

## Comportamiento de la fracción de PM<sub>10</sub> en zona cercana a un molino de arroz

### *BEHAVIOR OF THE FRACTION OF PM<sub>10</sub> IN ZONE NEAR A RICE MILL*

Miriam MARTÍNEZ VARONA\*, Iveitty SOTO GUEVARA\*\*, Raulien A. FERNÁNDEZ TORRES\*\*, Alina ROIG RASSI\*\*, Elieza MENESES RUIZ\*\*, Geominia MALDONADO CANTILLO\*\*\*

\* Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte (CIMAB). Carretera del Cristo #3, Esquina Tiscornia, Casablanca, Regla, Cuba. Correo-e: miriam@cimab.transnet.cu

\*\* Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA). Calle 20, n° 4111, entre 18 a y 47 Playa. La Habana. Cuba.

\*\*\* Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM).

### RESUMEN

*Introducción:* La producción de arroz afecta el medio ambiente de manera directa con el uso de productos químicos que generan impactos ambientales que deben ser tomados en cuenta. *Materiales y métodos:* Se realizó un estudio descriptivo, cuyo universo de estudio estuvo constituido por 52 determinaciones expresadas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>) en 15 días. Las bases de datos fueron confeccionadas y procesadas mediante SPSS 15. El análisis estadístico incluyó valores de tendencia central, porcentajes de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA), valores máximos y percentiles 25, 75 y 95. Se evaluó la normalidad de los resultados. *Conclusiones:* Las concentraciones medias diarias de PM<sub>10</sub> resultaron superiores a las CMA en la mayoría de las muestras, el contaminante estudiado mostró una distribución normal.

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica, PM<sub>10</sub>, molino de arroz.

### ABSTRACT

*Introduction:* The production of rice affects the environment directly with the use of chemicals that generate environmental impacts that must be taken into account. *Materials and methods:* A descriptive study was carried out. The study universe consisted of 52 determinations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) of particles less than 10 microns (PM<sub>10</sub>) in 15 days. The databases were prepared and processed using SPSS 15. Statistical analysis included values of central tendency, percentages of maximum admissible concentrations (CMA), maximum values and 25, 75 and 95 percentiles. The normality of the results was evaluated. *Conclusions:* The mean daily concentrations of PM<sub>10</sub> were higher than the AMCs in most of the samples, the contaminated sample showed a normal distribution.

**Keywords:** Air pollution, PM<sub>10</sub>, rice mill, health damage.

### INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire ambiental es una compleja mezcla de gases, material particulado y componentes orgánicos presentes en el aire exterior e interior de las edificaciones. La actividad industrial y el tráfico automotor cumplen un papel importante en

la formación de partículas y participan directa e indirectamente en la formación de aerosoles secundarios; en consecuencia, la concentración de partículas en el aire de áreas urbanas es superior con respecto a la de áreas no urbanas<sup>1,2</sup>.

Una vez emitidas las partículas, su vida media en la atmósfera y la distancia de transporte a través de ésta, dependen principalmente de su granulometría.

Las partículas sedimentables, aquellas de diámetro superior a 20 µm, se caracterizan por una vida media de minutos y un transporte muy limitado (varios metros)<sup>3</sup>.

Las PM<sub>10</sub> (partículas inferiores a 10 µm) están constituidas en parte por partículas gruesas con diámetro aerodinámico entre 2,5 y 10 µm. En su mayoría son retenidas en las vías respiratorias superiores y solo aproximadamente un tercio de éstas, penetran en el árbol bronquial. Su efecto depende de su composición química, pero pueden producir irritación de las vías respiratorias, agravar el asma y favorecer las enfermedades cardiovasculares, y se relacionan con la enfermedad de los pulmones negros en mineros, silicosis y asbestosis<sup>4,5</sup>.

El arroz es un alimento básico en América Latina y el Caribe, proporciona el 20% del suministro de energía alimentaria del mundo, el trigo suministra el 19% y el maíz el 5%, dice la FAO. Este cereal también es una fuente de tiamina, riboflavina y niacina, con bajo contenido de grasa<sup>6</sup>.

El arroz es “vida” para las mayores poblaciones del mundo siendo el alimento básico de más de la mitad de la población mundial y está profundamente relacionado con el patrimonio cultural de numerosas sociedades. La intensificación de la producción y el incremento de la demanda, ha aumentado el uso de fertilizantes y pesticidas, haciendo del cultivo uno de los principales contaminantes de zonas agrícolas especialmente sensibles.

En enero de 2008 en la comunidad de Camiri, Bolivia, murieron 2 niños de 8 y 13 años y otros seis miembros de la familia que también comieron arroz contaminado fueron llevados al hospital. El agroquímico encontrado era tiolin (nombre comercial del endosulfán). Es una sustancia prohibida en la Unión Europea y en algunos países en América latina (Colombia, Cuba y Paraguay)<sup>7,8</sup>.

