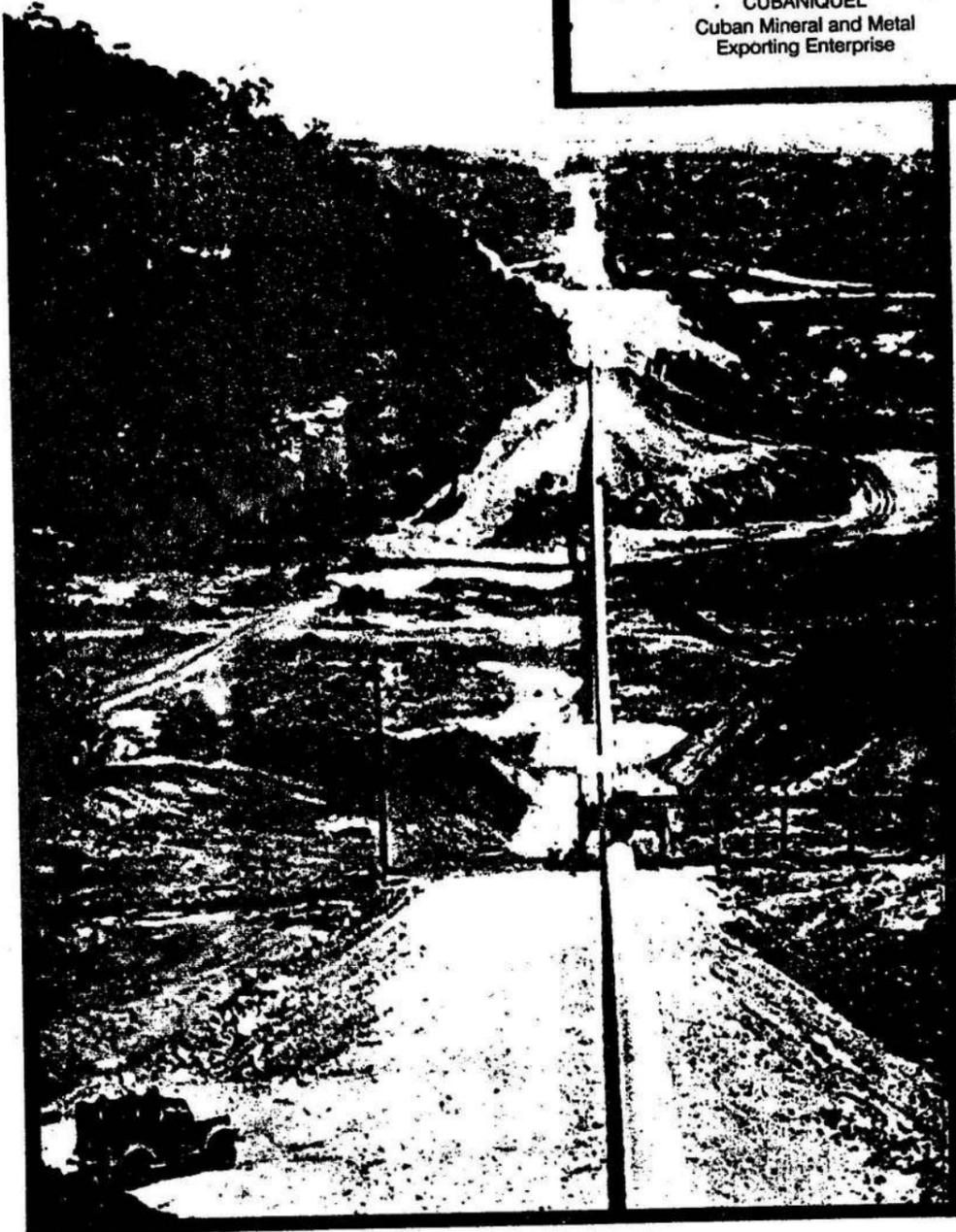


CUBANIQUEL

Empresa Cubana Exportadora de Minerales
y Metales

CUBANIQUEL
Cuban Mineral and Metal
Exporting Enterprise



EMISIONES GASEOSAS DE LA FABRICA "CMDTE PEDRO SOTTO ALBA" Y SU INFLUENCIA NEGATIVA SOBRE EL MEDIO. Segunda Parte

Ing. Angel Pérez Rodríguez,*
C.Dr Igor Yuzhaninov,**
Ing. Nitzia Castillo Rodríguez***

