



KUXULKAB'

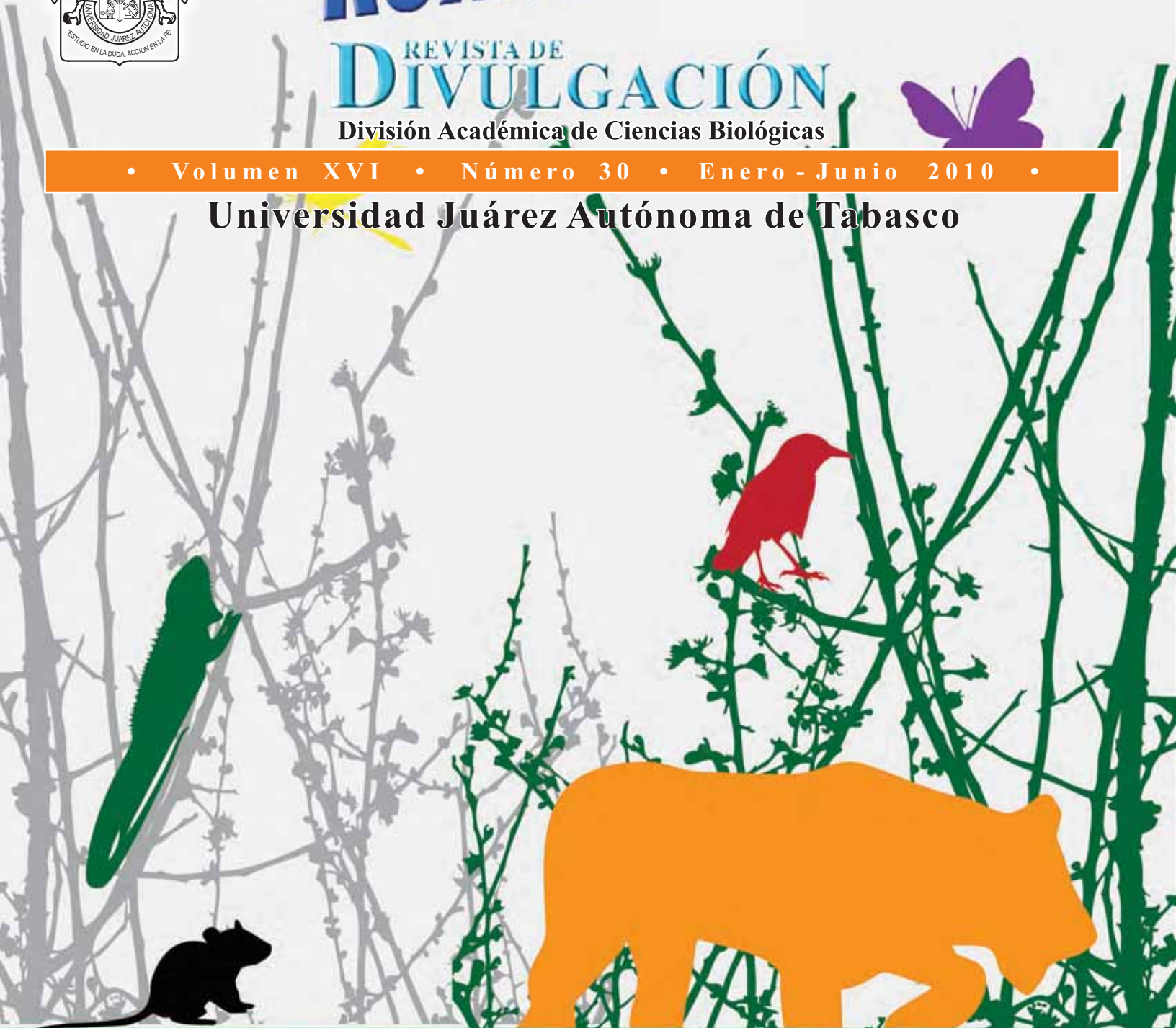
ISSN 1665-0514

REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XVI • Número 30 • Enero - Junio 2010 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



2010 / AÑO  BIODIVERSIDAD

KUXULKAB'

ISSN – 1665-0514

REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Gama
Editor en jefe

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

Lic. Celia Laguna Landero
Editor Asistente

COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

Dra. Silvia del Amo
Universidad Veracruzana

Dra. Carmen Infante
Servicios Tecnológicos de Gestión Avanzada
Venezuela

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 Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Morari Formas Continuas, S.A. de C.V. Heróico Colegio Militar No. 116. Col. Atasta C. P. 86100 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

Nuestra Portada

Diseño de Portada por:

Lilianna López Gama
Diseño y comunicación visual
FES Cuautitlán

Estimados lectores de Kuxulkab´:

El año 2010 ha sido declarado el año Internacional de la Biodiversidad por las Naciones Unidas. Durante el transcurso del mismo, se han organizado y continuarán realizándose eventos y actividades para dar a conocer la importancia de la misma.

