



KUKULKAB'

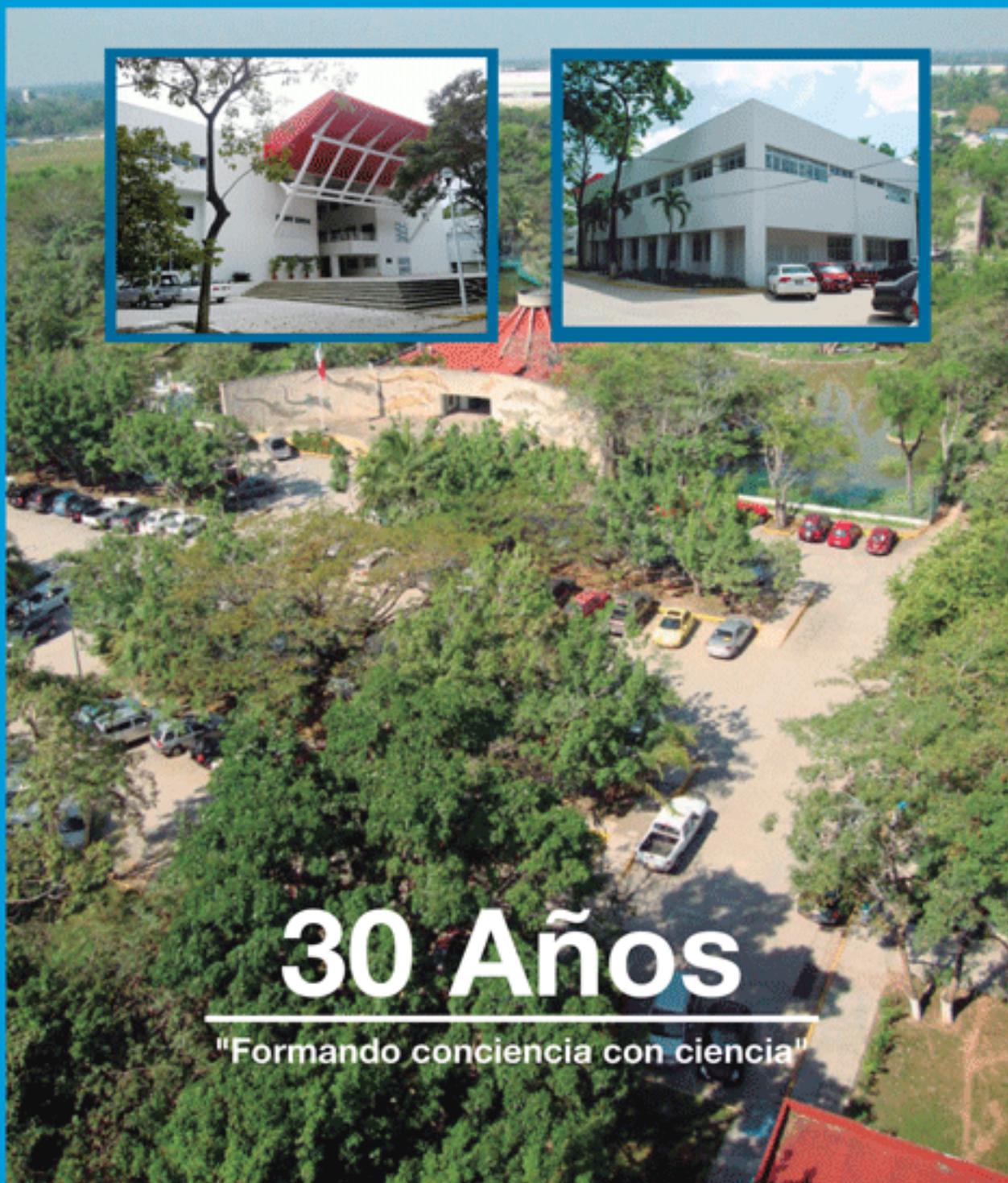
REVISTA DE
DIVULGACIÓN

ISSN 1665-0514

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XVIII • Número 35 • Julio - Diciembre 2012 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



30 Años

"Formando conciencia con ciencia"

REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo
Editor en jefe

Dr. Randy Howard Adams Schroeder
Dr. José Luis Martínez Sánchez
Editores Adjuntos

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor Asistente

COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

Dra. Silvia del Amo
Universidad Veracruzana

Dr. Bernardo Urbani
Universidad de Illinois

Dr. Guillermo R. Giannico
Fisheries and Wildlife Department,
Oregon State University

Dr. Joel Zavala Cruz
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>
<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

Nuestra Portada

Edificios emblemáticos de la DACBiol-UJAT; el Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA), el Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) y el Herbario UJAT.

Diseño de:

Lilianna López Gama

Fotografías:

Lilia María Gama Campillo, Rafael Sánchez Gutiérrez y Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.

Personal docente de la DACBiol - UJAT.