*Instituto Superior Técnico de Holguín;
**Instituto de Minas de Leningrado;
***Fábrica "Patricio Lumumba"

RESUMEN: En la segunda parte del trabajo se analizan las condiciones meteorológicas bajo las cuales se produce la emanación de desechos tóxicos gaseosos provenientes de la fábrica "Comdte Pedro Sotto Alba". Utilizando nuevas metodologías se realizaron los cálculos de la contaminación ambiental en las capas bajas de la atmósfera. Los resultados obtenidos sirvieron de base para el estudio del área donde más incide el flujo de sustancias gaseosas nocivas provenientes de esta industria, proponiéndose una zona de protección sanitaria.

ABSTRACT: In the second part of this work the meteorological conditions under, which the pollutant emissions from gaseous toxic garbage produced coming from the "Comander Pedro Sotto Alba" Factory are analyzed. With the use of new methodologies the calculations of environmental pollution in the low canopies of the atmosphere were carried out. The results obtained served as the basis for the study of the area where the flow of pollutant gaseous emissions coming from the industry affect the most; also proposing a sanitary protection zone.

INTRODUCCION

Hasta hace unos 40 años se tenía el concepto de que la contaminación atmosférica era una molestia que había que tolerar como una consecuencia inevitable del desarrollo. Diferentes estudios han demostrado que los efectos de la contaminación del aire sobre la población no son simples molestias, sino que influyen notablemente sobre la salud de ésta.

El presente trabajo amplía de forma sustancial la información dada en la primera parte, su objetivo es la realización de los cálculos de la contaminación ambiental

en las capas bajas de la atmósfera, en la región aledaña a la fábrica "Comdte Pedro Sotto Alba"

La industria metalúrgica al procesar el mineral laterítico en Moa, vierte desechos que aceleran la contaminación ambiental. Al estudiar las emisiones gaseosas de la fábrica "Comdte Pedro Sotto Alba", es necesario analizar el grado de dispersión de éstas, las condiciones meteorológicas en que se producen y la distancia a que se encuentran los lugares (desde el foco de emisión) donde con mayor frecuencia inciden los contaminantes.

En la tabla 1 se muestra la distancia aproximada (en m) desde la fábrica hasta diferentes lugares de la zona.

El estudio de las condiciones meteorológicas de la zona y principalmente los vientos predominantes y su

TABLA 1

No.	Lugar	Distancia m	No.	Lugar	Distancia m
1	Taller EMSM	600	8	Combinado Mecánico del Níquel	3 000
2	Asentamiento Cabaña	950			
3	Círculo Infantil	1 400	9	Las Coloradas	4 000
4	Hospital	1 650	10	Instituto Superior Minero Metalúrgico	4 200
5	Aeropuerto	1 700			
6	Politécnico	2 400	11	Centeno	7 000
7	Campamento de la Juventud	2 400			

intensidad, demuestran que los mismos se mueven con mayor frecuencia hacia la parte oeste (tomando como punto de referencia la fábrica). En la figura 1 se muestra la frecuencia anual de los vientos (por rosa de los

vientos, %). En verano han sido registradas temperaturas máximas aproximadas a los 36 °C (para días de calma y soleados).

