

a 150 mg del metal por gramo de biomasa, condiciones que se cumplen en muchos casos.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALLOWAY, B.J.: *Heavy metals in soils*, John Wiley & Sons, New York, 1990.
- CONNER, J.R.: *Chemical fixation and solidification of hazardous wastes*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- CZUPYRNA, G.; R.D. LEVY; A.I. MACLEAN and H. GOLD.: *In situ immobilization of heavy-metal-contaminated soils*, Noves Data Corporation, New Jersey, 1989.
- EHRlich, H.L. and C.L. BRIERLEY.: *Microbial mineral recovery*, McGraw Hill, New York, 1990.

- FERGUSON, J.E.: *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*, Pergamon Press, Oxford, 1990.
- FÖRSTNER, U. and G.T. WITTMANN: *Metal pollution in the aquatic environment*, Springer Verlag, 1979.
- FURNESS, R.W.: *Heavy metals in the marine environment*, CRC Press, Florida, 1990.
- GADD, G.: «Biosorption», *Journal of chemical technology and biotechnology*, 1992.
- MARAÑÓN, E.: «Eliminación y recuperación de metales pesados en efluentes industriales», *Retema*, no. 17, 1990.
- ROMÁN, F.: *Introducción a la recuperación y reciclado de los metales no ferreos*, Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid, 1992.
- SALOMONS, W and V. FÖRSTNER.: *Metals in the hydrocycle*, Springer Verlag, 1984.

## MINIGEOGRAFÍA DE CUBA

**TODA LA INFORMACIÓN  
QUE USTED NECESITA  
SOBRE EL ARCHIPIÉLAGO  
CUBANO**



Es una obra con la cual los autores han querido generalizar y sintetizar los conocimientos actualizados sobre el medio físico y la economía del Archipiélago Cubano.

En los últimos años numerosos científicos y especialistas cubanos y foráneos, han logrado alcanzar un conocimiento muy preciso sobre la naturaleza del país, incluso se han estudiado nuevos territorios en los grupos insulares y se han modificado diferentes espacios naturales para el desarrollo del turismo.

Esta riqueza de datos y conocimientos estaban necesitando un esfuerzo sistematizador, para brindar a otros especialistas, dirigentes políticos y administrativos, inversionistas, publicistas, turistas y al público en general una obra relativamente breve, sustantiva y compacta, que no intenta, ni puede expresar toda la riqueza de información disponible.

Los capítulos sobre la estructura política y administrativa, la economía y el medio ambiente son de gran actualidad por la frescura de sus datos.

## Un acercamiento al tema de la contaminación atmosférica

**Gilberto Hurtado Freyre\***  
**Eulicer Fernández Maresma\*\***

\* Máster en Protección del Medio Ambiente y los Georrecursos. Profesor instructor. Dpto. de Eléctrica. Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM). Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329.  
\*\* Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Auxiliar. Dpto. de Metalurgia. ISMM. Las Coloradas, Moa, Holguín. CP-83329.

**RESUMEN:** El trabajo trata el tema de la generación de energía y su repercusión en el medio ambiente, y ofrece una visión integradora del aporte de todo un complejo industrial a la contaminación atmosférica en la región. Se establece una metodología que permite determinar un estimado del alcance de estas emisiones a partir del comportamiento de los vientos en la región.

**ABSTRACT:** The present work deals with power generation and its influence on the environment, a general view of all industrial complex anpport in the atmospheric contamination in the region is also shown in this work. Established is a methodology that allows to determine an estimate the range of expansion of emissions under the influence.

### INTRODUCCIÓN

La importancia de proteger nuestro planeta de la degradación y la ruina es prioritario en el pensamiento de la humanidad. Sirvan como ejemplos los desastres ecológicos originados por la guerra del golfo Pérsico, cuando fueron arrojadas a la atmósfera cantidades enormes de gases y hollín producto de la combustión del petróleo o las grandes masas de petróleo esparcidas por el mar como consecuencia de accidentes petroleros. En estas ocasiones el deterioro del medio ambiente ha sido una amenaza que los humanos hemos asumido con preocupación.