Estimados lectores:

Este año se llevó a cabo un importante número de eventos para festejar el 30 aniversario de la enseñanza de las ciencias ambientales en la UJAT, tuvimos la oportunidad de conocer a investigadores que enriquecieron con sus participaciones los conocimientos de todos los que formamos la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas.

La Universidad se encuentra en un proceso, que sin duda alguna, fortalecerá todos los medios de comunicación que forman parte de la misma, como lo es nuestra revista. El Área Editorial se encuentra ya funcionando como fortaleza no solo de Kuxulkab' sino de otros aspectos de divulgación y editoriales de la DACBIol. El programa de reorganización del sistema de manejo de Kuxulkab', permite hoy en día, brindar una respuesta mucho más rápida a todos aquellos artículos sometidos para publicar; igualmente nos encontramos participando en la implementación de un nuevo sistema propuesto por el Departamento de Publicaciones Periódicas de la Universidad, para la administración de manuscritos que permita agilizar el vínculo con la impresión como parte de la estrategia del plan de mejoras de dichas revistas.

Este número cuenta con un conjunto de cinco artículos y seis notas de temas de actualidad relacionados a las áreas de investigación que se llevan a cabo en la DACBIol y desarrollados por investigadores, estudiantes y colegas en la región. Como siempre agradecemos a todos los autores que nos enriquecen con sus contribuciones, así como a los revisores que amablemente se han tomado el tiempo de colaborar con nosotros y que cada día forman un grupo más nutrido, lo que nos fortalece en la revisión de una mayor diversidad de temas. Los invitamos a seguir considerando y usar esta opción de publicación como una ventana para compartir sus investigaciones, así como el desarrollo de temas de interés, tanto para nuestros colegas, alumnos y compañeros de la DACBIol y de la región.

Lilia Gama
Editor en Jefe

Rosa Martha Padrón López
Directora

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



Áreas de oportunidad para mejorar el plan de monitoreo y gestión de la calidad de aire en Tabasco

**Gabriela Sastre de Dios¹, Yesica López Rodríguez,
Aida Aracely Ramírez Alejandre, Claudia Cristell Aguilar Córdova,
Luis Alberto Martínez García & Elizabeth Magaña Villegas²**

*División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. CP. 86039 Villahermosa, Tabasco
¹sastre_dios@hotmail.com, ²elizabeth.magana@ujat.mx*

Resumen

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los trabajos realizados en el País, en materia de calidad del aire, con la finalidad de identificar las principales estrategias que han funcionado en ciudades como: Jalisco, Nuevo León y la Ciudad de México. Así mismo, identificar las características que han permitido que la red de monitoreo del estado Guanajuato sea, sin duda, la de mayor y mejor crecimiento en los últimos cinco años. Lo anterior con el fin de establecer las áreas de oportunidad que permitan a Tabasco mejorar su Programa Estatal de Monitoreo de la Calidad del Aire.

Introducción

Durante las últimas décadas en nuestro país al igual que en otros países del mundo se ha observado un gran avance industrial aunado al crecimiento acelerado de la población y por consiguiente al aumento en la demanda de bienes y servicios, por ejemplo: el incremento en el parque vehicular, generan grandes cantidades de emisiones de gases y partículas ajenas al aire ambiente, llamados contaminantes atmosféricos. El exceso de éstos contaminantes provoca el deterioro de la calidad del aire que respiramos con consecuencias dañinas tanto a las especies animales y vegetales de la región como a los habitantes de la ciudad.

Además dicho deterioro, ocasiona múltiples problemas de salud tanto agudos como crónicos, de acuerdo al período de exposición y a la concentración de contaminante. La exposición aguda es una exposición a concentraciones elevadas y de corto tiempo, que puede ocasionar

daños sistémicos al cuerpo humano mientras que la exposición crónica involucra exposiciones de largo plazo a concentraciones relativamente bajas de contaminantes (CEPIS, 2005).

Existen reportes que indican un incremento en la mortalidad, principalmente en individuos de la tercera edad con padecimientos respiratorios y cardiovasculares. En México, durante el período 2001-2005, la exposición a la contaminación atmosférica fue responsable de 38 mil muertes, de éstas, aproximadamente 5000 fueron niños. La mortalidad debida a la contaminación atmosférica ocurre más frecuentemente en las zonas urbanas donde seis de cada diez muertes ocurrieron en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Toluca (INE, 2011).

Debido a lo anterior, la contaminación atmosférica es una problemática que ha aumentado la preocupación de la población de todas las edades y factores como género, zona geográfica y calidad del aire de la zona son determinantes para la percepción de riesgo a la salud (Catalán *et al.*, 2008). En particular, el gobierno en las áreas encargadas de la protección ambiental y la salud pública y los cuerpos de investigación académica de los diferentes estados del país, se han ocupado en buscar soluciones elaborando análisis, modelos relacionados a la calidad del aire y desarrollando los procedimientos para medir y evaluar la misma, así como han establecido criterios de control a través de la normatividad.