La Biodiversidad es la variedad de vida en la Tierra. Es esencial para la sustentabilidad de los sistemas naturales vivos o ecosistemas que nos proveen de alimento, combustibles, salud y otros servicios vitales conocidos como servicios ambientales. Los seres humanos formamos parte de ella y tenemos el poder de protegerla o destruirla. Actualmente la mayoría de nuestras actividades contribuyen a destruirla con tasas alarmantes. Estas pérdidas son irreversibles, empobrecen nuestras capacidades actuales y comprometen las futuras, dañando los sistemas de vida de los que dependemos. Está en nosotros detener y prevenir esto. Debemos organizar esfuerzos para salvaguardar esta biodiversidad y enfocarnos en los retos urgentes que tenemos en nuestro futuro, ya que hoy es el tiempo de actuar y no hacerlo tendrá un muy alto costo.

Como siempre el objetivo de nuestra revista es compartir las actividades de investigación además de temas de interés que se realizan en la escuela, no sólo para nuestra comunidad sino como una aportación a la divulgación de las ciencias ambientales. Los temas son seleccionados de las contribuciones que nos envían para que de forma sencilla permitan conocer el estado de los recursos naturales en especial de aquellos en nuestra región, además de temas relacionados a la atención de problemas ambientales. En este número publicamos una colección de diez artículos y una nota entre los cuales tenemos cinco que tocan directamente aspectos de la biodiversidad y el uso y manejo de los recursos naturales. También se presentan propuestas metodológicas para el análisis de datos meteorológicos y partículas en suspensión, ambos vinculados a problemas ambientales importantes en la región localmente como es la contaminación o en mayor escala como es el cambio global. En esta ocasión se presentan resultados de contribuciones de investigación de campo o bibliográficas que se desarrollan en los cursos de los diferentes programas educativos de licenciatura y posgrado, así como resultados de investigaciones realizadas como tesis o en los proyectos de investigación que los profesores/investigadores llevan a cabo en nuestra escuela.

Como siempre les invitamos a enviarnos sus manuscritos, recordándoles que esta revista se enriquece con las aportaciones de todos los miembros de la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas, como siempre manteniendo una invitación a que cada vez más estudiantes se incorporen a la divulgación de temas que consideren serán de interés a sus compañeros. Por último, agradecemos a los colegas que desinteresadamente colaboran en el arbitraje que nos permite mantener la calidad de los trabajos.

Lilia Gama
Editor en Jefe

Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Director



Análisis temporal de la concentración de partículas Pm_{10} en Villahermosa, Tabasco

Sergio Ramos-Herrera¹
Raúl Bautista-Margulis¹
Arturo Valdez-Manzanilla¹
Manuel Esteban-Castro²

¹División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Km. 0.5 Carretera Vhsa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya,
86039 Villahermosa, Tab.
Sergio.ramos@dacbiol.ujat.mx

² Secretaría de Recursos Naturales y Protección al Ambiente, Villahermosa, Tabasco

Resumen

Se analizó la variación temporal de las PM_{10} durante el 2007 en Villahermosa, Tabasco. Los datos se recopilaron de la estación automática de monitoreo atmosférico y del observatorio meteorológico de la ciudad. Con base en los datos horarios se calculó la variación diaria y la tendencia mensual; de los promedios diarios se determinó la tendencia con el día de la semana. Los máximos horarios de PM_{10} se presentaron a las 9:00 horas (en la época de secas con $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la época de lluvias) y a las 20:00 horas (en la época de secas con $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la de lluvias). Los domingos el nivel de partículas tendió a 36 en época de lluvias y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en secas. El promedio mensual más alto ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se registró en mayo. La concentración máxima diaria en el 2007 fue $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La correlación mensual de las PM_{10} con la temperatura fue 0.59 y con la humedad relativa -0.89; en la correlación diaria fue de 0.39 y -0.44 respectivamente.

Palabras clave: partículas PM_{10} , monitoreo atmosférico, variación diaria.

Introducción

La ciudad de Villahermosa está experimentando un fuerte crecimiento, poblacional, industrial y comercial, de ahí el interés por conocer los niveles de los contaminantes atmosféricos en el aire ambiente de la ciudad. En Tabasco, el monitoreo principalmente de partículas PM_{10} , se inició a partir del 2001 en las tres ciudades del estado: Villahermosa, Cárdenas y Comalcalco. El método

de muestreo, hasta el 2006, fue de altos volúmenes y a partir de 2007 cambio a automático.

Durante el 2001-2006, Villahermosa registró los niveles más altos de partículas PM_{10} en comparación con Cárdenas y Comalcalco. El máximo en mayo del 2001 fue $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en abril de 2002 fue $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SEDESPA 2003); para el 2003, el máximo se dio en mayo con $265 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SEDESPA 2004) y en junio del 2004 fue $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SEDESPA 2005); en julio del 2005 el máximo fue $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en mayo del 2006 fue $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos máximos coincidieron con la temporada de secas, que en esta zona se presenta entre febrero y septiembre. Dos factores que se cree afectan estos niveles es la quema de campos y pastizales que es alta en la época de secas y condiciones meteorológicas poco favorables para la dispersión como velocidades de viento bajas.

