington: FWS/OBS-81/24, US Fish and Wildlife Service.
- Otopal, N. (2012). “Restricted Kernel Canonical Correlation Analysis”. *Linear Algebra and its Applications*, 437, 1-13.
- Pennington, D. y J. Sarukhán (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3ª. Edición. México: UNAM/Fondo de Cultura Económica.
- Vargas Márquez, F. (1984). “Parques nacionales de México y reservas equivalentes. Pasado, presente y futuro”. Colección Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas-UNAM.

## ANEXO 1



**Figura 1.** Sitios de estudio para el monitoreo en los sistemas lagunares (Laguna de Salina, Laguna de Chacahua, Laguna de Chacahua y Corral, Laguna de Chacahua-Zapotalito, Laguna La Pastoría y Laguna Miniyua).

# Mecanismos involucrados en la regulación de la presión arterial desde un punto de vista neural

Eduardo Iván Acosta Gómez,<sup>1</sup> David Reyes Ruvalcaba y Beatriz Araceli Díaz Torres

---

## RESUMEN

En este manuscrito se plantea cómo se llevan a cabo los principales mecanismos en el control de la presión arterial, sin embargo, desde un punto de vista neural. Se muestran las regiones involucradas (centro presor del bulbo raquídeo). Como ejemplo tenemos el caso del reflejo barorreceptor (control de la presión arterial a corto plazo), que involucra la estimulación de receptores en el callado de la aorta y en el seno carotídeo. Conjuntamente, el control a largo plazo (humoral), que son todos aquellos neuropéptidos que tienen acción sobre la presión arterial. Entre ellos, de los más importantes pero no el único, la angiotensina II. Conocer estos mecanismos de control y mantenimiento de la presión arterial es de suma importancia, ya que fallos en estos mecanismos pueden desencadenar enfermedades crónico-degenerativas, entre ellas, la hipertensión.

Palabras clave: presión arterial, angiotensina II, mecanismos de control.

---

## INTRODUCCIÓN

Una característica común en las células es la capacidad de coordinación constante de su actividad en respuesta a los cambios ambientales. Esta función de comunicación celular con el entorno, se inicia con la detección del mensaje externo y se lleva a cabo mediante proteínas receptoras. Una vez captado el estímulo, éste se traduce en un mensaje in-

terno a través de distintos mecanismos de señalización celular.

El estudio de las vías de señalización intracelular ha experimentado un extraordinario desarrollo en los últimos años y constituye, en la actualidad, una de las fronteras de la investigación biomédica, tanto en el sector académico como en el de las empresas farmacéuticas (Nahorski, 2006). Estos co-

<sup>1</sup> Profesor titular C, Departamento de Ciencias de la Salud, ICB-UACJ; CA-8, Salud Pública.



rostro-ventrolateral del bulbo raquídeo. Las neuronas de este núcleo tienen actividad marcapasos y hacen contactos monosinápticos con las motoneuronas de la columna intermedio-lateral (IML) de la médula espinal. Éstas, a su vez, envían proyecciones colinérgicas a las neuronas ganglionares simpáticas (ngs; [azul]), las cuales liberan noradrenalina (na) a sus órganos blancos. El centro presor recibe aferentes del hipotálamo y del núcleo del tracto solitario. A través de este núcleo se integran, por ejemplo, los reflejos cardiovasculares, mientras que la inervación que el centro presor recibe de las neuronas preautonómicas del núcleo paraventricular del hipotálamo regula su actividad marcapasos (centro presor). La angiotensina II (angio II), entre otros neuropéptidos circulantes, tiene efectos excitatorios en núcleos como el órgano subfornical (sfo), órgano laminar vascular terminal (OVL) y área postrema (AP) y en las mismas ngs; también la angio II sintetizada centralmente ejerce efectos en el hipotálamo, el mismo centro presor y el NTS (modificado de: Guyenet, 2006, en Paint).

### EL REFLEJO BARORRECEPTOR

En el mismo sentido, es bien sabido que en México, según la Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, se establece que en condiciones normales la presión arterial es mantenida en un rango de 120 y 80 milímetros de mercurio. Este valor es la media de un rango de presión, el cual es mantenido eficazmente, ya que continuamente las neuronas del centro presor del bulbo raquídeo cesan esta información, por lo cual el incremento de la presión arterial reduce su frecuencia de disparo de una manera lineal conforme la presión arterial aumenta hasta 160 milímetros de mercurio (Feliman, Mocrimmon y Morrison, 2013).

Por ejemplo, cambios rápidos en la presión arterial, debido a la adopción de posturas distintas (levantarse súbitamente de la cama o agacharse para tocarse la punta de los pies), son compensados rápidamente por reflejos de retroalimentación

negativa. Para el sistema cardiovascular, este tipo de retroalimentación es ejemplificado por el reflejo barorreceptor, el cual contribuye a mantener la presión arterial en el rango normal (Estañol y cols., 2011).

Los barorreceptores cardiovasculares son terminales nerviosas sensibles a la presión, localizadas en el arco aórtico y en el seno carotídeo. Las fibras aferentes barorreceptoras del arco aórtico forman el nervio depresor aórtico, que se une al nervio vago (par craneal X), mientras que las fibras aferentes que constituyen los barorreceptores del seno carotídeo forman el nervio del seno carotídeo, el cual se une al nervio glossofaríngeo (par craneal IX).

En la figura 2 se muestra que ambos tipos de barorreceptores (seno carotídeo y arco aórtico), se proyectan a distintas áreas del nts. La información, aunque como efecto final es la de una disminución de la presión arterial, es hecha por vías diferentes (Benarroch, 2008).

La función de estos barorreceptores consiste en censar continuamente, y de manera muy fina, la presión sanguínea; esta variable sistémica se traduce en cambios en la frecuencia de disparo repetitivo de potenciales de acción. Así, por ejemplo, cuando el cuerpo adopta la posición horizontal (acostarse), aumenta la presión arterial en el seno carotídeo, respondiendo sus barorreceptores con aumento en su frecuencia de disparo. Esta señal es conducida al nts y eventualmente la información aferente es traducida en inhibición del centro presor del bulbo raquídeo (figura 2).

La respuesta final de esta información es la disminución del gasto cardiaco y de la presión arterial. Por el contrario, al adoptarse la posición vertical disminuye la presión arterial en el seno carotídeo y esto conduce a la remoción de la inhibición del centro presor del bulbo raquídeo (figura 2) y por tanto, ocasiona un aumento del gasto cardiaco y de la presión arterial (Benarroch, 2008).

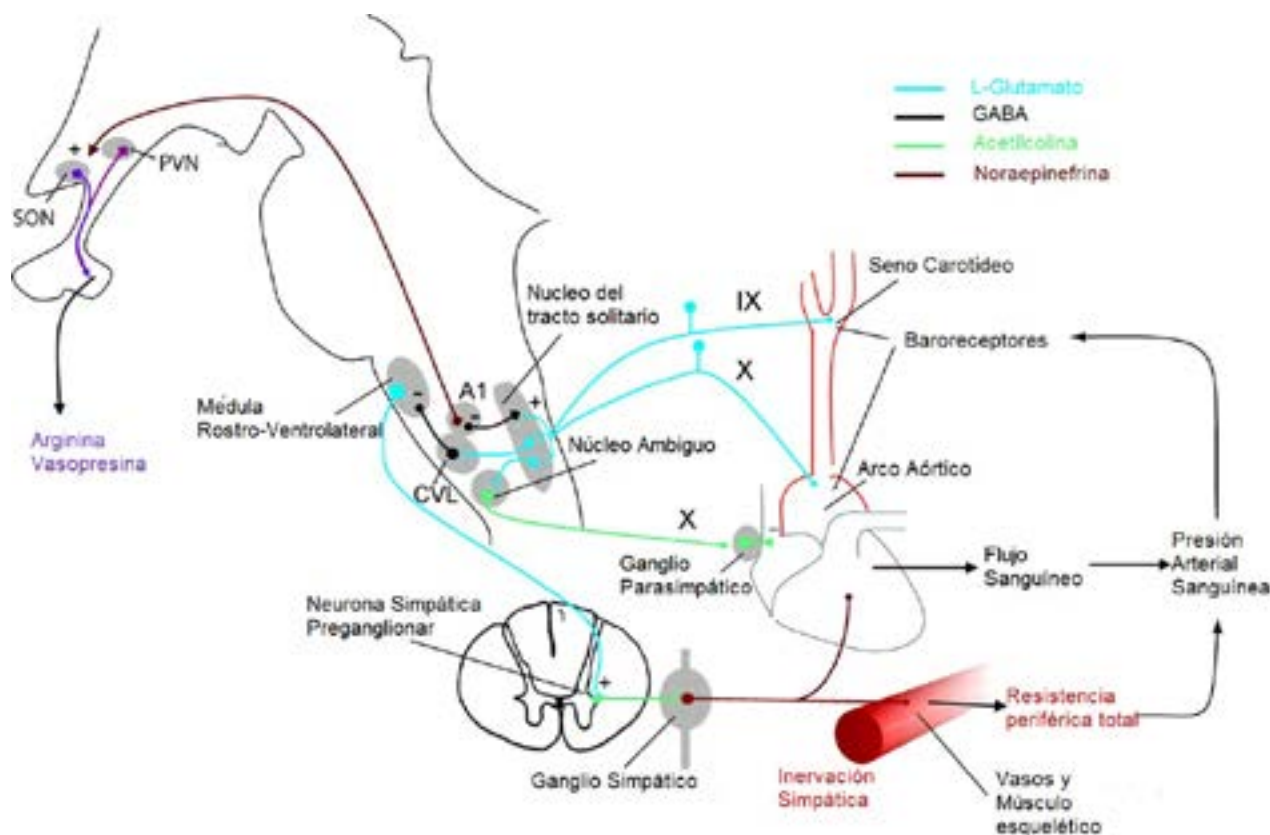


Figura 2. Reflejo barorreceptor.

Se puede apreciar claramente la vía de información ascendente (líneas azules), que va desde los barorreceptores (seno carotídeo; nervio craneal ix y arco aórtico; nervio craneal X) hasta el sistema nervioso central (núcleo del tracto solitario). Aquí dicha información estimula interneuronas de tipo inhibitorio (gabaérgicas; [líneas negras]) para posteriormente inhibir, por un lado, la liberación de vasopresina en el hipotálamo, y por el otro, neuronas involucradas con el centro presor de la presión arterial (neuronas medulares caudal; CVL y rostro-ventrolaterales; A1), logrando con esto inhibir neuronas simpáticas preganglionares. Otro mecanismo que conlleva a la disminución de la presión, pero mediante la estimulación de neuronas del núcleo ambiguo; sin embargo, esta estimulación da como resultado la activación de neuronas parasimpáticas, con la subsecuente liberación de acetilcolina en el corazón (línea azul; IX o X; y línea verde) (mo-

dificado de: Benarroch, “The Arterial Baroreflex”, 2008, en Paint).

#### CONTROL HORMONAL DE LA PRESIÓN ARTERIAL: EL SRA Y SU INTERACCIÓN CON EL SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO (SNS)

Por otro lado, el control de la presión arterial no solo se lleva a corto plazo, como se describe en el apartado anterior. A largo plazo la presión arterial es regulada por la interacción entre el sra y el sns. Este tipo de interacción es positivo, a la alta, ya que el SRA tiende a reforzar el efecto presor del SNS y cuyo principal neurotransmisor es la noradrenalina (na) (Acosta y cols., 2007).

Respecto a lo anterior, estímulos como la hipotensión, hiponatremia o hipovolemia activan el sra, induciendo la liberación de la enzima renina por el aparato yuxtaglomerular renal (figura 3). En la circulación, la renina cataliza la ruptura de un



enlace peptídico del angiotensinógeno (proteólisis) en su extremo aminoterminal, generando un decapeptido denominado angiotensina I. Este decapeptido sirve de sustrato para la enzima convertidora de angiotensina (ECA), la cual corta los últimos dos residuos del carboxilo terminal generando así el octopéptido activo, angiotensina II (angio II). Posteriormente, la degradación de este importante péptido lleva a la formación de las angiotensinas III y IV, cuya actividad biológica es poco conocida (Touyz y Schiffrin 2000).

Lo que sí se sabe al respecto es que la degradación de estos últimos es muy rápida, por lo que su acción biológica puede estar limitada en comparación con la angio II, de la cual es bien sabido que es un octopéptido biológicamente activo y que al actuar sobre su principal blanco, el músculo liso vascular (receptor  $AT_1$ ), induce una potente vasoconstricción, que compensa la caída de la presión arterial (efectos de la angio II se describen en la figura 3). Sin embargo, la angio II no solo tiene gran importancia o acción a nivel de músculo liso vascular, sino que recientemente se ha descubierto que este péptido es un potente estimulante del SNS

(receptor  $AT_2$ ) y, por ende, de la liberación de NA (figura 3).

Esta retroalimentación positiva de incrementar la presión arterial, ahora se sabe que ocurre por varios mecanismos, entre ellos los que involucran actividad nerviosa y que son: 1) Estimulación directa, con subsecuente liberación de na por las neuronas ganglionares simpáticas, ocasionada por un aumento en la excitabilidad de estas células (figuras 1-3); lo anterior produce aumento del tono simpático; 2) Estimulación de neuronas hipotálamicas, donde se observa que hay un aumento de la excitabilidad y con esto, una mayor liberación de arginina vasopresina (conocida como hormona antidiurética); esto tiene como efecto la reabsorción de agua en riñón, contribuyendo a mantener valores de la presión arterial normales.

En la figura 3, se abordan los mecanismos celulares que parecen intervenir en estos dos tipos de retroalimentación positiva. Cabe destacar que se han descubierto nuevos receptores a la angio ii, de los cuales tenemos: a) Receptor  $AT_3$ , del cual se desconoce su función, ya que no ha sido completamente caracterizado; b)  $AT_4$ , el cual se expresa

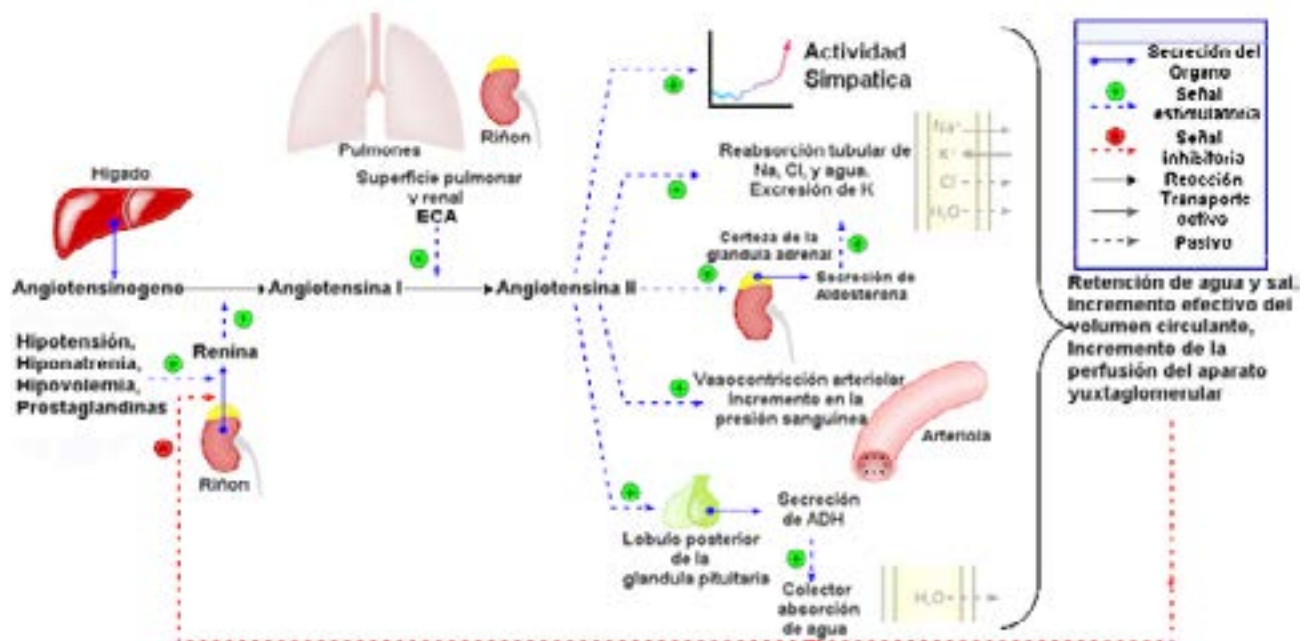


Figura 3. El SRA y sus efectos.

en riñón y que pudiera estar implicado en el control de balance hídrico en riñón, pero su función no ha sido establecida completamente (Pérez Díaz y cols., 2006); y c) Atípicos, que se encuentran intracelularmente (no AT<sub>1</sub> ni AT<sub>2</sub>).