Para combatir el deterioro del medio ambiente es necesario conocer la magnitud de los problemas existentes. Hemos de estar convencidos de que sólo la ciencia y la tecnología desarrolladas con inteligencia serán capaces de responder al mayor desafío que se enfrenta el hombre de hoy.

Los últimos veinte años han sido catastróficos para el planeta, ya que la deforestación, la desertización y la contaminación de la atmósfera están comprometiendo irreversiblemente la habitabilidad de nuestro ecosistema llamado Tierra.

El calentamiento global producido por las emisiones gaseosas constituye una amenaza, tanto para la vida en el planeta como para el bienestar humano. Frenar el calentamiento supondría actuar para tratar de atenuar las emisiones de CO<sub>2</sub>, el incremento de la deforestación provocada por una población humana en aumento exponencial, necesitada de espacios para asentamientos, infraestructura y agricultura cada vez mayores.

Tomando como ejemplo el campo de la generación de la energía, se puede ver que este constituye una de las principales problemáticas medioambientales de la época actual, pues su producción por varias vías, aunque necesaria, constituye focos de contaminación para la atmósfera, las aguas y el suelo. Uno de los problemas fundamentales a escala internacional está en la búsqueda del equilibrio entre cómo continuar su desarrollo de la forma más económica posible sin dañar el entorno, pasando los problemas de contaminación energética de un problema local en la primera mitad del siglo a problemas regionales después, y en la actualidad a problemas globales como el llamado «efecto invernadero» y los agujeros en la capa de ozono.

La generación de electricidad en Cuba depende fundamentalmente de una red de termoeléctricas de diferentes diseños y procedencias. Una de esas termoeléctricas es la existente en la Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara, la cual se encuentra a disposición del proceso metalúrgico de la producción de níquel en la región minera de Punta Gorda en la provincia Holguín.

### La generación de energía y su repercusión en el medio

Los impactos provocados por la generación de energía cobran importancia, ya que en las centrales termoeléctricas se genera la mayor parte de la

electricidad que se consume a nivel mundial. Los aspectos de relevancia corresponden a las afectaciones que causan el ruido, el polvo (cenizas), el medio hídrico, y de forma especial, la contaminación atmosférica, esta resulta la de mayor influencia, dado por la presencia de componentes nocivos como el monóxido de carbono (CO); el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), fundamentalmente.

Las emisiones naturales de CO superan en cantidad la masa de las emisiones antrópicas y su formación es el resultado de la combustión incompleta de los combustibles o compuestos de carbono principalmente; su efecto sobre la vegetación es despreciable, en cambio, en relación con el hombre se sabe que la exposición a altas concentraciones puede causar la muerte. El efecto tóxico del CO sobre el cuerpo humano proviene de la relación entre el CO y la hemoglobina de la sangre; se forma el complejo llamado carboxihemoglobina (COHb), que puede inactivar zonas en la hemoglobina de la sangre, necesarias para el transporte de oxígeno. De forma general el CO disminuye la capacidad de autolimpieza de la atmósfera.

Dentro de los compuestos de azufre, el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) constituye el componente mayoritario y primario. La vegetación es una de sus primeras víctimas, por los efectos de las lluvias ácidas, las cuales constituyen una consecuencia directa de los mecanismos de autolimpieza de la propia atmósfera.

El agua de lluvia contaminada tiene un pH entre 3,6 y 4 aunque puede alcanzar valores de 2,6; e incluso, en situaciones límites, de 2 (en niebla). Se puede definir como lluvia ácida a toda precipitación con un pH inferior a 5,6; ella puede precipitar a varios kilómetros del foco emisor. Allí donde se deposita, se inicia una serie de cambios que modifican las características químicas del agua, rebaja el pH de los ríos, aumenta la acidez de las corrientes naturales de agua y los suelos, y acelera la destrucción y envejecimiento de las superficies, materiales y edificaciones.

