

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN ASENTAMIENTOS POBLACIONALES CERCANO A UN MOLINO DE ARROZ

MSc. Miriam Martínez Varona*, Ing. Iveitty Soto Guevara**, Ing. Raulien A. Fernández Torres**, Lic. Alina Roig Rassi**, MSc. Ing. Elieza Meneses Ruiz**.

***Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte (CIMAB).
Teléfono: 77937051 E-Mail: miriam@cimab.transnet.cu**

****Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA):
Calle 20 No 4111 entre 18 a y 47 Playa. La Habana. Cuba.**

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 76 determinaciones expresadas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Partículas Menores de 10 micras (PM10) y las partículas en suspensión totales (PST) 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 contaminantes, la correlación entre contaminantes mediante el coeficiente de Pearson. **Conclusiones.** Las concentraciones medias diarias de PM 10 y PST resultaron superiores a las CMA en la mayoría de las muestras, los contaminantes mostraron una distribución normal.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, PM₁₀, Molino de Arroz

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire ambiental es una compleja mezcla de gases, material particulado y componentes orgánicos presente 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^{1,2}.

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)³.

Las PM10 (partículas inferiores a 10 micrómetros (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^{4,5}.

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 grasa⁶.

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)^{7,8}.

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. 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^{9,10}.

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 PM10 y PST presentes en un asentamiento poblacional cercano a un molino de arroz¹¹.

Materiales 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 9 puntos para un total de 76 determinaciones, en un Molino de Arroz ubicado en la zona central del país.

El muestreo se realizó según las normas establecidas para el monitoreo manual de 24 horas ^{12,13}, así como su posterior análisis en el laboratorio. Las técnicas analíticas empleadas fueron: **Determinación de PM10:** Determinación de partículas en suspensión menores de 10 μm de diámetro aerodinámico mediante el método gravimétrico de bajo volumen Muestreador de material particulado PM10 ECHO PM de la firma TCR TECORA. Norma UNE-EN 12341. 1999¹⁴.

Determinación de PST: NC 93-02-221 Determinación gravimétrica de polvo en suspensión. 1987¹⁵.

En todos los casos los valores de concentración de los contaminantes se expresaron en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El método de PM 10 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 PM10 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 para cada contaminante.

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,

Con vistas a evaluar la relación entre las concentraciones de las fracciones de PST y PM₁₀ se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, dada la distribución normal de los mismos.

Se tomó como Concentración Máxima Admisible (CMA) para Partículas menores 10 µm de diámetro (PM₁₀) para 24 horas , 50µg/m³ y media anual 30µg/m³. Para las **PST** se tomó como CMA 100µg/m³ y 60µg/m³ para 24 horas y media anual respectivamente de acuerdo a la NC 1020: 2014 Calidad del aire — contaminantes — concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables¹⁶.

Metodologías

El proceso abarcó las siguientes etapas:

- Selección de los puntos de muestreos, según dirección de los vientos y tomando como referencia las quejas de la población.
- Ubicación de los equipos de muestreo.
- Realización de muestreos de PST y PM₁₀
- Análisis de las diferentes muestras para la determinación de la concentración de material particulado (PST y PM₁₀).

Ubicación de las estaciones de monitoreo para el muestreo

Los lugares seleccionados para la ubicación (figura 1) de las estaciones de medición fueron seleccionadas según la dirección predominante de los vientos (figura 2) y tomando en consideración las quejas de la población. La figura 3 muestra los puntos de monitoreo con los equipos instalados.

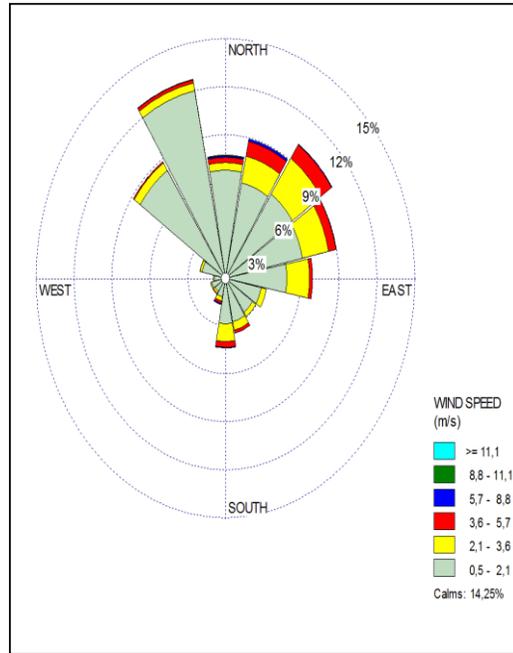


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo con relación al Molino.

