

Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán

Sayda Rodríguez G.¹, María R. Sauri R.², Irene Peniche A.³, Julia Pacheco A.², José M. Ramírez H.⁴

Recibido: 23 de septiembre de 2005 - Aceptado: 01 de diciembre de 2005

RESUMEN

Los sistemas de manejo de residuos sólidos pueden contribuir a la dispersión de microorganismos. La presencia y dispersión de material aerotransportable viable desde estos sitios, se considera una fuente de riesgo para la salud de los trabajadores del lugar y de los pobladores cercanos. Este estudio tuvo como objetivo cuantificar y determinar la dispersión de partículas aerotransportables viables, en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. Se seleccionaron 20 puntos, en los cuales se realizaron tres muestreos, utilizando el equipo Andersen de seis etapas para la colección de muestras. Agar Nutritivo, de Dextrosa y Papa, y Estafilococo fueron empleados para la cuantificación de aerotransportables totales, hongos y estafilococos, respectivamente. Se ubicó el impactor a la altura respirable (1.50 m). En la Planta de Composteo se encontró la mayor cuantificación, para el conteo general de bioaerosoles y para hongos. El Relleno Sanitario fue el área en donde se registró el mayor promedio de estafilococos. En los puntos de mayor generación, se encontraron altos porcentajes de microorganismos distribuidos en los estratos 4, 5 y 6 del Andersen, implicando la respiración de microorganismos con diámetros entre 2.1 y 0.65 μm . Las cuantificaciones obtenidas se encontraron por debajo de los valores reportados para lugares semejantes en otras partes del mundo. Se recomienda un monitoreo periódico de las emisiones para la reducción de riesgos en el lugar de trabajo.

Palabras clave: material aerotransportable viable, residuos sólidos municipales (RSM), Andersen, hongos.

Bioaerosols in the municipal solid waste treatment and disposal area of Merida, Yucatan.

ABSTRACT

Solid waste managing and disposal systems can contribute to the dispersion of the microorganisms. The presence and dispersion of bioaerosols from these sites is considered as a potential human health risk for site-workers and surrounding communities. The aim of this work was to quantify and determine the dispersion of bioaerosols, in the area of recycling, composting and disposal of municipal solid waste of the City of Mérida, Yucatan. Three surveys were performed in 20 sampling points. Samples were collected using six stages Andersen Equipment. Nutritive agar, Dextrose and Potato agar, and Staphylococci agar were used for total counts, fungi and staphylococci quantification, respectively. The impactor was placed at the breathable height (1.50 m). The Composting Plant had the highest average quantification for the general count of bioaerosols and the quantification of fungi, and Landfill the highest average for the Staphylococci. High percentages of microorganisms distributed in the 4th, 5th and 6th strata of the Andersen Equipment were found at the points of higher generation of bioaerosols for every evaluated site. This implies the breathing of microorganisms from 2.1 to 0.65 μm of diameter. The presence of bioaerosols in this study site was not above the values reported for similar places in other parts of the world. Nevertheless, periodical monitoring is recommended in order to avoid risks to workers of the site.

Keywords: bioaerosols, municipal solid waste, Andersen, fungi

¹ Tesista del programa de la Maestría en Ingeniería opción Ambiental de la FIUADY. sayda_melina@hotmail.com

² Profesora Investigadora titular "C" del Cuerpo Académico de Ingeniería Ambiental de la FIUADY

³ Técnica Académica Titular "C" de la Facultad de Matemáticas de la UADY

⁴ Técnico Académico. Facultad de Ingeniería de la UADY

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se considera que la generación de residuos sólidos municipales en los centros de población es uno de los focos de contaminación del aire, suelo y agua más preocupantes por su acelerado aumento como resultado del crecimiento de las manchas urbanas.

En México, según datos obtenidos por el INEGI para el año 2003, la generación total de residuos sólidos en el territorio nacional se estimó en 32,916 miles de toneladas, de las cuales en el Estado de Yucatán se generó el 1.43% de dicho volumen. Sin embargo, a nivel nacional, la disposición final adecuada en rellenos sanitarios solo se registró para el 52.96% del volumen generado (INEGI, 2004). Según datos registrados por el H. Ayuntamiento de Mérida durante el año de 2003, se estimó que la generación per cápita de basura fue de 0.843 kg/día (H. Ayuntamiento de Mérida, 2004).

Los residuos sólidos recolectados se transportan al área que el Municipio de Mérida ha designado para las instalaciones de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales (RSM). Las instalaciones con las que se cuentan son: una Planta de Separación de residuos (para reciclaje), una Planta de Composteo de residuos orgánicos y un relleno sanitario para la disposición final de los residuos. Dichas instalaciones se ubican aproximadamente a 8 km en dirección oeste del centro de Mérida, fuera del Anillo Periférico de la ciudad, localizándose en el margen izquierdo del camino hacia la hacienda de Chalmuch a 1.5 km del periférico de la ciudad de Mérida (Archundia, 2000). Un porcentaje importante de los residuos sólidos municipales es considerada como putrescible y por lo tanto, de fácil colonización para las bacterias y hongos. Durante el manejo de estos residuos, los microorganismos en desarrollo pueden ser dispersados como bioaerosoles y causar infecciones, alergias o incluso intoxicaciones a los trabajadores que manejan dichos residuos (Lundholm & Rylander, 1980; Clark et al., 1984; Malmros et al., 1992; Sigsgaard et al., 1994). Se han identificado tres fuentes de dicha contaminación en los residuos sólidos municipales (Beffa et al., 1998):

- Patógenos primarios de origen intestinal (bacterias, virus, huevos y quistes de parásitos, etc.).
- Formas patogénicas y alergénicas secundarias y oportunistas, principalmente hongos desarrollados durante el proceso de almacenamiento.
- Bacterias y hongos alérgenos, así como toxinas.