Los óxidos de nitrógeno son los principales responsables de la polución atmosférica (*smog*) y su efecto recae sobre los organismos vivos, dado el alto grado de toxicidad que presentan. La exposición a altas concentraciones produce irritación nasal y ocular, dificultades respiratorias y hasta la muerte; las concentraciones letales para todas las especies está por encima de los 100 ppm. Los métodos de control de los óxidos de nitrógeno están poco desarrollados a causa del gran número de variables asociadas a los procesos de combustión que intervienen en su formación.

El dióxido de carbono no se considera un contaminante atmosférico ya que es un componente natural del aire; experimenta un ciclo continuo dentro y fuera de la atmósfera, por las actividades de plantas y ani-

males. El aumento de la masa y concentración de CO<sub>2</sub> provoca que la atmósfera, tras absorber la fracción de la energía solar emitida desde la tierra, desarrolle una acción aislante cuyo efecto es conservar el calor cerca de la superficie terrestre. El CO<sub>2</sub> se comporta como un filtro en un solo sentido, pues permite que la luz visible pase e impide que se desplace en sentido opuesto. Este fenómeno se conoce como «efecto invernadero».

No se sabe bien qué pasaría en un mundo más cálido que el actual, pero todas las opiniones coinciden en que cualquier alteración en el equilibrio del clima traerá consecuencias desastrosas, y la fuente más importante es la quema de combustibles fósiles para la obtención de energía.

*Valoración del aporte de la Central Termoeléctrica (C.T.E.) de la Empresa del Níquel Ernesto Che Guevara*

La central termoeléctrica responde a las necesidades del complejo industrial en lo referente al suministro de vapor para el proceso tecnológico. La dependencia entre la operación de la C.T.E. y la producción de níquel es directa, aspecto que condiciona las emisiones de sustancias contaminantes en cantidad y concentración con los niveles productivos de la empresa.

Para valorar la influencia de la generación de vapor y electricidad sobre la atmósfera y que a su vez repercuta sobre los restantes factores ambientales, es necesario conocer la cantidad y concentración de las sustancias contaminantes que se vierten a la atmósfera en los gases producto de la combustión.

La norma cubana NC: 93-02-202 dispone una expresión de cálculo de la concentración de contaminantes a partir de parámetros que caracterizan el proceso en su fase final, tales como: altura de la chimenea, diámetro exterior de esta, caudal total de la mezcla de gases y aire, y el flujo máximo de la sustancia contaminante. Esto imposibilita el uso de la expresión dispuesta en la citada norma, pues la C.T.E. posee una derivación que subdivide el flujo total de la masa de gases producto de la combustión. Parte de este se emplea en el proceso de absorción en la sección de recuperación de amoníaco para la formación del carbonato de amonio (NH<sub>4</sub>)CO<sub>3</sub>, utilizado en la planta de lixiviación.

Estas consideraciones se tuvieron en cuenta por el autor para determinar que el cálculo de la masa y concentración de los contaminantes se realizara a partir de la composición química de los combustibles; las muestras analizadas corresponden a los combustibles empleados por la C.T.E. en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1996, y en los meses de enero y febrero de 1997. El resultado del cálculo de la masa y concentración de los gases producto de la combustión aparecen en la Tabla 1.

**TABLA 1. Datos de masas y concentraciones calculadas, de los gases de productos de la combustión**

RESULTADOS		
Compuesto	Masa (kg)	Concentración (kg/cm <sup>3</sup> )
SO <sub>2</sub>	279,6	0,0033
CO <sub>2</sub>	18 654	0,226
H <sub>2</sub> O	5 518,8	0,006
N <sub>2</sub>	74 787,6	0,9
O <sub>2</sub>	3 726,24	0,045

Finalmente, se determinó el volumen total de gases, con un valor de 82 372 m<sup>3</sup>/h y una densidad de la mezcla de gases con valor de 1,25 kg/m<sup>3</sup>. Las concentraciones que aparecen en la norma cubana NC: 93-02-202, son valores de las concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire para zonas habitables, ello imposibilita la comparación de los resultados de la Tabla 1 con los que aparecen en dicha norma.