CALCULOS DE LA CONTAMINACION EN LAS CAPAS BAJAS DE LA ATMOSFERA

La dispersión de sustancias nocivas en la atmósfera no es un medio eficaz para evitar su contaminación. El nivel de desarrollo científico actual, nos permite el estudio de métodos para eliminar o disminuir, hasta valores insignificantes, la concentración del componente tóxico en la región donde se produzcan emanaciones nocivas. Los fundamentos para realizar los cálculos de dispersión, se encuentran en las "Instrucciones para el cálculo de dispersión de sustancias nocivas en la atmósfera, contenidas en emanaciones fabriles CH 369-74". La metodología de cálculo está basada en la determinación de la concentración de esta sustancia, en las capas bajas de la atmósfera (C en mg/m³). La concentración máxima de cada sustancia nociva (C_m), no debe sobrepasar el valor de la concentración límite admisible (CLA) establecida, para una determinada sustancia contaminante en la atmósfera: C_m ≤ CLA

El valor máximo de concentración para sustancias nocivas (C_m), en mezclas gaseosas calientes, provenientes de fuentes con embocaduras cilíndricas o circulares (chimeneas), partiendo de condiciones meteorológicas adversas y a una distancia X_m (en m) desde la fuente de emisión, se calcula por la fórmula:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}} ; \text{mg/m}^3 \quad (1)$$

donde:

- A - Coeficiente que depende de las condiciones verticales y horizontales de dispersión de sustancias nocivas, su valor se encuentra entre 120 y 240.
- M - Cantidad de sustancia contaminante que se arroja a la atmósfera, g/s.

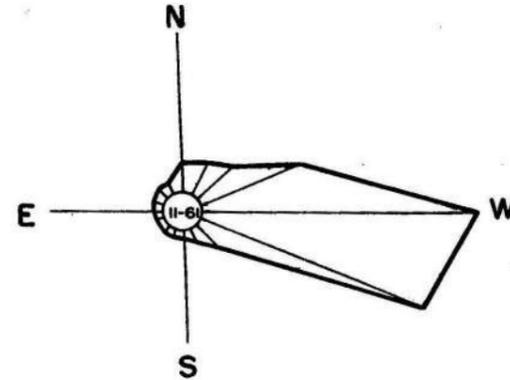


FIGURA 1. Frecuencia anual de los vientos. (Rosa de los vientos %)

- F - Coeficiente adimensional que toma en consideración la velocidad de precipitación de la sustancia tóxica a la atmósfera para gases y aerosoles F = 1.
- m y n - Coeficientes adimensionales que dependen de las condiciones de la mezcla de gases y aire.
- H - Altura de la chimenea (desde la superficie de la tierra), m.

V₁ - Volumen de la mezcla de gases y aire determinado por los cálculos tecnológicos, m³/s.
 ΔT - Diferencia entre la temperatura de la mezcla de gases (T_g) y el aire circundante (T_a), °C.

$$\Delta T = T_g - T_a$$

Para realizar los cálculos de la contaminación ambiental producida por el dióxido de azufre (SO₂) y el trióxido de azufre (SO₃), se tomaron los siguientes datos iniciales:

- Datos
- M_{SO₂} = 94,5 g/s
 - M_{SO₃} = 11,5 g/s
 - A = 240
 - F = 1
 - H = 30 m
 - V₁ = 17,5 m³/s
 - Diámetro de la embocadura de la fuente de emisión: D = 1,4 m
 - Temperatura de los gases a la salida de la chimenea: T_g = 85 °C
 - Temperatura del aire (para condiciones meteorológicas adversas): T_a = 36 °C
 - $\Delta T = T_g - T_a = 85 - 36 = 49$ °C

El coeficiente m se calcula por la siguiente fórmula:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt{f}} \quad (2)$$

donde:

- f - Coeficiente que relaciona la velocidad de la mezcla (W), la altura y diámetro de la chimenea (H y D) y la diferencia de temperatura (ΔT).
- Para el cálculo de f se utiliza la fórmula siguiente:

$$f = \frac{W^2 \cdot D \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (3)$$

Calculamos el área de la sección transversal de la embocadura (F_{emb})

$$F_{emb} = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot (1,4)^2 = 1,54 \text{ m}^2$$