Los materiales viables aerotransportables (bioaerosoles), se definen como partículas que se encuentran suspendidas en el aire y que contienen organismos vivos tales como bacterias, virus, hongos, polen e incluso insectos muy pequeños o sus desechos (Huang, et al., 2002). Estas partículas pueden variar en tamaño desde los virus de menos de 0.1 micrómetro de diámetro, hasta las esporas de hongos de más de 100 micrómetros de diámetro (Canup, 2000).

Según estudios recientes, los materiales aerotransportables se han identificado como una fuente de enfermedades infecciosas y de las reacciones alérgicas tales como asma, neumonía, rinitis, sinusitis alérgica, hipersensibilidad, y fatiga (Huang et al., 2002).

El equipo Andersen 1 ACFM de seis etapas, que se utiliza para el muestreo de partículas viables, es un filtro de cascada multi-orificio el cual es normalmente usado para medir la concentración y la distribución del tamaño de partículas de bacterias aerobias y hongos presentes en el aire. Dicho instrumento, ha sido ampliamente utilizado como un estándar para la cuantificación de partículas viables (Canup, 2000).

A pesar de que se considera que el Relleno Sanitario de la ciudad de Mérida es uno de los tres mejores de toda Latinoamérica (H. Ayuntamiento, 2004), se podría afirmar que, dado el tipo de actividades realizadas en la Planta de Separación y en las celdas de disposición final, así como la naturaleza de los materiales residuales que se manejan en dichas áreas, se podría generar cierta contaminación del aire por la presencia de materiales viables aerotransportables, poniendo en riesgo de contaminación a los trabajadores del mismo relleno, de las plantas de separación y composteo, y a la población de los alrededores.

Dado lo anterior, al determinar y cuantificar la presencia de material aerotransportable, así como establecer la dispersión de dichos materiales, se tendrá una aproximación a los riesgos de contaminación por aerotransportables a partir de las instalaciones de los sitios de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Mérida.

El objetivo general del presente trabajo fue cuantificar y determinar la dispersión de partículas aerotransportables viables en las áreas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de la Ciudad de Mérida, para lo cual se procedió a:

- Realizar un conteo total de los materiales aerotransportables viables presentes en las áreas de la Planta de separación, la Planta de Composteo y el Relleno Sanitario de la Ciudad de Mérida
- Cuantificar el material aerotrasportable viable en el área de estudio.
- Representar los esquemas de dispersión de material aerotransportable viable en el sitio de estudio.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en este estudio constó de tres etapas: la realización de los muestreos en el sitio de estudio, la cuantificación de partículas viables aerotransportables en función del equipo Andersen y la esquematización de la dispersión de los aerotransportables a partir de las fuentes generadoras.

Muestreo

Los sitios de muestreo fueron todas las instalaciones ubicadas en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida. Adicionalmente se eligió un sitio testigo, el cual es el albergue Pro – Vida para pacientes con VIH. En este lugar se seleccionaron dos puntos, localizados uno antes y uno después de las instalaciones mencionadas, esto en función de la dirección predominante de los vientos.

Se realizaron dos muestreos preliminares en el sitio de estudio, utilizando el equipo Andersen de seis

etapas, modelo 10-709. Los objetivos de los muestreos preliminares fueron probar la presencia de material aerotransportable en el sitio, establecer el tiempo adecuado de bombeo y la selección de los medios de cultivo a utilizar en el muestreo.

Posteriormente, se seleccionaron 20 puntos de muestreo para la toma de muestras de aire, distribuidos en las cuatro posibles fuentes generadoras de aerotransportables: Relleno Sanitario (11), Lagunas de lixiviados (2), Planta de composteo (2) y Planta separación (5). Los puntos de muestreo se seleccionaron en función de la dirección del viento y de los lugares considerados con mayores posibilidades de generación de aerotransportables, a fin de cubrir la mayor superficie posible, tal como se muestra en la Figura 1. Los puntos de muestreo fueron ubicados en un esquema con coordenadas UTM tomadas por medio de un geoposicionador geográfico (GPS).

Se realizaron tres muestreos, en noviembre de 2004, en enero y marzo de 2005, en los cuales la toma de muestras se efectuó con dos tipos de medios de cultivo para los primeros dos muestreos y con tres tipos de medio para el último muestreo, con la finalidad de determinar la cuantificación de un microorganismo patógeno específico. De esta forma los primeros dos muestreos se llevaron a cabo en dos días, y el tercero en tres días, tomando en cada uno de dichos días las 20 muestras correspondientes a cada uno de los medios de cultivo utilizados.

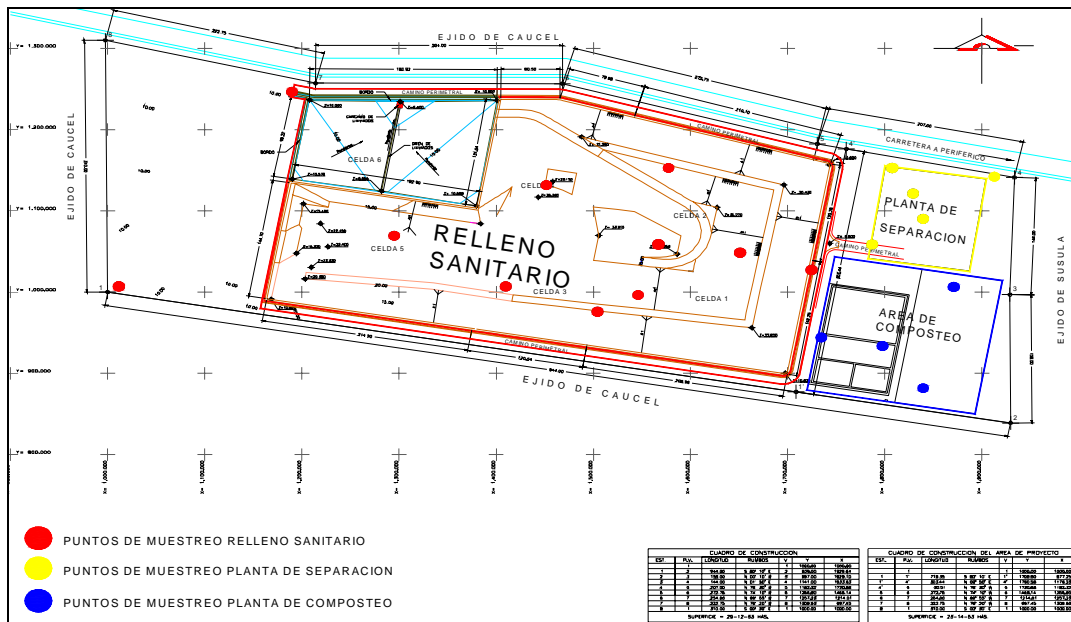


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo, en el sitio de estudio.