Por un lado, estos últimos tienen similitud con el receptor AT<sub>1</sub> (Brailoiu y cols., 1999). Más aún, se ha visto que están involucrados en proliferación celular, ya que incrementan el índice mitótico (Cook, Zhang y Re, 2001); sin embargo, no hay evidencia de que se relacionen o encuentren involucrados en la regulación de la presión arterial.

Diferentes estímulos provocan la secreción de la enzima renina por el riñón. La renina corta al angiotensinógeno, el cual es sintetizado por el hígado para producir angiotensina I. La ECA, producida y secretada principalmente por el tejido pulmonar y el endotelio vascular, corta a la angiotensina I para sintetizar a la angio II. Este péptido es un potente vasoconstrictor, pero además incrementa la actividad simpática y es un potente estimulante para la secreción de aldosterona, que posteriormente aumenta la presión sanguínea. La aldosterona, así como la angio II, promueven la reabsorción de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> en el riñón. También estimula el lóbulo posterior de la pituitaria, para la posterior secreción de la hormona antidiurética. La retención de agua y sal, el incremento del volumen circulante y el aumento de la perfusión del aparato yuxtglomerular tienen como efecto una señal inhibitoria sobre el riñón para que no siga secretando más renina (‘modificado del documento electrónico en Paint: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_renina\\_angiotensina\\_aldosterona](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_renina_angiotensina_aldosterona)).

En el mismo sentido que en el apartado anterior, ha adquirido gran importancia el efecto que pueden tener otros neuropéptidos sobre el control de la presión arterial y más aún con efectos directos sobre el sistema nervioso central. De los más importantes en la regulación de la presión arterial, desde un punto de vista neural y como ya se mencionó, es la angio II, ya que el órgano subfornical (SFO), el órgano laminar vascular terminal (OVLT)

y el área postrema (AP) juegan un papel relevante (figura 1), ya que en estas áreas del cerebro no hay una verdadera barrera hematoencefálica, por lo que sus neuronas pueden ser estimuladas por la angio II circulante u otros péptidos activos.

En el SFO, la angio II despolariza las neuronas e incrementa su frecuencia de disparo (Ono, Honda e Inenaga, 2001). La estimulación de las neuronas del SFO, se traduce en una señal central excitatoria, que eventualmente se propaga en dirección caudal hacia las motoneuronas de la IML de la médula espinal (figura 1).

En esta ruta descendente participan las neuronas parvocelulares preautónomas del núcleo PVN. Este grupo de neuronas hipotalámicas regulan el tono simpático, debido a que sus proyecciones terminan, en orden jerárquico, en el centro presor del bulbo raquídeo, en la IML de la médula espinal y en el NTS (Hardy, 2001; Pyner y Coote, 2000).

La inyección de angio II en el PVN aumenta la presión arterial y los reflejos simpáticos cardiovasculares (Sasaki y Dampney, 1990; Hu y cols., 2002), siendo estos efectos bloqueados por el antagonista del receptor AT<sub>1</sub>, Losartán (Tagawa y Dampney, 1999). Por su parte, las neuronas del centro presor del bulbo raquídeo son, en su mayoría, adrenérgicas, pero también tienen una alta densidad de receptores a la angio II (Aldred y cols., 1993; Hu y cols., 2002; Song y cols., 1992).

La inyección de la angio II en esta área produce efectos presores (Sasaki y Dampney, 1990) e incrementa la liberación de glutamato y aspartato (transmisores excitatorios) en la IML de la médula espinal (Hu y cols., 2002). Finalmente, en las motoneuronas de la IML, la angio II también produce efectos excitatorios, los cuales se asemejan a los descritos en el centro presor del bulbo raquídeo, es decir, la angio II incrementa la frecuencia de disparo.

En resumen, la angio II, al aumentar la excitabilidad en las anteriores áreas del sistema nervioso central, provoca el aumento del tono simpático.

Respecto al mecanismo periférico mediante el



cual la angio II estimula directamente la liberación de NA por las neuronas ganglionares simpáticas (figura 1) (Boehm y Kubista, 2002; Dendorfer y cols., 2002), se postula que este efecto se debe a receptores presinápticos del tipo  $AT_1$ , y que la activación de la proteína cinasa C (pkc) estaría estimulando la maquinaria de exocitosis (Boehm y Kubista, 2002). Sin embargo, es muy posible que la acción estimulante de la angio II también se origine en la membrana somatodendrítica de las neuronas ganglionares simpáticas, porque este compartimento celular también contiene receptores a la angio II (Castren y cols., 1987).

La activación de estos receptores despolariza al soma neuronal y promueve el disparo de potenciales de acción, mimetizando el efecto de los agonistas colinérgicos muscarínicos sobre este tipo de neuronas simpáticas (Brown, Constante y Marsh, 1980). El efecto excitador de la angio II sobre el soma neuronal, puede tener mayor impacto sobre la liberación de NA que en las terminales, porque se ha estimado que de los potenciales de acción que invaden las terminales simpáticas, solo 3% son efectivos para evocar la liberación de NA (Boehm y Kubista, 2002; Acosta y cols., 2007).

En el mismo sentido que en el apartado anterior, recientemente se ha descrito el incremento de la excitabilidad en neuronas simpáticas de ganglio cervical de rata por otros neuropéptidos como: agonistas muscarínicos (Delmas y Brown, 2005; Cruzblanca, 2006), péptido vasointestinal activo (vip) (Zhu e Ikeda, 1994) o bradiquinina (Loyola Baltazar, Ibarra Retana y Acosta Gómez, 2012), que de igual manera que la angio II provocan el aumento de la excitabilidad en estas neuronas del gcs y posiblemente conlleven a un aumento de la presión arterial.

Un ejemplo de lo anterior es lo encontrado por Acosta e Ibarra en 2013 (artículo en prensa), donde la estimulación con bradisinina, de manera similar que la angio II incrementa el número de potenciales de acción, estableciendo patrones de disparo que inicialmente eran fásicos o adaptativos a tóni-

cos en neuronas simpáticas. Esto ahora se sabe que es debido principalmente a la modulación de dos corrientes de potasio: la inhibición de la corriente de potasio tipo M y el incremento de la corriente de potasio tipo rectificador tardío, denominadas IKM e IKV, respectivamente (Acosta y cols., 2007; Loyola, Ibarra y Acosta, 2012).

Sin embargo, los mecanismos de aumento de la excitabilidad por estos neuropéptidos no se abordan en el presente trabajo. Estos mecanismos o los elementos involucrados, como son los canales iónicos o proteínas moduladoras que son fundamentales para que se lleven a cabo los procesos que tienen que ver con la excitabilidad neuronal, no son menos importantes en el conocimiento de la regulación de la presión arterial desde un punto de vista neuronal; por tal motivo, hay que tenerlos en consideración para una posterior revisión.

## CONCLUSIONES

Como se mencionó, muchos de los mecanismos sobre el control de la presión arterial son bien conocidos y ya se han descrito a detalle. Sin embargo, respecto a la participación de núcleos neuronales involucrados en la regulación de la presión, y más aún que estas áreas pueden ser estimuladas por un sinnúmero de sustancias, entre ellos fármacos y neuropéptidos, los mecanismos de acción son desconocidos o no se han descrito a detalle. Por ejemplo, tal es el caso de la angio II y la bradisinina, donde la primera produce localmente aumento de la presión (figuras 1 y 3) y la segunda provoca lo contrario, ya que desencadena localmente vasodilatación.

No obstante, a nivel de sistema nervioso central indirectamente tanto la angio II como la bradisinina refuerzan el aumento de la presión arterial por el aumento de la excitabilidad de neuronas simpáticas (Acosta Gómez, 2002; Loyola, Ibarra y Acosta, 2012) y, por ende, el aumento de la liberación de na al torrente sanguíneo. Este efecto, como se menciona, es contrario entre la angio II y la bradisinina muy probablemente para la redistribución sanguínea periférica en presencia de una lesión (como es

el caso en el incremento de la presión por bradicipina).

Por lo anterior, el conocer los mecanismos y rutas de información en el control de la presión arterial, puede darnos el conocimiento para poder abordar y entender irregularidades en la regulación de la presión arterial. Lo anterior es de suma importancia, ya que fallos en estos sistemas pueden desencadenar en enfermedades crónico-degenerativas no transmisibles de alta incidencia en nuestra era, como es el caso de la hipertensión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E., V. Mendoza, E. Castro y Cruzblanca Hernández (2007). "Modulation of a Delayed-rectifier K<sup>+</sup> Current by Angiotensin ii in Rat Sympathetic Neurons". *J. Neurophysiol.*, 98, 79-85.
- Acosta Gómez, E. y B. Ibarra Retana (2013). "La bradicipina incrementa una corriente de potasio tipo rectificador tardío en tiempo y forma, como lo hacen la angiotensina ii y agonistas muscarínicos". Reporte técnico en prensa. Revista Electrónica de la Dirección General de Difusión Cultural y Divulgación Científica.
- Aldred, G. P., S. Y. Chai, K. Song, J. Zhuo, D. P. MacGregor y F. Mendelsohn (1993). "Distribution of Angiotensin ii Receptor Subtypes in the Rabbit Brain". *Regul. Peptides*, 44, 119-130.
- Benarroch, E. E. (2008). "The Arterial Baroreflex. Functional Organization and Involvement in Neurologic Disease". *Neurology*, 71(21), 1733-1738.
- Boehm, S. y H. Kubista (2002). "Fine Tuning of Sympathetic Transmitter Release Via Ionotropic and Metabotropic Presynaptic Receptors". *Pharmacol. Rev.*, 54, 43-99.
- Brailoiu, E., C. M. Filipeanu, A. Tica, C. P. Toma, D. de Zeeuw y S. A. Nelemans (1999). "Contractile Effects by Intracellular Angiotensin ii Via Receptor with a Distinct Pharmacological Profile in Rat Aorta". *Br. J. Pharmacol.*, 126, 1133-1138.
- Brown, D. A., A. Constanti y S. Marsh (1980). "Angiotensin Mimics of Agonist Muscarinic Agonists on Rat Sympathetic Neurons". *Brain Research*, 193, 614-619.
- Castren, E., M. Kurihara, J. S. Gutkind y J. M. Saavedra (1987). "Specific Angiotensin II Binding Sites in the Rat Stellate and Superior Cervical Ganglion". *Brain Res.*, 422, 347-351.
- Cook, J. L, Z. Zhang y R. E. Re (2001). "In Vitro Evidence for an Intracellular Site of Angiotensin Action". *Cir. Res.*, 89, 1138-1146.
- Cruzblanca Hernández (2006). "An M2-like Muscarinic Receptor enhances a Delayed Rectifier K<sup>+</sup> Current in Rat Sympathetic Neurons". *Br. J. Pharmacol.*, 149, 441-449.
- Delmas, P. y D. A. Brown (2005). "Pathways modulating Neuronal kcnq/m (Kv7) Potassium Channels". *Rev. Neurosci.*, 6, 850-862.
- Dendorfer, A., A. Thornagel, W. Raash, O. Grisk y K. Tempel (2002). "Angiotensin II Induces Catecholamine Release by Direct Ganglionic Excitation". *Hypertension*, 40, 348-354.
- Estañol, B., M. Porras Betancourt, M. A. Padilla Leyva y H. Sentíes Madrid (2011). "Breve historia del reflejo barorreceptor de Claude Bernard a Arthur C. Guyton". *Arch. Cardiol. Mex.*, 81(4), 330-336.
- Feliman, J. L., D. R. Mocrimmon y S. F. Morrison (2013). "Neural Control of Respiratory and Cardiovascular Functions". Chapter VI-Regulatory Systems. *Fundamental Neuroscience*. 4a. edición. Elsevier Inc., 757-761.
- Guyenet, P. G. (2006). "The Sympathetic Control of Blood Pressure". *Rev. Neurosci.*, 7, 335-346.
- Hardy, S. G. (2001). "Hypothalamic Projections to Cardiovascular Centers of the Medulla". *Brain Res.*, 16(894), 233-240.
- Hu, L., D. Zhu, Z. Yu, J. Wang, Z. Sun y T. Yao (2002). "Expression of Angiotensin II Type 1 (AT<sub>1</sub>) Receptor in the Rostral Ventrolate-

- ral Medulla in Rats". *J. Appl. Physiol.*, 92, 2513-2161.
- Loyola Baltazar, C. D., B. H. Ibarra Retana y E. I. Acosta Gómez (2012). "Bradykinin Modulates Neuronal Potassium Current Type M and Delayed Rectifier in the Same Way as Does Angiotensin ii and Muscarinic Agonist in Sympathetic Neurons". Memory of Abstract Iv Meeting of Society of Science Physiology, Mexican Chapter.
- Nahorski, S. R. (2006). "Pharmacology of Intracellular Signaling Pathways". *Br. J. Pharmacol.*, 147, 538-545.
- Ono, K., E. Honda y K. Inenaga (2001). "Angiotensin ii Induces Inward Currents in Subfornical Organ Neurones of Rats". *J. Neuroendocrinol.*, 13, 517-523.
- Pérez Díaz, I., M. Hiriart, J. Olivares Reyes y G. Robles Díaz (2006). "Receptores para la angiotensina ii diferentes a los clásicos receptores membranales AT<sub>1</sub> y AT<sub>2</sub>: características y su papel en el funcionamiento celular". *reb*, 25(2), 55-60.
- Pyner, S. y J. H. Coote (2000). "Identification of Branching Paraventricular Neurons of the Hypothalamus that Project to the Rostrolateral Medulla and Spinal Cord". *Neuroscience*, 100, 549-556.
- Sasaki, S. y R. A. Dampney (1990). "Tonic Cardiovascular Effects of Angiotensin II in the Ventrolateral Medulla". *Hypertension*, 15, 274-283.
- Song, K., A. M. Allen, G. Paxinos G y F. Mendelsohn (1992). "Mapping of Angiotensin II Receptor Subtype Heterogeneity in Rat Brain. *J. Comp. Neurol.*, 316, 467-484.
- Tagawa, T. y R. A. L. Dampney (1999). "AT<sub>1</sub> Receptors mediate Excitatory Inputs to Rostral Ventrolateral Medulla Pressor Neurons from Hypothalamus". *Hypertension*, 34, 1301-1307.
- Touyz, R. M. y E. L. Schiffrin (2000). "Signal Transduction Mechanisms mediating the Physiological and Pathophysiological Actions on Angiotensin II in Vascular Smooth muscle Cells". *Pharmacol Rev.*, 52, 639-672.
- Zhu, Y. y S. R. Ikeda (1994). "VIP inhibits N-type Ca<sup>2+</sup> Channels of Sympathetic Neurons Via a Pertussis Toxin-insensitive but Cholera Toxin-sensitive Pathway". *Neuron.*, 13, 657-669.

#### REFERENCIA ELECTRÓNICA

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_renina\\_angiotensina\\_aldosterona](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_renina_angiotensina_aldosterona)



# Hábitos de consumo asociados a un comportamiento ambiental: un análisis difuso

\*W. E. Aguilar,<sup>1</sup> \*S. Ojeda,<sup>2</sup> H. Favela<sup>3</sup> y S. E. Cruz<sup>4</sup>

## RESUMEN

Los hábitos de consumo son una de las variables que influyen en el comportamiento del consumidor en el desarrollo de conductas protectoras del medio ambiente. Identificar y valorar el comportamiento del consumidor ayuda a establecer estrategias orientadas a su comportamiento, que permitan la disminución de residuos sólidos desde la fuente de origen. Para su análisis, se requirió de la utilización de un modelo jerárquico difuso, que permitiera la utilización de variables cualitativas y cuantitativas por medio de la técnica ANFIS (sistema de inferencia neuro-difuso adaptativo) para la generación de comportamientos ambientales del consumidor y un análisis de correlación para la interpretación de sus hábitos de consumo. Como resultado, se pudieron identificar los hábitos de consumo que conllevan a un comportamiento ambiental.

Palabras clave: ANFIS, comportamiento ambiental, hábitos de consumo, residuos sólidos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los actores que deben ser estudiados para disminuir la cantidad de residuos sólidos desde la fuente de origen y aminorar el impacto ambiental son los consumidores. Conocer su comportamiento y buscar que adquieran productos que no dañen al medio ambiente y que, al mismo tiempo, no les

afecte modificar sustancialmente su estilo de vida, es primordial.