PEMEX-Exploración y Producción administra el Sistema Automático de Monitoreo Atmosférico de la Región Sur (SAMARS). Esta red monitorea gases (SO_2 , NO_x , H_2S e hidrocarburos metanos y no metanos) y partículas en seis estaciones de monitoreo distribuidas espacialmente entre el municipio de Cunduacán Tabasco, a 30 km de Villahermosa, y el municipio de Reforma Chiapas, que es donde se localizan los principales activos de producción de la paraestatal. Con esta información se estudió la distribución espacial y estacional de SO_2 , detectándose un área de concentración máxima de 0.014 ppm de SO_2 en torno a la Zona de Reforma Chiapas (Valdez *et al.* 2004). Los datos de la red también se emplearon en la calibración del sistema de modelado CALMET-CALPUFF que es

un sistema que tiene la capacidad de modelar distribución espacial de contaminantes en la atmósfera pero incorporando campos de viento tridimensionales e información meteorológica de superficie de más de una estación (Valdés-Manzanilla *et al.* 2008).

Dos tipos de tendencias que se analizan comúnmente con datos de muestreo automático son la variación diurna, que establece las horas a las que se presentan los máximos de concentración (Davydova-Belitskaya *et al.* 1999), y el comportamiento de la concentración con el día de la semana, que ha permitido comparar los niveles de partículas de los fines de semana con relación a los días hábiles y esclarecido la influencia de factores externos y locales, como lo es el tráfico rodado, en los niveles de partículas (Grivas *et al.* 2004). Por otro lado, el análisis estacional de la contaminación de partículas ha evidenciado la influencia de la precipitación o de fuentes adicionales de partículas como calentadores domésticos (Amador-Muñoz *et al.* 2001). El estudio del comportamiento histórico de los contaminantes, como SO_2 y PST, ha sido útil para evaluar el efecto de las reducciones a las emisiones por cambio de uso de combustible en una región (Varo y Carratalá, 2002).

El monitoreo automático de contaminantes permite no sólo evaluar la calidad del aire, sino además estudiar el patrón de comportamiento de los mismos. En Villahermosa, Tabasco, es a partir de 2007 que se inició la medición horaria de PM_{10} con equipo automático que opera los 365 días del año las 24 horas del día. Por ello, el objetivo de esta investigación fue describir el comportamiento diurno, semanal y mensual de la concentración de PM_{10} , su relación con las variables meteorológicas y el grado de autocorrelación de la serie de concentraciones diarias.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Villahermosa tiene una población total que oscila alrededor de los 390,000 habitantes y un parque vehicular alrededor de 75,000 mil unidades. El clima que predomina en esta zona es el cálido húmedo. La ciudad está rodeada por el Río Carrizal y el Río Grijalva y en su interior se localiza la Laguna de las Ilusiones, la

Laguna El Negro, la Laguna del Espejo y la Laguna de la Pólvora (INEGI 2005). Los registros horarios de PM_{10} durante el 2007 y la información meteorológica se obtuvieron de la estación de monitoreo automático ubicada en el centro de la ciudad y del Observatorio Meteorológico de la misma (Figura 1). La concentración de partículas fue medida en g/m^3 con un equipo muestreador portátil marca MET ONE modelo E-BAM; los datos meteorológicos recopilados fueron: velocidad (m/s), dirección de los vientos, temperatura ($^{\circ}C$) y humedad relativa (%).

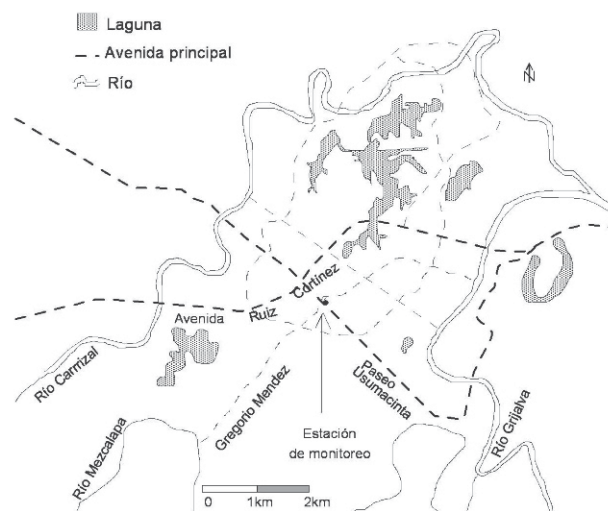


Figura 1. Ubicación de la estación de monitoreo en el centro de Villahermosa

Se realizó análisis exploratorio de los datos horarios, después se generó una base de datos de valores diarios. Para la variación diurna, los datos horarios se dividieron en 24 grupos que correspondieron a las 24 horas del día independientemente del día en que fueron medidos. La concentración horaria representativa se calculó como la media de cada grupo. Para la variación semanal de PM_{10} , los valores diarios se agruparon en 7 grupos correspondientes a los siete días de la semana. Los promedios mensuales de PM_{10} se calcularon a partir de los valores diarios. Se utilizó el criterio de Pereyra-Díaz *et al.* (1994) para distinguir los datos tomados en período de secas y de lluvias y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para probar la diferencia entre los niveles medios de concentración.

