

Determinación del contenido de finos en las Canteras Mariel

Determining the fines content in the Mariel Quarries

María Cristina Olivera-Ferrer^{1*}, Leonis Ragnar-Medina², Anel Hernández-Garcés²

¹Universidad de La Habana, Cuba.

²Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.

*Autor para correspondencia: maryc.olivera@gmail.com

Resumen

La actividad minera en las canteras es una fuente importante de contaminación coniótica del aire al producir grandes cantidades de material particulado que afectan la salud humana y los ecosistemas. El presente trabajo tuvo por objetivo determinar, por el método gravimétrico, el contenido de finos (partículas menores de 0,074 mm) en los caminos no pavimentados desde el frente de canteras "La Molina" hasta los centros productivos de la Unidad Empresarial de Base Canteras Mariel, así como en las pilas de almacenamiento de los áridos. Se analizaron muestras de 30 g tomadas en 11 puntos de los caminos no pavimentados y en las pilas de cada tipo de árido (granito, arena, gravilla y macadam). Se obtuvo un 24,9 % de concentración de finos promedio para los caminos no pavimentados, cifra que duplica los valores reportados en la literatura para actividades de carácter extractivo; igualmente se encontró que esos finos se adhieren mayormente, por la acción del viento y la lluvia, a los surtidos de mayor granulometría dispuestos en pilas, propiciando la contaminación de las producciones.

Palabras clave: material particulado; contenido de finos; pilas de áridos; caminos no pavimentados; contaminación coniótica.

Abstract

An important source of coniotic air pollution is mining activity in quarries, what produces large quantities of particulate matter that affects human health and ecosystems. The purpose of this work is to determine by the gravimetric method, the content of fines (particles smaller than 0.074 mm) in the unpaved roads from the front of "La Molina" quarries to production centers from Canteras Mariel Base Business Unit as well as in the aggregate storage piles. Samples of 30 g taken at 11 points of the unpaved roads and in the piles of each type of aggregate (granite, sand, gravel and macadam)

were analyzed. A 24.9% concentration of average fines for unpaved roads, a figure that doubles the values reported in the literature for extractive activities. It was also found that due to the action of wind and rain, these fines adhere mostly to the assortments of greater granulometry arranged in piles, what causes the production to be contaminated.

Keywords: particulate material, fines content, aggregate piles, unpaved roads; coniotic pollution.

1. INTRODUCCIÓN

Las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) utilizan el término material particulado (MP) para referirse a partículas suspendidas en el aire, debido tanto a causas naturales como por acciones humanas.

El MP con diámetro aerodinámico $\text{Ø}10 \mu\text{m}$ (MP_{10}) y $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2,5}$) puede ser emitido por numerosas fuentes (plantas de energía, fábricas de cemento y de diverso tipo, volcanes, incendios forestales y pastizales, atomizadores o aerosoles); fuentes no puntuales (camiones, automóviles, actividades agrícolas, caminos de terracería, ranchos ganaderos) y sitios de construcción.

La Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA) refiere que el término polvo se aplica a partículas sólidas, inanimadas y no solubles en agua que se originan a raíz de la disgregación de materiales rocosos o de suelos (ANEFA 2021). La emisión excesiva de polvo puede generar riesgos para la salud de los trabajadores, daños al medio ambiente e incidencias en la producción. Este tipo de contaminación es un problema complejo de creciente interés ambiental, sanitario y económico (Romeo *et al.* 2017).

Debido a su densidad y tamaño, cuanto más pequeña es la partícula de polvo, mayor es el tiempo en que permanece en el aire (Flores, Sukla y Wang 2011). El informe de sostenibilidad de Cerrejón (2013) declara que la emisión de polvo desde las superficies de trabajo durante el proceso de explotación de un yacimiento puede constituir un riesgo potencial para el ambiente y las comunidades cercanas.

Conde, Blet y González (2003) consideran que la actividad que genera mayor cantidad de partículas a la atmósfera es el transporte minero, el cual se realiza mediante equipos pesados (camiones) que trasladan el mineral hacia el punto de recepción a través de caminos no pavimentados.

La presente investigación fue desarrollada en la UEB Canteras Mariel, productora de áridos, procedentes de la desintegración de las rocas, fundamentalmente calizas y calizas dolomitizadas, que poseen dimensiones variadas desde 0,074 mm hasta un tamaño máximo especificado. Entre estos

productos se pueden encontrar áridos finos y áridos gruesos, compuestos por polvo de piedra, arena, gravilla y granito, respectivamente.