La dilución de estos contaminantes en la atmósfera depende de factores tales como la temperatura de los gases y el aire exterior; las condiciones climáticas; y la velocidad y dirección de los vientos, entre otros. La determinación de la concentración de estos compuestos al nivel del suelo y en zonas habitables (la más cercana es el poblado de Punta Gorda a 4 km aproximadamente), resulta imposible a causa de la contaminación de fondo, ocasionada fundamentalmente por el aporte del resto del complejo industrial y de otras fuentes móviles (gran número de automóviles) y puntuales (Moa Nickel S.A.) que se encuentran en la región de estudio.

#### *Pronóstico de la contaminación atmosférica*

En el momento de analizar el destino de estos contaminantes, una vez que son expulsados a la atmósfera a través de la chimenea, se hace indispensable incluir el aporte del resto de las fuentes emisoras del complejo industrial y continuar el estudio con una visión integradora.

Todos los contaminantes del aire emitidos por fuentes puntuales, es decir, cada una de las respectivas chimeneas de la planta de Secaderos y Molinos con 279 580 m<sup>3</sup>/h; por los Hornos de Reducción con 215 200 m<sup>3</sup>/h; por Lixiviación y Lavado con 52 376 m<sup>3</sup>/h; por Recuperación de Amoníaco con 5 338 m<sup>3</sup>/h y por Calcinación y Sinter con 749 895 m<sup>3</sup>/h, constituyen el volumen de las emisiones a la atmósfera y en su composición se encuentran tanto gases como partículas (polvo). Ellos mismos son transportados, dispersados y concentrados fundamentalmente por las condiciones meteorológicas y topográficas de la región.

El ciclo de estancia aérea se inicia con la emisión de los contaminantes, seguido por su transporte y difu-

sión en la atmósfera, y se completa cuando dichos contaminantes se depositan sobre la vegetación, la superficie del suelo, del agua y otros objetos, al ser arrastrados por la lluvia o cuando se escapan al espacio. En algunos casos se pueden volver a introducir en la atmósfera por la acción del viento.

Las zonas que reciben estos contaminantes permiten, dadas sus condiciones meteorológicas y topográficas, que ocurra una gran dispersión de ellos, resultado de tres factores fundamentales:

- El movimiento medio general del aire que transporta el contaminante en la dirección del viento.
- Las fluctuaciones turbulentas de la velocidad que dispersan el contaminante en todas direcciones.
- La difusión de masa, a causa de los gradientes de concentración.

El desplazamiento angular del viento tiene una importante repercusión sobre el patrón de dispersión de los contaminantes procedentes de las chimeneas; por lo tanto, el ángulo de desplazamiento de la dirección del viento como consecuencia de la fricción varía desde un valor cerca de la superficie terrestre, hasta cero en la parte superior de la capa límite.

Un factor importante es conocer el grado de estabilidad de la atmósfera si se desea estimar la capacidad de ella para dispersar los contaminantes. Se plantea que una atmósfera es estable si no muestra mucho mezclado o movimientos verticales. El hecho de que haya mucho mezclado a una escala significativa depende del gradiente de temperatura y la turbulencia mecánica debida a la acción cortante del viento. El movimiento del aire cerca de la superficie del terreno se retrasa por los efectos de fricción proporcionales a la rugosidad y variabilidad topográfica de la superficie terrestre; por lo tanto, la naturaleza de ella produce gradientes diferentes de velocidad del viento en dirección vertical.

La capa del aire (llamada la capa límite planetaria), está afectada por la fricción que se extiende desde algunos cientos de metros hasta varios kilómetros por encima de la superficie del suelo. La altura de esta capa límite es mayor en el caso de las condiciones inestables que en las estables, por lo que los contaminantes se dispersan a una mayor distancia vertical en condiciones atmosféricas inestables y llevan a una considerable reducción de concentración de los contaminantes, en una determinada región, en la dirección del viento que viene de la fuente que aporta a estos.

Para los estimados de dispersión de los contaminantes en la atmósfera existen los llamados modelos de dispersión; el enfoque más completo de la teoría del transporte se basa en el modelo de difusión turbulenta, que tiene en cuenta la longitud de mezclado de los contaminantes; dicho modelo posee una ecuación matemáticamente muy compleja, conocida como la ecuación de difusión Fick.