La correlación se midió con el coeficiente de correlación de Pearson. Se ajustaron modelos de regresión y se sometieron a la prueba de la significancia de la regresión y a pruebas de hipótesis correspondientes a los coeficientes de regresión. También se analizó las funciones de autocorrelación muestral y parcial de la serie de tiempo de las concentraciones diarias de PM_{10} (Bowerman *et al.* 2006).

Resultado

La Figura 2 muestra la variación diurna de las PM_{10} en Villahermosa en época de secas, de lluvias y la variación con los datos horarios de todo el año. Las concentraciones horarias en época de secas tendieron a ser mayores que las concentraciones en época de lluvias. Los máximos de concentración de PM_{10} se dieron a las 09:00 horas ($52 \mu g/m^3$ en secas y $45 \mu g/m^3$ en lluvias) y a las 20:00 horas ($50 \mu g/m^3$ en secas y $48 \mu g/m^3$ en lluvias).

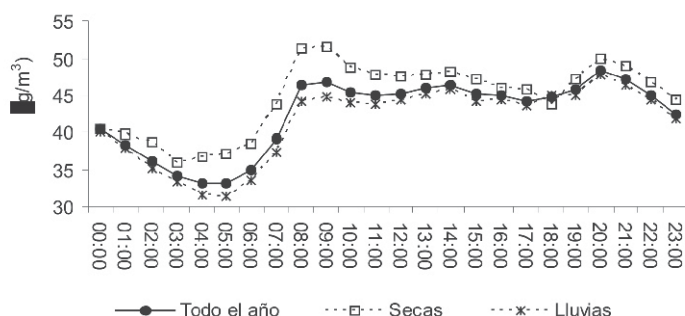


Figura 2. Variación diurna de la concentración de PM_{10} en época de secas, de lluvias y sin considerar la época para el año 2007

La Figura 3 muestra el comportamiento diurno de la temperatura y humedad relativa en período de secas y de lluvias. La máxima HR se alcanzó a las 05:00 horas (89 % secas y 93 % lluvias) y la mínima a las 13:00 horas (54 % secas y 60 % lluvias). El máximo de temperatura se alcanzó a las 16:00 horas en época de secas ($34 \text{ }^\circ\text{C}$) y a las 15:00 horas en época de lluvias ($28.4 \text{ }^\circ\text{C}$), el mínimo se dio a las 08:00 horas tanto en época de secas ($24.0 \text{ }^\circ\text{C}$) como en época de lluvias ($21.3 \text{ }^\circ\text{C}$).

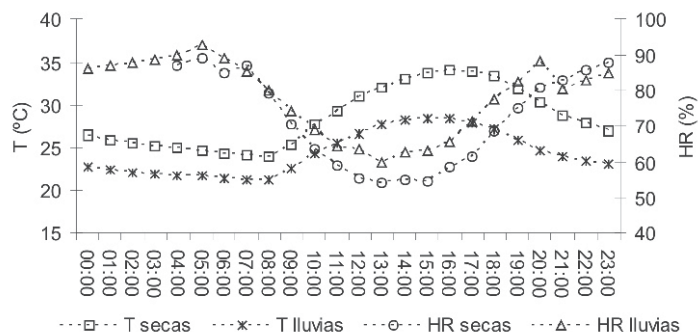


Figura 3. Variación diurna de la temperatura y humedad relativa en período de secas y de lluvias para el año 2007

Las PM_{10} se correlacionaron más con la hora del día que con la temperatura y la humedad relativa cuando se tomó en cuenta la época del año. Sin tomar en cuenta la época del año, fue la humedad relativa la que más se correlacionó (Cuadro 1). Los modelos ajustados para explicar la variación diurna de PM_{10} fueron los siguientes:

$$PM_{10, \text{ secas}} = 136.55 + 1.569hr - 2.59T_{\text{secas}} - 0.485HR_{\text{secas}};$$

$$PM_{10, \text{ lluvias}} = 54.109 + 0.407hr - 0.220HR_{\text{secas}};$$

$$PM_{10, \text{ año}} = 56.011 + 0.345hr - 0.229HR.$$

El coeficiente de correlación múltiple ajustado fue 0.884, 0.68 y 0.69 respectivamente.

Mediante un gráfico de rosa de la concentración horaria vs dirección del viento (Figura 4) se determinó que hasta el 35 % de la concentración horaria en el 2007 se asoció con la dirección este de los vientos (dirección dominante) y muy poco con el sector norte y noroeste de la ciudad. La Figura 5 presenta la variación semanal de las concentraciones diarias de PM_{10} . En los tres casos, el día domingo tendió a presentar la concentración más baja, siendo menor en temporadas de lluvias ($36 \mu g/m^3$) que de secas ($40 \mu g/m^3$). Considerando todo el período, el valor diario más alto tendió a presentarse los viernes ($45 \mu g/m^3$), en época de secas los miércoles ($49 \mu g/m^3$) y en época de lluvias los martes ($44 \mu g/m^3$).