Figura 2 Rosa de los Vientos



Figura 3. Captador Tecora de bajo volumen PM₁₀ a 38,3 L/min

Monitoreo de la calidad del aire

En las estaciones de muestreo se efectuó el monitoreo continuo en paralelo de PM₁₀ y PST durante un período de 23 a 24 horas, con hora de cambio de muestras entre las 09:00 am y 10:00 am en los puntos 1, 2, 6 y 8. Estos fueron realizados del 1 al 12 de diciembre. En el punto 2 la bomba se rompió y solamente se continuó muestreando PM₁₀.

En las estaciones de muestreo 2, 3, 5,7 y 9 se efectuó solamente el monitoreo continuo de PM₁₀ durante un período de 23 a 24 horas, con hora de cambio de muestras entre las 09:00 am y 10:00 am.

Solamente en el punto 4 se determinó PST.

Límite de detección del método analítico:

PST = 2 µg/m³

PM₁₀ = 1.0 µg/m³

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de forma tabulada. Los mismos reflejan los valores diarios obtenidos.

Tabla 2. Resultados de concentraciones (µg/m³) en las estaciones de muestreo y valoración con respecto a las CMA establecidas en la NC 1020:2014.

Estaciones de monitoreo	Contaminante	Concentraciones medias 24 horas (µg/m ³) por fechas					
		1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12
Estación 1	PST	77.6*	64.5*	Bombarota	151.3	---	----
	PM ₁₀	Filtroroto	46.3*	34.7*	100.6	---	----
Estación 2	PST	69.0*	---	---	---	---	----
	PM ₁₀	15.7*	98.2	136.5	53.5	57.0	----
Estación 3	PM ₁₀	35.9*	50.1	46.1*	82.5	----	----
Estación 4	PST	----	129.0	161.8	179.5	228.1	----
Estación 5	PM ₁₀	----	---	104.8	98.4	84.4	----
Estación 6	PST	----	----	---	---	158.4	157.4
	PM ₁₀	----	----	----	----	90.4	87.3
Estación 7	PM ₁₀	----	----	----	----	62.3	55.0
Estación 8	PST	----	----	----	----	---	105.4
	PM ₁₀	----	----	----	----	---	70.8
Estación 9	PM ₁₀	----	----	----	----	---	82.2

Estaciones de monitoreo	Contaminante	Concentraciones medias 24 horas (µg /m ³) por fechas					
-------------------------	--------------	---	--	--	--	--	--

		7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12
Estación 6	PST	170.8	150.1	115.4	140.8	85.0*	164.8
	PM₁₀	107.2	86.3	57.1	81.3	Filtroroto	86.9
Estación 7	PM₁₀	87.6	110.7	77.8	85.5	Filtroroto	109.9
Estación 8	PST	134.7	148.6	114.6	126.4	91.73*	140.6
	PM₁₀	84.5	104.1	72.1	86.3	60.0	56.0
Estación 9	PM₁₀	115.8	73.2	88.9	73.3	53.6	88.7

*Valores por debajo de la CMA

Nota: Los valores en rojo están por encima de la NC: 1020: 2014.

Observaciones: Durante el estudio el molino trabajó de la siguiente forma:

- 1/12/16 no trabajó
- 2/12/16 trabajó hasta las 4. pm aproximadamente
- 3/12/16 trabajó hasta las 6. pm
- 4/12/16 trabajó hasta las 4. pm
- 5/12/16 al 10/12/16 comenzó a trabajar normal (hasta las 5.30 pm, y comienzan a las 9.0 pm sin parar)
- 11/12/16 no trabajó (se realizó una prueba para ver con el molino parado que resultados se obtenían)
- 12/12/16 normal

Ojo: El Molino normalmente detiene la producción de 5 pm a 9 pm y luego continúan trabajando.

Como se aprecia en la **tabla No 2**, de las 76 muestras analizadas, solamente en 8 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.

En el caso de los valores de concentraciones de PM₁₀, 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 PM₁₀ y PST superiores a la norma referidos para 24 horas. Esto se debe a las condiciones meteorológicas imperante 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.

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)¹⁷.

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)^{7,18}.

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) llamados *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, principalmente, y se consideran el cancerígeno biológico más potente que se conoce¹⁹.

Ese hongo se reproduce con facilidad en granos mal almacenados. Las aflatoxinas, producidas por mohos del género *Aspergillus 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 fermentación¹⁹.

La **tabla 3** 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 10 duplican el valor de la CMA establecida en la norma cubana, en la mayoría de las muestras.