La velocidad de la mezcla a la salida (W) se calcula por la siguiente relación:

$$W = \frac{V_1}{F_{emb}} = \frac{17,5}{1,54} = 11,36 \text{ m/s} \quad (a)$$

Sustituyendo en 3, obtenemos:

$$f = \frac{(11,36)^2 \cdot 1,4 \cdot 10^3}{(30)^2 \cdot 49} = 4,09 \quad (b)$$

Para obtener m sustituimos en 2:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{4,09} + 0,34 \sqrt{4,09}} = 0,706 \quad (c)$$

El valor de n depende del parámetro V_m Para nuestro caso V_m = 2

Si se cumple que 0,3 < V_m ≤ 2, entonces n la calculamos por:

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) (4,36 - V_m)} \quad (4)$$

$$n = 3 - \sqrt{(2 - 0,3) (4,36 - 2)} = 1,012 \quad (d)$$

Sustituyendo en 1, obtenemos el valor de la concentración máxima de SO₂ y SO₃:

$$C_{mSO_2} = \frac{240 \cdot 94,5 \cdot 1 \cdot 0,706 \cdot 1,012}{(30)^2 \cdot \sqrt{17,5 \cdot 49}} = 1,895 \text{ mg/m}^3 \quad (e)$$

$$C_{mSO_3} = \frac{240 \cdot 11,5 \cdot 1 \cdot 0,706 \cdot 1,012}{(30)^2 \cdot \sqrt{17,5 \cdot 49}} = 0,23 \text{ mg/m}^3 \quad (f)$$

La concentración máxima (C_m) se alcanza a lo largo del humo de emisión (por la dirección que sigue el viento a velocidad media promedio), en un período determinado de observación, a una distancia X_m desde el foco de emisión. La distancia X_m se calcula por:

$$X_m = d \cdot H ; m \quad (5)$$

donde:

d - Coeficiente adimensional. Para V_m ≤ 2, d lo calculamos de la siguiente forma:

$$d = 4,95 \cdot V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{d}) \quad (6)$$

La concentración máxima de SO₃ sobre la base del H₂SO₄ la determinamos por:

$$C_m \frac{H_2SO_4}{SO_3} = 0,23 \cdot 1,23 = 0,284 \text{ mg/m}^3 \quad (f)$$

Es necesario tener en cuenta el efecto sumario:

$$E_s = C_1 + C_2 \frac{CLA_1}{CLA_2} + \dots + C_n \frac{CLA_{n-1}}{CLA_n} \leq CLA \quad (7)$$

donde:

CLA - Concentración límite admisible;
 CLA_{SO₂} = 0,5 mg/m³; CLA_{SO₃} = 0,3 mg/m³
 Sustituimos en 7 y calculamos el efecto sumario:

$$E_s = 1,895 + 0,284 \frac{0,5}{0,3} = 2,36 \text{ mg/m}^3 \quad (g)$$

La relación entre el efecto sumario y la concentración límite admisible en base al SO₂ es: $\frac{2,36}{0,5} = 4,73$ veces la norma.

Tomando en consideración que en la planta de ácido sulfúrico existen tres trenes de producción (tres fuentes semejantes que tienen iguales parámetros) se obtiene que: 4,73 · 3 = 14,39 veces la norma de CLA.

La velocidad peligrosa del viento a partir de la cual se produce la concentración máxima sería: 0,5 < V_m ≤ 2; U_m = V_m, entonces U_m = 2 m/s.

Según las velocidades obtenidas por la rosa de los vientos (figura 1) en un período determinado, tenemos: U_{min} = 1 m/s; U_m = 2 m/s; U_{máx} = 10 m/s.

La velocidad media promedio del viento (U_{media}) es aproximadamente igual a 4 m/s.