Los medios de cultivo utilizados en los muestreos fueron el Agar Bacteriológico para el conteo general, un medio con base de Agar Dextrosa y Papa para el conteo de hongos (añadiéndole 0.05 g de estreptomycin/L, con el fin de inhibir el crecimiento de bacterias), y el Agar Estafilococo 110 para el conteo de estafilococos.

Durante los muestreos realizados, se tomaron muestras de aire con el equipo Andersen de seis etapas, modelo 10-709, en cada uno de los 20 puntos elegidos, a un flujo constante de 28.3 l/min (según las especificaciones del equipo). El tiempo de toma de muestra fue de 30 segundos para el conteo general y el conteo de hongos y de 60 segundos para el conteo de estafilococos.

Cuantificación de materiales aerotransportables

Las muestras fueron colocadas en una incubadora, a 36.5°C para simular el crecimiento a la temperatura corporal promedio de un ser humano.

Las muestras tomadas con el Agar Bacteriológico para cultivo general, fueron incubadas durante 24 horas, para posteriormente contar los organismos presentes con el equipo Contador de Colonias de marca LEICA QUEBEC PARKFIELD. Con el fin de diferenciar las colonias de bacterias y hongos que

se formaron, aquéllas que resultaban sospechosas en el análisis macroscópico, fueron tomadas para realizar Tinciones de Gram con el método de Hucker. Las muestras tomadas con el medio específico de hongos, fueron incubadas durante 6 días a 36.5°C, contando los organismos al término de este tiempo con el equipo mencionado e identificando macroscópicamente las especies de hongos presentes. De igual modo se fueron realizando comparaciones de las colonias formadas, en los diversos medios de cultivo, con las registradas en dos atlas de microbiología (Koneman, 1990 y Olds, 1982), con los cuales fue posible reconocer algunos de los organismos contados, tanto de hongos como de bacterias.

Con los datos obtenidos en laboratorio, se creó una hoja de cálculo en el programa EXCEL, en la cual se realizaron las operaciones de cálculo de los totales como Unidades Formadoras de Colonias por pie cúbico de aire (UFC/pie³). Las fórmulas utilizadas fueron desarrolladas para el equipo Andersen, considerando un flujo constante de 28.3 l/min (1 pie³/min) e incluyen la corrección asociada a la posibilidad de que una partícula no haya entrado a la muestra por haberse saturado ese orificio de entrada (Macher, 1989). Dichas fórmulas son las siguientes:

$$\% \text{ partículas viables por estrato del Andersen} \approx \frac{\text{num de colonias por estrato}}{\text{num total de colonias}} * 100$$

$$UFC / \text{pie}^3 \approx \frac{\text{Num total de colonias}}{\text{Tiempo muestreado}}$$

En donde:

Num total de colonias = UFC

Tiempo muestreado = minutos (min)

Caudal característico del muestreador Andersen = 1 pie³/min (28.3 l/min)

Los resultados se presentan en tablas, así como en gráficas que representan la distribución en porcentaje de los organismos encontrados en las placas del equipo Andersen para los puntos de mayor generación de cada una de las cuatro áreas que conforman el sitio de estudio.

Esquematación de la dispersión de los aerotransportables a partir de las fuentes generadoras.

Con los resultados obtenidos se elaboraron planos de isoconcentraciones de los materiales aerotransportables presentes, utilizando el software SURFER 8, con los datos de georreferenciación de los sitios, obteniendo una representación gráfica de la que se observaron los puntos de mayor generación de material aerotransportable en el sitio, los cuales fueron

analizados y se elaboraron recomendaciones en función de dichos resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los resultados obtenidos (en UFC/pie³) para las cuantificaciones de material aerotransportable en los sitios que conforman el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Mérida.

Las concentraciones máximas de aerotransportables se obtuvieron en el frente de trabajo del Relleno Sanitario (RS); mientras que en la cuantificación de los hongos, el sitio de mayor presencia fue la Planta de Separación (PS). En dichas mediciones las condiciones meteorológicas (temperatura, velocidad del viento y humedad relativa) se encontraban en condiciones similares, por lo que se asocian los

resultados a los tipos y condiciones de residuos en el momento del muestreo. Por otra parte, los promedios de generación indicaron que los sitios de mayor generación de aerotransportables fueron la Planta de Composteo (PC) y las Lagunas de Lixiviados (LL), lo cual se justifica al establecer un mayor movimiento de los residuos al realizar las actividades de molienda y volteo de las pilas de composteo. En los tres sitios que componen el área de estudio, se encontraron los mismos organismos, aunque en cantidades distintas,

de tal forma que la Planta de Composteo y los sitios del frente de trabajo y la Planta de Separación en los cuales se realizaban actividades de manejo, volteo o compactación de residuos, fueron los que presentaron una mayor cantidad de material aerotransportable. Por otra parte, la presencia de una especie indicadora en estudios de aerotransportables en exteriores, el *Aspergillus*, se encontró de manera consistente en los muestreos realizados en el sitio de la Planta de Composteo.