En este sentido, Luna (2003) señala que existen consumidores que manifiestan interés por los problemas ambientales, pero que no están dispuestos a cambiar sus hábitos de consumo, y solo incorporan la variable ecológica en la elección de los produc-

1 Doctora en Ciencias. Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Blvd. Benito Juárez y calle De la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, B.C., México.

\* Autoras para correspondencia: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx / sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

2 Doctora en Ciencias. Profesora e investigadora del Instituto de Ingeniería de la UABC.

3 Maestro en Ciencias. Profesor e investigador de la Facultad de Pedagogía de la UABC.

4 Doctor en Ciencias. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UABC.

tos. Consumen, en la medida que la oferta se los permite, aquellos productos que, etiquetados como “verdes”, causan presumiblemente un menor daño al medio natural.

Los cambios en los hábitos de compra del consumidor y su actitud favorable hacia el medio ambiente, incentivan el desarrollo de una normativa medioambiental más estricta, que garantice un comportamiento empresarial más sostenible y así genere una nueva empresa, que implique la protección medioambiental mediante el control y reducción de los impactos de su actividad y con la comunicación de sus actuaciones al consumidor.

Por lo que investigadores del comportamiento del consumidor tratan de explicar los patrones de conducta de los individuos en el proceso de decisión de compra, mediante la utilización de grupos de factores (Fraj, 2003), afirmando que no es nada fácil comprender y conocer el comportamiento del consumidor, ya que las personas no son coherentes con lo que dicen y lo que hacen, y que esto se debe a la reacción que tienen sobre la influencia de esos factores (Kotler, 2000), que dan origen a la generación de residuos y determinan la capacidad de compra de productos (Buenrostro, Bocco y Bernache, 2001).

Por ello, se deben considerar todos los factores que influyen en su comportamiento de consumo y que afectan el comportamiento ambiental. Entre éstos se han encontrado factores sociodemográficos, psicográficos, de información y conocimiento medioambiental, hábitos de consumo, prácticas proambientales y variables situacionales y ambientales, con la finalidad de construir perfiles de comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente.

Los cambios culturales que se están produciendo son fruto de la preocupación medioambiental de los individuos ante la cantidad de desastres ecológicos que se han venido produciendo. Esta preocupación ha modificado sus hábitos y costumbres de consumo (Fraj, 2003), por lo que las personas que realizan sus compras en su tiempo disponible

(fuera de su horario laboral), regularmente los fines de semana, pueden estar contribuyendo a cambiar hábitos de consumo debido a la diversidad de productos que las grandes empresas ofrecen.

Los hábitos de consumo, además de ser importantes para la generación de conductas concretas, permiten visualizar el tipo de productos que el consumidor compra. Y se definen como comportamientos que el consumidor desarrolla en el acto de compra, con los cuales toma la decisión, según ciertas características del producto y personales, que influyen en la elección de un producto o servicio que satisfaga su necesidad. Éstos dependen de diversas variables como la situación socioeconómica, el estado civil, los valores inculcados por la familia, el entorno social, la religión que practica y hasta la generación a la que pertenece, pues aunque aparentemente se tengan obligaciones parecidas en gusto y necesidades, no hay nada escrito, sino que se aprende en el día a día, y cambian continuamente (Macías, Galván y Valdivia, 2003).

Es posible que el consumidor cambie de postura con respecto a las características a tomar en cuenta para la elección de un producto, y se sabe que éstas pueden variar dependiendo del momento en que se sitúe en el proceso de compra, por lo que el objetivo de este estudio, es identificar los hábitos de consumo que se encuentran en un comportamiento ambiental.

Para establecer un patrón de comportamiento para los consumidores de esta ciudad, basándose en sus conductas e incorporando la variable ecológica o proambiental, es necesario esclarecer primero su concepto. Un consumidor ecológico o ambiental es la persona que compra productos respetuosos del medio ambiente, posee un interés elevado o preocupado por éste, participa activamente por la mejora del mismo y, además, muestra una gran responsabilidad medioambiental, e incluso está dispuesto a pagar más por productos menos contaminantes (Fraj, 2003).

Como en México todavía no existen productos plenamente ecológicos, para evaluar el comporta-

miento de los consumidores en este estudio, en la ciudad de Mexicali, se definirá al consumidor ecológico como aquel que, preocupado por la conservación del medio ambiente, desarrolla conductas de protección en cuanto a la utilización de productos no contaminantes (Luna, 2003; Fraj, 2003; Martínez, 2004; Pérez, 2008), biodegradables y con menor impacto ambiental; que realiza conductas de reducción, reutilización y reciclaje, y, además, que posea una actitud positiva a la conservación de los recursos y sustentabilidad, y conocimiento de los problemas ambientales, de manera que actúe conforme a criterios de protección y que sienta la responsabilidad que influye en sus prácticas (Orozco, Cortés, González y Gracia, 2003).

Para el análisis de la información se aplicaron técnicas neuro-difusas, las cuales consisten esencialmente en el uso de los modelos difusos de Sugeno o Tsukamoto utilizando la arquitectura de una red adaptativa, en la que se actualizan los parámetros de los nodos mediante una ley de aprendizaje híbrido o algoritmo de adaptación.

De esta manera, se puede elaborar un modelo del sistema en el que los parámetros de cada nodo sean actualizados, de acuerdo con los datos de entrada y un procedimiento de aprendizaje (Lozano y Fuentes, 2007), donde el modelado difuso es un enfoque simple, directo y natural para transformar la descripción lingüística en un modelo matemático.

Por otra parte, el modelado difuso ofrece una ventaja única: la estrecha relación entre la descripción lingüística y el modelo matemático puede utilizarse para comprobar la validez de la explicación verbal sugerida por el observador (Tron y Margaliot, 2004).

Estos son métodos predictivos de modelado, que emiten juicios y toman decisiones por imitación del pensamiento del ser humano, lo cual ha sido utilizado para resolver gran variedad de problemas (Kasabov, 1996; Kalaichelvi, Sivakumar, Karthikeyan y Palanikumar, 2009).

Sus ventajas principales son reducir las posibles dificultades en el modelado y sobre el análisis complejo de los datos, lo cual es apropiado para in-

corporar la calidad de los aspectos de la experiencia humana sin el desarrollo de sus reglas (Ayata, Çam y Yildiz, 2007).

## 2. METODOLOGÍA

Mexicali, capital de Baja California, México, representa cerca de 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, esto es, alrededor de 13 936 km<sup>2</sup> con 936 826 habitantes en 2010. En Mexicali, la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios oscila entre 600 y 800 toneladas diarias, por lo que es importante conocer los perfiles de los generadores de estos volúmenes de residuos.

Se desarrolló una investigación cualitativa, a través de un instrumento que contenía variables socioeconómicas y demográficas, sobre la conducta de reciclaje, la generación de residuos sólidos domiciliarios, la compra de productos ecológicos, las tendencias de consumo, actitudes, personalidad y de grado de conocimiento e información sobre aspectos medioambientales, entre otros, basado en la Escala de comportamiento ecológico, Escala de creencias ambientales, Escala que mide las actitudes, etcétera.

La medición se realizó con una escala Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo hasta 5 = Totalmente de acuerdo). Los ítems se encontraron distribuidos en siete factores principales basados en las variables anteriormente mencionadas, que midieron las características sociodemográficas del individuo, sus hábitos de consumo y frecuencia, el desarrollo de prácticas proambientales de reciclaje, reúso y separación, la actitud del consumidor hacia el medio ambiente, la responsabilidad que siente con su entorno, estilo de vida y manejo de residuos, personalidad y variables de consumo, y sus conocimientos sobre el medio ambiente.

### 2.1 Tamaño de la muestra

Para determinar una muestra representativa de la población de esta ciudad, fue necesaria la identificación de la cantidad de viviendas por estrato socioeconómico.

**Tabla 1.** Cantidad de viviendas encontradas por estrato socioeconómico.

| Estrato socioeconómico | Cantidad de viviendas |
|------------------------|-----------------------|
| Residencial            | 7063                  |
| Medio                  | 14 445                |
| Popular                | 69 103                |
| Interés social         | 53 876                |
| Popular progresista    | 27 592                |
| Precario               | 2291                  |
| Granjas                | 1333                  |

Por lo que, con dicha cantidad de viviendas de cada uno de los estratos, se determinó el tamaño de la muestra, que permitió estimar la media poblacional con una precisión de 90%, mediante la utilización de la ecuación 1:

$$n = \frac{Nk^2}{N\beta^2 + k^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$n$  es el tamaño de la muestra.

$k$  es el intervalo, tal que  $(1-\alpha)$  es la confiabilidad o grado de seguridad de que la precisión se cumpla.

$N$  es el número de unidades en la población.

$\alpha$  es la fracción de la desviación estándar o del coeficiente de variación poblacional, que se desea como precisión.

En la tabla 2, se muestran las 1800 viviendas representativas de la ciudad, encuestando un total de 2831, debido a la gran participación de la población, mediante el procedimiento de muestreo aleatorio simple con base en la detección de las colonias que corresponden a cada uno de los siete estratos y tomando a aquellas que los representaban homogéneamente.

Las encuestas recabadas fueron analizadas mediante las herramientas de inteligencia artificial, utilizando una técnica ANFIS de Sugeno para la determinación del comportamiento del consumidor.

**Tabla 2.** Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

| Estrato socioeconómico | Cantidad de esperadas | Cantidad de analizadas |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Residencial            | 261                   | 268                    |
| Medio                  | 266                   | 488                    |
| Popular                | 269                   | 619                    |
| Interés Social         | 269                   | 477                    |
| Popular Progresista    | 268                   | 416                    |
| Precario               | 242                   | 282                    |
| Granjas                | 225                   | 281                    |

## 2.2 Análisis difuso

Para el análisis de la información fue necesaria la generación de modelos difusos, que proporcionaron la pauta para dicho análisis, en el cual se utilizaron todas las variables del modelo y sus correspondientes funciones de membresía, mediante un sistema de lógica difusa (FLS, por sus siglas en inglés) non-singleton tipo 1 (figura 1), en el cual las entradas fueron modeladas como números difusos, que podían ser usados para manejar las incertidumbres que ocurren cuando los datos de entrada son inciertos y las variables son de tipo lingüístico.

Los sistemas basados en lógica difusa contienen cuatro elementos: una fuzzificación, reglas difusas, un motor de inferencia y un defuzzificador, que se encuentran interconectados. Una vez establecidas las reglas, un FLS puede ser utilizado para trazar una ruta desde las entradas hasta las salidas.



**Figura 1.** Sistema de lógica difusa (FLS).  
Fuente: Mendel (2001).



Para continuar con el diseño, se manejó una distribución gaussiana para la función de membresía mediante la ecuación  $\mu_{x_i}(x_i) = \exp[-(x_i - r_i)^2 / 2\sigma^2]$  basada sobre un estimado del tipo y cantidad de ruido presente.

Para el análisis de la información, se utilizó el programa MATLAB 7.9, integrando la lógica difusa en el procedimiento mediante las técnicas de Sugeno, en el cual se identificaron las variables de entrada y de salida generadas en el sistema, y sus respectivas funciones de membresía.

Para incluir las tres etapas de compra en el modelo difuso, se usó un modelo jerárquico difuso (figura 2) para las variables de entrada. El concepto de jerarquía es utilizado para construir sobre un atributo, la descripción de las características que están basadas en él. La jerarquía de conceptos representa el dominio de los conocimientos con los que se cuenta, por lo que en la relación difusa generalizada se puede considerar que las características deberán ser convertidas en reglas (Petry y Zhao, 2009).

El desarrollo de cada módulo de esta jerarquía, se encuentra basado en el modelo ANFIS, que es un sistema neuro-difuso desarrollado por Jang en

1993, el cual tiene una estructura de red neuronal feed-forward, donde cada capa del sistema es un componente neuro-difuso. Este sistema simula reglas difusas TSK (Takasi-Sugeno-Kang) de tipo 3, donde las partes consecuentes de la regla son una combinación lineal de variables de entrada.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado del análisis difuso, se generaron cinco perfiles de comportamiento ambiental para los consumidores de esta ciudad, encontrándose desde los consumidores que se comportan ambientalmente en todas las etapas del proceso de compra hasta aquellos con ausencia de conductas de protección al medio ambiente. Los grados para la categorización fueron: Total, Existente, Indiferente, Pasivo y Ausente.

El análisis realizado para encontrar los perfiles de consumidores, demostró que el comportamiento de éstos varía dependiendo de la etapa del proceso de compra en la que se encuentren, aumentando hacia niveles negativos conforme se avanza de etapa. Cuando el consumidor llega a la etapa de poscompra, se observa cómo alcanza el nivel más bajo de comportamiento ambiental, mientras que

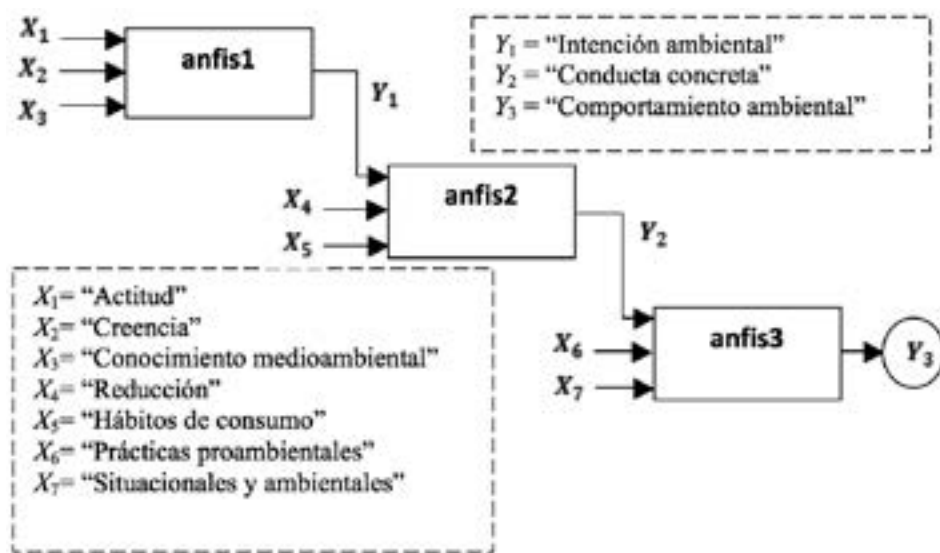
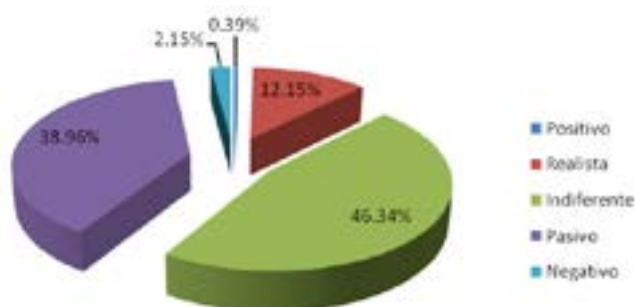


Figura 2. Modelo jerárquico difuso.

en la primera etapa, precompra, solo se manifiesta en los niveles positivos, alcanzando el nivel pasivo con apenas 0.04%.

En la figura 3, se observa cómo solo 0.39% de los consumidores están ubicados en el nivel más alto de comportamiento ambiental, y al mismo tiempo, aparece el nivel negativo de comportamiento con 2.15%.



**Figura 3.** Porcentajes relacionados al nivel de comportamiento ambiental del consumidor.

Los hábitos de consumo se manifiestan en el acto de compra y permiten al consumidor elegir los productos de consumo de acuerdo a sus propias necesidades. El relacionarlos con estos niveles de comportamiento permitió identificar a los consumidores que los desarrollan.

El primer factor analizado para identificar los hábitos de consumo que influyen en el consumidor, es el lugar donde realizan las compras (tabla 3): tienda, centro comercial, supermercado y otros lugares.

Los resultados muestran que los consumidores que realizan sus compras de alimentos en la tienda, son los que buscan la conservación del medio ambiente, seguidos por los que los adquieren en el supermercado. En cambio, los consumidores que hacen sus compras de alimentos en centros comerciales y otros lugares, no alcanzan comportamientos plenamente “verdes”.

En cuanto a los productos de mantenimiento y limpieza del hogar, se encontró una disminución de un grado porcentual por cada uno de los establecimientos en cuanto al desarrollo de conductas protectoras, con el siguiente orden: centros comerciales, supermercado y tiendas, dejando a otros lugares de compra en cero, alcanzando apenas un comportamiento existente.

Con relación a la indumentaria, se observó que el sitio en el que se desarrollan los mejores comportamientos de cuidado del medio ambiente es cuando las personas van a otros lugares distintos a los señalados, dejando los comportamientos más negativos a aquellos que van al supermercado.