En el análisis granulométrico de un agregado, las partículas más finas del tamiz 200, o sea, las que tienen un diámetro menor de 0,074mm se denominan finos (Norma Cubana 182, 2002). Estas partículas, al quedar suspendidas en el aire después de cada pasaje del vehículo por caminos no pavimentados, experimentan fenómenos de erosión eólica por la acción del viento que las transporta a distancias variables. Se desconoce el impacto mediambiental de estas emisiones de polvo.

Estudios desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA 2016) han sido ampliamente utilizados como la fuente más confiable de estimación de factores de emisión de los principales contaminantes del aire para diversas actividades industriales ligadas a la extracción de minerales, creándose una dependencia directa entre el contenido de finos y el factor de emisión, que propicia realizar una posterior evaluación del impacto sobre la calidad del aire (Hernández-Garcés *et al.* 2015; Ordoñez-Sánchez *et al.* 2018; Hernández-Garcés *et al.* 2021).

El contenido de finos juega un papel importante en la determinación de los factores de emisión de partículas a la atmósfera (EPA 2016). Con estos factores de emisión se puede estimar el impacto en la calidad del aire de las emisiones provenientes de una cantera.

Este trabajo tuvo el propósito de determinar el contenido de finos en los caminos no pavimentados desde el frente de canteras "La Molina" hasta los centros productivos de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Canteras Mariel y en pilas de almacenamiento de áridos, donde tienen lugar grandes emisiones de partículas que causan afectaciones al ecosistema.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Ubicación y descripción del área de estudio

La determinación del contenido de finos se realizó en la UEB Canteras Mariel, yacimiento La Molina (Figura 1) ubicada al noreste de Artemisa en la parte sur de la vía Mariel-playa El Salado, entre la carretera de Machurrucutu y la Autopista Nacional Habana-Pinar del Río. El yacimiento se encuentra a 5 km del poblado de El Mariel y a 7 km de Guanajay.



Figura 1. Ubicación del yacimiento La Molina en Mariel (<https://www.google.com/maps/search/cantera+Mariel>).

La UEB Canteras Mariel cuenta con tres centros productivos: Molina I, II y III (Figura 2) y están interconectados con un frente de canteras o yacimiento (Figura 3) por una red de caminos no pavimentados. Los principales materiales que se producen son arena, gravilla, granito y macadam.



Figura 2. Centros Productivos de la UEB Canteras Mariel.



Figura 3. Frente de canteras (yacimiento) La Molina.

La determinación del porcentaje de material fino que contiene el árido se obtuvo por el método gravimétrico según NC 182:2002, a través de la siguiente expresión:

$$\frac{a - b}{a} * 100$$

Donde:

a: peso de la muestra original seca

b: peso de la muestra seca después de Lavada

Estas determinaciones se realizaron en el laboratorio físico de la Empresa de Canteras, perteneciente al Ministerio de la Construcción (MICONS), ubicado en calle Colón entre Independencia y Río Mordazo, reparto Martí, municipio Cerro, La Habana, Cuba.

2.2 Determinación del porcentaje de contenido de finos en los caminos no pavimentados

Se realizó un muestreo puntual empleando un depósito para muestra de alrededor 30 g del material de la superficie de los caminos no pavimentados que conducen hacia los tres centros productivos (CP) Molina I, II y III y de los áridos apilados (granito, arena, gravilla y macadam). Fueron muestreados 11 puntos desde el frente de Canteras hacia los centros productivos (Figura 4).