Tabla 1. Resultados obtenidos en la cuantificación de material aerotransportable

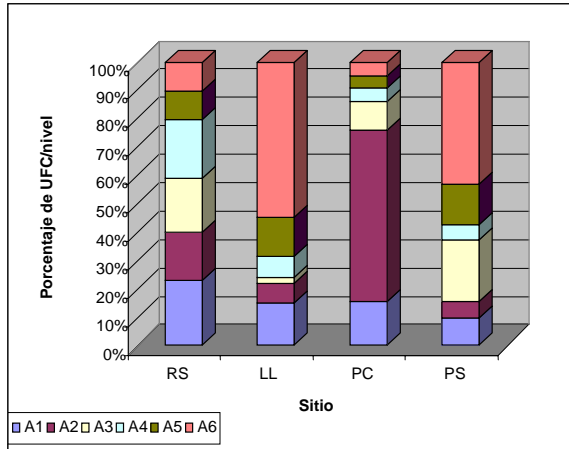
Puntos De Muestreo	1er Conteo Gral. UFC/pie ³	2do Conteo Gral. UFC/pie ³	3er Conteo Gral. UFC/pie ³	Prom	1er Conteo De Hongos UFC/pie ³	2do Conteo De Hongos UFC/pie ³	3er Conteo De Hongos UFC/pie ³	Prom	1er Conteo Estafilococos UFC/pie ³
SITIO TESTIGO									
1	28	64.2	100.8	42	40.2	47.2	24	43	4
2	28	24	95.6	26	36	8	2	17	4
PROM. GEO	28.00	39.25	98.17	33	38.04	19.43	6.93	27	4.00
DESV. EST	0.00	28.43	2.60	-	38.04	19.43	6.93	-	0.00
RELLENO SANITARIO (RS)									
1	1919.2	58.2	120.2	301	20	18	14	19	10
2	1304.4	125.8	257.4	368	50.8	136.6	70.6	82	8
3	1399.2	50.2	495.8	242	22.2	119.6	136.4	50	589
4	1379.2	142	265.8	402	117.8	22	8	50	67
5	1053.4	178.2	211.4	394	34	18	42.2	25	18
6	657	261	259.4	386	44.2	26.2	53.2	34	14
7	541.8	64.2	168.2	181	64.2	2	32.2	11	22
8	622.4	84.8	144.4	221	48.2	28	12	37	12
9	360.6	128.6	135.8	209	14	20	2	17	92.2
10	249.6	62.4	155	122	36.2	22	24	28	253.8
12	202.4	228	107.2	209	22	28	14	25	8
PROM. GEO	702.42	108.36	190.88	259	36.15	24.72	22.15	30	32.24
DESV. EST	562.64	71.78	110.76	-	29.16	44.28	39.04	-	177.97
PLANTA DE COMPOSTEO Y LAGUNAS DE LIXIVIADOS (PC y LL)									
11	343.6	482	367.4	385	36	16	8	24	52.8
14	535	284.8	155	350	18	20	369.2	21	8
15	731.6	823	111.4	662	42.2	-	121.6	36	48.4
16	277.6	505.8	790.4	357	14	148.2	291.6	50	20
PROM. GEO	439.57	488.92	266.10	422	24.87	36.20	101.16	31	25.29
DESV. EST	204.65	222.65	310.41	-	24.87	36.20	101.16	-	21.77
PLANTA DE SEPARACIÓN (PS)									
13	369.6	551.6	156.6	420	22	4	80.6	9	315.6
17	128.2	287.2	264	187	8	8	351.6	8	60.6
18	114	411.2	371.4	206	36	30.2	134.6	33	163.8
19	949.8	165.8	128	335	24	12	117.6	17	60.4
20	210.2	298	109.4	239	127.8	22	104.2	53	30.2
PROM. GEO	255.01	317.35	184.71	265	28.69	12.06	136.13	18	89.41
DESV. EST	348.02	145.52	110.20	-	48.13	10.71	110.17	-	117.40

Diversos estudios han demostrado presencias de hongos de 28,320.5 UFC/pe³ (1'008,027.77 UFC/m³) (Wheeler et al. 2001) y de hasta 1'897,479.46 UFC/pe³ (67'539,265.39 UFC/m³) (Parvaneh et al. 2002), por lo que las cantidades cuantificadas en el sitio no se consideran como una generación significativa.

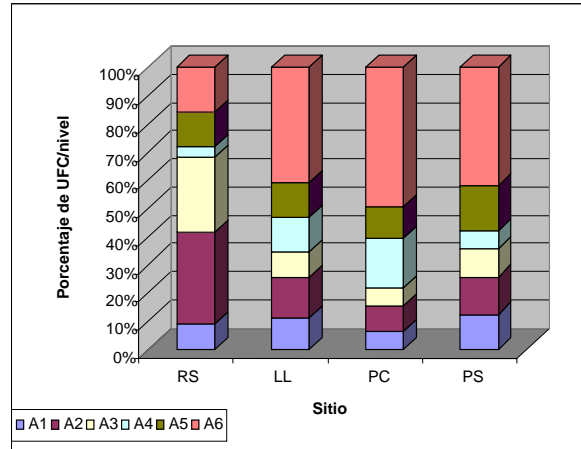
En el sitio testigo se encontró presencia de material aerotransportable, sin embargo, las especies

identificadas fueron principalmente levaduras y hongos comunes, que son asociados a la vegetación e incipiente desarrollo urbano en las cercanías.

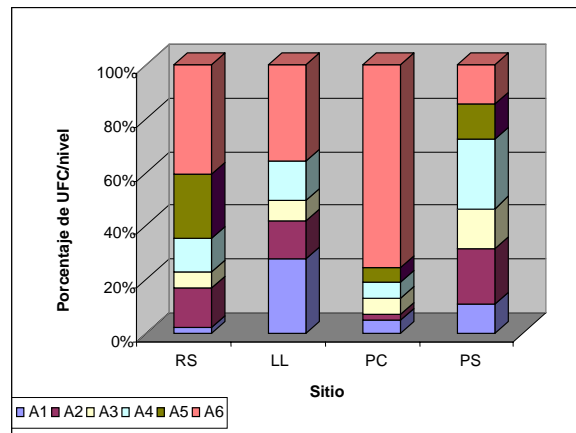
Las Figuras 2 y 3, representan la distribución del material aerotransportable encontrado en los puntos de mayor incidencia, en cada uno de los estratos del equipo Andersen.