**Tabla 3.** Relación entre el nivel de comportamiento del consumidor y el lugar donde realiza sus compras.

| Nivel de comportamiento | Lugar de compra por tipo de producto |       |       |       |       |                                    |       |       |       |       |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                         | Alimentos                            |       |       |       |       | Mantenimiento y limpieza del hogar |       |       |       |       |
|                         | 1                                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 1                                  | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Total                   | 0.0%                                 | 0.8%  | 0.0%  | 0.3%  | 0.0%  | 0.0%                               | 0.3%  | 0.5%  | 0.4%  | 0.0%  |
| Existente               | 0.0%                                 | 13.4% | 13.5% | 11.6% | 14.3% | 0.0%                               | 12.6% | 13.7% | 11.5% | 14.3% |
| Indiferente             | 0.0%                                 | 44.7% | 43.0% | 47.2% | 44.6% | 75.0%                              | 46.3% | 43.6% | 46.8% | 46.4% |
| Pasivo                  | 0.0%                                 | 39.2% | 42.5% | 38.5% | 41.1% | 12.5%                              | 39.5% | 41.6% | 38.3% | 36.9% |
| Ausente                 | 100.0%                               | 1.9%  | 1.0%  | 2.4%  | 0.0%  | 12.5%                              | 1.2%  | 0.7%  | 2.9%  | 2.4%  |
|                         | Indumentaria                         |       |       |       |       | Electrodomésticos                  |       |       |       |       |
|                         | 1                                    | 2     | 3     | 4     | 5     | 1                                  | 2     | 3     | 4     | 5     |
|                         | Total                                | 0.0%  | 0.6%  | 0.3%  | 0.0%  | 0.9%                               | 0.0%  | 0.5%  | 0.3%  | 0.5%  |
| Existente               | 4.8%                                 | 9.8%  | 12.8% | 13.4% | 10.2% | 2.6%                               | 9.4%  | 13.3% | 9.1%  | 14.6% |
| Indiferente             | 57.1%                                | 47.4% | 46.4% | 39.5% | 47.4% | 47.4%                              | 43.5% | 45.8% | 45.7% | 50.7% |
| Pasivo                  | 28.6%                                | 40.3% | 38.4% | 43.6% | 39.3% | 44.7%                              | 44.0% | 38.1% | 43.4% | 32.6% |
| Ausente                 | 9.5%                                 | 1.8%  | 2.1%  | 3.5%  | 2.2%  | 5.3%                               | 2.5%  | 2.4%  | 1.4%  | 1.6%  |

1. No contestó 2. Tienda 3. Centro comercial 4. Supermercado 5. Otros.

La compra de electrodomésticos fue el único producto que se mantuvo en todos los lugares para el desarrollo de un comportamiento protector del medio ambiente, encontrándose en primer lugar de realización a aquellos que consumen en tiendas y supermercados.

Se llevó a cabo el mismo procedimiento contemplando el 100% de los encuestados por tipo de respuesta, y se encontró que para todos los rubros, los individuos que no contestaron fueron los que tienen los comportamientos más dañinos, que no les preocupa la conservación del medio ambiente, por lo cual el consumo de productos menos contaminantes, la reducción en el consumo de éstos y las buenas prácticas proambientales son cuestiones sin importancia.

La ciudad en la que habitualmente efectúan sus compras, no generó variaciones significativas en el grado de realización de un comportamiento protector (figura 4). Sin embargo, por ser Mexicali una ciudad fronteriza alrededor de 20% hacen sus compras en ambas ciudades (Mexicali y Calexico), lo que indica la fácil entrada a la ciudad de productos chinos, más baratos y, al mismo tiempo, de menor calidad, por lo que su tiempo de vida es más corto, provocando el aumento en la generación de residuos (figura 5), comprando principalmente productos de almacén y supermercado en 24.5% y 26.9%, respectivamente (figura 6).

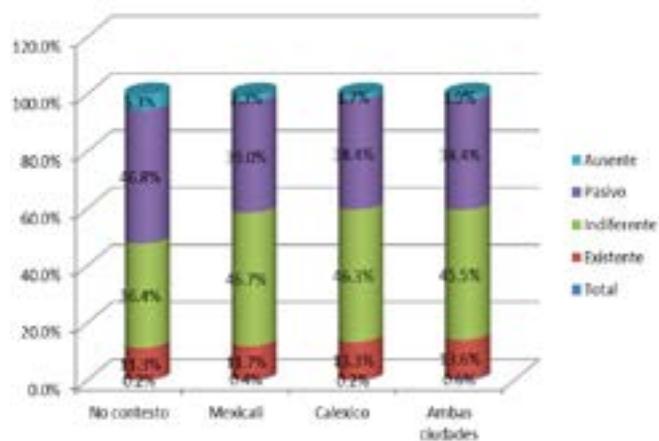


Figura 4. Relación entre el nivel de comportamiento ambiental y la ciudad en la que realiza el proceso de compra.

En la figura 7, se identifica que los precios, la calidad y la marca de los productos de consumo son los principales motivos que guían a los consumidores en el proceso de compra, dejando la protección del medio ambiente en cuarto y quinto lugares.

Por último, respecto a la frecuencia con la que los consumidores hacen sus compras y que influye en un comportamiento ambiental, se identificó que aquellos que van de dos a tres veces por semana son los que contribuyen mayormente a este tipo de comportamientos, seguidos por una vez a la semana y una vez cada quince días; a diferencia de los otros comportamientos en donde lo hacen, por mayoría, una vez por semana (figura 8).

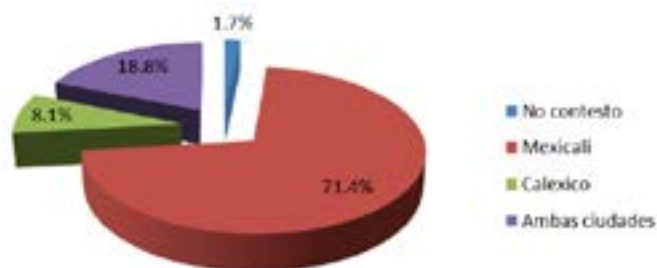


Figura 5. Ciudad en la que desarrolla sus compras.

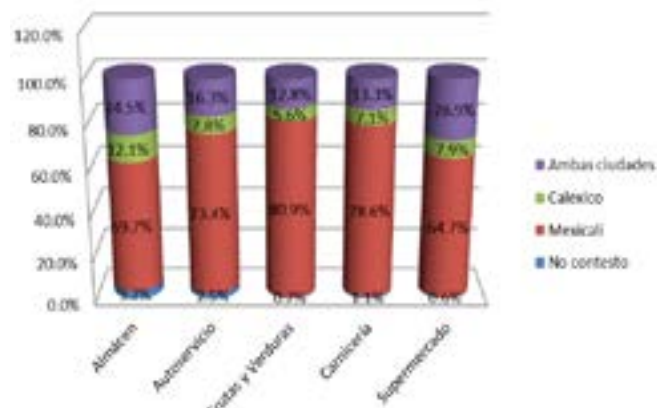
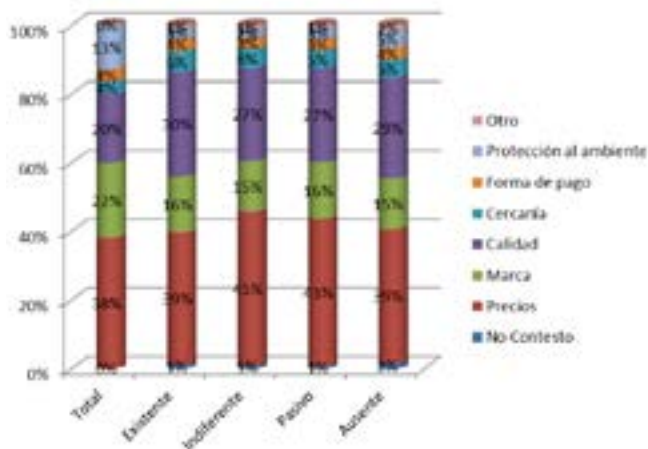
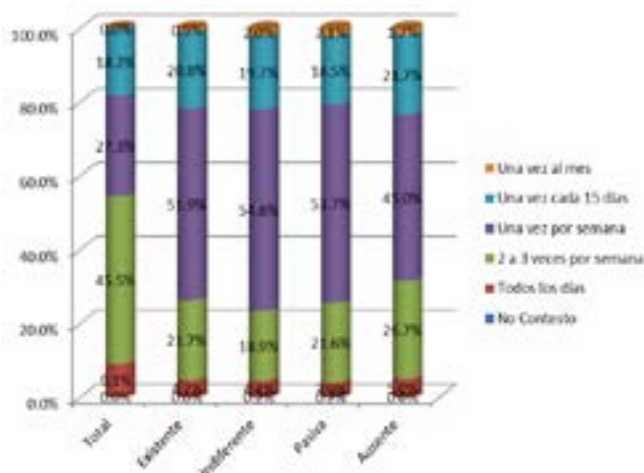


Figura 6. Relación entre el tipo de productos de consumo y la ciudad en la que los compra.



**Figura 7.** Relación entre el nivel de comportamiento ambiental del consumidor y el motivo de la compra.



**Figura 8.** Relación entre el nivel de comportamiento ambiental del consumidor y la frecuencia de la compra.

## CONCLUSIONES

Es importante mencionar que en la ciudad de Mexicali no existen productos plenamente “verdes”, por lo que no se encontraron consumidores “verdes” como en otras partes del mundo. Por lo que, para este estudio, se le consideró como aquel consumidor que, preocupado por la conservación del medio ambiente, realiza prácticas y hábitos de consumo que permiten disminuir la cantidad de residuos que generan o aminoran el impacto que sus residuos tienen en el medio ambiente.

Al analizar el instrumento, se encuentra que la mayor parte de la población no se muestra ignorante respecto al conocimiento de productos con-

taminantes, así como al desarrollo de actitudes y actividades que permitan mejorar su entorno. Sin embargo, es difícil encontrar una ruta que determine totalmente el comportamiento de un consumidor, por lo que hay que identificar claramente cada una de las variables que demuestran llevar al consumidor a realizar comportamientos de conservación del medio ambiente, por lo que es importante efectuar las relaciones correspondientes de cada uno de los factores involucrados en la precompra, compra y poscompra.

Los niveles manejados en esta investigación son: Positivo, Realista, Indiferente, Pasivo y Negativo, tomando valores de 1 a 5, respectivamente, para cada factor, y que fueron de ayuda para la valorización de cada uno de los factores estudiados.

En el análisis del comportamiento del consumidor, se pudo observar que éste varía dependiendo de la etapa de compra en la que se sitúe, tornándose cada vez más negativa al avanzar de etapa. Además, la intención en el desarrollo de estas conductas toma niveles negativos (de pasividad o ausencia en el desarrollo de comportamientos proambientales).

Asimismo, puede generar comportamientos de protección y cuidado por el medio ambiente al momento de la compra, cuando se cuente con buenos hábitos de consumo y de un consumo mínimo. Entre más intención y hábitos de consumo positivos tenga la población, su conducta será cada vez más ambientalista, pero cuando estos hábitos de consumo cambian en torno negativo, aunque se cuente con reducción en la utilización de productos contaminantes, disminución en la compra de éstos o simplemente con una buena intención de conservación por el medio que los rodea, la tendencia es a la indiferencia. Aunque se ha demostrado que la tendencia de los hábitos de consumo, es la adopción de una conducta de conservación.

El 0.2% de los consumidores llevan a cabo hábitos de consumo procurando la protección del medio ambiente mediante la adquisición de productos menos contaminantes o del cese de los mismos, lo que determina el desinterés de la población so-

bre los productos que adquiere. Al igual que Luna (2003), se encontró que los consumidores no están dispuestos a cambiar sus hábitos de consumo, sino solo de incorporar la variable ecológica a la elección de los mismos.

Hay que tomar en cuenta que el comportamiento del consumidor, se rige por una gran cantidad de factores que hacen que éste actúe de una forma u otra. Los factores involucrados en cada una de las etapas del proceso de compra, influyen para que el consumidor manifieste una conducta a un determinado comportamiento. Cada factor, entre ellos el conocimiento medioambiental, los hábitos de consumo, las prácticas proambientales y otros como las variables ambientales y situacionales, modifica la conducta del consumidor.

Tomando como base los consumidores que efectúan comportamientos ambientales en la ciudad de Mexicali, los resultados muestran que los hábitos de consumo determinantes son: aquellos que realizan sus compras en esta ciudad con una frecuencia de dos a tres veces por semana buscando establecimientos con productos de calidad y frescos, y con los precios más bajos.

Y que como Macías, Valdivia y Galván (2003), se encontró que estos hábitos de consumo dependen de diversas variables como la situación económica, el estado civil, el entorno social, la religión, entre otras, que se aprenden día a día y cambian continuamente.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayata, T., E. Çam y O. Yıldız (2007). "Adaptive Neuro-fuzzy Inference Systems (ANFIS) Application to Investigate Potential Use of Natural Ventilation in New Building Designs in Turkey". *Energy Conversion and Management*, 48, 1472-1479.
- Buenrostro, D. O., G. Bocco y G. Bernache (2001). "Urban Solid Waste Generation and Disposal in Mexico: a Case Study". *Waste Management and Research*, 19, 169-176.
- Fraj, E. (2003). "Las variantes demográficas y socioeconómicas como determinantes del comportamiento de reciclaje: su importancia sobre la gestión de residuos sólidos". *Revista de Gestión Pública y Privada*, 8, 103-118.
- Kalaichelvi, V., D. Sivakumar, R. Karthikeyan y K. Palanikumar (2009). "Prediction of the Flow Stress of 6061 Al-15% SiC - MMC Composites using Adaptive Network based Fuzzy Inference System". *Materials & Design*, 30(4), 1362-1370.
- Kasabov, N. K. (1996). "Learning Fuzzy Rules and Approximate Reasoning in Fuzzy Neural Networks and Hybrid Systems". *Fuzzy Sets and Systems*, 82, 135-149.
- Kotler, P. (2000). Dirección de marketing. Prentice-Hall Editores.
- Lozano, M. y F. Fuentes (2007). "La percepción emocional del dinero como determinante de un comportamiento de ahorro o endeudamiento". *EAWP*, 6(7).
- Luna, M. (2003). "Factores involucrados en el manejo de la basura doméstica por parte del ciudadano". Disponible en: [http://www.tdcat.cesca.es/TESIS\\_UB/AVAILABLE/TDX-0124107-123829/GLL\\_TESIS.PDF](http://www.tdcat.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0124107-123829/GLL_TESIS.PDF)
- Macías, M., A. Galván y M. Valdivia (2003). "El ecoturismo como base para el desarrollo regional sustentable: caso Barranca Oblatos (Huentitán)". Sincronía verano 2003. Disponible en: <http://sincronia.cucsh.udg.mx/ecotur.htm>
- Martínez, J. (2004). "Comportamiento proambiental. Una aproximación al estudio del desarrollo sustentable con énfasis en el comportamiento persona-ambiente". *Revista Theomai*, invierno, número especial.
- Mendel, J. M. (2001). "Uncertain Rule-based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions". Prentice Hall PTR.
- Orozco, M., A. Cortés, M. González y S. Gracia (2003). "Mercadotecnia ecológica: actitud del consumidor ante los productos ecológicos",

VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Universidad Pública de Navarra/AEIPRO, 1-10.

Pérez, V. (2008). “Marketing ecológico”. Profesora de Administración de Empresas e Investigaciones de Operaciones de la Universidad de La Habana. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/marketing/marketing-ecologico.htm>

Petry, F. E. y L. Zhao (2009). “Data Mining by Attribute Generalization with Fuzzy Hierarchies in Fuzzy Databases”. *Fuzzy Sets and Systems*, 160(15), 2206-2223.

Tron, E. y M. Margaliot (2004). “Mathematical modeling of Observed Natural Behavior: a Fuzzy Logic Approach”. *Fuzzy Sets and Systems*, 146, 437-450.

# Los residuos y su relación con el consumidor: una metodología difusa

\*W. E. Aguilar,<sup>1</sup> \*S. Ojeda<sup>2</sup> y J. R. Castro<sup>3</sup>

---

## RESUMEN

Debido a la gran cantidad de residuos sólidos que se generan actualmente en las ciudades, es necesario crear estrategias para aminorar su impacto en el medio ambiente. Por tal motivo, es indispensable conocer a su principal generador, el consumidor, así como las características que lo llevan a desarrollar conductas de protección del medio ambiente durante el proceso de compra. Para su análisis, se recurrió a la utilización de herramientas de inteligencia artificial por medio de un modelo jerárquico difuso, determinando perfiles de consumo ambiental. Los resultados muestran que 46.50% de los consumidores, se encuentran conscientes de la necesidad de cuidar y conservar el medio ambiente mediante sus acciones, así como de las consecuencias que conlleva el no hacerlo. Sin embargo, este conocimiento no indicó que los consumidores se vuelvan responsables de los residuos que generan.