Concentración máxima de SO₂ y SO₃ teniendo en cuenta las tres fuentes:

$$C_{SO_2}^{máx} = 1,895 \cdot 3 = 5,685 \text{ mg/m}^3 \quad (h)$$

$$C_{SO_3}^{máx} (H_2SO_4) = 0,284 \cdot 3 = 0,852 \text{ mg/m}^3$$

Calculamos cuántas veces la concentración máxima de SO₂ y SO₃ sobrepasan las normas establecidas de CLA, para estas sustancias:

$$\frac{5,685}{0,5} = 11,37 \text{ veces la norma de CLA}_{SO_2}$$

$$\frac{0,852}{0,3} = 2,89 \text{ veces la norma de CLA}_{SO_3}$$

El valor de la concentración máxima total (C_{mT}) de sustancias nocivas, teniendo en cuenta el efecto sumario, lo calculamos sustituyendo en 7:

$$C_{mT} = 5,685 + 0,852 \cdot \frac{0,5}{0,3} = 7,1 \text{ mg/m}^3$$

La relación entre la concentración máxima total (C_{mT}) y la concentración límite admisible (CLA) es:

$$\frac{C_{mT}}{CLA} = \frac{7,1}{0,5} = 14,2 \text{ veces la norma de CLA}$$

Para encontrar la distancia a partir de la cual se producen los valores máximos de concentraciones de sustancias nocivas desde la fuente de emisión, procedemos a encontrar el valor de d. Sustituimos en 6:

$$d = 4,95 \cdot 1,987 (1 + 0,28 \sqrt[3]{4,09}) = 14,18$$

Sustituyendo en 5 calculamos X_m:

$$X_m = 14,18 \cdot 30 = 426 \text{ m}$$

La concentración máxima total (7,1 mg/m³) se produce a 426 m de distancia de la fábrica, por la dirección del viento.

La relación existente entre las distancias escogidas desde la fuente de emisión (X) y X_m, así como el valor de la magnitud adimensional (Si) calculada por gráficos a partir de la velocidad peligrosa del viento para calcular las concentraciones totales a estas distancias (Ci), se muestra en la tabla 2.

En el mapa de ubicación geográfica de la zona de Moa (figura 2) se observan los resultados de los cálculos mostrados en la tabla 2: tomando como centro la fuente de emisión (planta de ácido sulfúrico) - se han trazado diferentes circunferencias con un radio igual a la distancia X. El número que tiene cada circunferencia, es el mismo que le corresponde a la magnitud X en la tabla 2. La zona de protección sanitaria propuesta (con un área aproximada de 7·10³ m²) se observa en el mapa, delimitada por la línea discontinua.

TABLA 2

Magnitud	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, m	85	160	426	600	900	1 200	1 600	2 000	3 500	4 200	4 500	5 000	7 000
X/X _m	0,2	0,58	1	1,4	2,1	2,8	3,8	4,7	8,2	9,8	10,6	11,7	16,4
Si	0,2	0,8	m á x	0,9	0,8	0,64	0,4	0,28	0,12	0,07	0,06	0,045	0,028
Ci = Si · C _{mT} mg/m ³	2,84	11,36		13,9	11,36	9,1	5,68	3,98	1,7	0,994	0,85	0,6	0,39

CONCLUSIONES

Los resultados de los cálculos demuestran que:
 La concentración máxima de SO₂ sobrepasa 11,37 veces la norma de CLA para este gas.
 La concentración máxima de SO₃ es 2,89 veces mayor que la norma de CLA, para el trióxido de azufre.
 La concentración máxima total, teniendo en cuenta el efecto sumario, es 14,2 veces mayor que la norma de CLA.

La concentración máxima total con efecto sumario se produce a 426 m de distancia de la fábrica, por la dirección del viento.
 La zona de protección sanitaria propuesta posee un área aproximada de 7·10³ m².

REFERENCIAS

- AMELIN, A. I.: *Tecnología de ácido sulfúrico*. Moscú, Editorial Química, 1983 (en ruso).
- CASTILLO, R. N.: *Consideraciones sobre la contaminación ambiental en la producción de ácido sulfúrico de la Empresa "Comde. Pedro Sotto Alba"*. Trabajo de Diploma, Moa, 1986.
- Curso de Medicina del Trabajo*. La Habana, Editorial Orbe, 1978.
- MALIN, K. M.: *Manual de ácido sulfúrico*. Moscú, Editorial Química, 1971 (en ruso).
- TOROCHESNIKOV, N. S.; RODIONOV, A. I. y OTROS: *Técnica de protección del medio ambiente*. Moscú, Editorial Química, 1981 (en ruso).