Evidentemente, el requisito indispensable para evaluar la calidad del aire en una región o cuenca atmosférica es contar con un sistema moderno y

confiable de monitoreo atmosférico, que consiste en un conjunto de metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua y sistemática las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire, en especial de los llamados contaminantes criterios (bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, material particulado, plomo, monóxido de carbono y ozono), los cuales fueron objeto de estudio por diversos países para establecer niveles permisibles al ser identificados como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos (INE, 2009).

En el año 2000, el gobierno federal de México, el Banco Mundial y la Environmental Protection Agency (EPA) apoyaron a los gobiernos de las entidades federativas para la instalación y la operación de sistemas de monitoreo atmosférico en 25 entidades del país. Es importante señalar que en muchos casos existe una limitada capacidad local para el manejo de la información generada. En México hay más de ochenta localidades que cuentan con redes o estaciones de monitoreo, sin embargo, únicamente en las tres grandes zonas metropolitanas (Guadalajara, Monterrey y Valle de México) los datos se han generado de manera constante desde que comenzaron sus operaciones. En trece localidades del país los habitantes pueden conocer la calidad del aire que respiran, pues las autoridades publican o han publicado indicadores o datos provenientes de las redes de monitoreo. Es decir, solo el 40% de la población mexicana puede conocer la calidad del aire que respira (INE, 2011).

Así mismo, los PROAIRE (Programas para Mejorar la Calidad del Aire) constituyen uno de los principales instrumentos desarrollados para revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire, ya que incorporan medidas concretas para el abatimiento y control de las emisiones de contaminantes. En 2009, quince ciudades contaban con un PROAIRE. Por otro lado, los estados del centro y norte del país como Chihuahua, Guanajuato, Jalisco y Nuevo León encabezan las investigaciones y estudios para evaluar la contaminación del aire a través del monitoreo, generando planes, programas e inventarios de las emisiones para implementar acciones de mitigación que encaminen hacia la prevención de la misma.

En el estado de Tabasco desde 1999 se instaló la primera estación de monitoreo automática de la Ciudad de Villahermosa. Posteriormente, a través

de la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) inició operaciones la red manual de monitoreo, con cuatro muestreadores de PM_{10} , los cuales fueron instalados en las ciudades de Comalcalco, Cárdenas, Villahermosa en marzo del 2001 y Tenosique en julio del 2006. También en 2006, se adquirieron dos equipos automáticos de PM_{10} , mismo que operan en la ciudad de Villahermosa. Finalmente, a finales de 2009, se adquirieron dos estaciones automáticas más para la ciudad de Villahermosa, las cuales operan desde el 2010. Además cuerpos académicos se encuentran realizando investigaciones e implementando modelos de distribución o predicción de los contaminantes con la finalidad de realizar acciones orientadas a la prevención. En este sentido, el presente documento sintetiza las principales acciones e investigaciones, sobre calidad del aire, que se han realizado en el país para determinar las áreas de oportunidad en Tabasco que motiven al estudio e investigación de la calidad del aire en nuestro Estado.

Estrategias de evaluación y control de la calidad del aire en México

El monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental para identificar y proveer la información necesaria para evaluar la calidad del aire de cada región, conteniendo el desarrollo de estrategias de prevención y control, determinando las tendencias de la calidad del aire hacia el desarrollo de planes de manejo de la misma y como sustento de políticas ambientales, entre otros. Para ello, mediante la Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del Instituto Nacional de Ecología (INE) se establece un Programa de Monitoreo Atmosférico (PNMA) que garantice un diagnóstico y vigilancia del estado de la calidad del aire a nivel nacional, que genere información real, válida y comparable entre los diferentes sitios y redes del país, como instrumento fundamental en el establecimiento de políticas ambientales de protección a la salud de la población y de los ecosistemas. Así mismo, el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), es un programa que reúne y difunde a través de la página web del INE, los datos generados por las principales redes automáticas de monitoreo atmosférico de la República Mexicana con el objeto de dar a conocer la situación actual e histórica de la calidad del aire de diferentes ciudades del país (INE, 2010).

Sin embargo, en México, existen pocas redes de monitoreo atmosférico evaluando la calidad del aire eficazmente. En particular, las ciudades que se caracterizan por una adecuada gestión de la calidad del aire son los estados de Jalisco, Nuevo León, Guanajuato y la Zona Metropolitana del Valle de México. Los gobiernos de dichos estados han implementado diferentes estrategias para el control de las emisiones de los contaminantes criterios (INE, 2009); dentro de las dos principales se encuentra la verificación vehicular implementada en varios Estados y que ha tenido mayor éxito en Jalisco y la Zona Metropolitana del Valle de México. Estas verificaciones generan unos hologramas con esquemas de seguridad, reconociéndolo como único elemento de verificación, en tres colores diferentes para distinguir los antiguos de los recientes con el fin de cumplir la normatividad aplicable en materia de emisiones a la atmósfera, siendo obligatorias, en cada una de ellas indicando el año y modelo de los automóviles.