Palabras clave: consumidor, consumo ambiental, modelo jerárquico difuso, residuos sólidos.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población, así como la urbanización, industrialización y desarrollo económico han dado como resultado la generación de residuos sólidos en áreas residenciales en todo el mundo, pero particularmente en las ciudades en desarrollo y rápido crecimiento (Afroz y Masud, 2011). Debido a este crecimiento y al aumento del

nivel de vida de la comunidad, se ha acelerado el ritmo de generación de residuos sólidos municipales (RSM) causando que su gestión sea un gran desafío en todo el mundo (Seo y cols., 2004). Particularmente en las ciudades urbanas de los países en vías de desarrollo, la gestión de RSM es un área muy descuidada (Zhen-shan, Hui-Zhen y Xiao-yan, 2011; Batool y Chuadhry, 2009; Chung y Lo,

---

1 Doctora en Ciencias. Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Blvd. Benito Juárez y calle De la Normal s/n, Col. Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, B.C., México.

\* Autoras para correspondencia: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx / sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

2 Doctora en Ciencias. Profesora e investigadora del Instituto de Ingeniería de la UABC.

3 Doctor en Ciencias. Profesor e investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la UABC.

2008; Berkun, 2005; Metin, Eröztürk y Neyim, 2003; Ahmeda y Alib, 2004).

La conciencia de que un manejo indebido de RSM conduce a la contaminación del agua, el suelo, la atmósfera y la salud pública, ha causado que los países en desarrollo aborden esta cuestión con mayor urgencia (Batoool y Chuadhry, 2009; Sharholly y cols., 2008). En particular, la recolección de RSM ha sido identificada como un problema que debe ser atendido, ya que hay zonas a las que las autoridades municipales son incapaces de proporcionar servicios de recolección de residuos a todos los residentes en algunos municipios, por lo que, en estos últimos años, se han experimentado cambios significativos en la gestión pública y recolección de residuos sólidos, debido principalmente al crecimiento de la población en zonas urbanas.

El aumento en la generación de residuos, así como su manejo y almacenamiento han provocado graves problemas medioambientales (Valerio, 2010; Hong, Li y Zhaojie, 2010; Bovea y cols., 2010). Los municipios están inmersos en un proceso complicado, encaminado a adaptar la recolección de residuos y los servicios de tratamiento a las nuevas exigencias ambientales de reciclaje y al uso de los residuos desechados (Benito-López, Moreno-Enguix y Solana-Ibáñez, 2011).

El inadecuado manejo de los residuos sólidos en las ciudades es perjudicial para la salud humana y ocasiona pérdidas económicas, ambientales y biológicas (Moghadam, Mokhtarani y Mokhtarani, 2009), por lo que la gestión de RSM es uno de los temas más difíciles que enfrentan los países en vías de desarrollo, que sufren problemas graves de contaminación causados por la generación de residuos (Al-Khatib y cols., 2010). Por tal motivo, es importante buscar estrategias que permitan la reducción en la generación de RSM, buscando minimizar el impacto ambiental que acarrear. Una estrategia es el conocimiento del proceso de compra y poscompra de un producto (Cândido y cols., 2011).

Una de las formas de frenar la problemática de los RSM, es promover la preocupación por el

medio ambiente, controlando los residuos desde la fuente, buscando una separación y disposición adecuada (Tadesse, 2009), ya que la generación de residuos está estrechamente relacionada con el consumo del producto, causando cargas ambientales como los gases efecto invernadero (Kurusu y Bortoleto, 2011).

Se ha reconocido en distintos países que lo más urgente para el manejo de los residuos sólidos, es reducirlos en su fuente de origen y fomentar el reciclado de materiales, ya que su disposición final se complica cada vez más (Yau, 2010; Kurisu y Bortoleto, 2011; Coelho, Castro y Gobbo, 2011; Lee y Paik, 2011).

Para aminorar esta cantidad de residuos,<sup>1</sup> es necesario conocer a su principal generador, el consumidor, y determinar los factores que lo llevan a desarrollar comportamientos de protección al medio ambiente, por lo que es indispensable identificar las características que llevan a los consumidores a desarrollar una conducta protectora.

En las últimas décadas, se han realizado estudios para identificar las variables que influyen en su comportamiento ambiental; por ello, se deben considerar todos los factores que influyen en su comportamiento de consumo y que afectan el comportamiento ambiental, que permitirá la disminución de residuos desde su fuente de origen. Entre éstos se han encontrado factores sociodemográficos, psicográficos, de información y conocimiento medioambiental, hábitos de consumo, prácticas proambientales, y variables situacionales y ambientales, con la finalidad de definir perfiles de consumo ambiental.

Debido a ello, se necesitan estudios que analicen el comportamiento ambiental del consumidor, determinando los perfiles de comportamiento que influyen en la generación de residuos sólidos.

Es importante resaltar que para explicar el comportamiento del consumidor, se deben considerar las variables que influyen en él, para comportarse de una manera responsable con el medio ambiente,

1 0.8545 kilogramos por habitante por día.



por lo que se necesita una herramienta que permita encontrar de manera más exacta las relaciones y las variables que generan este tipo de comportamiento, como las técnicas de inteligencia artificial, las cuales pueden ser utilizadas para la resolución de problemas complejos, donde no se tiene un algoritmo específico de resolución, entre las que se encuentra la lógica difusa. Esta técnica es útil para explicar las imprecisiones y manejar variables cualitativas como las que requerimos para explicar estos comportamientos.

Es abundante la cantidad de estudios donde se abordan algunas de estas técnicas, para tratar de explicar y analizar, de manera óptima y con un menor margen de error, problemas reales en función de procesos computacionales basados en la experiencia y el conocimiento continuo del medio ambiente (Chen, Chang y Chen, 2002; Sadiq y Husain, 2005; Nasiri y Huang, 2007; Chang, Parvathinathan y Breeden, 2008; Caniani, Lioi, Mancini y Masi, 2011; Ekici y Aksoy, 2011; Rahmanian, Pakizeh, Mansoori, Esfandyari, Jafari, Maddah y Maskooki, 2012).

En los estudios relacionados al comportamiento del consumidor, donde se utilizan algunas de estas técnicas, se encuentran: la evaluación en el desempeño ambiental en el reciclaje de residuos (Nasiri y Huang, 2008), la segmentación psicográfica del consumidor (Mostafa, 2009), el modelado de la satisfacción del cliente para el desarrollo de nuevos productos (Jiang y cols., 2012), el análisis de datos aplicado a conductas adictivas, el análisis de supervivencia, y el estudio del efecto de las variables de entrada en una red neuronal, donde se pone de manifiesto que las redes neuronales artificiales son capaces de predecir el consumo con un margen de error pequeño, a partir de las respuestas dadas a un cuestionario, además de que permiten evaluar con mayor exactitud la importancia o efecto de las variables (Montaño, 2002).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

Mexicali, capital de Baja California, México, representa cerca de 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, esto es, alrededor de 13 936 km<sup>2</sup> con 936 826 habitantes en 2010. En Mexicali, la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios oscila entre 600 y 800 toneladas diarias, por lo que es importante conocer los perfiles de los generadores de estos volúmenes de residuos.

Para ello se dividió la ciudad en los siete estratos socioeconómicos que el Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) propone: Residencial, Medio, Popular, Interés social, Popular progresista, Precario y Granjas, por medio de los cuales se llevó a cabo con una muestra representativa de las viviendas de la ciudad, para conocer las características de la población, así como el compromiso y la responsabilidad que tienen con su entorno, con una precisión de 90% (ecuación 1), generando el número de viviendas por estrato:

$$n = \frac{Nk^2}{N\beta^2 + k^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$n$  es el tamaño de la muestra.

$K$  es el intervalo, tal que  $(1-\alpha)$  es la confiabilidad o grado de seguridad de que la precisión se cumpla.

$N$  es el número de unidades en la población.

$\alpha$  es la fracción de la desviación estándar o del coeficiente de variación poblacional, que se desea como precisión.

El número de viviendas a encuestar por estrato fue de 1800; sin embargo, se sobremuestreó, porque la participación de la población fue mayor, obteniéndose 2831 encuestas (tabla 1).

**Tabla 1.** Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

| Estrato             | Muestra (n) | Viviendas encuestadas |
|---------------------|-------------|-----------------------|
| Residencial         | 261         | 268                   |
| Medio               | 266         | 488                   |
| Popular             | 269         | 619                   |
| Interés social      | 269         | 477                   |
| Popular progresista | 268         | 416                   |
| Precario            | 242         | 282                   |
| Granjas             | 225         | 281                   |

Para identificar las variables necesarias para diseñar un instrumento que permita obtener información sobre los comportamientos de consumo, se tomaron como referencia algunos de los factores utilizados en los modelos de Wier y cols. (2005); Barr, Ford y Gilg (2003); Bigné (1997), así como otros modelos de comportamientos basados en las actitudes de Katz y Stotland (1959); Ajzen y Fishbein (1977); y Schifter y Azjen (1985), que permitan analizar el comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente.

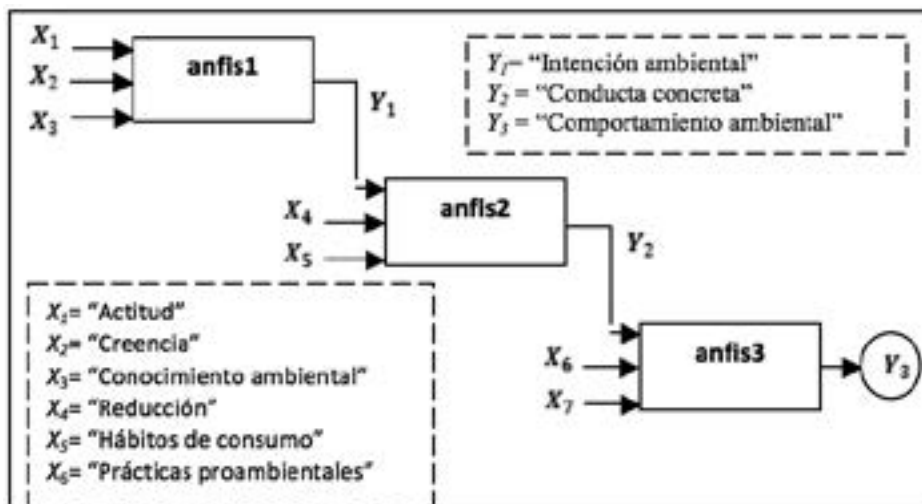
## 2.2 Modelo jerárquico difuso para evaluar el proceso de compra

Para la determinación de perfiles de comportamiento ambiental, se utilizó un modelo jerárquico difuso con el cual se identificaron los factores

que influyen en un determinado comportamiento: actitudes, creencias, conocimiento medioambiental, prácticas proambientales, hábitos de consumo, y variables situacionales y ambientales y sus correspondientes funciones de membresía mediante un sistema de lógica difusa (FLS, por sus siglas en inglés), donde las entradas se modelaron como números difusos, para manejar las incertidumbres que ocurren cuando los datos de entrada son inciertos y las variables son de tipo lingüístico.

Con este modelo, se evaluaron las etapas del proceso de compra (figura 1). Cada una se evaluó con el sistema difuso Takasi-Sugeno-Kang (TSK). El concepto de jerarquía se aplicó para construir sobre un atributo, la descripción de las características que están basadas en él. La jerarquía de conceptos representa el dominio de los conocimientos con los que se cuenta, por lo que en la relación difusa se consideran las características que deberán convertirse en reglas (Petry y Zhao, 2009).

La primera etapa del sistema jerárquico incluye las características que motivan al consumidor a elegir los productos de consumo como: actitudes, creencias y conocimiento medioambiental, donde el resultado será la intención ambiental. La segunda etapa del proceso incluye las variables que pueden modificar la conducta del consumidor durante el acto de compra, entre las cuales se encuentran



**Figura 1.** Modelo jerárquico difuso para evaluar el proceso de compra.

la reducción en el consumo y hábitos de consumo, aunado a la intención ambiental generada en la etapa anterior, llegando a dar como resultado una conducta concreta. La última etapa del proceso abarca las actividades que el consumidor desarrolla en la eliminación de empaques y embalajes, así como del producto mismo una vez utilizado. En esta etapa se encuentran las prácticas proambientales y las variables situacionales y ambientales, que llevan a la generación de un comportamiento ambiental.

El desarrollo de cada módulo de esta jerarquía, se encuentra basado en el modelo ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), un sistema de inferencia neuro-difuso adaptativo desarrollado por Jang en 1993, que tiene una estructura de red neuronal feed-forward, donde cada capa del sistema es un componente neuro-difuso. Este sistema simula reglas difusas TSK de tipo 3, donde las partes consecuentes de la regla son una combinación lineal de variables de entrada.

El principal problema con la generación de sistemas basados en lógica difusa, es la elección de parámetros (Aguilar, Melín y Castillo, 2003). Por esta razón, se aplicó la metodología ANFIS para adaptar los parámetros del FLS, de acuerdo a los datos reales del problema, ya que permite tomar ventaja de las capacidades de aprendizaje de una red neuronal artificial, así como de la superioridad en el modelado de la lógica difusa.

Cada componente ANFIS fue usado para estimar los parámetros de las funciones de membresía y las funciones consecuentes. Se utilizó un modelo difuso de TSK de 64 reglas y cuatro funciones de membresía por cada variable lingüística, por ser el que arrojó un mejor resultado.

### 2.3 Análisis de conglomerados

A partir de estos resultados, se generó un análisis de cluster con el objetivo de particionar el conjunto de datos en un número de subconjuntos naturales y homogéneos, donde los elementos de cada subconjunto son tan similares entre sí como sea posible y, al mismo tiempo, tan diferentes de los otros con-

juntos como sea posible (Jantzen, 1998).

Al identificar grupos de personas con características similares pero diferentes de otros grupos, se pueden conocer patrones representativos de un determinado grupo social con hábitos de compra similares, lo que permite un análisis y tratamiento adecuado para cada tipo de población.

El análisis de cluster no identifica un modelo o método estadístico en particular, como lo hace un análisis discriminante, análisis factorial o de regresión, además de que no se requiere una hipótesis sobre la distribución de los datos. Mediante este análisis, se pueden formar grupos de variables relacionadas, similar a lo que hace un análisis factorial. Existen numerosas formas de agrupar los datos, pero la elección de un método depende, entre otras cosas, del tamaño del archivo de datos.

Se aplicó el análisis de cluster de dos pasos, por la cantidad de información manejada y el tipo de variables. El primer paso de este procedimiento es la formación de precluster. El objetivo de la preclusterización es reducir el tamaño de la matriz, que contiene la distancia mínima entre los pares posibles de casos. En el segundo paso, se utiliza un algoritmo estándar de agrupación jerárquica en los precluster.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para llevar a cabo este análisis, se seleccionaron las variables categóricas y continuas, y se determinó el número de cluster, especificando el número deseado de conglomerados. La cantidad de agrupaciones formadas especificará un determinado comportamiento en el consumidor.

Cada agrupación permitió identificar un perfil de comportamiento en el consumidor:

- a) Conciencia “verde”. Son los consumidores que tienen la información y conocimiento necesario para el desarrollo de un consumo proambiental; sin embargo, no mantienen una postura en el desarrollo de prácticas proambientales,

ya que depende en gran parte de las características de su vivienda.

- b) Preocupado indiferente. Son los consumidores que conocen los daños que causan los productos de consumo al medio ambiente y que tienen actitudes y creencias realistas; sin embargo, consideran la compra de productos desechables. Desarrollan ocasionalmente alguna práctica proambiental y creen que la responsabilidad de los problemas medioambientales, es compartida entre sociedad y gobierno, o es simplemente parte de las actividades que deben realizar las autoridades.
- c) Despreocupado opresor. Son los ciudadanos que muestran una intención de indiferente a nula con respecto al desarrollo de conductas proambientales, aunque pueden llegar a considerar el consumo mínimo como parte de su actividad de compra. No desarrollan prácticas proambientales; sin embargo, se consideran responsables de la problemática ambiental.
- d) Indiferente total. Son los consumidores que en todas las etapas del proceso de compra consideran indiferente su actuación en la protección del medio ambiente.
- e) Protector inconsciente. Son los consumidores con intención indiferente para practicar conductas de protección al medio ambiente y que desarrollan en su compra un consumo mínimo, además de que desarrollan prácticas proambientales, aunque consideran que la responsabilidad sobre cuestiones ambientales es problema de las autoridades.