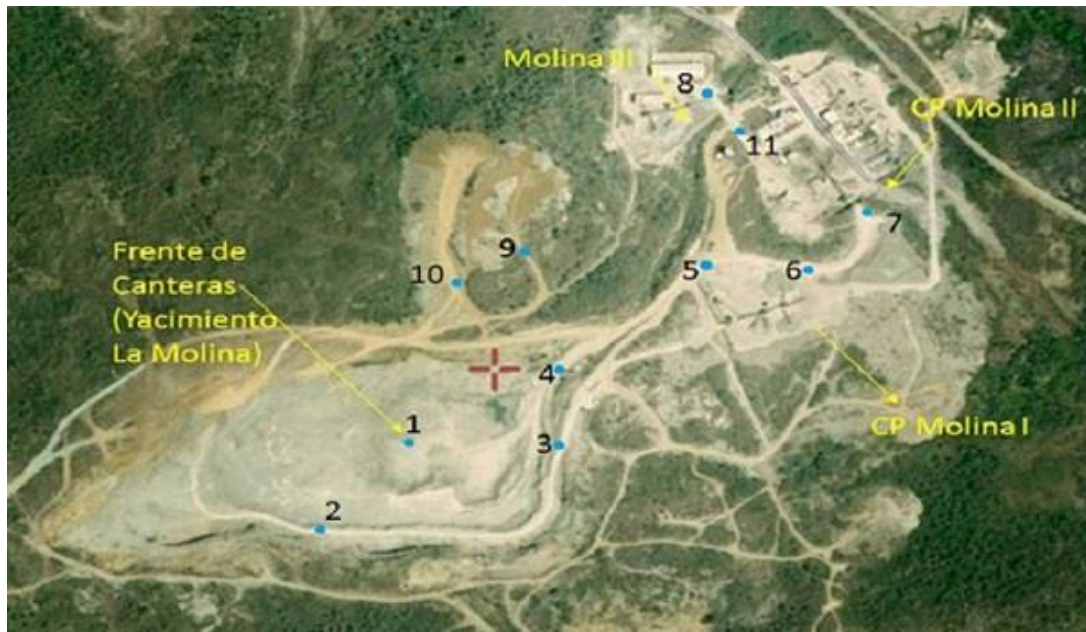


Figura 4. Representación de los puntos de muestreo en caminos no pavimentados.

Las muestras (una por cada punto) de 30 g fueron homogenizadas y cuarteadas para garantizar que estuvieran representadas todas las fracciones granulométricas. Luego fueron sometidas a un tamizado húmedo a través de un tamiz de diámetro 0,074 mm. Dicha suspensión fue decantada y secada en una estufa a convección forzada. Posteriormente, por el método gravimétrico, se determinó el porcentaje de material fino, el cual fue comparado con valores medios reportados en la literatura para caminos mineros no pavimentados (UNESO 2002), según Tabla 1.

Tabla 1. Valores típicos del contenido de finos en caminos mineros correspondientes a diferentes tipos de yacimientos. Fuente: UNESCO 2002

Tipos de actividades	Contenido de finos (%)
Canteras	14,1
Extracción de arenas	4,8
Minas de carbón:	
a) Vías de transporte	8,4
b) Área de explotación	17
Pista revestida con macadán	9,6

2.3 Determinación del contenido de finos en las pilas de áridos

Para determinar en las pilas de acopiamiento el contenido del material granular de diámetro inferior a 0,074 mm (bajo malla no. 200) se realizó un

muestreo puntual, según NC 671:2008, colectando una muestra de alrededor 30 g en la superficie de las pilas de cada tipo de árido (granito, arena, gravilla y macadam) en sus respectivos patios de acopio. El procedimiento para determinar luego por el método gravimétrico el porcentaje de material fino que contiene el árido fue similar al de las muestras de los caminos no pavimentados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Valores de concentración de finos en los caminos no pavimentados

Los resultados muestran (Tabla 2) que en los caminos no pavimentados el valor promedio de concentración de finos es de 24,9 %. Este valor prácticamente duplica el reportado en la literatura (Tabla 1) para actividades extractivas.

Tabla 2. Porcentaje de la concentración de finos en las muestras del yacimiento y los caminos no pavimentados

Muestras	Descripción	Contenido de finos (%)
1	Inicio de la barrenación y voladura en el yacimiento	26,58
2	Camino alternativo del yacimiento a los Centros Productivos (CP)	25,17
3	Camino alternativo del yacimiento a los Centros Productivos (CP)	23,33
4	Camino principal del yacimiento a los Centros Productivos (CP)	19,93
5	Camino principal del yacimiento a los Centros Productivos (CP)	27,96
6	Camino principal del CP Molina I en dirección al CP Molina II	28,15
7	Final del camino entrada a tolva receptora del CP Molina II	28,62
8	Camino principal próximo al CP Molina III	21,67
9	Camino no principal	19,87
10	Camino no principal	24,67
11	Camino principal próximo al edificio socio-administrativo	27,87
Valor Promedio		24,89

Los mayores valores de concentración de finos (28,62) se obtuvieron en la entrada de la tolva receptora del principal centro productivo Molina II encargada de procesar la totalidad de surtidos de áridos. También se evidencian altos valores en los caminos no pavimentados principales que conducen a los tres centros de producción, debido al gran trasiego de equipos pesados (camiones fuera de caminos, grúas, excavadoras, planta de trituración móvil) así como en el frente de canteras, donde tiene lugar el proceso de barrenación y voladura.

3.2 Valores de concentración de finos en las pilas de áridos

En relación con la concentración de finos en las pilas (Tabla 3), los mayores valores de contenido se asocian a los materiales que poseen un mayor tamaño granulométrico (según NC 991:2013), ya que por la acción del viento y la lluvia estos logran adherirse a la superficie.