A: Primer Muestreo



B: Segundo Muestreo



C: Tercer Muestreo

Figura 2. Distribución de los organismos en cada estrato del equipo Andersen para los puntos de mayor presencia en el conteo general de aerotransportables.

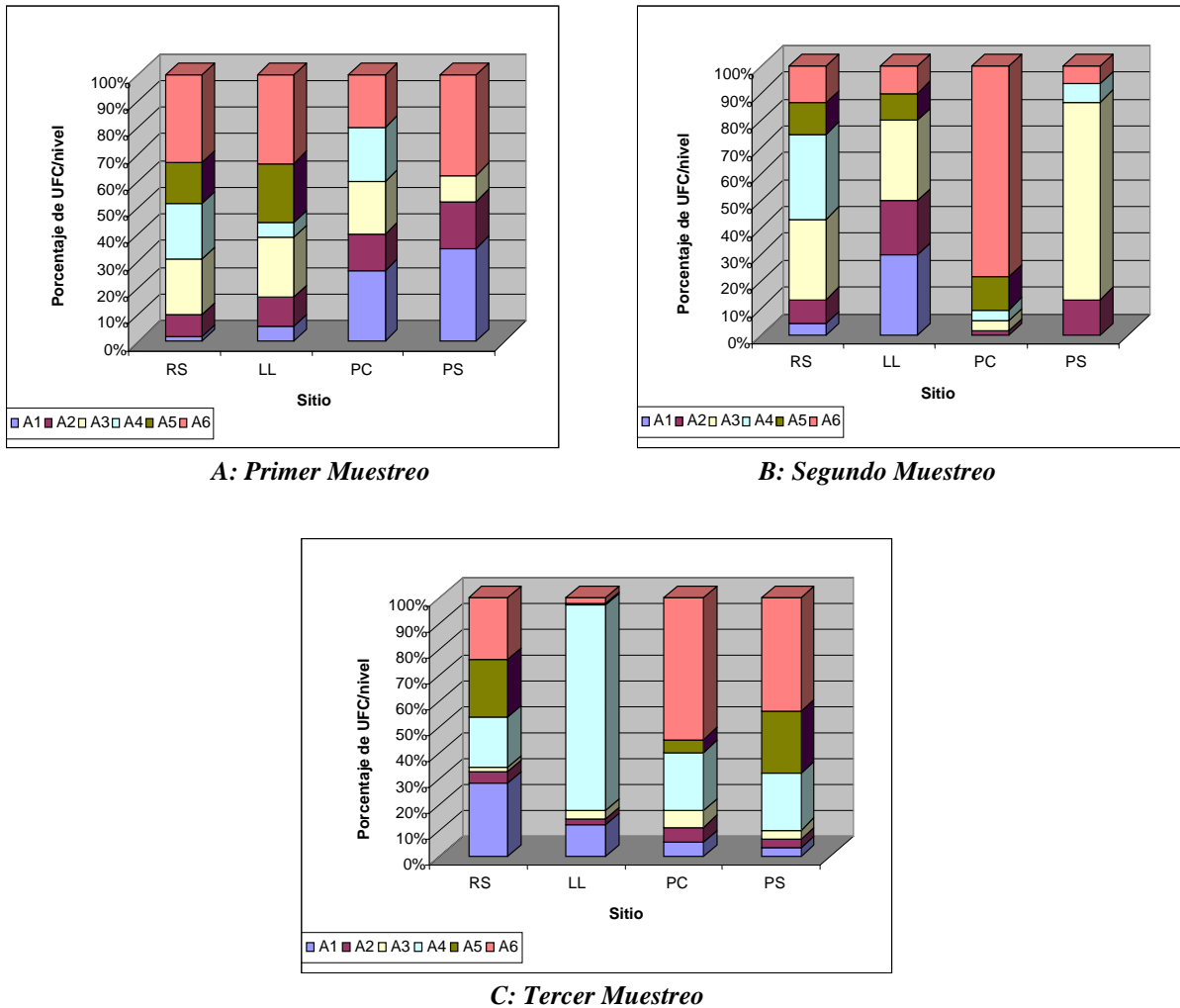


Figura 3. Distribución de los organismos en cada estrato del equipo Andersen para los puntos de mayor presencia en el conteo de hongos.

En las Figuras 2 y 3, se puede observar la mayor tendencia a la acumulación de material aerotransportable en los estratos mayores del Andersen, en especial en los estratos 3, 4, 5 y 6; esto implica la presencia de material muy pequeño (entre los 1.1 y 4.7 μm), lo cual resulta perjudicial a la salud dada la acumulación de dichos organismos en los tractos más pequeños del aparato respiratorio, como lo son los pulmones, bronquios y alvéolos. Dicha acumulación puede provocar, según el tipo de organismo respirado, diversas enfermedades alérgicas, respiratorias crónicas y enfermedades infecciosas graves.

Como se puede ver en las Figuras 2 y 3, existió una tendencia a la dispersión de material aerotransportable de pequeño tamaño, en especial en los sitios de la Planta de Composteo y las Lagunas de Lixiviados. En estos sitios se realizan actividades de molienda de material orgánico y volteo de las pilas de composta, por lo que los trabajadores, tienen contacto directo con los materiales que se suponen dispersados al momento de la ejecución de dichas actividades; de esta forma este sitio es que se considera de mayor riesgo para los trabajadores.

Los resultados de la dispersión de material aerotransportable en el sitio de estudio, se muestran en las Figuras 4, 5 y 6, para los diferentes tipos de muestreo realizados.