Cuadro 1. Coeficientes de correlación para la variación diaria

Variable	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Todo el año	Época de lluvia	Época de seca
Hora del día	0.59**	0.71*	0.51**
Temperatura	0.45*	0.67**	0.33
Humedad relativa	-0.71*	-0.63**	-0.54

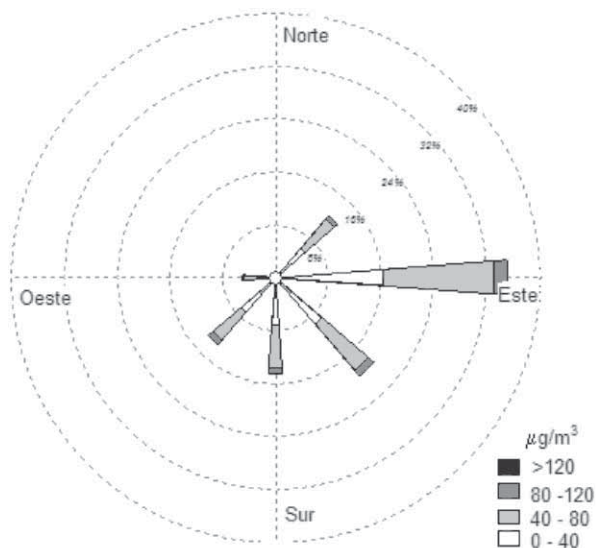


Figura 4. Concentración horaria de PM_{10} y su asociación con la dirección del viento para el año 2007

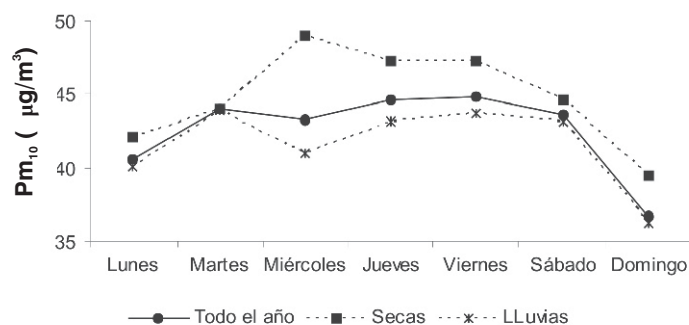


Figura 5. Tendencia con el día de la semana de las PM_{10} .

El promedio mensual más alto de PM_{10} se dio en mayo donde la humedad relativa promedio fue baja y la temperatura fue alta, y su promedio más bajo se presentó en enero donde la humedad relativa es alta, sugiriendo una correlación inversa con esta última variable (Cuadro 2).

Efectivamente el coeficiente de correlación entre las PM_{10} y la humedad relativa fue de -0.89 y con la temperatura fue de 0.59, con una significancia estadística de 0.05. El modelo que se ajustó para explicar los promedios mensuales de PM_{10} en función de la humedad relativa media fue $PM_{10} = -1.040HR + 118.27$, con un coeficiente de determinación de 0.76. Comparativamente el modelo ajustado y los datos observados se muestran en la Figura 6.

La Figura 7 muestra la variación de las concentraciones diarias de PM_{10} en la ciudad de Villahermosa durante el 2007. El máximo valor registrado, $86\mu\text{g}/\text{m}^3$, se observó a finales del mes de junio y no excedió el límite máximo permisible de 24 horas establecido en la NOM-025-SSA1-1993. El mínimo, $15\mu\text{g}/\text{m}^3$, se observó a principios de febrero. La concentración media anual fue de $42\pm 1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, menor al valor límite anual de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentración promedio del período de secas fue de $45\pm 3\mu\text{g}/\text{m}^3$ y del período de lluvias fue de $42\pm 2\mu\text{g}/\text{m}^3$ y estadísticamente estos valores difieren significativamente. En el análisis de la correlación diaria, el resultado mostró una mayor correlación de las PM_{10} con la temperatura ($r = 0.39$) y la humedad relativa ($r = -0.44$) del primer retardo o día anterior.

La Figura 8 muestra la función de autocorrelación muestral (FAM) de la concentración diaria para los primeros 30 retrasos. La autocorrelación máxima fue 0.67 y se obtuvo con el primer retraso. La FAM se corta en forma exponencial con lentitud, típico de una serie temporal no estacionaria y la función de autocorrelación parcial (FAP) se trunca hasta después del desfase 11, de un modo no muy abrupto (Figura 9), sugiriendo que la serie transformada tiene una tendencia. Se propuso un modelo de regresión lineal para modelar la tendencia de la concentración diaria de PM_{10} (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en función de su valor retardado y de la humedad relativa del primer retardo: $PM_{10,t} = 29.736 + 0.557PM_{10,t-1} + 0.139PM_{10,t-4} - 0.229HR_{t-1}$; el coeficiente de correlación múltiple ajustado fue de 0.51.