El modelo Gaussiano de dispersión, que trata de simular el comportamiento de las plumas emitidas desde fuentes a nivel del terreno o a la altura de la chimenea, empleado para estimar la concentración de los contaminantes gaseosos desde una fuente y en la dirección a la que sopla el viento.

En el estudio no se aplicaron los modelos de dispersión registrados en la literatura consultada, dado por las peculiaridades de la C.T.E. El autor asumió realizar un pronóstico basado en la frecuencia de distribución de la dirección del viento en la región.

Los patrones característicos del movimiento del viento local se pueden representar ya sea en forma tabular o gráfica. Para la estimación de pronósticos de la contaminación atmosférica de la región, se considera el complejo industrial (del cual forma parte el objeto de estudio) como fuente emisora, ello requiere analizar el radio de acción, rumbos y frecuencias, desarrollando las etapas siguientes:

1. Obtención de un gráfico de Beaufort de los vientos de la zona

Para construir un diagrama de Beaufort o rosa de los vientos, se debe trazar un círculo que exprese el ámbito del observador, en cuyo centro se supone que se encuentra este. El horizonte y sus cardinales quedarán expresados por la circunferencia. Hacia el centro concurren los vientos desde la periferia, mostrando las 16 direcciones o rumbos fundamentales de los vientos.

Para la interpretación del gráfico se tiene en cuenta que:

- Todo gráfico al transportarlo del lugar geográfico al mapa o viceversa, siempre se considera que dentro del círculo está el objetivo observador.
- En la parte superior estará el Norte, por consiguiente, debajo está el Sur a los 180°, a los 90° a la derecha el Este, y a los 135° el Oeste.
- En el interior del círculo se escribe una cifra que expresa el número total de veces que se ha observado calma o vientos muy débiles.
- Todos los rumbos desde donde han soplado los vientos, quedan expresados por la presencia de una flecha. La longitud de esta flecha es proporcional al número de veces o por ciento del tiempo total que se ha observado el viento soplar en ese rumbo.

Se analizaron las mediciones de rumbo y velocidad en los meses de enero, marzo, agosto y noviembre (Figura 1) con las direcciones fundamentales en que soplan los vientos en la región, registrados en la Tabla 2.

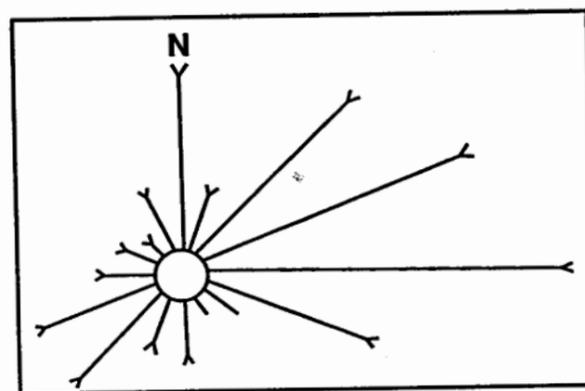


FIGURA 1. Diagrama de Beaufort. Rosa de los vientos.

TABLA 2. Direcciones fundamentales de los vientos de la región

C	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
9,25	9,5	3,25	11,1	13,75	17,45	8,3	1,45	0,4
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	2,8	2,5	6,3	5,85	2,45	1,8	0,8	3,05

2. Superposición de dicho gráfico en el punto ocupado por el emisor

En un mapa regional del área se hacen coincidir exactamente los rumbos del mapa y del gráfico. Para ello se utiliza un mapa de la región de Moa, de escala de 1:50 000 (Figura 2).

3. Dibujo del gráfico sobre el mapa

Se prolongan las trayectorias de todos los vientos, sin tener en cuenta las longitudes de frecuencia, hasta cubrir las partes estudiadas.

4. Señalamiento y distinción de los vientos diurnos de los nocturnos

Fundamentalmente, de día la dirección es del mar a la tierra y en los horarios nocturnos de la tierra al mar.