En la Figura 4, se presenta la distribución de material aerotransportable para los tres muestreos realizados de conteo general de aerotransportables viables. En el primer muestreo realizado, los vientos tuvieron una dirección dominante de SSW, con una velocidad promedio de 3.2 m/s, lo cual se aprecia en la dispersión del material aerotransportable a partir de la fuente principal identificada como el frente de trabajo del Relleno Sanitario (RS), el cual se encontraba en operación al momento de la toma de muestra. El segundo muestreo se realizó con vientos con dirección ESE con una velocidad promedio de 8.9 m/s y durante la actividad de volteo de las pilas para su aireación. Finalmente, en el tercer muestreo se tuvo un viento dominante del Sur, con una velocidad promedio de 8.22 m/s y se observaron dos puntos de generación localizados en el nuevo frente de trabajo

del Relleno Sanitario RS (punto 9) y la Planta de Composteo (punto 16), en la cual se encontraba realizando el volteo de las pilas al momento de la toma de muestra.

Las velocidades que han sido consideradas como un rango de vientos necesarios para la volatilización y dispersión de aerotransportables son de 0.5 a 1.0 m/s (Jones & Harrison 2003). La anterior afirmación, permite relacionar las mayores concentraciones de material aerotransportable registradas durante el primer muestreo realizado, en el cual se registraron las menores velocidades de viento, las cuales fueron de 1.6 a 4.8 m/s y concentraciones de aerotransportables de hasta 1,919.2 UFC/pe³ (68,312.39 UFC/m³).

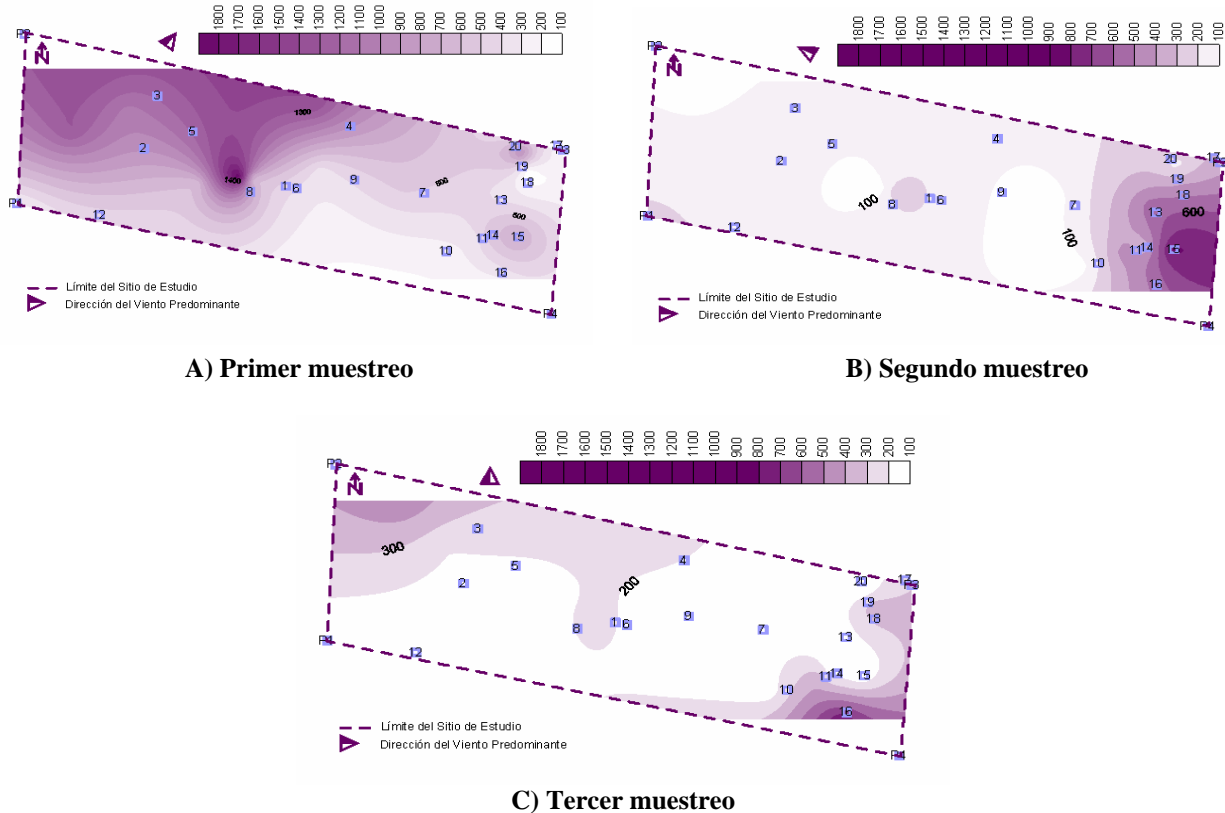


Figura 4. Distribución de la concentración de material aerotransportable viable en los tres muestreos, respectivamente.

La Figura 5, representa la dispersión de los datos obtenidos en los tres muestreos realizados para conteo de hongos. El primer muestreo se realizó con una predominancia de vientos de SSE con una velocidad promedio de 4.0 m/s y representa la dispersión a partir de la Planta de Composteo como mayor generador y un punto del frente de trabajo situado al norte, que pudiera representar la dispersión del Relleno Sanitario dada la dirección del viento. El

segundo muestreo se realizó con una predominancia de vientos de SSW, con velocidades promedio de 5.0 m/s y se aprecia la dispersión a partir de un punto específico en la Planta de Composteo y en el frente de trabajo del Relleno Sanitario; esta generación puntual se asocia a las actividades de trituración y compactación respectivamente, realizados al momento del muestreo. El tercer muestreo fue realizado con vientos predominantes de WSW, con

una velocidad promedio de 7.6 m/s, localizando dos puntos de generación significativos, los cuales se ubican en la Planta de Composteo y en la Planta de Separación.