La segunda estrategia importante son los planes de contingencia que han surgido como respuesta a serios problemas de contaminación del aire, debido a los eventos naturales tal como el incendio del bosque de la primavera en Jalisco y antropogénicas debido principalmente a las industrias. En el municipio de Salamanca del estado de Guanajuato, se cuenta con un plan de contingencia en el cual las medidas preventivas y correctivas están dadas para tres fases; precontingencia, contingencia ambiental fase I y fase II. Al activarse la alarma se ordena suspender clases escolares al aire libre hasta que se informe de la desactivación de las mismas en cualquiera de las fases.

En la capital del estado de Nuevo León se incorporaron medidas concretas para reducir y controlar las emisiones de contaminantes dentro del programa de gestión para mejorar la calidad del aire del área metropolitana de Monterrey. Es sin duda, uno de los planes mejor estructurados, ya que abarca temas como el cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, el diagnóstico de la calidad del aire a través del monitoreo, dentro del cual se observa que las PM_{10} y $PM_{2.5}$ son las que exceden con frecuencia las normas diarias y anuales del resto de los contaminantes criterios evaluados. También contiene el inventario de emisiones del 2005, donde se indica que se emitieron alrededor de 910 mil toneladas de

contaminantes al aire, destacándose que el 56.0% correspondieron a monóxido de carbono, 17.3% a partículas, 12.1% a compuestos orgánicos volátiles, 7.4% a óxidos de nitrógeno, y 6.6% a bióxido de azufre. Además dicho plan incluye los impactos a la salud y plantea las estrategias para el mejoramiento de la calidad del aire y mitigación de los contaminantes atmosféricos. Las cuales resultan de un proceso de consulta y participación de los tres niveles de gobierno, instituciones educativas, organismos de la sociedad civil y representantes de la industria.

Con respecto a la evaluación de la calidad del aire, los gobiernos han realizado estudios en ésta materia. En el caso de la zona metropolitana del Valle de México, en el año 2010 se realizó un análisis comparativo de las concentraciones de ozono registradas en ésta zona y la cuenca aérea de la costa sur de California (Jaimes y Ortuño, 2010); en el cual se evaluó el comportamiento histórico del ozono en ambas regiones para inferir acerca de los programas de control sobre la disminución de los niveles de este contaminante. Observándose como resultado un decremento continuo en las concentraciones máximas diarias para ambas regiones en el periodo 2000-2009.

Estrategias de información a la población e inventarios de emisiones

En el inventario del estado de Morelos realizado en el 2004 por el gobierno y con la ayuda de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como la Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente, se identificaron, agruparon y clasificaron las fuentes de contaminación del aire al igual que los principales generadores de la misma, así como el tipo de contaminantes criterio y las cantidades que estos fueron emitidos. Cabe destacar que las fuentes fijas son las que generaron la mayor cantidad de contaminantes, y en mayor concentración; por ejemplo las PM_{10} con 90% mientras que con un 100% las $PM_{2.5}$, el bióxido de azufre con un 96%. Por otra parte el mayor contaminante emitido por fuente móviles fue el monóxido de carbono (CO) con 146, 348.

El estado de Guanajuato también cuenta con un inventario de emisiones pero de los gases de efecto invernadero con base en el año 2005, elaborado por el Gobierno del Estado 2006-2012 con el apoyo del

Instituto de Ecología del Estado y la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado (COCLIMA), entre otros. En él se identificaron las principales fuentes y sumideros de 6 categorías (1-energía, 2-procesos industriales, 3-solventes, 4-agricultura, 5-uso y cambio de uso del suelo y silvicultura, 6-residuos), además se realizaron estimaciones de las emisiones antropogénicas de éstos gases. El CO₂ fue el contaminante de mayor emisión con 64, 295.66 Gg (gigagramos; unidad de medida de masa empleada para las emisiones de GEI), siendo la categoría de energía la que contribuye casi en su totalidad con la emisión del gas ante mencionado, los desechos y la agricultura lo respectivo con las emisiones de metano. De la misma manera, la categoría procesos industriales contribuye igualmente con la emisión mayoritaria de N₂O.

Aunado a las investigaciones, las acciones emprendidas por los gobiernos son fundamentales para que la sociedad tome conciencia del problema y participe de las acciones que en los planes se establecen. Los portales oficiales de las redes de monitoreo atmosférico juegan un papel importante para dar información a la población sobre la calidad del aire a la que están expuesta, mediante la conversión de los niveles de concentración del contaminante con un valor adimensional (IMECA), el cual sirve para calificar la calidad del aire con respecto a los contaminantes atmosféricos considerados criterio que permite establecer, de forma clara y fácil, los riesgos a los que se encuentra expuesta la población. Los portales de las redes de monitoreo, en general, tienen las siguientes características: IMECAS en tiempo real, predicción, publicaciones e información histórica. En particular los portales de Guanajuato y Guadalajara se distinguen por presentar todas las características antes mencionadas. Además, el sitio web de Guanajuato tiene información didáctica para niños. En el Estado de México y la ciudad de Monterrey se muestran los IMECAS en tiempo real e información histórica, el portal de Monterrey se diferencia por contar con un programa de respuestas a contingencias. Dichos portales permiten a la población percibir de alguna manera la problemática que sucede en todos los Estados de manera distinta para cada uno.