Tabla 3. Porcentaje de la concentración de finos en las muestras de las pilas de áridos

Número de Muestras	Material pilado muestreado	Tamaño granulométrico (mm)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Contenido de finos (%)
1	Granito	10-13	30,2	4,5	14,90
2	Arena	0,149-4,76	29,9	0,5	1,67
3	Gravilla	25-19	30,4	5,5	18,09
4	Macadam	30-40	30,2	5,0	16,56

Nuevos estudios deberían enfocarse en evaluar mediante modelos de dispersión el impacto sobre la calidad del aire de las emisiones producidas por los áridos aquí analizados. A partir de los resultados de este estudio puede señalarse que la mayor cantidad de material particulado se concentra en los caminos no pavimentados en comparación con el que se acumula en las pilas de acopiamiento de áridos material.

4. CONCLUSIONES

- La concentración de fino promedio obtenida, de 24,9 %, prácticamente duplica los valores reportados en la literatura para actividades de

carácter extractivas, lo que evidencia un alto nivel de contaminación por polvo en las Canteras Mariel.

- En las pilas de acopiamiento la adherencia de finos es desfavorable, pues además de las afectaciones que provoca a la salud humana, se propicia la contaminación de las producciones.

5. REFERENCIAS

ANEFA. 2021: Explotaciones de áridos y Medio Ambiente. España, 76 p. Consulta: 20/02/2023. Disponible en: <https://www.aridos.org/manual-de-aridos/>

UNESCO. 2002: Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de aspectos geológicos de protección ambiental. Brasil. Consulta: 20/02/2023. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4012/campinasprimeras.pdf/>

Cerrejón. Minería Responsable. 2013: Gestión de la calidad del aire. En: Informe de Sostenibilidad. Consulta: 20/02/2023. Disponible en: <https://www.cerrejon.com/sites/default/files/2021-08/informe-de-sostenibilidad-2013.pdf/>

Conde, A. P.; Blet I. C. y González L. M. 2003: Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto. Repositorio Nínive. Universidad de Moa.

EPA. AP 42. 2016: *Compilation of Air Emissions Factors*. Chapter 11: Mineral Products Industry US. Consulta: 20/02/2023. Disponible en: [AP-42: Compilation of Air Emissions Factors from Stationary Sources | US EPA](#)

Flores, J. P; Sukla, M. K. and Wang, J. 2011: Particulate Matter Dispersed by Vehicles Running on Agricultural Unpaved Roads. *Terra latinoamericana*, 29(1): 23-34. ISSN 2395-8030. Consulta: 20/02/2023. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000100023

Hernández-Garces, A.; Jauregui-Haza, U.; Souto-González, J.; Casares-Long, J.; Saavedra-Rodríguez, S. y Guzmán-Martínez, F. y Torres Valle, A. 2015: Estado actual de los modelos de dispersión atmosférica y sus aplicaciones. UCE Ciencia. *Revista de Postgrado*, 3(2): 1-17.

Hernández-Garces, A.; Peña-Cossío, R.; Bilbao, F. H. y González, J. A. 2021: Distribución espacial de la emisión de contaminantes a la atmósfera emitidos por centrales azucareros villaclareños. *Centro Azúcar*, 48(3): 29-40.

Norma Cubana 182. 2002: Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074 mm. Método de ensayo.

Norma Cubana 671. 2008: Áridos. Toma de muestras.

Norma Cubana 991. 2013: Áridos. Términos y definiciones.

Ordoñez-Sánchez, Y. C.; Reinoso-Valladares, M.; Hernández-Garcés, A. y Canciano-Fernández, J. 2018: Aplicación de modelos simplificados para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Caso de estudio. *Revista Cubana de Química*, 30(1): 90-103.

Romeo, A.; Capelli, L.; Sironi, S.; Nano, G.; Rota, R.; and Busini, V. 2017: Dust emission and dispersion from mineral storage piles. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 22663-22672. DOI 10.1007/s11356-017-9881-9.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

MCOF: Idea del estudio, revisión bibliográfica, toma de muestras, trabajos en el laboratorio físico de la Empresa de Canteras, interpretación de los resultados, redacción de la versión final. LRM: Revisión bibliográfica, toma de muestras, interpretación de los resultados, revisión y aprobación de la versión final. AHG: Análisis y recopilación de la información y metodologías empleadas para la determinación del contenido de finos, interpretación de los resultados, revisión y corrección de la versión final.

ORCIDs

MCOF: <https://orcid.org/0000-0002-6902-6503>

LRM: <https://orcid.org/0000-0003-2634-9027>

AHG: <https://orcid.org/0000-0002-3666-1746>

Recibido: 16/03/23

Aceptado: 21/10/23