Dentro de las características para el manejo de los residuos en la vivienda, se encontraron tres apartados: el conocimiento y práctica que tienen los consumidores sobre la realización de prácticas proambientales dentro de la vivienda, cómo se deshacen de estos residuos, y el conocimiento sobre el manejo de recolección de residuos del municipio y su disposición final.

En la figura 2, se muestran los porcentajes encontrados para cada tipo de comportamiento.

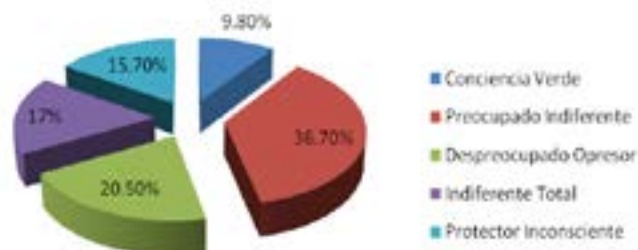


Figura 2. Análisis de frecuencia para el tipo de comportamiento.

### 3.1 Conocimiento y desarrollo de prácticas proambientales dentro de la vivienda

Para el desarrollo de este apartado, fue necesario contar con factores de información y conocimiento medioambiental de la persona encuestada, y del desarrollo de prácticas proambientales dentro de la vivienda (reducción, reúso, separación y reciclaje). Cada factor utilizado tiene un rango de interpretación de uno a cinco, que va desde lo positivo hasta lo negativo, respectivamente.

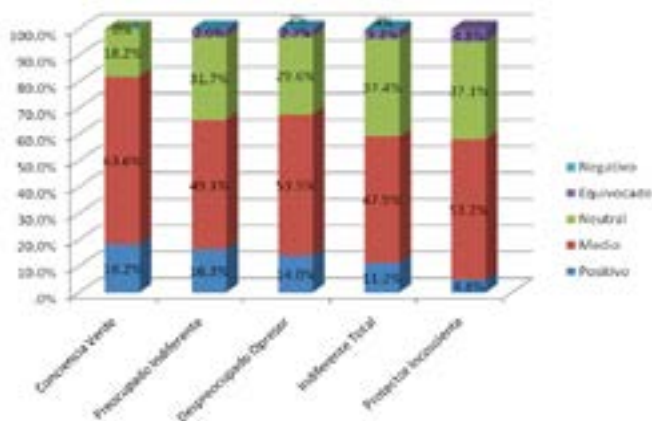
En lo correspondiente a la información y conocimiento medioambiental (figura 3), se identificó la población en un rango de conocimiento positivo a medio, indicando que ésta está consciente de que es necesario cuidar el medio ambiente mediante sus acciones y las consecuencias que conlleva el no hacerlo, dejando a los indiferentes totales con la mayor proporción con conocimientos equivocados o negativos de todos los comportamientos.

Sin embargo, este conocimiento no indica que los consumidores se vuelvan responsables de los residuos que generan. El 45.9% de los consumidores consideran que sus residuos pueden ser aprovechados formando parte de nuevos productos mediante el desarrollo de prácticas proambientales como: reutilización y reciclaje.

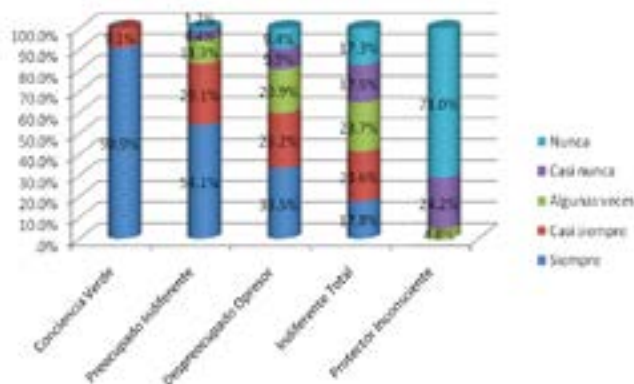
En el desarrollo de prácticas proambientales, respecto a la reducción en el consumo, se encontró que 54.6% de los consumidores admiten realizar una compra mínima regularmente, siendo el de

conciencia “verde” quien desarrolla estas prácticas en mayor grado (90.9%). El protector inconsciente mostró ser el más consumista dentro de estos comportamientos (71%) (figura 4).

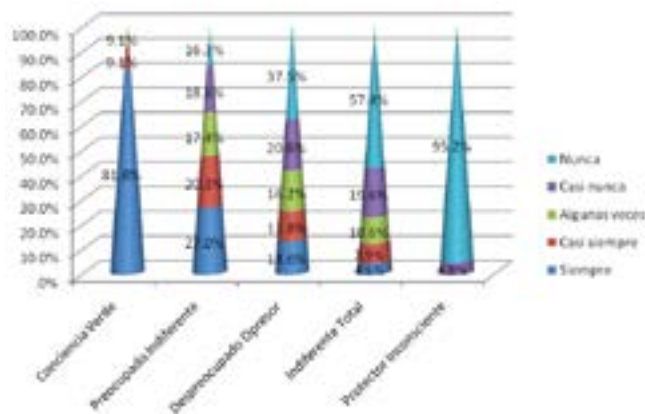
El reúso es una de las prácticas que permite alargar la vida útil de un producto, sin invertir energía en el proceso, pues únicamente se le busca un nuevo uso. Para este factor, en la figura 5 se muestra que la mayoría de los consumidores nunca practican el reúso de sus productos de consumo, siendo el de conciencia “verde” quien siempre reusa (81.8%). Y, a pesar de que el preocupado indiferente conoce el daño que la generación excesiva de residuos ocasiona, 18.6% y 16.3% mencionan casi nunca o nunca reusar sus productos, respectivamente.



**Figura 3.** Nivel de conocimiento medioambiental por tipo de comportamiento.



**Figura 4.** Nivel de reducción en el consumo por tipo de comportamiento.



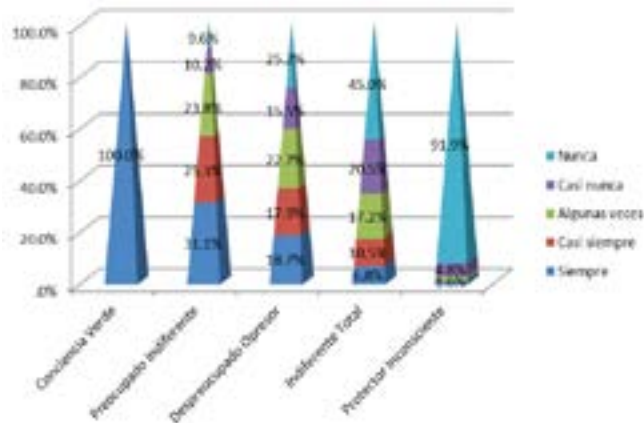
**Figura 5.** Nivel de reúso de residuos por tipo de comportamiento.

Se cree que la separación de los residuos dentro de la vivienda, es parte indispensable para el reciclaje de los mismos. Sin embargo, en la ciudad de Mexicali se encontró que el consumidor se encuentra en una etapa en la que considera fundamental la separación de residuos dentro de la vivienda, generando para el sistema de recolección del municipio, bolsas de residuos que pueden ser fácilmente aprovechadas para reciclaje.

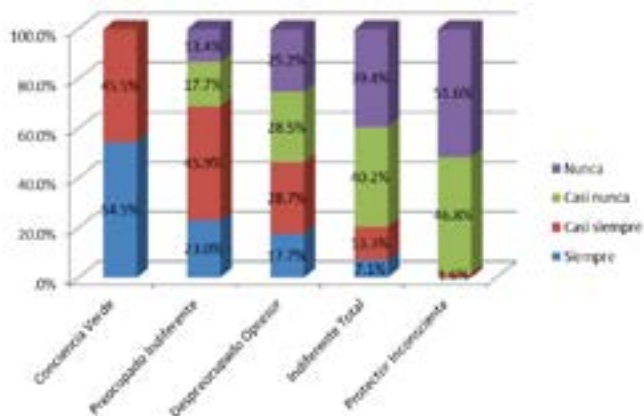
Este procedimiento es desaprovechado, ya que el sistema de limpia del municipio no cuenta con la infraestructura necesaria para la separación de los residuos en sus camiones de recolección. Esto ocasiona que nuevamente se vuelvan a mezclar los residuos al llegar a los sitios de transferencia o disposición final, antes de que los pepenadores realicen la separación de los mismos.

Se observa en la figura 6, que el despreocupado opresor es el consumidor que mayor contribuye en la generación de residuos, ya que no desarrolla prácticas proambientales dentro de su vivienda y únicamente desecha productos que ya no le son indispensables, sin considerar el daño que ocasiona al medio ambiente, siendo el de conciencia “verde” quien la desarrolla en primer lugar, seguido por el preocupado indiferente (100% y 31.1%, respectivamente). El protector inconsciente es la categoría de comportamiento que nunca desarrolla la separación en su vivienda (91.9%).

En cuanto a la práctica de reciclaje de residuos por los consumidores (figura 7), se observa que ésta no es considerada importante, ya que 61.9% del total de consumidores no reciclan. El comportamiento denominado conciencia “verde” es el que más desarrolla esta práctica (54.5%), bajando gradualmente mientras cambia el tipo de comportamiento hasta llegar al protector inconsciente, donde casi nunca o nunca se practica.



**Figura 6.** Nivel de separación de residuos por tipo de comportamiento.



**Figura 7.** Desarrollo de la práctica proambiental de reciclaje por tipo de comportamiento.

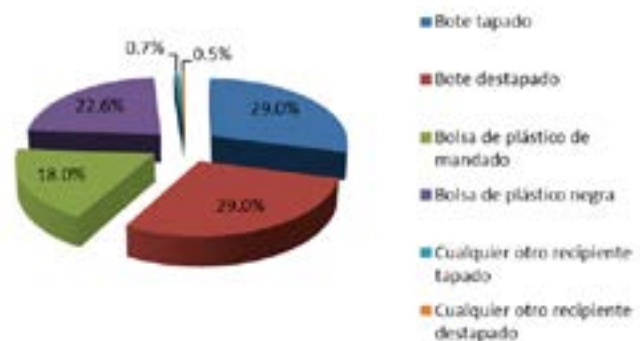
Se puede ver claramente, que la mayor parte de la población no realiza prácticas de reciclaje en su vivienda, debido al desconocimiento de mecanismos para el aprovechamiento de los residuos, de la localización de centros de acopio o simplemente de la forma en que los residuos deben separarse para ser reciclados.

### 3.2 Método de eliminación de los residuos sólidos en la vivienda

Una vez analizado el conocimiento medioambiental, así como el desarrollo de prácticas proambientales por parte de los consumidores en su vivienda, el siguiente paso es identificar la forma en que se deshacen de los residuos sólidos generados, y si el procedimiento es contaminante o ayuda a la conservación del medio ambiente.

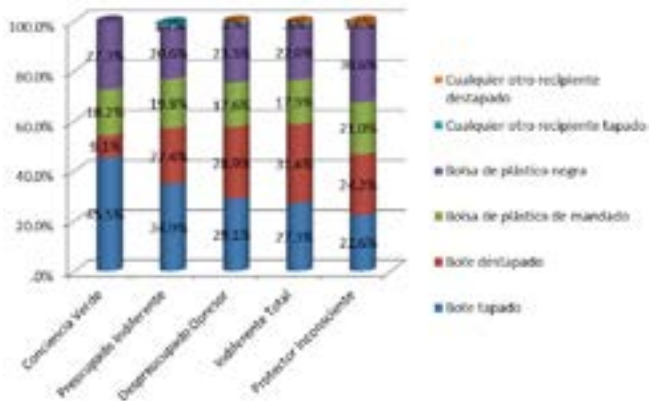
La forma en que los consumidores se deshacen de sus residuos, es una parte importante del sistema de gestión de residuos, ya que el método utilizado puede influir en aumento o disminución de la contaminación ambiental que se genera. El 92.7% de los consumidores de la ciudad no se hacen partícipes de la disposición final de los residuos que se generan en sus viviendas, ya que su responsabilidad radica en entregarlos al camión recolector. Únicamente 0.6% prefiere darle un nuevo uso, reciclando.

Otra forma de participar en la gestión de residuos, es desarrollando comportamientos que permitan al consumidor aminorar la contaminación ambiental mediante el buen manejo de los residuos de su vivienda. En la figura 8, se observa que la mayor parte de la población prefiere utilizar botes para la basura, ya sean tapados o destapados (58%), seguidos de bolsas de plástico negras (22.6%), siendo el de conciencia “verde” y el preocupado indiferente, los más preocupados por no generar una mayor contaminación (aire y suelo) al mantener sus residuos tapados (figura 9).



**Figura 8.** Frecuencia sobre la manera en la que los consumidores sacan los residuos sólidos de sus viviendas.

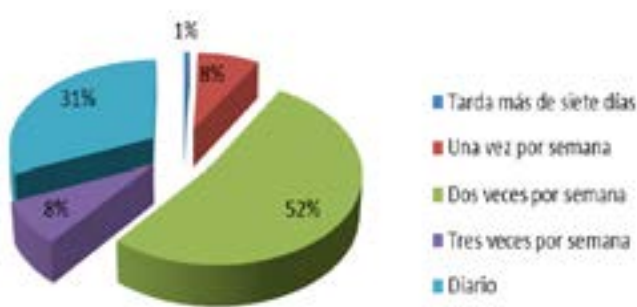




**Figura 9.** Forma en que los consumidores sacan los residuos sólidos de sus viviendas por tipo de comportamiento.

Asimismo, es indispensable conocer la cantidad de días que un consumidor tarda en sacar los residuos sólidos de su vivienda, ya que esto indica, según la forma en que lo hace, el gran problema de contaminación que se genera al dejarlos a merced del clima y/o animales (figura 10).

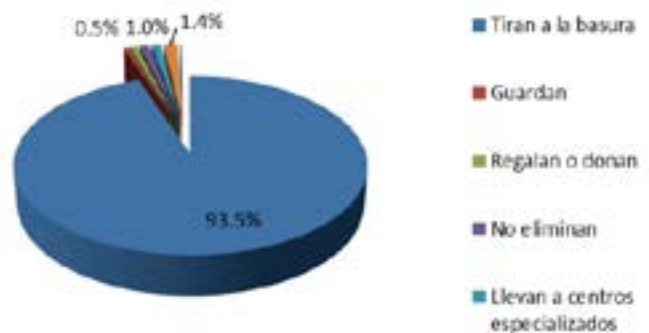
Para el total de los consumidores de esta ciudad, sin importar en qué perfil de comportamiento se encuentren, la cantidad de días a la semana en la que sacan sus residuos es dos, pudiendo ser éstos en los que pasa el sistema de recolección de basura del municipio. Y aunque parezca que la mayor parte de la población se preocupa por el medio ambiente al no dejar sus residuos a la intemperie, todavía existe quien los saca diariamente (31%).



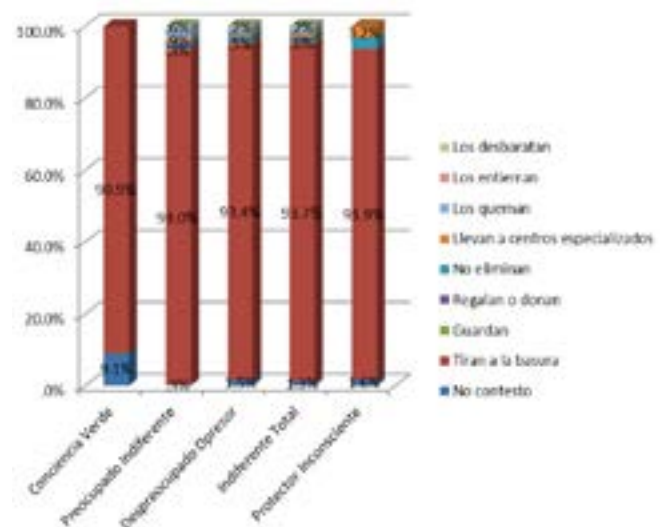
**Figura 10.** Cantidad de días que el consumidor tarda en sacar la basura de su vivienda.