5. Se toman los porcentajes de frecuencia del viento por cada rumbo y se multiplican por 3,65

De esa forma se podrá conocer un estimado del número de días por año que probablemente soplará el viento en esa parte (Tabla 3).

6. Señalamiento de la longitud en kilómetros y del nombre del lugar más alejado que haya reportado o sentido los efectos

Al no contar con mediciones exactas en la región de estudio, se asumió la información aportada por las investigaciones desarrolladas en el Complejo Industrial René Ramos Latour de Nicaro, por la similitud de los procesos metalúrgicos que se desarrollan en este; es necesario te-

ner en cuenta, que incluso la capacidad productiva y la altura de las chimeneas es mayor en la Cmdte. Ernesto Che Guevara, razón por la que se puede estimar un mayor alcance de la dispersión de las emisiones. Por ello, se asume un radio de 8 km rasante al suelo (dato que se

toma de la investigación realizada en Nicaro) como área de contaminación segura y como probable, un radio de 10 km alrededor del foco emisor, basado en las suposiciones del autor respecto al alcance de dichas emisiones. Estas observaciones tienen un carácter organoléptico.

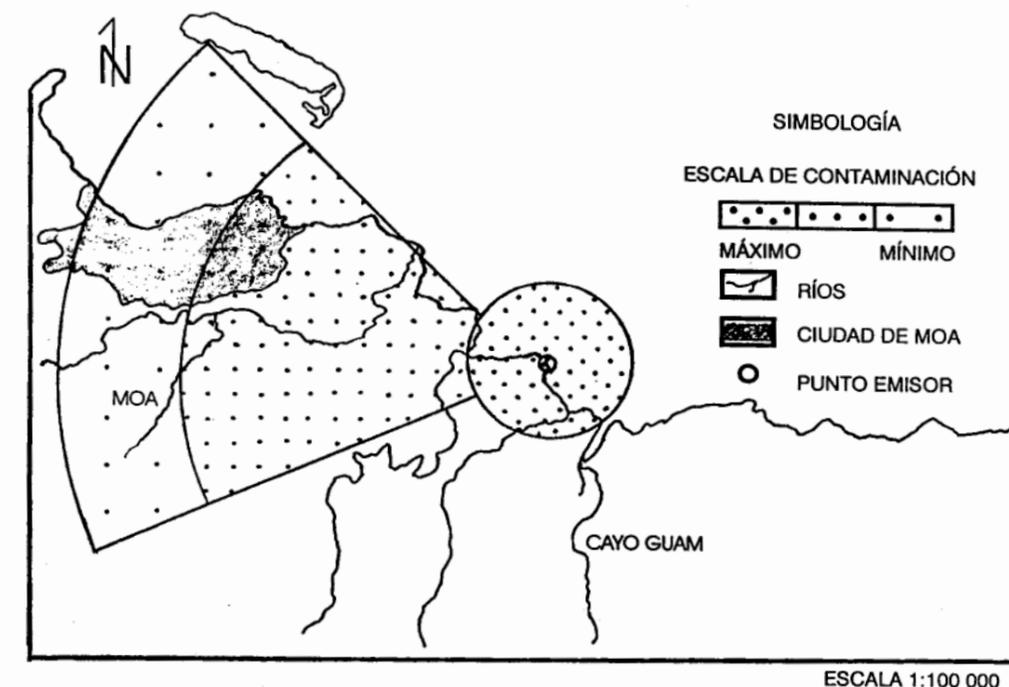


FIGURA 2. Mapa resumido del pronóstico de la contaminación atmosférica.