Cuadro 2. Valores promedios de PM₁₀ y variables meteorológicas en el 2007

Mes	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Humedad relativa (%)	Dirección del viento dominante
Enero	33	24.4	84.7	E
Febrero	38	27.4	79.3	E
Marzo	38	28.1	71.7	SE
Abril	50	29.0	70.6	E
Mayo	56	28.5	65.3	E
Junio	51	27.0	63.5	E
Julio	52	27.0	64.4	E
Agosto	36	25.4	73.5	E
Septiembre	38	23.6	75.2	E
Octubre	34	23.6	81.9	NW
Noviembre	38	20.9	75.0	NE
Diciembre	39	20.5	76.3	E

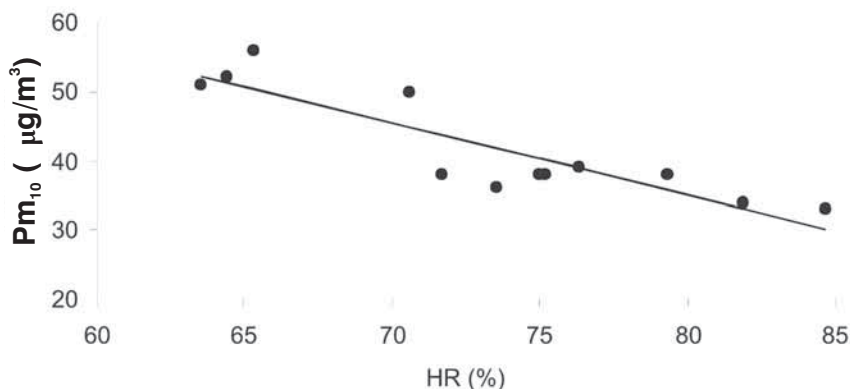


Figura 6. Concentración media mensual de PM₁₀ y recta de regresión para el año 2007

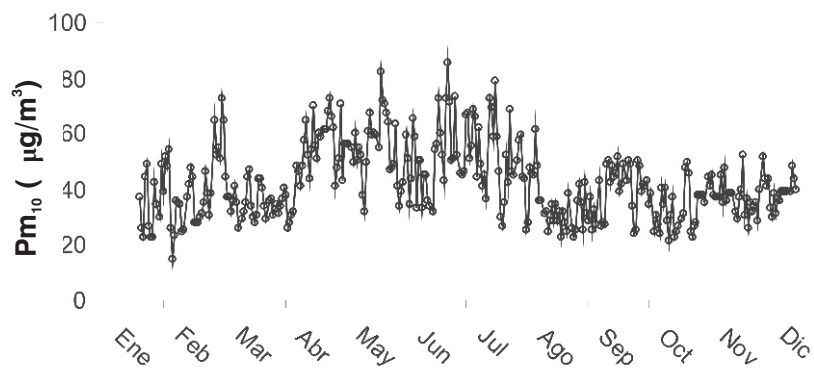


Figura 7. Concentración diaria de PM₁₀ en Villahermosa, Tabasco para el año 2007.

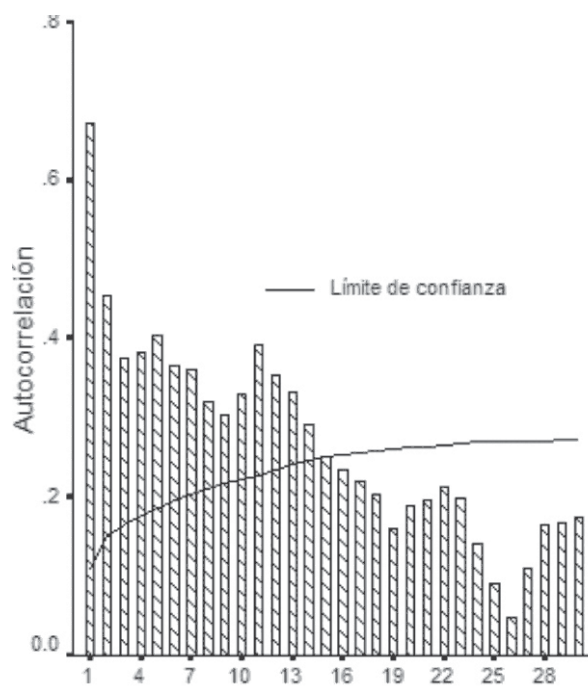


Figura 8. Coeficiente de correlación muestral de los valores diarios de PM_{10} para el año 2007