Tendencias en las investigaciones sobre calidad del aire

En México los trabajos realizados por grupos académicos y de investigación juegan un papel importante en el análisis y la búsqueda de información obtenida a través de estudios efectuados, que demuestran que tan satisfactorio es el ambiente donde vivimos y que acciones podemos hacer para mejorarlas. En este sentido y dado que uno de los problemas más relevantes en la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM), es el ozono en las zonas urbanas, Alatorre (2007) propuso una técnica de medición directa de la presencia de O₃ en la troposfera urbana de dicha ciudad. Realizando mediciones de ozono troposférico mediante las técnicas de fotometría en el rango de ultravioleta y quimioluminiscencia. Dando como resultado que las metodologías mencionadas no son adecuadas para determinar las medidas preventivas contra el O₃ en la ZMCM, ya que solamente se encontró un reporte de una red de estaciones de monitoreo distribuida de manera irregular.

Gordillo *et al.* (2010) realizaron un inventario de la contaminación emitida por fuente industrial y doméstico en aire, agua y suelo en 10 municipios de la región Huasteca por medio de la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). Dentro del estudio en la parte atmosférica solo se tomó como referencia el parque vehicular (vehículos a gasolina y a diesel) del cual se obtuvo que el municipio con mayor emisión fue Huejutla con 9,270.6 ton/año por vehículos a gasolina y vehículos a diesel emitieron 683.7 ton/año. El indicador ambiental más importante fue el CO, significativamente mayor que el resto de los contaminantes y que es un precursor del efecto invernadero.

Tendencias de los modelos de predicción de los contaminantes

Bravo *et al.* (1996) realizaron un modelo predictivo térmico en la ciudad de México donde se escogió el ozono como representativo de los oxidantes atmosféricos y de la contaminación ambiental. Este podría ser útil para pronosticar la concentración de ozono con el auxilio de una predicción de la radiación solar y emplearse en alertas ambientales. Juárez *et al.* (2005) reportaron en la ciudad de Puebla mediciones de contaminantes atmosféricos,

incluyendo las registradas durante el periodo caracterizado por una intensa actividad del volcán Popocatepetl, entre diciembre de 2000 y enero de 2001. Aplicaron un modelo de dispersión gaussiano para calcular el impacto de las emisiones volcánicas de compuestos de azufre en las mediciones de estos compuestos en las estaciones de la Red de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad. Los datos muestran que durante el periodo analizado, las emisiones afectaron la calidad del aire incrementando los índices de PM_{10} , CO_2 y compuestos de azufre.

Mendoza & García (2009) presentaron un modelo matemático tridimensional que describe el transporte y transformación química de los contaminantes atmosféricos sobre un volumen determinado, dividiéndolo en un arreglo de celdas tanto horizontales como verticales, mediante el California/Carneige Institute of Technology (CIT), a la zona metropolitana de Guadalajara; el periodo de modelación seleccionado abarca del 16 al 18 de mayo de 2001. El modelo fue capaz de reproducir el pico de O_3 con un error inferior al 18%. Estos valores, comparados con guías establecidas de evaluación de modelos de calidad del aire, indican un desempeño aceptable del modelo para el periodo simulado. No obstante, el desempeño respecto al CO fue regular, mientras que respecto al SO_2 y NO_x fue pobre, indicando que se requiere trabajo adicional para mejorar el desempeño general del modelo. Temporalmente se apreciaron áreas de mejora en la modelación durante los periodos nocturnos.

Estudios epidemiológicos asociados a la contaminación del aire

Existen varias investigaciones que describen un incremento en la morbilidad o mortalidad asociada a la contaminación principalmente por PM_{10} y ozono. Hernández *et al.* (2000) analizaron la relación entre las concentraciones de dichos contaminantes con el número diario de consultas al servicio de urgencias por enfermedades respiratorias agudas y asma en niños menores de 15 años, residentes de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. El modelo propuesto estima que un incremento de $20 \mu g/m^3$ en el promedio de 24 horas, en la exposición a PM_{10} , se relaciona con un incremento de 4.97% en las consultas por asma con un retraso de cinco días y con un incremento de 9% cuando se considera a la exposición acumulada de cinco días anteriores.