TABLA 3. Comportamiento anual de los vientos

Comportamiento anual		
Por cientos de observaciones		Días al año
Calmas	9,25	33,76
N	9,5	34,67
NNE	3,25	11,86
NE	11,1	40,51
ENE	13,76	50,18
E	17,45	63,69
ESE	8,3	30,29
SE	1,45	5,29
SSE	0,4	1,46
S	2,8	10,22
SSW	2,5	9,125
SW	6,3	22,99
WSW	5,85	21,35
W	2,45	8,94
WNW	1,8	6,57
NW	0,8	2,92
NNW	3,05	11,132
Total en por cientos	100 %	Total al año 364,76

7. Cierre en un círculo, cuyo radio sea la longitud mayor determinada en la etapa anterior, mostrado en la Figura 2

8. Indicación de la frecuencia de calmas

Se señala el lugar adecuado, significando que durante la calma la concentración de gases junto a la fuente de emisión es mucho más nociva.

9. Mapa resumido (Figura 2)

Resumen del estudio de contaminación atmosférica

Para el pronóstico de la contaminación que produce en la región el Complejo Industrial, con un período de emisión de 24 h expulsando los diferentes contaminantes analizados, resulta necesario plantear que los vientos diurnos han sido fáciles de determinar a través de las mediciones efectuadas por el observatorio del aeropuerto de la localidad y se estima que los vientos que soplan durante el amanecer hasta las 7:00 a.m. suelen haberlo hecho durante la noche o en gran parte de ella.

Siempre habrá variaciones entre los datos de las estaciones y el resultado basado en los informes; estos datos se ajustan sin considerar vientos anormales, tales como ciclones, nortes, monzones, sures, turbonadas, etcétera.

En relación con el comportamiento de los vientos, se concluye que:

- Los vientos diurnos, por convección, levantan los humos afectando la región marcada y los vientos nocturnos, por estabilidad, tienden a hacerlo rastreando el suelo (zonas aledañas a la fuente emisora).
- Las calmas tienden a acumular las nubes de los humos sobre el mismo lugar del emisor, afectando aproximadamente un radio de 3 km, según lo reflejado en la Figura 2.
- La inversión en las capas de la atmósfera con calma o sin ella obliga al flujo de gases a bajar y a acumularse próximo o en el suelo.
- Durante la noche los gases se concentran en mayor cantidad junto al suelo y su proporción decrece verticalmente hacia arriba.
- Se nota que raras veces existe la presencia de vientos del oeste y consecuentemente el este será poco afectado.
- Se asegura que en los 8 km alrededor del foco emisor (el Complejo Industrial) se encuentran, con certeza, evidencias de contaminación y conservadoramente se propone un alcance de hasta 10 km, según lo reflejado en el mapa resumido en la Figura 2.
- Dentro de la zona de contaminación segura (8 km), según lo reflejado en la Figura 2, serán afectados con mayor intensidad los componentes ambientales que se encuentran en un radio de 3 km del foco emisor, como el poblado de Punta Gorda, desembocadura de los ríos Moa y Yagrumaje, los pantanos y parte de la zona costera.
- En el cuadrante localizado entre el SW y el WNW a sotavento, se afectan grandes extensiones de los ríos Moa y Cabañas, así como parte del sistema montañoso Sagua-Baracoa; el resto del área contenida en los 8 km de radio de acción que es afectado contiene los poblados de Quemado del Negro y Punta Gorda; los ríos Yagrumaje, cayo Guam y Quesigua; la barrera arrecifal; pantanos y zonas costeras al este del Complejo Industrial.

- Alrededor de los 10 km propuestos se localizan otras secciones de los componentes ambientales mencionados anteriormente, y son con mayor intensidad relativa a sotavento de las chimeneas del Complejo Industrial (entre los SW y WSW).
- En la Figura 2 aparece representada una zona que sobrepasa los 10 km propuestos a sotavento, en el cuadrante localizado entre el SW y el WNW, a causa de las suposiciones conservadoras del autor, respecto al alcance de estas emisiones.

### CONCLUSIONES

Se demuestra que la difusión espacial de los contaminantes se distribuye en áreas fuera del lugar de impacto directo, en gran parte de los ríos, bosques y asentamientos socioeconómicos que experimentan la influencia de dichas emisiones. La operación de la central termoeléctrica provoca impactos ambientales considerables en el aire, las aguas, los suelos, la flora y la fauna, el paisaje y el hombre, causados fundamentalmente por no haber incluido la dimensión ambiental en todas las esferas de desarrollo de la empresa.

### BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA-RODRÍGUEZ, W.: *Estudio de las características eólicas de Moa para su utilización en la generación eléctrica alterna*, Trabajo de Diploma, Moa, ISMM, 1995.
- ALFONSO-PÉREZ, G.: *Evaluación ambiental de la central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes*, Trabajo de Diploma, Cienfuegos, Universidad de Cienfuegos, 1996.
- Atlas Climático de Cuba*, Instituto de Geodesia y Cartografía, La Habana, 1979.
- BOYTEL YAMBÚ, F.: *Geografía eólica de Oriente*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1972.
- CLIMENT, M.D. y otros: *Conocer la química del medio ambiente. La atmósfera*, Universidad de Valencia, Valencia, 1992.
- HURTADO-FREYRE, G.: *Estudio ambiental en la central termoeléctrica de la empresa niquelífera Cmdte. Ernesto Che Guevara*, Tesis de maestría, ISMM, Moa, 1997.
- Methodologie d'étude de la pollution atmosphérique d'un site industriel*, Paris: Électricité de la France, 1993.

## Algunas consideraciones sobre la influencia de la constitución matricial de los fundentes cerámicos y la composición química del metal depositado mediante la soldadura automática bajo fundente

Rafael Quintana Puchol\*  
Gilma Castellanos Hernández\*\*

\*Doctor en Ciencias Químicas. Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad Central de Las Villas.  
\*\*Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad de Las Villas.

**RESUMEN:** Se exponen algunas consideraciones sobre la influencia del tipo de matriz (cerámica o fundida) con que están constituidos los fundentes cerámicos en el proceso de transferencia de elementos químicos al metal depositado durante la Soldadura Automática bajo Fundente (SAW).

**ABSTRACT:** Some considerations about the influence of type of matrix (ceramic or fused) which constitutes the ceramic fluxes in the transfer process of chemical elements to weld metal during the automatic welding under flux are reviewed.

### INTRODUCCIÓN

Los fundentes para la SAW se dividen, según el método de obtención, en dos grandes grupos: fundentes fundidos y fundentes no fundidos. A estos últimos se les denomina con frecuencia como cerámicos o aglomerados, indistintamente. Independiente de la denominación de los fundentes no fundidos, estos están constituidos por una matriz y una carga aleante que se une mediante un aglomerante durante el proceso de peletización, formando granos de diferentes dimensiones, que frecuentemente se encuentran entre 0,2 y 3,0 mm (Alob, 1964; Frolov, 1988; Popatov, 1989).

La matriz puede presentarse en el solvente de muy diversas formas y estar constituida por múltiples sustancias naturales y sintéticas, que representan entre 70 y 90 % del volumen del grano del fundente no fundido (Castellanos y otros, 1997). Durante la SAW la matriz ejerce disímiles funciones metalúrgicas; además, garantiza la estabilidad del desarrollo del proceso tecnológico de soldadura y constituye, en su forma líquida como escoria y después en su forma sólida, una barrera mecánica protectora del baño metálico y del cordón contra la acción de gases perjudiciales del medio circundante.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la influencia que ejerce el tipo de matriz cerámica o fundida en la transferencia de elementos químicos aleantes, en la composición del cordón durante el proceso de SAW, manteniendo los parámetros tecnológicos constantes. Para la confección de las formulaciones de ambos tipos de matrices se emplearon seis minerales diferentes, de los cuales cuatro son de origen nacional: feldespatos, dolomita, cuarzo y calcita, que representan 85 % de la formulación; mientras que los otros dos minerales: rutilo y fluorita, son de importación y se usan en las fábricas de electrodos del país.

#### Parte experimental

Por consideraciones metodológicas, para obtener el mayor grado de homogeneidad posible en la composición mineral de las mezclas a sinterizar o fundir, estas se elaboran según el procedimiento expresado por el esquema representado en la Figura 1.

**VISITE LA CIUDAD DEL NÍQUEL,**  
**CAPAZ DE SATISFACER TU MÁS EXIGENTE DESEO**