Entre los residuos sólidos que más contaminan y que pueden dañar la salud pública, debido a su

toxicidad, están los medicamentos y los aparatos eléctricos y/o electrónicos. Los productos farmacéuticos pueden contaminar el medio ambiente, debido a la eliminación inadecuada del medicamento que no fue utilizado o porque éste caducó, resultado de no tomar o no terminar los medicamentos según las indicaciones del médico (Tong, Peake y Braund, 2011). El 93.5% de los consumidores tira a la basura los medicamentos que ya no les sirven (figura 11), y se ha demostrado que esta variable no impacta el tipo de comportamiento del consumidor (figura 12).



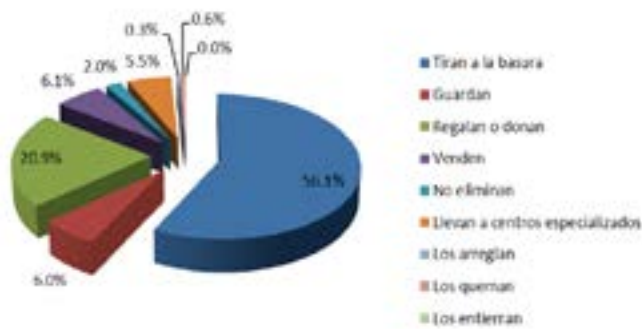
**Figura 11.** Manera en la que los consumidores se deshacen de los medicamentos.



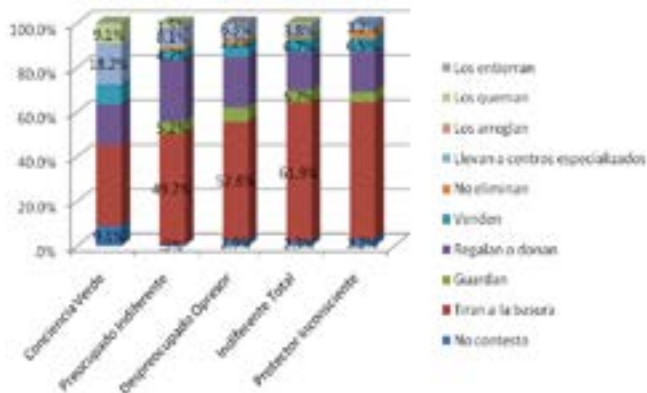
**Figura 12.** Manera en la que los consumidores se deshacen de los medicamentos por tipo de comportamiento.

En cuanto al manejo de los residuos eléctricos y/o electrónicos, en la figura 13 se observa cómo a

los consumidores no les preocupa este tipo de residuos, ya que 56.1% los desechan en la corriente de residuos una vez que ya no les son útiles. Del total de consumidores, solo 5.5% los llevan a centros especializados para darles un tratamiento adecuado, que incluye a los de conciencia “verde” y los preocupados indiferentes (figura 14).



**Figura 13.** Manera en la que los consumidores se deshacen de los residuos eléctricos y/o electrónicos.



**Figura 14.** Manera en la que los consumidores se deshacen de los residuos eléctricos y/o electrónicos por tipo de consumidor.

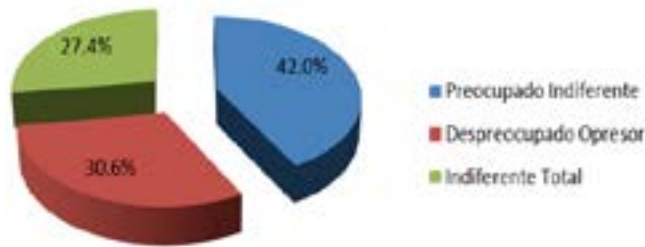
### 3.3 Conocimiento sobre el sistema de recolección de residuos sólidos del municipio y disposición final

Es importante determinar el conocimiento que los consumidores tienen acerca del sistema de recolección de basura de la ciudad, así como de los sitios de disposición final, para determinar la relación entre el sistema de eliminación de residuos sólidos del municipio y los consumidores.

En la figura 15, se observa que 84.2% de los consumidores señalan que el camión recolector pasa dos veces por semana, mientras que 1.9% de la población se encargan de eliminar sus residuos, ya que el ayuntamiento no les presta el servicio de recolección en su comunidad. De este porcentaje, los preocupados indiferentes se consideran la población más vulnerable, debido a que el camión recolector no pasa y tienen que buscar la forma de deshacerse de sus residuos (figura 16).



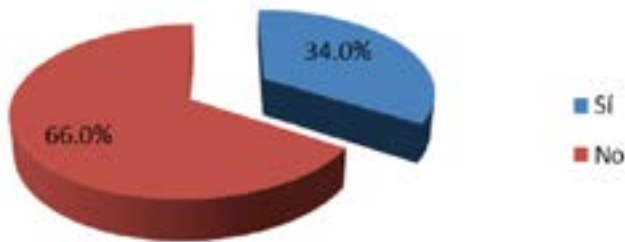
**Figura 15.** Cantidad de veces que el camión recolector pasa por su vivienda.



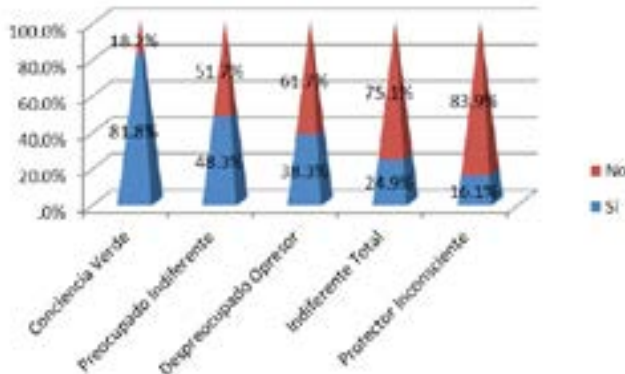
**Figura 16.** Tipo de consumidor que no recibe el servicio de limpieza del municipio.

Respecto al conocimiento que poseen sobre los centros de acopio de materiales reciclables en la ciudad (figura 17), 66% no los identifican y desconocen su localización. De 34% que sí los conoce, su porcentaje baja gradualmente mientras cambia el tipo de comportamiento (figura 18).



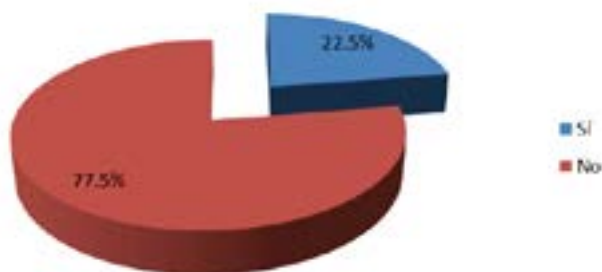


**Figura 17.** Porcentaje asociado al conocimiento de centros de acopio de materiales reciclables.

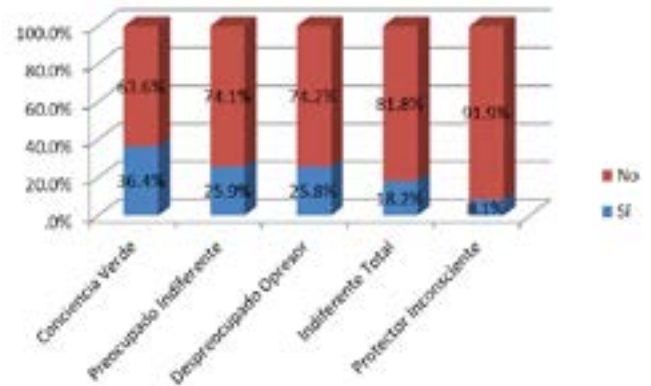


**Figura 18.** Conocimiento de centros de acopio por tipo de consumidor.

Y aunque el conocimiento sobre los centros de acopio de materiales reciclables es escaso, lo es todavía más sobre los sitios de disposición final (figura 19), donde se observa que solamente 22.5% de la población conocen dónde se encuentran localizados estos sitios, teniendo los de conciencia “verde” un mayor conocimiento (36.4%) (figura 20).



**Figura 19.** Conocimiento sobre la localización de los sitios de disposición final.



**Figura 20.** Conocimiento sobre la localización de los sitios de disposición final por tipo de comportamiento.

#### 4. Conclusiones y discusión

En esta investigación, se analizaron las variables involucradas en el desarrollo de comportamientos proambientales por parte de los consumidores de la ciudad de Mexicali, con una muestra de 2831 amas de casa, divididas en siete estratos socioeconómicos, identificando cinco perfiles de comportamiento y la relación de éstos con sus residuos sólidos. Con base en ello, se desarrolló un modelo jerárquico difuso, que permitió evaluar cada una de las variables involucradas en las etapas del proceso de compra.

En concordancia con Cândido y cols. (2011), y Benito-López, Moreno-Enguix y Solana-Ibáñez (2011), para generar un cambio en la conducta del consumidor y que desarrolle comportamientos ambientales, las prácticas de reducción, reúso y reciclaje se vuelven esenciales, siendo la reducción la práctica que ha tomado gran valor (Gandhi, Selladurai y Santhi, 2006; Karani y Jewasikiewitz, 2006), donde 54.4% de la población la realizan en menor o mayor medida.

La separación de residuos sólidos es una etapa necesaria para asegurar que el reciclaje se lleve a cabo. Sin embargo, se ha detectado en esta investigación que las personas que realizan reducción en el consumo, son los consumidores que contribuyen a la práctica de reciclaje.

Para establecer los perfiles de comportamiento relacionados con el medio ambiente, fue necesario

reunir información que permitiera establecer relaciones entre el comportamiento de consumo y el medio ambiente (Tonglet, Phillips y Bates, 2004), que se puede obtener a través de la caracterización y cuantificación de residuos sólidos domiciliarios, así como del encuestaje a consumidores acerca de sus creencias ambientales (Barr, 2002). Estos patrones de comportamiento reflejan en parte las características sociodemográficas de los diferentes grupos que constituyen los diversos tipos de comportamiento (Barr, Gilg y Ford, 2005).

Cada variable o factor incluido en el modelo constituye una parte esencial para reconstruir el comportamiento de un consumidor con relación al medio ambiente que lo rodea y de esta manera establecer un comportamiento que describa la relación que existe entre el consumidor y el medio ambiente. Por esto, se analizaron los factores que influyen directa o indirectamente para que el consumidor tenga un comportamiento proambiental.

El punto principal de esta investigación fue el manejo de la alta incertidumbre, que se encuentra al manejar variables de tipo lingüístico y la connotación dada por el consumidor a un consumo ecológico.

Al aplicar la metodología ANFIS al objeto de estudio, se generaron reglas para el análisis de las variables de entrada respecto a la variable de salida, permitiendo la selección de un número óptimo de datos de entrenamiento para la construcción del modelo, que permitan posteriormente generar tipos de comportamiento, que identifiquen claramente las variables que influyen en la protección del medio ambiente por parte de los consumidores, desarrollando un consumo responsable.

Se comprobó mediante un análisis de correlación, que la aplicación del modelo jerárquico difuso se ajusta a la metodología ANFIS para las variables de entrada relacionadas con la generación de un comportamiento protector del medio ambiente.

Por otra parte y concordando con otras investigaciones, los parámetros óptimos para el sistema difuso son determinados usando la metodología

ANFIS (Aguilar, Melín y Castillo, 2003). La desventaja de estos modelos basados en datos desarrollados automáticamente mediante clusterizaciones y técnicas de redes neuronales, es la falta de transparencia, lo que es típico de los modelos de cajas negras (Salski y Holsten, 2009).

La topología ANFIS con varias funciones de membresía como entrada tiene resultados experimentales (Acar y Avci, 2010), los cuales han demostrado ser satisfactorios para esta investigación. Y se convierte en un método rápido, fácil de operar y barato, el cual puede llegar a excelentes resultados en muchas áreas de investigación.

En la ciudad de Mexicali no existen productos “verdes”, por lo que no se encontraron consumidores “verdes” como en otras partes del mundo, pero se ha demostrado que la población sí está consciente del daño que como consumidores le ocasionan al medio ambiente, y de que es necesario hacer algo para aminorar el impacto que tienen los residuos que se generan, por lo que es indispensable proveer a la población de información necesaria para la realización de un consumo sustentable, para la reducción de residuos sólidos desde su fuente de origen, y así evitar la cantidad de desechos que llegan a los rellenos sanitarios provocando contaminación y enfermedades para las comunidades aledañas.

Los resultados muestran que los consumidores que desarrollan comportamientos ambientales en todas sus etapas del proceso de compra son aquellos que tienen un mayor conocimiento sobre la problemática ambiental: 90.9% practican la reducción en el consumo, 81.8% reúsan, mientras que 100% realizan la separación dentro de sus viviendas, llevando sus residuos a centros especializados para reciclaje y manteniendo los residuos sólidos fuera de sus casas en botes tapados.

Sin embargo, el desconocimiento sobre el tratamiento a medicamentos y aparatos eléctricos y/o electrónicos, ha provocado que los consumidores los tiren a la basura (90.9% y 56.1%, respectivamente).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afroz, R. y M. M. Masud (2011). "Using a Contingent Valuation Approach for Improved Solid Waste Management Facility: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia". *Waste Management*. New York, 31(4), 800-808.
- Aguilar, L., P. Melín y O. Castillo (2003). "Intelligent Control of a Stepping Motor Drive using a Hybrid Neuro-fuzzy ANFIS Approach". *Applied Soft Computing*, 3(3), 209-219.
- Ahmeda, S. A. y M. Alib (2004). "Partnerships for Solid Waste Management in Developing Countries: Linking Theories to Realities". *Journal of Habitat International*, 28, 467-479.
- Ajzen, I. y M. Fishbein (1977). "Attitude-behavior Relations: a Theoretical Analysis and Review of Empirical Research". *Psychological Bulletin*, 888-918.
- Al-Khatib, I. A., M. Monou, A. S. F. Abu Zahra, H. Q. Shaheen y D. Kassinos (2010). "Solid Waste Characterization, Quantification and Management Practices in Developing Countries. A Case Study: Nablus District-Palestine". *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1131-1138.
- Barr, S. (2002). *Household waste in Social Perspective: Values, Attitudes, Situation, and Behavior*. Aldershot: Ashgate.
- Barr, S., A. Gilg y N. Ford (2005). "Defining the Multi-dimensional Aspects of Household Waste Management : a Study of Reported Behavior in Devon". *Conservation and Recycling*, 45, 172-192.
- Barr, S., N. J. Ford y A. W. Gilg (2003). "Attitudes towards Recycling Household Waste in Exeter, Devon: Quantitative and Qualitative Approaches". *Local Environ.*, 8(4), 407-421.
- Batool, S. A. y M. N. Chuadhry (2009). "The Impact of Municipal Solid Waste Treatment Methods on Greenhouse Gas Emissions in Lahore, Pakistan". *Waste Management*. New York, 29(1), 63-69.
- Benito-López, B., M. D. R. Moreno-Enguix y J. Solana-Ibáñez (2011). "Determinants of Efficiency in the Provision of Municipal Street-cleaning and Refuse Collection Services". *Waste Management*. New York, 31(6), 1099-1108.
- Berkun, M. (2005). "Country Report Disposal of Solid Waste in Istanbul and Along the Black Sea Coast of Turkey". *Waste Management*, 25, 847-855.
- Bigné, E. (1997, abril-junio). "El consumidor verde: bases de un modelo de comportamiento". *ESIC Market*, 29-43.
- Bovea, M. D., V. Ibáñez-Forés, A. Gallardo y F. J. Colomer-Mendoza (2010). "Environmental Assessment of Alternative Municipal Solid Waste Management Strategies. A Spanish Case Study". *Waste Management*, 30(11), 2383-2395.
- Buragohain, M. y C. Mahanta (2008). "A Novel Approach for ANFIS Modelling based on Full Factorial Design". *Applied Soft Computing*, 8, 609-625.
- Cândido, L., W. Kindlein, R. Demori, L. Carli, R. Mauler y R. Oliveira (2011). "The Recycling Cycle of Materials as a Design Project Tool". *Journal of Cleaner Production*, 19(13), 1438-1445.
- Caniani, D., D. S. Lioi, I. M. Mancini y S. Masi (2011). "Application of Fuzzy Logic and Sensitivity Analysis for Soil Contamination Hazard Classification". *Waste Management*. New York, 31(3), 583-594.
- Chang, N., G. Parvathinathan y J. B. Breeden (2007). "Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-making for Landfill Siting in a Fast-growing Urban Region". *Journal of Environmental Management*.
- Chen, W. C., N. Chang y J. Chen (2002). "GA-based Fuzzy Neural Controller Design for Municipal Incinerators". *Fuzzy Sets and Systems*, 129, 343-369.
- Chung, S. S. y C. W. H. Lo (2008). "Local Waste Management Constraints and Waste Administrators in China". *Waste Management*, 28, 272-281.