Respecto a enfermedades respiratorias se encontró un aumento de 2.95% en las consultas a urgencias por cada $20 \mu g/m^3$ de incremento en el promedio de 24 horas en la exposición a PM_{10} , además se observó que el impacto sobre las visitas de urgencia por asma fue más severo en los días en que los niveles de ozono excedían los 49 ppb (nivel de la mediana) en el ambiente. Es importante destacar, que estos impactos se dieron aun cuando los niveles alcanzados no excedían las normas ambientales mexicanas. Asimismo, detectaron un efecto sinérgico entre ozono y PM_{10} .

Ramírez *et al.* (2006) describieron la relación entre los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos (monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, partículas menores de 10 micras y dióxido de azufre) y el número de consultas por infecciones agudas de las vías respiratorias en niños menores de cinco años del IMSS, ISSSTE y SSJ del área urbana de Guadalajara, en el lapso de 2000 a 2002. En el caso particular de este estudio los investigadores, antes de utilizar las modas promedio mensuales como variable de análisis, cotejaron toda la información que suministraron las estaciones de monitoreo cada 10 minutos y se observó que la población se mantenía expuesta con una mayor frecuencia al valor establecido por la moda, mayor que el de la media aritmética. Esto permite indicar que si bien en la mayor parte del día no hay una exposición potencial de riesgo para la población a los contaminantes, sí existe exposición potencial de riesgo a concentraciones fuera de la norma durante algunas horas de ciertos días, lo cual puede influir de manera significativa en el incremento de infecciones agudas de las vías respiratorias superiores. Los contaminantes CO y NO_2 muestran correlación significativa con las infecciones agudas de las vías respiratorias en niños menores de cinco años del área urbana de Guadalajara aun cuando las concentraciones se mantienen por debajo de la norma oficial.

Estrategias de evaluación de la calidad del aire en tabasco

En la ciudad de Villahermosa la importancia de la calidad del aire se hace presente debido a diversos estudios realizados por investigadores de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma Tabasco (UJAT). Ramos *et al.* (2010) propusieron una correlación

entre contaminantes en diferentes estaciones, determinaron si la concentración media de partículas PM_{10} difieren con la estación espacial entre tres ciudades (Comalcalco, Cárdenas y Villahermosa). La concentración máxima de PM_{10} se presentó en los meses de abril y mayo, que coincidieron con las actividades de roza, tumba y quema. Se estableció en los casos de Villahermosa y Cárdenas una fuerte correlación entre las concentraciones. Cuatro años más tarde y en base al estudio anterior, Ramos *et al.* (2009) realizaron un análisis temporal con datos de la concentración de PM_{10} con el propósito de describir el comportamiento diario, semanal y mensual de la concentración. Se analizaron las funciones de autocorrelación muestral y parcial de la serie de tiempo de las concentraciones diarias de PM_{10} y se determinó en base a las Normas Mexicanas que no rebasaron los límites permisibles, por lo que la calidad del aire fue satisfactoria durante el 2007.

Zurita *et al.* (2007) hicieron un diagnóstico de la calidad del aire en base a NO_2 y SO_2 en la zona centro del estado de Tabasco y al norte de Chiapas. Utilizaron información de las inmisiones de NO_2 , SO_2 y meteorológicos del sistema local de las seis casetas que conforman la red de monitoreo SAMARS y mediante elaboración de mapas de isoconcentraciones anuales y semestrales de ambos contaminantes; concluyeron que los valores del IMECA fueron satisfactorios para ambos contaminantes evaluados, no excediendo los límites establecidos por la Norma correspondiente durante el año de estudio (2005).

Actualmente, Magaña *et al.* (2012) están analizando esta problemática para la ciudad de Villahermosa con una visión preventiva. Se han desarrollado cuatro modelos de pronósticos para la predicción al día siguiente de las concentraciones máximas de PM_{10} en la ciudad, usando dos modelos de series de tiempo (autoregresión y regresión) y dos modelos de Redes Neuronal Artificial (backpropagation y con aprendizaje en tiempo real basada en clasificación y formación de clúster). Los modelos fueron construidos y validados con información de PM_{10} del periodo abril-julio 2009 obtenida de la red de monitoreo de Tabasco. Con el objetivo de determinar el modelo más eficiente para el pronóstico, se compararon los modelos obtenidos usando como criterios: el coeficiente de correlación, porcentaje de pronósticos aceptables (cuando el pronóstico no difiere en más de $3 \mu g/m^3$), el error

cuadrático medio y los parámetros necesarios para la construcción de los mismos. Este estudio ha demostrado que los modelos de redes neuronales proporcionan mejores pronósticos que los modelos clásicos de regresión. Desafortunadamente no se ha logrado un modelo definitivo, esto debido a la falta de información histórica sobre concentración de contaminantes.