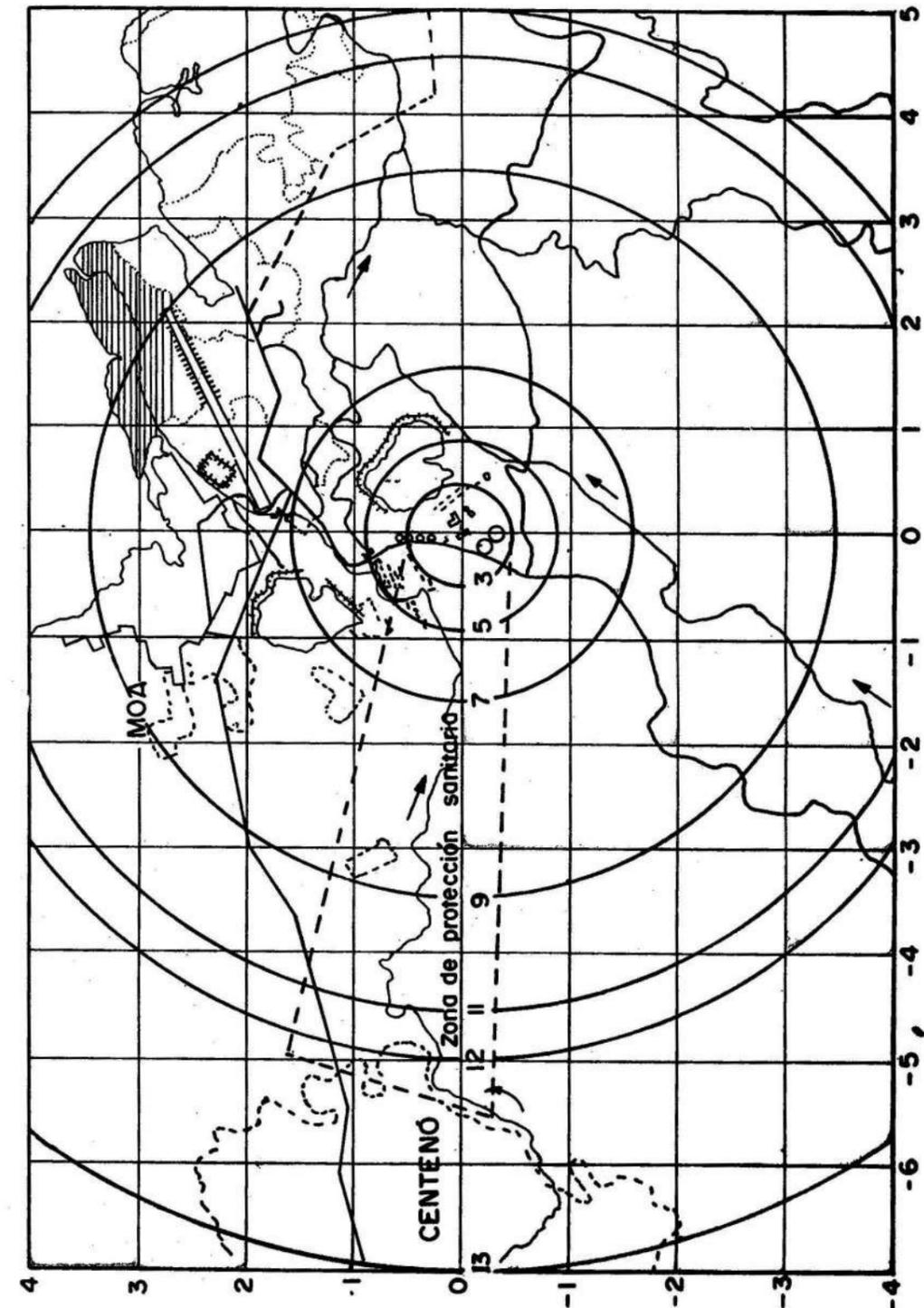


FIGURA 2. Mapa de ubicación geográfica.