Hay registros que demuestran que la liberación de estas partículas aerotransportables (específicamente los hongos) se incrementan en días secos, conforme aumenta la temperatura, la velocidad del viento y conforme se reduce la humedad relativa (Jones & Harrison 2003). Lo anterior se pudo observar en los aumentos de los valores registrados en el tercer muestreo, sobre todo en la Planta de Composteo y la Planta de Separación, en las cuales se encontraron

puntos con conteos máximos de 369.2 y 351.6 UFC/pie³ (13,141.38 y 12,514.92 UFC/m³) respectivamente.

En la Figura. 6, se muestra el esquema de dispersión obtenido para los resultados de la cuantificación de estafilococos realizada en el tercer muestreo. Dichos resultados se obtuvieron con vientos dominantes de W y NW y una velocidad de vientos de 7 m/s. En este conteo de Estafilococos, se localizó un punto máximo de más de 550 UFC/pie³ (19,576.81 UFC/m³) en el frente de trabajo del Relleno Sanitario que se encontraba en operación al momento de la toma de muestra.

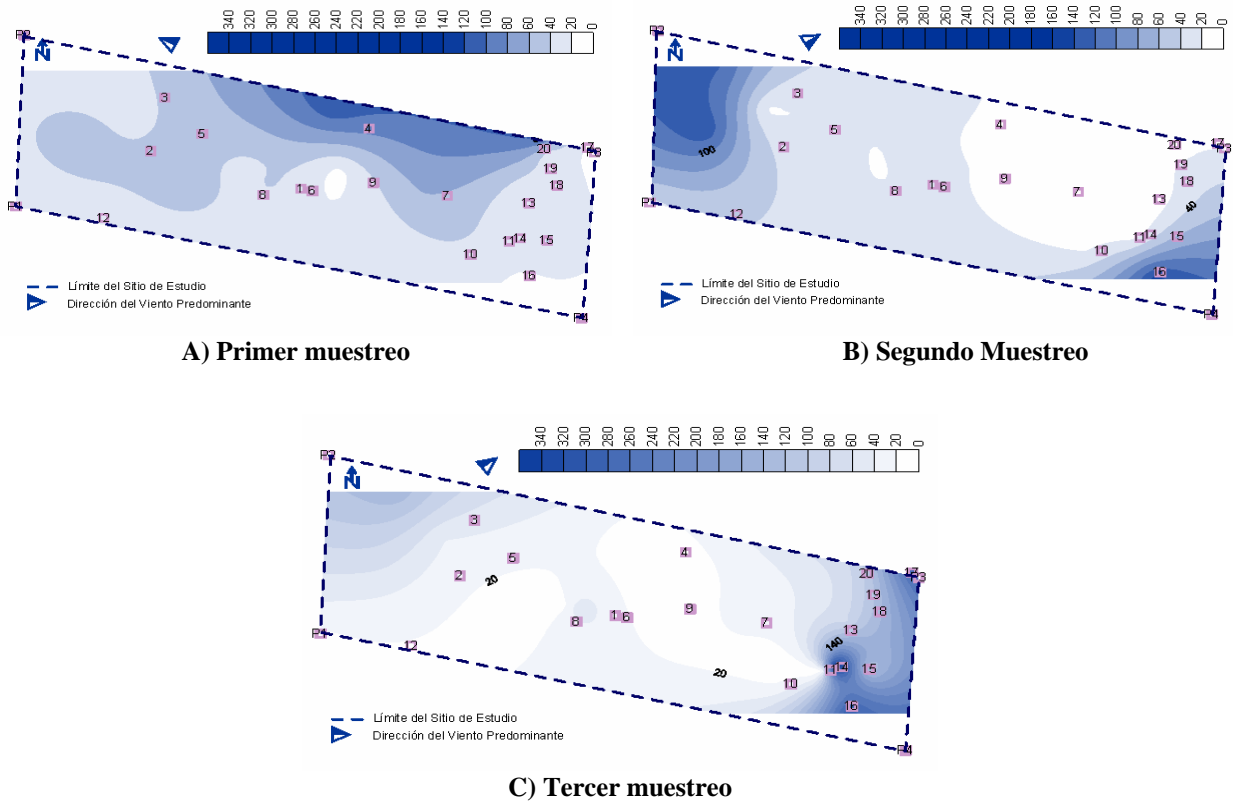


Figura 5. Distribución de la concentración de material aerotransportable viable (hongos) en los 3 muestreos.

También se localizaron otros dos puntos de generación relevantes, uno en las Lagunas de Lixiviados con más de 50 UFC/pie³ (1,779.71 UFC/m³) y otro en la parte posterior a la Planta de Separación cercano a la salida de los residuos ya separados, en donde se registró un valor de 350

UFC/pie³ (12,457.97 UFC/m³). En este esquema de dispersión se aprecia la ausencia de la especie Estafilococos en una gran parte de las instalaciones de los sitios de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de la ciudad de Mérida.

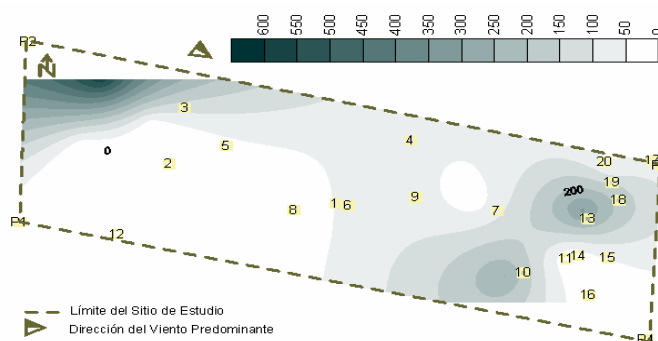


Figura 6. Distribución de la concentración de estafilococos en el tercer muestreo.

Algunas especies de hongos que se lograron identificar, son consideradas como de riesgo a la salud dada la cronicidad o gravedad de las enfermedades que se pueden desarrollar por la respiración de dichos organismos, como por ejemplo las especies pertenecientes a los géneros *Aspergillus* sp., *Candida* y *Trivhopyton*.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron la presencia de material aerotransportable en los sitios de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Mérida. Las cantidades de aerotransportables presentes en los puntos de máxima cuantificación del sitio, se situaron en la parte inferior del rango observado en varios estudios similares realizados a nivel mundial; mientras que el promedio general para cada sitio de muestreo, se ubicó por debajo de los encontrados en sitios similares.