Conclusión

Las áreas de oportunidades con las que cuenta el estado de Tabasco en materia de calidad del aire, comienzan desde el programa de mantenimiento y manejo de los equipos de las estaciones de monitoreo con las que cuenta la red del Estado. Es importante destacar que el monitoreo en Tabasco inicio en 1999 cuando el Gobierno adquirió analizadores automáticos para la medición de O_3 , CO , SO_2 , y NO_x , Sin embargo, solo el PM_{10} cuenta con al menos tres años consecutivos de información para realizar estudios de tendencias. Por lo que se requiere que exista un programa de auditorías que indique que funcionen adecuadamente y se obtengan datos confiables (INE, 2011).

Debido a que la contaminación del aire es un problema que no se puede observar a simple vista, es indispensable hacer que la población aprenda y comprenda dicha problemática. Un espacio ideal para realizar la difusión y concientización sobre el tema es mediante un portal web, por lo que es indispensable que esta herramienta cumpla con el objetivo principal de mantener informada a la población sobre la calidad del aire en tiempo real, de forma accesible y didáctica, permitiendo así, que la sociedad sea parte de la solución y no, parte del problema. Además, es deseable que el portal incluya programas didácticos dirigidos a los niños.

En el 2010 se reunieron instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas para la elaboración del PROAIRE en Tabasco. A pesar de ello, el programa no ha avanzado, por falta de seguimiento. Se deberá considerar en el programa una visión de mediano y largo plazo para revertir el deterioro de la calidad del aire y luego mantenerla dentro de las normas, dando especial atención al parque vehicular, esto por ser el mayor aporte de contaminantes, por lo que sería el mejorar el transporte público, la verificación vehicular, el promover el uso eficiente de energía para el alumbrado y el aprovechamiento de

energías alternas, así como analizar la factibilidad de implementación del programa "Hoy No Circula". La meta principal sería prevenir o reducir la contaminación las emisiones.

Por último, pero no menos importante, es necesario generar mayor conocimiento enfocado a la prevención, control y mitigación de la contaminación del aire, pero principalmente es necesario realizar estudios epidemiológico de impacto a la salud que presenta la población Tabasqueña.

Literatura citada

- Alatorre Monroy, N.** 2007. El ozono un contaminante de las zonas urbanas. El caso de la Ciudad de México. *Kuxulkab' Revista de Divulgación, XIII(25)*: 19-26.
- Anónimo.** 2004. Inventario de emisiones. Recuperado: 26/ noviembre de 2012, de http://www.ceama.morelos.gob.mx/secciones/ambiente/monitoreo_atmosferico.html
- Anónimo.** 2005. Inventario de emisiones. Recuperado: 26/ noviembre de 2012, de http://ecologia.guanajuato.gob.mx/2009/archivos/file/Inventario_Emisiones_GEI_Guanajuato_2005.pdf
- Anónimo.** 2005. Taller de fortalecimiento del programa vehicular. Recuperado: 26/ noviembre de 2012, de <http://siga.jalisco.gob.mx/ramasp/ramag.htm>
- Anónimo.** 2009. Contaminantes criterios. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado: 24/enero de 2013, de <http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>
- Anónimo.** 2011. Cuarto almanaque Instituto Nacional de Ecología. Recuperado: 26/ noviembre de 2012, de http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=652
- Bravo, J. L.; Díaz, M. T.; Gay, C. & Fajardo, J.** 1996. A Short Term Prediction Model of Surface Ozone at Southwest Part of Mexico Valley. *Atmósfera, 9(1)*: 33-45.
- Catalán Vázquez, M.; Riojas Rodríguez, H.; Jarillo Soto, E. C. & Delgadillo Gutiérrez, H.J.** 2008. Percepción de riesgo a la salud por contaminación del aire en adolescentes de la Ciudad de México. *Salud Pública de México, 51(2)*: 148-154.
- CEPIS.** 2005. "Curso de orientación para el control de la contaminación del aire" que publica el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Recuperado: 15/octubre de 2012, de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_orientacion/frame_o.html
- Dirección de Investigación en Monitoreo Atmosférico y Caracterización Analítica de Contaminantes.** 2010. Sistema nacional de información de la calidad del aire. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado: 24/ enero de 2013, de http://sinaica.ine.gob.mx/que_es_sinaica.html
- Gordillo Martínez, A. J.; Cabrera Cruz, R. B. E.; Hernández Mariano, M.; Galindo, E.; Otazo, E. & Prieto, F.** 2010. Evaluación Regional del Impacto Antropogénico sobre Aire, Agua y Suelo. Caso: Huasteca Hidalguense, México. *Contaminación Ambiental, 26(3)*: 229-251.
- Hernández Cadena, L.; Téllez Rojo, M. M.; Sanín Aguirre, L. H.; Lacasaña Navarro, M.; Campos, A. & Romieu, I.** 2000. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Salud Pública de México, 42(4)*: 288-297.
- Jaimes Palomera, M. & Ortuño M., C.** 2010. Análisis comparativo de las concentraciones de ozono registradas en la zona metropolitana del Valle de México y la cuenca aérea de la costa sur de California. Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT). Recuperado: 05/febrero 2012, de <http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=2&opcioninfoproductos=14>.
- Juárez, A.; Gay, C. & Flores, Y.** 2005. Impact of the Popocateptl's Volvanic Activity in the Air Quality of Puebla City, México. *Atmósfera, 18(1)*: 57-69.
- Magaña Villegas, E.; Carrera Velueta, J. M.; Ramos Herrera, S.; Bautista Margulis, R. G.; Hernández Barajas, J. R.; Laines Canepa, J. R & Valdez Manzanilla, A.** 2012. Modelos de

Pronósticos de Calidad del Aire en Base a PM10 en Villahermosa, Tabasco. *Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2012*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. [En prensa].