Los valores de PM₁₀ 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, cerebro-vasculares, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), así como mayor incidencia y mortalidad por cáncer de pulmón.²⁰

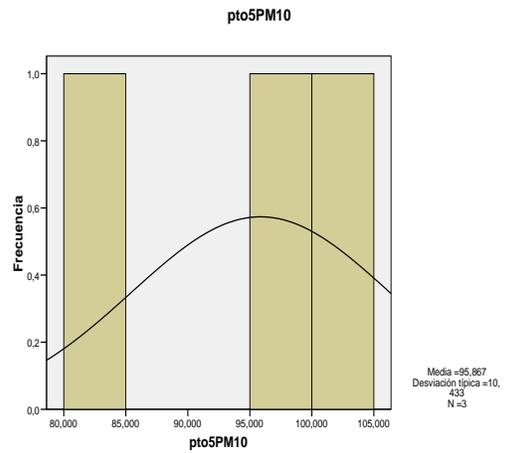
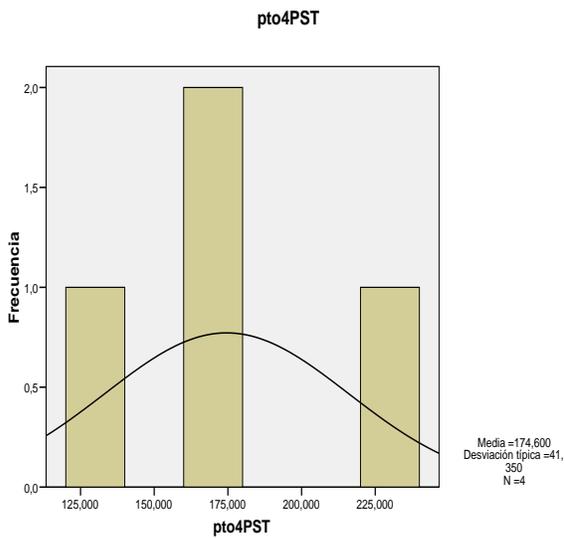
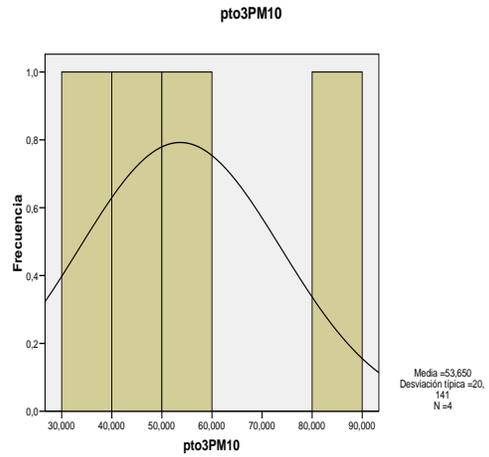
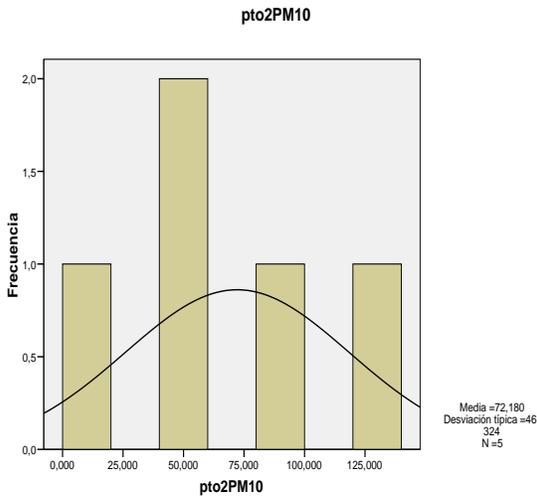
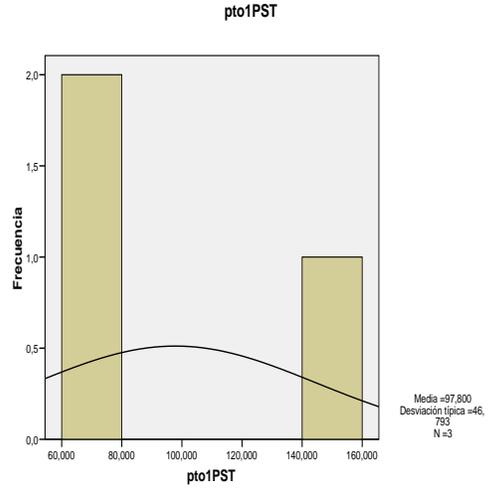
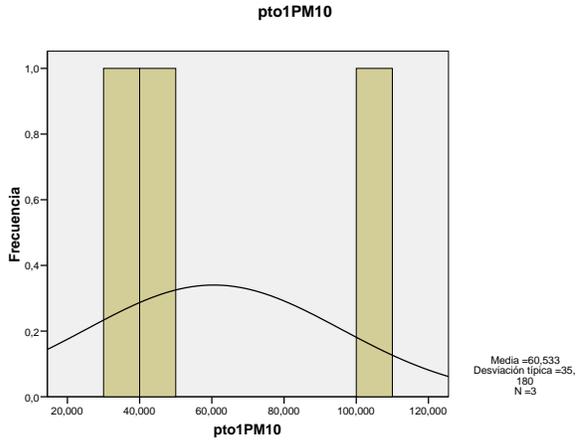
Con relación a los porcentos de transgresión de la norma, de los 9 puntos estudiados en 5 de ellos el 100 % de las muestras superaron las CMA para un 55%, y el resto , excepto el punto 3, estuvieron por encima del 50 % de las muestras.