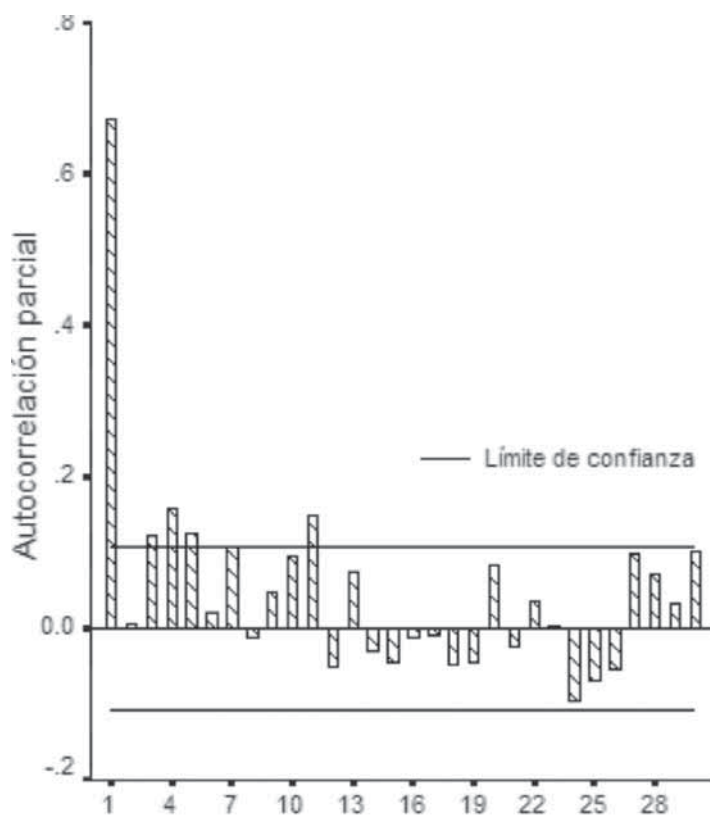


Figura 9. Coeficiente de autocorrelación parcial de los valores diarios de PM_{10} para el año 2007

El efecto del tráfico vehicular (una fuente primaria importante de PM_{10}) en la variación diaria de PM_{10} se ve reflejado en el incremento de los niveles horarios entre las 05:00 – 09:00 al iniciar la actividad urbana; posteriormente, después de las 20:00 horas comienza a disminuir dicha actividad y, por lo tanto, la intensidad de la concentración. Este resultado es consistente con lo reportado por otros investigadores (Azry *et al.* 2007, Keary *et al.* 1998) en zonas urbanas donde el sitio de monitoreo se ubica en la intersección de dos o más avenidas transitadas. La rosa de concentraciones vs dirección del viento también indica una contribución a los niveles de partículas por transporte, aunque en este caso no fue posible evaluar esta contribución. La disminución de la concentración de partículas en día domingo, 3 % en periodos de seca y 6 % en período de lluvias, refleja también la influencia de las emisiones de fuentes móviles en esta zona. Según Pereyra-Díaz *et al.* (2004) el período de sequías tiende a presentarse en los meses de febrero a mayo, y la tendencia mensual de la contaminación por partículas es que los niveles sean altos en los meses de secas y bajos en los meses de lluvia (Amador-Muñoz *et al.* 2001), debido al efecto limpiador de esta. Los datos recabados son consistentes con este resultado pues el mes con mayor nivel medio de PM_{10} fue mayo.

El hecho de que los niveles medios de abril, junio y julio fueran cercanos al de mayo se comprende si se toma en cuenta que estos meses son preferidos para las actividades de rosa, tumba y quema por parte de los ganaderos y agricultores de zonas aledañas al área de estudio, actividad que contribuye con emisiones de partículas a la atmósfera. Finalmente, la FAM revela que la concentración diaria presente depende de los valores observados unos días antes. Un tipo de modelo que puede ajustarse a este tipo de comportamiento son los de Box-Jenkins ya que dichos modelos toman en cuenta la naturaleza autocorrelativa de los datos. Los métodos se enfocan en series estacionarias, y para ello analizan el comportamiento de la FAM y la FAP.

Conclusiones

El máximo diario y la media anual de PM_{10} no rebasaron los límites máximos permisibles, por lo que

la calidad del aire fue satisfactoria durante el 2007. La concentración media de PM_{10} en temporada de secas fue mayor que en temporada de lluvias. El mes de mayo presentó el promedio mensual más alto de partículas, $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El domingo fue el día con menor concentración de partículas, $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la época de lluvias y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la de secas. La variación diaria de la concentración presentó picos típicos de concentración, uno a las 9:00 horas y el otro a las 20:00 horas. En la época de secas estos picos fueron de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la época de lluvias fueron de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Literatura citada

Amador-Muñoz O., Delgado-Rodriguez A., Villalobos-Pietrini R., Munive-Colín Z., Ortiz-Martello R., Díaz-Gonzales G., Bravo-Cabrera J.L. y Gómez-Arroyo S. 2001. Partículas suspendidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y mutagenicidad en el suroeste de la Ciudad de México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 17, 193-204.

Azri C., Maalej A., Medhioub K. y Rosset R. 2007. Evolution of atmospheric pollutants in the city (Tunisia) (October 1996-June 1997). *Atmósfera* 20, 223-246.

Bowerman B.L., O'Connell R.T. y Koehler A.B. 2006. Pronósticos, series de tiempo y regresión, un enfoque aplicado. CENCAGE learning, México, 695p.

Davydova-Belitskaya V., Skiba Y.N., Bulgakov S.N. y Martínez A.Z. 1999. Modelación matemática de los niveles de contaminación en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Parte I, microclima y monitoreo de la contaminación. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 15, 103-111.

Grivas G., Chaloulakou A., Samara A. y Spyrellis N. 2004. Spatial and temporal variation of PM_{10} mass concentrations within the greater area of Athens Greece. *Water, Air, & Soil Pollution* 158, 357-371.

INEGI. 2005. Anuario Estadístico de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 22a ed. México, 536 pp.

Keary J., Jennings S.G., O'connor T.C., Mcmanus B. y Lee M. 1998. PM_{10} concentration measurement in Dublín city. *Environmental*

Monitoring and Assessment 52, 3-18.