- Coelho, T. M., R. Castro y J. A. Gobbo (2011). "PET Containers in Brazil: Opportunities and Challenges of a Logistics Model for Post-consumer Waste Recycling". *Resources, Conservation, and Recycling*, 55(3), 291-299.
- Ekici, B. B. y U. T. Aksoy (2011). "Expert Systems with Applications Prediction of Building Energy Needs in Early Stage of Design by using ANFIS". *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5352-5358.
- Gandhi, N. M. D., V. Selladurai y P. Santhi (2006). "Unsustainable Development to Sustainable Development: a Conceptual Model". *Management of Environmental Quality: an International Journal*, 17(6), 654-672.
- Hong, J., X. Li y C. Zhaojie (2010). "Life Cycle Assessment of Four Municipal Solid Waste Management Scenarios in China". *Waste Management*, 30(11), 2362-2369.
- Jang, J. S. R. (1993). "ANFIS: Adaptive Network-based Fuzzy Inference Systems". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23, 665-685.
- Jantzen, J. (1998). Neurofuzzy Modelling. In *Practice*, 874(98), 1-28.
- Jiang, H. M., C. K. Kwong, W. H. Ip y T. C. Wong (2012). "Modeling Customer Satisfaction for New Product Development using a PSO-based ANFIS Approach". *Applied Soft Computing*, 12, 726-734.
- Karani, P. y S. M. Jewasikiewitz (2006). "Waste Management and Sustainable Development in South Africa". *Environment, Development, and Sustainability*, 9(2), 163-185.
- Katz, D. y E. Stotland (1959). "A Preliminary Statement to a Theory of Attitudes Structure and Change". En: Koch, S. *Psychology: a Study of a Science*, 13, McGraw-Hill.
- Kurusu, K. H. y A. P. Bortoleto (2011). "Comparison of Waste Prevention Behaviors among Three Japanese Megacity Regions in the Context of Local Measures and Socio-demographics". *Waste Management*. New York, 31(7), 1441-1449.
- Lee, S. y H. S. Paik (2011). "Korean Household Waste Management and Recycling Behavior". *Building and Environment*, 46(5), 1159-1166.
- Metin, E., A. Eröztürk y C. Neyim (2003). "Solid Waste Management Practices and Review of Recovery and Recycling Operations in Turkey". *Waste Management*, 425-432.
- Moghadam, M. R. A., N. Mokhtarani y B. Mokhtarani (2009). "Municipal Solid Waste Management in Rasht City, Iran". *Waste Management*, 29, 485-489.
- Montaño, J. (2002). Redes neuronales artificiales aplicadas al análisis de datos. Disponible en: [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UIB/AVAILABLE/TDX-0713104-100204/tjmm1de1.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UIB/AVAILABLE/TDX-0713104-100204/tjmm1de1.pdf)
- Mostafa, M. M. (2009). "Shades of Green : a Psychographic Segmentation of the Green Consumer in Kuwait using Self-organizing Maps". *Business*.
- Nasiri, F. y G. Huang (2007). "A Fuzzy Decision Aid Model for Environmental Performance Assessment in Waste Recycling". *Environmental Modelling & Software*, xx, 1-13.
- Petry, F. E. y L. Zhao (2009). "Data Mining by Attribute Generalization with Fuzzy Hierarchies in Fuzzy Databases". *Fuzzy Sets and Systems*, 160(15), 2206-2223.
- Ramanaiyah, N. V., M. Clump, M. y J. P. Sharpe (2000). "Personality Profiles of Environmentally Responsible Groups". *Psychological Reports*, 87, 176-178.
- Sadiq, R. y T. Husain (2005). "A Fuzzy-based Methodology for an Aggregative Environmental Risk Assessment : a Case Study of Drilling Waste". *Environmental Modelling & Software*, 20.
- Salski, A. y B. Holsten (2009). "Fuzzy Knowledge —and Data-based Models— of Damage to Reeds by Grazing of Greylag Geese". *Ecological Informatics*, 4(3), 156-162.
- Schifter, D. y L. Azjen (1985). "Intention, Perceived Control, and Weight Loss: an Applications of the Theory of Planned Behavior". *Journal*

- nal of Personality and Social Psychology, 6, 649-744.
- Seo, J. Y., J. S. Heo, T. H. Kim, W. H. Joo y D. M. Crohn (2004). "Effect of Vermiculite Addition on Compost Produced from Korean Food Wastes". *Waste Management*, 24, 981-987.
- Sharholy, M., K. Ahmad, G. Mahmood y R. C. Trivedi (2008). "Municipal Solid Waste Management in Indian Cities – a Review". *Waste Management*, 28(2), 459-467.
- Tadesse, T. (2009). "Environmental Concern and its Implication to Household Waste Separation and Disposal: Evidence from Mekelle, Ethiopia". *Resources, Conservation, and Recycling*, 53(4), 183-191.
- Tonglet, M., P. Phillips y M. Bates (2004). "Determining the Drivers for Householder Pro-environmental Behavior: Waste Minimisation compared to Recycling". *Resources, Conservation, and Recycling*, 42(1), 27-48.
- Valerio, F. (2010). "Environmental Impacts of Post-consumer Material Managements: Recycling, Biological Treatments, Incineration". *Waste Management*, 30(11), 2354-2361.
- Wier, M., C. Block, J. Jensen, O. Pedersen, H. Keiding y J. Munksgaard (2005). "Evaluating Sustainability of Household Consumption – using DEA to Measure Eco-efficiency and Assess Environmental Performance". *Economic Systems Research*, 17, 425-448.
- Yau, Y. (2010). "Domestic Waste Recycling, Collective Action and Economic Incentive: the Case in Hong Kong". *Waste Management*. New York, 30(12), 2440-2447.
- Zhen-shan, L., F. Hui-Zhen y Q. Xiao-yan (2011). "Estimating Municipal Solid Waste Generation by Different Activities and Various Resident Groups: a Case Study of Beijing". *Science of the Total Environment*, 409, 4406-4414.



# Instructions to Authors

The Editorial Board of the journal **Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ**, invites authors to submit manuscripts under three categories: research articles, short manuscripts (which will be short articles showing results of undergraduate thesis and written by the undergraduate students, reviewed by their advisers), and invited reviews. Manuscripts should be sent to the Editor in Chief, according to the following specifications:

1. Papers should be from original research and with scientific content.
2. Once published, articles cannot be published elsewhere in the same form, in any language, without the consent of UACJ publishers.
3. Papers may be: research articles, short manuscripts and invited reviews, belonging to the fields of natural or exact sciences (biology, life sciences, chemistry, mathematics, physics, etc). Final decisions concerning acceptability of the manuscripts will be made by the Editorial Board.
4. Papers may be written in English, Spanish or any Romance language. If a translation to Spanish is submitted, the text in original language should also be provided. Abstracts written both in Spanish and English should also be provided.
5. Originals are not sent back.
6. If the author fails to respond to the final comments of the Editorial Board of *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, the journal can make editing changes which do not modify the original content of the article.
7. Papers should meet the following format:
  - Short and concise title, written in both English and Spanish or Romance languages.
  - A brief abstract between 40 and 150 words, which should also be written in both languages.
  - Name and nationality of authors.
  - Affiliation of authors, including highest degree and research field of all authors.
  - Author affiliations should be included as footnotes starting from number 1.
  - Ex. Ramírez, J. L.<sup>1</sup> y Martínez, R.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Universidad de Puebla, México.  
<sup>2</sup> Universidad de Santiago Compostela, España.
  - Footnotes should be posted at the bottom left side of the page where they are mentioned.
  - Specify type of paper, *i.e.* Research article, Short manuscript or Invited review.
  - Postal address of the corresponding author, which includes: telephone, fax and e-mail. Corresponding author should be highlighted with an asterisk (\*) mark.
  - Manuscripts should be submitted in triplicate, printed in one side only, letter or A4 size paper, double-spaced, with margins of 3 cm.
  - A disk copy of the manuscript in WinWord 6.0 or higher, should also be provided. Figures and tables should be sent in Excel or WinWord 97, each saved in a different file.
  - For Research articles, manuscript length should be between 10 and 30 pages, plus figures and tables. Short manuscripts should be shorter than 10 pages, plus figures and tables.

- Figures and tables should be mentioned in the text, and numbered in arabic numbers. The software in which they were created should be mentioned.
- Figure and table legends should be concise and understandable, and should be listed at the end of the manuscript (after references).
- Bibliographic references should be quoted in the text by writing the last name of the first author and publication year between parenthesis. References will be included at the end of the text, ordered alphabetically.
- In references for book titles, capital letters should be used only at the beginning of the title and on authors names.
- When using acronyms, the full meaning of them should be provided when mentioned for the first time.
- Bibliographic references should be formatted as follows:

*Book references:*

**Author's last name, first name (year).** *Book title.*  
City: Editorial, total pages.

Ex:

**Foucault, Michael (1984).** *Las palabras y las cosas.* México: Siglo XXI, 200 pp.

*Book section references:*

**Author's last name, first name (year).** "Section title". En: Editor's name and last name (ed.). *Book title.* City: Editorial, pages.

Ex:

**Levine, Frances (1991).** "Economic Perspectives on the Comanchero Trade". En: Catherine A. Spielmann (ed.). *Farmers, Hunters and Colonists.* Tucson, AZ: The University of Arizona Press, 155-169.

*Journal references:*

**Auhor's last name, first name's initials; other authors (year).** "Article's title". *Journal abbreviation,* volume, pages.

Ex:

**Sagara, Y., Fernández-Belda, F., De Meis, L. e Inesi, G. (1992).** "Characterization of the Inhibition of Intracellular Ca<sup>2+</sup> Transport ATPases by Thapsigargin". *J. Biol. Chem.,* 267, 12606-12613.

**Rivas-Cáceres, R. (1999).** "Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente". *Ciencia en la Frontera,* 1, 29-32.



# Normas de publicación para los autores

El Comité Editorial de la revista *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, acoge con gusto propuestas de artículos para su publicación, bajo dos modalidades: artículos de investigación y artículos síntesis de investigación o Revisiones sobre tópicos de ciencia en general. Los manuscritos pueden estar derivados de tesis de pregrado o posgrado. Las normas establecidas para la publicación son las siguientes:

1. Los trabajos deberán ser de calidad científica e inéditos avalados por un investigador de carrera.
2. Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la UACJ.
3. Los artículos pueden ser de investigación original, revisiones invitadas (actualizaciones en temas de investigación) o comunicaciones breves (avances de investigación), los cuales deberán referirse a las áreas de ciencias naturales y exactas, ajustándose al dictamen del Comité Editorial, el que evalúa su contenido científico de calidad y decide sobre la pertinencia de su publicación.
4. Los trabajos pueden ser enviados para su publicación en idioma inglés o español. Si se envía una traducción al español, hay que adjuntar el texto también en forma original. Los artículos deberán incluir resumen en español seguido de uno en inglés (y viceversa).
5. No se devuelven los originales.
6. En caso de que el autor no responda después de haberse presentado las correcciones o dudas de su trabajo, la revista *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, se reserva el derecho de hacer los cambios de edición sin modificar el contenido original de la obra.
7. Los trabajos deben ajustarse a los siguientes requisitos (de no cumplirse con ellos, no se considerarán para su publicación):
  - Título del trabajo, breve y conciso en inglés y español.
  - Un resumen del contenido de una extensión aproximada de 40 palabras como mínimo y 150 palabras como máximo, que deberá estar en inglés y español.
  - Nombre de los autores. De la manera tal y como los autores desean que aparezca en la versión impresa.
  - Adscripción de todos los autores, incluyendo el máximo grado de estudios y área de especialización.
  - La institución de adscripción de los autores participantes deberá incluirse como un pie de página, comenzando con el número 1.
  - Ejemplo: Ramírez, J. L.<sup>1</sup> y Martínez, R.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Universidad de Puebla, México.  
<sup>2</sup> Universidad de Santiago Compostela, España.
  - Naturaleza del trabajo: artículo de investigación, avance de investigación, etcétera.
  - Dirección para correspondencia que incluya: teléfono, fax y correo electrónico. El nombre del autor al cual se dirigirá la correspondencia debe indicarse con un asterisco (\*) y la leyenda "Autor para correspondencia".
  - La extensión del trabajo deberá ser de un mínimo de 10 cuartillas de texto más las figuras, y de un máximo de 30 cuartillas más las figuras para un artículo de investigación. La extensión de los avances de investigación deberá ser de un máximo de 10 cuartillas de texto más las figuras.
  - Las ilustraciones, cuadros y fotografías deberán referirse dentro del texto, enumerándose en el orden que se citan en el mismo, e indicar el programa de cómputo en el que están elaborados.

- Los pies de figura deberán ser explícitos sin necesidad de leer el texto principal. Deberán incluirse en un listado después de la bibliografía.
- Las referencias bibliográficas deben asentarse de la forma convencionalmente establecida en español, indicando éstas en el cuerpo del texto con los apellidos del primer autor y año de publicación entre paréntesis, y los datos bibliográficos al final del escrito. La bibliografía se presenta al final del artículo por orden alfabético.
- Al citar los títulos de libro, se deben utilizar mayúsculas solo al inicio y en nombres propios.
- Al menos la primera vez, debe proporcionarse la equivalencia de las siglas empleadas en el texto, en la bibliografía y en los cuadros y las figuras.
- Distribuir los datos de las referencias bibliográficas de la siguiente manera:

*Referencia de libro:*

**Apellido(s), nombre(s) del autor (año).** *Título del libro.* Lugar: Editorial, número de páginas totales.

Ejemplo:

**Foucault, Michael (1984).** *Las palabras y las cosas.* México: Siglo XXI, 30-45.

*Referencia de capítulo de libro:*

**Apellido(s), nombre(s) del autor (año).** “*Título del capítulo*”. En: Nombre(s) y apellido(s) del editor (ed.). *Título del libro.* Lugar: Editorial, páginas.

Ejemplo:

**Levine, Frances (1991).** “*Economic Perspectives on the Comanchero Trade*”. En: Catherine A. Spielmann (ed.). *Farmers, Hunters and Colonists.* Tucson, AZ: The University of Arizona Press, 155-169.

*Referencia de revista:*

**Apellido(s) del autor, inicial(es); otros autores (año).** “*Título del artículo*”. *Nombre de la revista,* abreviado según el Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>, volumen, páginas.

Ejemplos:

**Sagara, Y., Fernández-Belda, F., De Meis, L. e Inesi, G. (1992).** “Characterization of the Inhibition of Intracellular Ca<sup>2+</sup> Transport ATPases by Thapsigargin”. *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

**Rivas-Cáceres, R. (1999).** “Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente”. *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.

# *SOBRE LA REMISIÓN DE ARTÍCULO Y EL PROCESO EDITORIAL*

Remitir el original por correo electrónico a:

*ciencia.frontera@uacj.mx*  
con atención al Comité Editorial

Indicar los nombres y datos de contacto de 2 revisores que se sugieran para dictaminar el artículo.

Los datos de contacto son:

Nombre completo del revisor.

Adscripción: institución, dependencia, departamento, grupo de trabajo.

Correo electrónico.

Números de teléfono y fax.

Dirección con código postal.

- El Comité Editorial acusará recibo del trabajo mediante correo electrónico. No se extienden oficios por la recepción del manuscrito. La recepción del manuscrito no garantiza su publicación.
- Posteriormente a un tiempo de dictamen de un mes máximo, el Comité Editorial remite, vía correo electrónico, el trabajo a sus autores, para que realicen las modificaciones que hubiera con base en las acotaciones de los dictaminadores.
- Los autores remitirán la segunda versión del ma-

nuscrito en un plazo máximo de 2 semanas y el Comité Editorial acusa recibo mediante correo electrónico. En caso de no recibir la versión corregida en este plazo, el Comité se reserva el derecho de descartar la publicación y su posterior remisión se considerará como un nuevo proceso.

- No se emitirán oficios por la recepción de los trabajos corregidos.
- Posteriormente a la recepción del artículo en su versión definitiva, el Comité Editorial emite un acuse de recibo por correo electrónico y anunciará el proceso de revisión de galeras y publicación. Durante éste, el Comité Editorial trabaja en conjunto con la Subdirección de Publicaciones de la UACJ.
- No se emiten oficios por cada artículo aceptado para publicación.
- Cada fascículo se incluye en la página de publicaciones periódicas de la UACJ, bajo la dirección:

<http://www.uacj.mx/difusion/publicaciones/Paginas/cienciasdelafrontera.aspx>

- La versión impresa de cada fascículo, se procesa por la Subdirección de Publicaciones. Se obsequia un ejemplar por artículo como regalías.