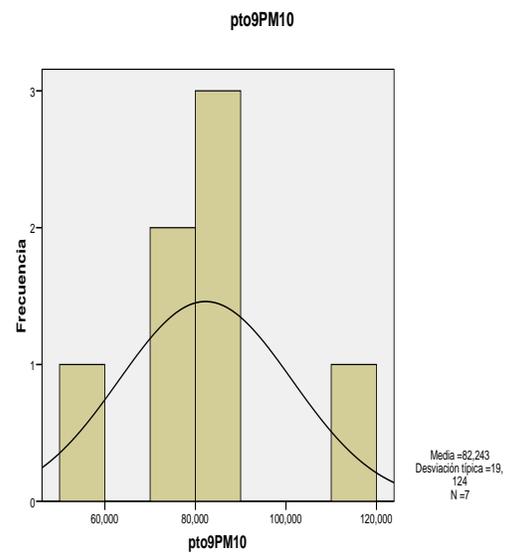
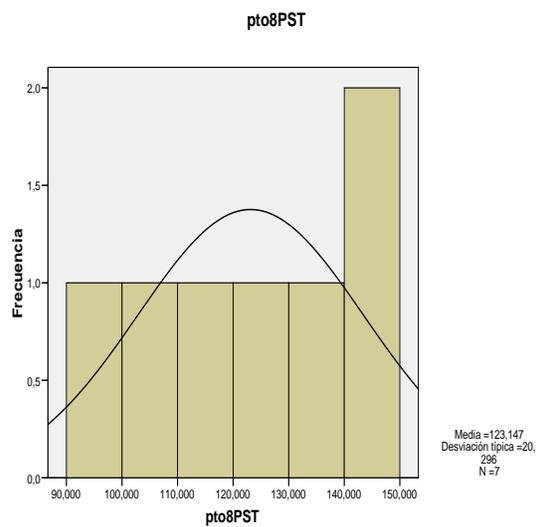
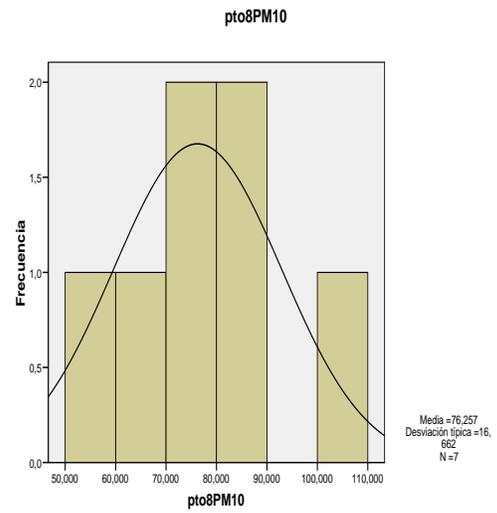
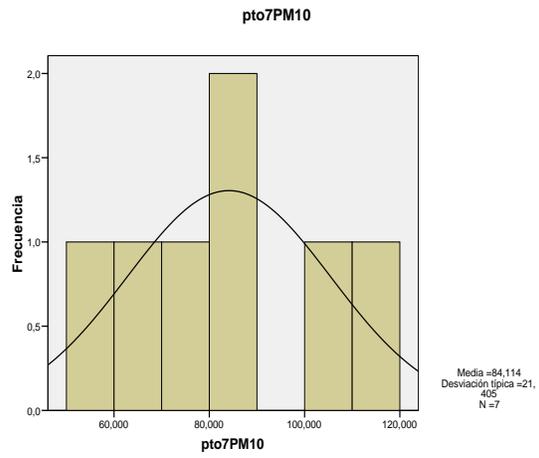
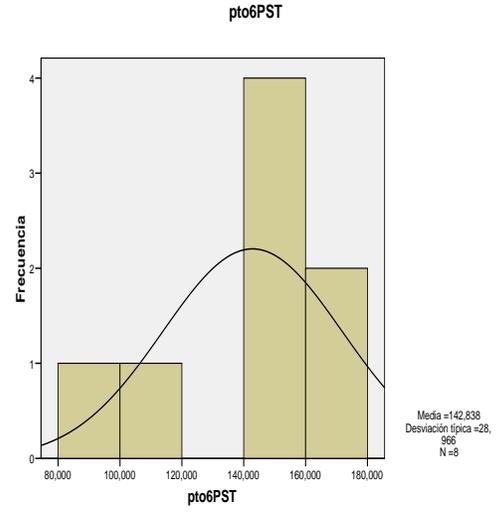
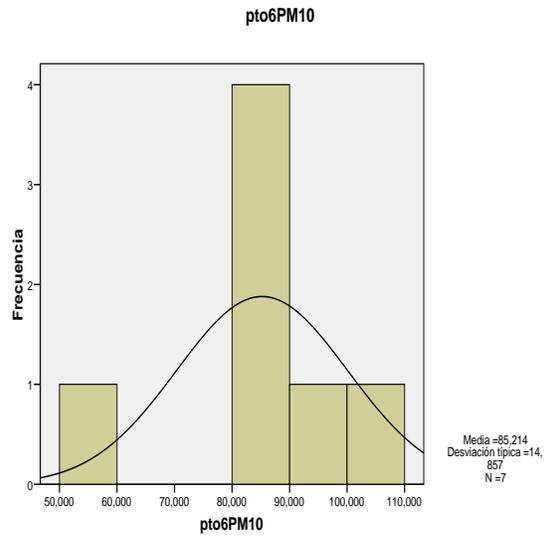
Tabla 3