La producción de arroz afecta al medio ambiente de manera directa con el uso de productos químicos que generan impactos ambientales que deben ser tomados en cuenta. Los químicos que se aplican a las plantaciones arroceras contaminan las aguas y provocan la muerte de peces y otros animales acuáticos, porque van a parar a ríos, arroyos y al subsuelo<sup>9,10</sup>.

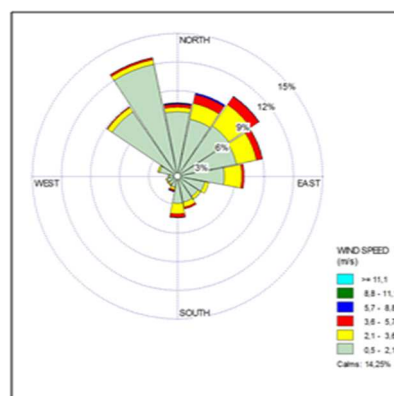
El cultivo de arroz es un importante emisor de gas metano que tiene un efecto 21 veces más nocivo que el dióxido de carbono (principal gas de efecto invernadero) y de óxido nitroso (300 veces más nocivo). Se plantea que los molinos de arroz una de las principales fuentes de contaminación son las molestias causadas por el ruido y la emisión de polvo de ahí que el objetivo de este estudio fue conocer las concentraciones de partículas PM<sub>10</sub> presentes en un asentamiento poblacional cercano a un molino de arroz<sup>11</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, cuyo universo de estudio estuvo constituido por las concentraciones determinadas en los 15 días que se realizó el estudio, se muestrearon 8 puntos para un total de 52 determinaciones, en un molino de arroz ubicado en la zona central del país. Para la selección de los puntos de muestreo se tuvo en cuenta la dirección de los vientos y tomando como referencia las quejas de la población (figuras 1, 2 y 3).



**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo con relación al molino.



**Figura 2.** Rosa de los vientos

El muestreo se realizó según las normas establecidas para el monitoreo manual de 24 horas<sup>12,13</sup>, así como su posterior análisis en el laboratorio.

Las técnicas analíticas empleadas fueron:

Determinación de PM<sub>10</sub>: Determinación de partículas en suspensión menores de 10 µm de diámetro aerodinámico mediante el método gravimétrico de bajo volumen.

Muestreador de material particulado PM<sub>10</sub> ECHO PM (TCR Tecora).

Norma UNE-EN 12341, 199914.



**Figura 3.** Captador Tecora de bajo volumen PM<sub>10</sub> a 38,3 L/min.

Las concentraciones del contaminante se expresaron en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El método de PM<sub>10</sub> consiste en la aspiración de un caudal de aire específico, previo paso por un cabezal que permite la separación aerodinámica de las partículas en función de su tamaño, depositándose las partículas sobre un filtro de fibra de vidrio para su posterior determinación por gravimetría. Para la realización del muestreo se utilizaron captadores de bajo volumen marca Tecora (figura 3) con control de caudal (38,3 L/min) y temporizador/programador con cabezales de corte PM<sub>10</sub> estándar, considerado como método de referencia por la Agencia Ambiental Europea.

Los datos primarios fueron introducidos y posteriormente procesados mediante el sistema SPSS 15 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS 2002).

El análisis estadístico incluyó el cálculo de los valores de tendencia central y el porcentaje de trasgresión de la norma. Se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de la distribución de las concentraciones. El análisis estadístico incluyó el cálculo de valores de tendencia central.<sup>16</sup>

Se tomó como concentración máxima admisible (CMA) para partículas menores 10  $\mu\text{m}$  de diámetro (PM<sub>10</sub>), 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas y 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para media anual, de acuerdo a la NC 1020: 2014, Calidad del aire - contaminantes - concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables.

### Monitoreo de la calidad del aire

En las estaciones de muestreo se efectuó el monitoreo continuo de PM<sub>10</sub> durante un período de 23 a 24 horas, con hora de cambio de muestras entre las 09:00 am y 10:00 am. Estos fueron realizados del 1 al 12 de diciembre. El límite de detección del método analítico ha sido PM<sub>10</sub> = 1.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 52 muestras analizadas, solamente en 4 de ellas los valores obtenidos fueron menores que los establecidos en la norma NC 1020:2014 para 24 horas; lo cual es preocupante. Ya que en 12 días de muestreo se obtuvieron estos resultados sería interesante ver el comportamiento durante todo 1 año en diferentes condiciones meteorológicas.

Las concentraciones de PM<sub>10</sub>, que en mucho de ellos duplican su valor, es necesario prestar gran atención debido a que estas partículas representan un mayor riesgo sobre la salud; especialmente en las poblaciones más vulnerables (niños y ancianos).