Pereyra-Diaz D., Bando U.M. y Natividad M.B. 2004. Influencia de la niña y el niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 20, 33-38.

SEDESPA. 2003. Primer informe de la calidad del aire del estado de Tabasco 2001-2002. Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. Informe. Villahermosa, 54 pp.

SEDESPA. 2004. Segundo informe de la calidad del aire del estado de Tabasco 2003. Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. Informe. Villahermosa, 32 pp.

SEDESPA. 2005. Informe de la calidad del aire del estado de Tabasco 2004. Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente. Informe. Villahermosa, 43 pp.

Varo G.P. y Carratala A.G. 2002. Evolución de los niveles de inmisión de contaminación atmosférica en una ciudad industrial (Alcoy) desde 1989 a 2000. *Rev. Salud Ambient.* 2, 8-15.

Vanderstraeten P., Lénelle Y., Meurrens A., Carati D., Brenig L. y Offer Z.Y. 2007. Temporal Variations of airborne particles concentration in the Brussels environment. *Environmental Monitoring and Assessment* 132, 253-262.

Valdés A.M., Bautista R.M., Ramos S.H. y Magaña E.V. 2004. Distribución espacial y estacional de las inmisiones de bióxido de azufre (SO₂) en la zona norte de Chiapas y centro de Tabasco. *KUXULKAB'* 10, 33-36.

Valdés-Manzanilla A., Fernández-García G., Ramos-Herrera S. y Bautista-Margulis R.G. 2008. Simulación de la concentración de SO₂ emitido por fuentes fijas mayores durante el 2003 en el noroeste de Chiapas y centro de Tabasco, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 24, 71-77.

CONTENIDO

Producción de biogás a partir del residuo gástrico-ruminal de ganado bovino en el trópico húmedo JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA, JUAN CARLOS ADOLFO FERNÁNDEZ WITT, ISRAEL MIRANDA ÁVILA, GUILLERMO MORALES PANIAGUA	5
Reactores anaerobios aplicados a comunidades rurales LUIS ALBERTO ESCOBEDO CAZAN, NOEMÍ MÉNDEZ DE LOS SANTOS Y GASPAR LÓPEZ OCAÑA	9
Herpetofauna asociada a ambientes urbanos y suburbanos de Villahermosa, Tabasco, México MA. DEL ROSARIO BARRAGÁN VÁZQUEZ, CLAUDIA ELENA ZENTENO RUIZ, CAROLINA SOLIS ZURITA, MARCO ANTONIO LÓPEZ LUNA, ERICK HERNÁNDEZ ESTAÑOL, MOISÉS MARTÍNEZ ZETINA, LILIANA RÍOS RODAS, JOAQUÍN A. HERNÁNDEZ VELÁZQUEZ, YOLANDA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, DAVID PEREGRINO REYES, GUSTAVO RODRÍGUEZ AZCUAGA Y MARIANA DEL C. GONZÁLEZ RAMÓN	19
Comparación de la riqueza de especies del orden Chiróptera en México y Colombia CONTRERAS GARCÍA MARÍA DE JESÚS, PÉREZ PÉREZ ROSA AURORA, ARÉVALO JIMÉNEZ JUAN ARMANDO, SÁNCHEZ CARRIZOSA KARINA Y MIRCEA G. HIDALGO MIHART	27
Uso medicinal de la Familia SOLANACEAE en Tabasco MIGUEL ALBERTO MAGAÑA ALEJANDRO Y CARLOS MANUEL BURELO RAMOS	33
Los escombros como agregados en la industria de la construcción NOEMÍ MÉNDEZ DE LOS SANTOS, CARLOS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, NÉSTOR CRUZ GÓMEZ, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA	37
Evaluación preliminar del extracto de pituitaria de carpa y de la gonadotropina coriónica humana en la calidad espermática de <i>Cichlasoma urophthalmus</i> MARÍA J. CONTRERAS-GARCÍA, LENIN ARIAS-RODRÍGUEZ, ROSA A. PÉREZ-PÉREZ, Y TERESA J. MANRÍQUEZ-SANTOS	47
Diseño del software de análisis de datos meteorológicos: Fase de prueba E. MAGAÑA-VILLEGAS, S. RAMOS-HERRERA, J.M. CARRERA-VELUETA, J.R. HERNÁNDEZ- BARAJAS	55
Ecoturismo en áreas naturales protegidas ¿Una alternativa para el desarrollo económico rural? CAROLINA ZEQUEIRA LARIOS, LILIA MA. GAMA CAMPILLO, MA. ELENA MACÍAS-VALADEZ Y JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA	63
Análisis temporal de la concentración de partículas pm₁₀ en Villahermosa, Tabasco SERGIO RAMOS-HERRERA, RAÚL BAUTISTA-MARGULIS, ARTURO VALDEZ-MANZANILLA Y MANUEL ESTEBAN-CASTRO	69
NOTA	
Biotechnología ambiental: Un acercamiento a la química y a los compuestos Xenobióticos RODOLFO GÓMEZ CRUZ	77
Proyectos de investigación en desarrollo con financiamiento externo	81
Eventos Académicos 2010.....	89
Avisos.....	93
Instrucciones para publicar en Kukulkab'.....	