Valores resúmenes y porcentajes de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA) para las medias diarias, SO₂, y PST. Centro Habana, octubre 2001- octubre 2003.

Punto	Indicador	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentiles (p)				Máx.	Porcentaje que supera la CMA (%)
			25	50	75	95		
1	PM10	60,53	34,7	46,30	100,6	100,60	100,6	33.3
	PST	97,80	64,5	77,6	151,3	151,30	151,3	33.3
2	PM10	72,18	34,6	57,0	117,3	136,50	136,5	60
3	PM10	53,65	38,45	48,10	74,40	82,50	82,50	25
4	PST	174,60	137,2	170,6	215,9	228,1	228,1	100
5	PM10	95,86	84,4	98,4	104,8	104,8	104,8	100
6	PM10	85,21	81,3	86,9	90,4	107,2	107,2	100
	PST	142,8	121,7	153,7	163,2	170,8	170,8	75
7	PM10	84,11	62,30	85,50	109,9	110,70	110,7	100
8	PM10	76,25	60,00	72,10	86,30	104,1	104,1	100
	PST	123,14	105,4	126,4	140,6	148,6	148,6	71.4
9	PM10	82,24	73,20	82,20	88,9	115,80	115,8	88.7

Al aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad, se apreció que las dos fracciones estudiadas PM10 y PST eran significativas mayor que ($p= 0,05$) en todos los puntos estudiados por lo tanto no rechazamos la hipótesis nula, es decir, las dos fracciones mostraron una distribución normal como se muestran en las **figuras 4 a 12**. Esto demuestra que en todo el período de muestreo la fuente de exposición fue la misma.





CONCLUSIONES

1. Solamente el 10 % de las muestras estudiadas no sobrepasaron la norma NC 1020:2014 para 24 horas en el período de estudio.
2. En la mayoría de los casos las concentraciones de PM₁₀ duplican su valor.
3. Los días que el Molino no trabajó las concentraciones obtenidas fueron menores.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

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 10 y PM 2,5. 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.ecoportel.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 PM10 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. **Determinación de PST:** NC 93-02-221 Determinación gravimétrica de polvo en suspensión. 1987
16. NC1020: 2014 Calidad del aire— contaminantes— concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables
17. Calidad del aire en B.C [Internet]. [Citado 20 Ago 2015]. Disponibles en: www.bcairquality.ca
18. Medio ambiente. [Internet]. [Citado 4 sept. 2015] Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf
19. **Boletín UNAM-DGCS-420** Ciudad Universitaria.
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
20. Vivar EF. Cuantificación de material particulado PM10 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>