Las concentraciones obtenidas en los días que el molino no trabajó fueron menores, aunque es importante señalar que se obtuvieron valores de PM<sub>10</sub> superiores a la norma referidos para 24 horas. Esto se debe a las condiciones meteorológicas imperantes en el período de estudio, las cuales provocaron que las partículas, sobre todo las de menor diámetro, se mantuvieran mayor tiempo suspendidas en el aire. En la tabla 1 se muestran los valores de tendencia central pero de forma global en los 12 días de muestreo, se aprecia que el valor de la media es casi el doble de lo establecido en la NC 1020:2014.

**Tabla 1.** Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el período de muestreo de PM<sub>10</sub>.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
PM <sub>10</sub>	89,105	84,500	15,7	170,8

Es importante señalar en este caso la posible contaminación por agentes biológicos que son habitualmente microscópicos: virus, bacterias, hongos y protozoos. También pueden ser insectos (polillas, pulgas y cucarachas), ácaros (dermatofagoides) y pólenes.

Los contaminantes biológicos pueden afectar las vías respiratorias altas y bajas a través de reacciones inmunológicas o provocando infección. En ambientes húmedos, el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas pueden afectar el sistema respiratorio (asma y eventual hemorragia pulmonar)<sup>17</sup>. Estas micotoxinas se producen y consumen con alimentos contaminados, se acumulan por años en el ADN, causan efectos dañinos como mutaciones, malformaciones en fetos, abortos y cánceres diversos (de hígado, páncreas, colorectal, de pulmón, o cervicouterino)<sup>7,18</sup>.

El polvillo puede producir afecciones en las vías respiratorias, tales como alergias, crisis de broncoespasmo, asma.

Los productos que consumimos a diario como tortillas de maíz, lácteos, huevo, pollo y cereales como arroz, pueden tener aflatoxinas, metabolitos secundarios de los hongos (mohos) de las especies *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, principalmente, y

**Tabla 2.** Valores resúmenes y porcentajes de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA) para las medias diarias.

Punto	Indicador	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Percentiles (p)				Máx.	Porcentaje que supera la CMA (%)
			25	50	75	95		
1	PM <sub>10</sub>	60,53	34,7	46,30	100,6	100,60	100,6	33.3
2	PM <sub>10</sub>	72,18	34,6	57,0	117,3	136,50	136,5	60
3	PM <sub>10</sub>	53,65	38,45	48,10	74,40	82,50	82,50	25
5	PM <sub>10</sub>	95,86	84,4	98,4	104,8	104,8	104,8	100
6	PM <sub>10</sub>	85,21	81,3	86,9	90,4	107,2	107,2	100
7	PM <sub>10</sub>	84,11	62,30	85,50	109,9	110,70	110,7	100
8	PM <sub>10</sub>	76,25	60,00	72,10	86,30	104,1	104,1	100
9	PM <sub>10</sub>	82,24	73,20	82,20	88,9	115,80	115,8	88.7

se consideran el cancerígeno biológico más potente que se conoce<sup>19</sup>.

Ese hongo se reproduce con facilidad en granos mal almacenados. Las aflatoxinas, producidas por *A. flavus*, no se ven, carecen de sabor y olor, son resistentes al calor (soportan entre 260 y 320 grados centígrados sin descomponerse) y a procesos como cocción, ultrapasteurización, nixtamalización y fermentación<sup>19</sup>.

La tabla 2 muestra los datos de tendencia central, donde se aprecia que en todos los puntos de muestreo los valores de la media se encuentran por encima de las CMA anuales establecidas en la norma cubana, es de destacar que con excepción de los puntos 1, 2 y 3 el resto de los puntos superan la NC en el percentil 25 de las muestras analizadas.

Los máximos obtenidos para PM<sub>10</sub> duplican el valor de la CMA establecida en la norma cubana, en la mayoría de las muestras.

Las concentraciones medias de PM<sub>10</sub> fueron mayores en los puntos 6 y 5 con 142.8 y 95.9 (µg/m<sup>3</sup>) respectivamente.

Los valores de PM<sub>10</sub> detectado en este estudio tienen gran repercusión desde el punto de vista a la

salud, ya que existe amplia evidencia acerca de la relación entre la exposición a las partículas en suspensión presentes en el aire de zonas urbanas y el riesgo de multitud de efectos agudos y crónicos sobre la salud, incluyendo mayor prevalencia y mortalidad por afecciones cardiovasculares, cerebrovasculares, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), así como mayor incidencia y mortalidad por cáncer de pulmón<sup>20</sup>.

Con relación a los porcentos de transgresión de la norma, de los 9 puntos estudiados en 5 de ellos el 100% de las muestras superaron las CMA para un 55%, y el resto, excepto el punto 3, estuvieron por encima del 50% de las muestras.