Mendoza, A. & García R., M. 2009. Aplicación de un modelo de calidad del aire de segunda generación a la zona metropolitana de Guadalajara México. *Contaminación Ambiental*, 25(2): 73-85.

Ramírez Sánchez, H. U.; Andrade García, M. D.; González Castañeda, M. E. & Celis de la Rosa A. J. 2006. Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. *Salud Pública de México*, 48(5): 385-394.

Ramos Herrera, S.; Bautista Margulis, R.; Valdez Manzanilla, A. & Esteban Castro, M. 2010. Análisis Temporal de la concentración de partículas PM10 en Villahermosa, Tabasco. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*, XVI(30): 69-76.

Ramos Herrera, S.; Magaña Villegas, E.; Valdez Manzanilla, A. & Bautista Margulis, R. 2006. Análisis del comportamiento estacional de partículas PM10 en tres ciudades del estado de Tabasco, México. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*, XII(23): 79-82.

Zurita Ramos, L. G.; Magaña Villegas, E.; Bautista Margulis, R.; Ramos Herrera, S. & Valdez Manzanilla, A. 2007. Diagnóstico de la calidad del aire con base a NO₂ y SO₂ en la zona centro de Tabasco y norte de Chiapas en el 2005. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*, XII(24): 71-79.

Fósforo disponible en dos fuentes orgánicas por acción de bacterias solubilizadoras de fósforo aisladas de un suelo cultivado con piña (<i>Ananas comosus</i>) YOLANDA CÓRDOVA BAUTISTA, MARCIA EUGENIA OJEDA MORALES, MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ RIVERA, GABRIEL MARTÍNEZ VÁZQUEZ & GABRIEL MARTÍNEZ PEREYRA.....	5
Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y aprovechamiento del biogás JOSÉ AURELIO SOSA OLIVIER & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	11
Sorción de hidrocarburos en raíces de plantas fitorremediadoras MARTHA GABRIELA ZURITA CRUZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOZA.....	17
Las colecciones del Jardín Botánico J. N. Rovirosa de la DACBiol y su importancia en la educación ambiental SILVIA CAPPELLO GARCÍA, LUISA DEL CARMEN CÁMARA CABRALES, MA. GUADALUPE RIVAS ACUÑA, ELÍAS JOSÉ GORDILLO CHÁVEZ, RODRIGO GARCÍA MORALES & MARÍA DEL ROSARIO BARRAGÁN VÁZQUEZ.....	23
Freshwater rotifer: (part II) a laboratory study of native freshwater rotifers <i>Brachionus angularis</i> and <i>B. quadridentatus</i> from Tabasco JEANE RIMBER INDY, SALOMÓN PARAMO DELGADILLO, LENIN ARIAS RODRÍGUEZ, GABRIEL MÁRQUEZ COUTURIER, HENDRIK SEGERS, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ & WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ.....	31
Aplicación y beneficios de los inóculos bacterianos en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos SARA PÉREZ MONTERO, ILDEFONSO JESÚS DÍAZ RAMÍREZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOSA.....	39
Transformación genética de eucariotas YAZMIN HERNÁNDEZ DÍAZ & ALINNE AUDREI MARTÍNEZ LÓPEZ.....	45
Áreas de oportunidad para mejorar el plan de monitoreo y gestión de la calidad de aire en Tabasco GABRIELA SASTRE DE DIOS, YESICA LÓPEZ RODRÍGUEZ, AIDA ARACELY RAMÍREZ ALEJANDRE, CLAUDIA CRISTELL AGUILAR CÓRDOVA, LUIS ALBERTO MARTÍNEZ GARCÍA & ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS.....	53
Códigos de Barras de ADN una nueva herramienta para la sistemática CARLOS MANUEL BURELO RAMOS, LIDIA IRENE CABRERA MARTÍNEZ, PATRICIA ROSAS ESCOBAR, MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA & NELLY DEL CARMEN JIMÉNEZ PÉREZ.....	61
Análisis y perspectivas del derecho ambiental en Tabasco OCTAVIO MIRANDA AGUADO.....	65
Casas VIETAB: construcción verde y azul CARLOS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, NOEMÍ MÉNDEZ DE LOS SANTOS, MERCEDES WADE ALEJO & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	71