En los esquemas de dispersión de aerotransportables viables, se identificaron tres sitios principales como generadores de material aerotransportable: las zonas de molienda y de volteo de pilas de la Planta de Composteo, la Planta de Separación en su conjunto y el frente de trabajo en operación del Relleno Sanitario. Por otra parte, en los puntos de mayor

generación para cada sitio evaluado se encontraron altos porcentajes de distribución de microorganismos en los estratos A4, A5 y A6 del equipo Andersen.

Se concluye que la presencia de material aerotransportable en el sitio de estudio no se encontró por arriba de los valores obtenidos para sitios similares en otras partes del mundo, sin embargo dadas las condiciones de trabajo (falta de equipo de seguridad), los trabajadores se encuentran expuestos a la respiración de materiales patógenos y alérgenos peligrosos para la salud; por lo que se recomienda, la promoción del uso del equipo de seguridad adecuado durante el manejo directo de los desechos en el sitio, sobre todo durante los procesos de volteo en las pilas de composta y la actividad de segregación de residuos en la Planta de Separación.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades y empresas a cargo de la operación del sitio, por las facilidades prestadas para la realización del presente estudio; a SETASA, en especial al Ing. Luis Fernando Archundia Cañedo, a SUPSA y al H. Ayuntamiento de Mérida. Al Ing. Alfredo Cámara Zi por su colaboración en la georreferenciación del sitio de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archundia L.F. (2000). *Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios sobre Material Cárstico. El caso de Mérida, Yucatán. XXVII Congreso Interamericano de AIDIS*, Porto Alegre, Brasil.
- Beffa T., Staib F., Lott Fisher J., Lyon P.F., Gumowski P., Marfenina O.E., Dunoyer-Geindre S., Georgen F., Roch-Susiki R., Gallaz L., Latgé J.P. (1998). *Mycological Control and Surveillance of Biological Waste and Compost. Medical Mycology*, 36 (suppl.I), 137-145.
- Canup N.D. (2000). *Andersen Viable (Microbial) Particle Sizing Samplers. Operation Manual (TR#76-900042)*, Andersen Instrument Inc. Smyrna, GA.
- Clark C.S., Bjornson H.S., Schwartz-Fulton J. et al (1984). *Biological health risks associated with the composting of wastewater treatment plant sludge. Journal WPCF*, 56, 1269-1276. en Breum N.O., Nielsen B.H., Müller Nielsen E., Poulsen O.M. (1996). *Bio-Aerosols Exposure During Collection of Mixed Domestic Waste. An Intervention Study on Compactor Truck Desing. Waste Management and Research*, 14, 527-536.
- H. Ayuntamiento de Mérida (2004). www.merida.gob.mx. Consultado: Marzo 2004.
- Huang C.Y., Lee C.C., Li F.C., Ma Y.P., Su H.J. (2002). *The Seasonal Distribution of Bioaerosols in Municipal Landfill Sites: a 3-yr Study. Atmospheric Environment*, 36 4385-4395.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI (2004). www.inegi.gob.mx. Consultado: Marzo 2004.
- Jones A.M. & Harrison R.M. (2003). *The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – a review. Science of the Total Environment*, 326 (2004) 151 – 180.
- Koneman E., Roberts G. (1990). *Micología Práctica de Laboratorio, Tercera edición. Editorial Médica Panamericana*. Buenos Aires, Argentina.
- Lundholm M. & Rylander R. (1980). *Occupational symptoms among compost workers. Journal of occupational medicine*, 22,256-257. en Breum N.O., Nielsen B.H., Müller Nielsen E., Poulsen O.M. (1996). *Bio-Aerosols Exposure During Collection of Mixed Domestic Waste. An Intervention Study on Compactor Truck Desing. Waste Management and Research*, 14, 527-536.
- Malmros P, Sigsgaard T & Bach B. (1992). *Occupational health problems due to garbage sorting. Waste management & research*, 10, 227-234. en Breum N.O., Nielsen B.H., Müller Nielsen E., Poulsen O.M. (1996). *Bio-Aerosols Exposure During Collection of Mixed Domestic Waste. An Intervention Study on Compactor Truck Desing. Waste Management and Research*, 14, 527-536.
- Macher, J.M. Positive-hole correction of multiple-jet impactors for collecting viable microorganisms; *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **1989**, 50(11), 561-568.
- Olds R.J. (1982). *Atlas de Microbiología. Editorial Científico – Médica*.
- Parvaneh S, Johansson E, Elfman LH, van Hage-Hamsten M. (2002). *An ELISA for recombinant Lepidoglyphus destructor, Lep d 2, and the monitoring of exposure to dust mite allergens in farming households. Clin Exp Allergy*, 32: 80-6. En: Swan J.R.M., Kelsey A., Croock B. And Gilbert E.J. (2003). *Ocupational and Environmental Exposure to Bioaerosols from Compost and Potencial Health Effects – A Critical Review of Publishing Data. The composting Asociation and Health and Safety Laboratory*, Research Report 130 for the Health and Safety Executive 2003.
- Sigsgaard T., Malmros P., Nersting L., Petersen C. (1994). *Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. American journal of respiratory critical care medicine*, 149, 1407-1412.
- Wheeler PA., Stewart I, Dumitrean P, Donovan B. (2001) *Health effects of composting. - A Study of Three Compost Sites and Review of Past Data Environment Agency. R&D Technical Report P1-315/TR, Environment Agency, Bristol*. En: Swan J.R.M., Kelsey A., Croock B. And Gilbert E.J. (2003). *Ocupational and Environmental Exposure to Bioaerosols from Compost and Potencial Health Effects – A Critical Review of Publishing Data. The composting Asociation and Health and Safety Laboratory*, Research Report 130 for the Health and Safety Executive 2003.