Para evaluar la normalidad se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov, donde se apreció que la fracción estudiada de PM<sub>10</sub> era significativa mayor que (p=0,05) en todos los puntos estudiados por lo tanto no rechazamos la hipótesis nula, es decir, mostró una distribución normal. Esto demuestra que en todo el período de muestreo la fuente de exposición fue la misma.

Al aplicar el test ANOVA de un factor (figura 4) se muestran los resultados de la comparación de las medias, donde se constataron concentraciones medias estadísticamente significativas entre los 8 puntos muestreados con una p = 0.00, estas diferencias fueron siempre entre los puntos 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9 en relación al 6, lo que demuestra que este punto es el más expuesto a la contaminación ocasionada por el molino.

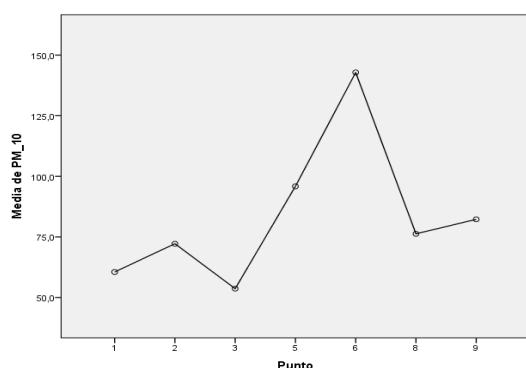
## CONCLUSIONES

Solamente el 10 % de las muestras estudiadas no sobrepasaron la norma NC 1020:2014 para 24 horas en el período de estudio.

En la mayoría de los casos las concentraciones de PM<sub>10</sub> duplican su valor.

Los días que el molino no trabajó las concentraciones obtenidas fueron menores.

**Figura 4.** Gráfico de las medias de PM<sub>10</sub>.



### Recomendaciones

Continuar realizando acciones en el molino para mitigar los daños a la población.

Realizar estudios microbiológicos al arroz para detectar el tipo de hongo que está afectando la cosecha.

Desarrollar estudios epidemiológicos que permitan correlacionar los efectos de la contaminación del aire por material particulado en la salud de un grupo específico de población expuesta.

### BIBLIOGRAFÍA

1. La contaminación atmosférica [Internet]. [Citado 14 sept 2015] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/005343/005343-04.pdf>
2. Machado A, Garcia N, Garcia A, Acosta L, Cordova A, Linares M, et al. Contaminación por metales en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2008; 24(4):171-82.
3. Palacios VA. Análisis de la deposición atmosférica en el Valle de Sugamuxi. *Rev. Amb.* 2014; 1(5):1900-9178.
4. Materia particulada PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Murcia salud. [Internet]. [Citado 11 Ago 2015] Disponible en: <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&idsec=1573>
5. Material particulado atmosférico asociado a los procesos industriales. [Internet]. [Citado 15 Jul 2015] Disponible en: <http://azterlan.blogspot.com/2013/05/material-particulado-atmosferico.html>
6. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7043/2/122857.pdf>
7. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=204>
8. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: [http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Contaminacion/Lo\\_que\\_no\\_se\\_dice\\_del\\_arroz](http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Contaminacion/Lo_que_no_se_dice_del_arroz).
9. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: <http://www.dso.fmed.edu.uy/sites/www.dso1.fmed.edu.uy/files/materiales/cartilla-molino-Web.pdf>
10. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: <http://revistaecosistemas.webs.uvigo.es/miniecosistemas/temas/contaminacion.pdf>
11. [Internet]. [Citado 16 enero 2017] Disponible en: <http://hoy.com.do/cultivo-de-arroz-afecta-el-medio-ambiente/>
12. World Health Organization United Nations Environment programme. GEMS/Air. Methodology Reviews Quality Assurance in urban air quality monitoring WHO/UNEP. 1994 v.1
13. NC 111: 2004: Calidad del aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos.
14. Norma UNE-EN 12341: 1999. Calidad del aire – Determinación de la fracción PM<sub>10</sub> de la materia particulada en suspensión - Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia.
15. NC1020: 2014 Calidad del aire – contaminantes - concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables.
16. Calidad del aire en B.C [Internet]. [Citado 20 Ago 2015]. Disponibles en: [www.bcairquality.ca](http://www.bcairquality.ca)
17. Medio ambiente. [Internet]. [Citado 4 sept. 2015] Disponible en: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf)
18. BoletínUNAM-DGCS-420 Ciudad Universitaria. [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_421.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_421.html) [Citado 12 enero 2016]; Disponible en: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_421.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_421.html)
19. Vivar EF. Cuantificación de material particulado PM<sub>10</sub> y su efecto toxicológico-ambiental, en la Ciudad de Azogues. [Tesis]: Universidad de Cuenca. Ecuador. [Internet]. 2014 [Citado 4 sept 2015]; Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bri.pdf>