

RIESGOS QUIMICOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA INDUSTRIA DEL NIQUEL EN CUBA

Rodríguez Sordía¹Doraida *, González Díaz²Carlos, Molina Esquivel¹Enrique
, Rodríguez Salvá¹Armando

¹ Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología,
Infanta 1158 e/Llinás y Clavel, Centro Habana, Cuba

² Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, Ciudad de La
Habana, Cuba

RESUMEN

En Cuba, en la zona Nicaro-Moa-Baracoa, existen grandes yacimientos lateríticos formados por un mineral de estructura compleja que contiene alrededor de 45.0% de hierro, 1.5% de níquel y 0.14% de cobalto. Existen dos zonas industriales para la explotación del mineral, siendo la de Moa la de mayor desarrollo, cuyos procesos tecnológicos expulsan al ambiente por diversas vías diferentes tipos de contaminantes que pueden representar un riesgo para la salud de las poblaciones expuestas. Se describen los procesos tecnológicos usados y se discuten las posibles rutas de exposición, así como las razones estandarizadas de mortalidad y morbilidad por cáncer pulmonar en la población de Moa, la que mostró mayor riesgo respecto a la provincia de Holguín y la nación.

Palabras clave: riesgos químicos, níquel, toxicología ambiental, cáncer pulmonar

INTRODUCCIÓN

El níquel es un elemento metálico de color blanco plateado perteneciente al Grupo VIIIb de la Tabla Periódica, resistente a los álcalis, pero, que generalmente se disuelve en ácidos oxidantes diluidos. La solubilidad de los compuestos de níquel en agua, que es un importante factor en todas las rutas de absorción, es variable; así los cloruros, sulfatos y nitratos de níquel son solubles en agua, mientras que los carbonatos, sulfuros y óxidos de níquel no lo son. El carbonilo de níquel, que es el compuesto más rápido y extensamente absorbido por las membranas biológicas es un líquido volátil que se descompone a temperaturas cercanas a 50°C. En los sistemas biológicos el níquel disuelto, puede formar complejos y ligarse a la materia orgánica (IPChS,1991). Este elemento, y sus diferentes compuestos, se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, incluyendo plantas y animales usados para el consumo humano, en el aire, agua de bebida, ríos, lagos, océanos y, prácticamente, todo tipo de suelo. Cuba ocupó el sexto lugar en la producción mundial de níquel en el período 1982-1986 (Rodríguez, 1991).

Diversos efectos tóxicos han sido relacionados con la exposición a níquel o sus compuestos. Estos pueden ser de tipo agudo o crónico, relacionados tanto con el tipo de compuestos, como con el tipo de población expuesta y las características de la exposición.

El contacto dérmico puede dar lugar a dermatitis en los sitios de piel descubierta y la inhalación ocasiona irritación del tracto respiratorio y asma. Aunque algunas, y quizás todas, las formas de níquel pueden ser carcinógenas, con los niveles normales de exposición en muchos sectores de la industria de este metal hay un riesgo pequeño o no detectable; entre ellos se encuentran algunos procesos que en el pasado estaban asociados con un riesgo elevado de cáncer pulmonar y nasal. Se ha reportado que exposiciones prolongadas a níquel soluble a concentraciones del orden de 1 mg/m³ pueden causar marcado incremento en el riesgo relativo de cáncer pulmonar, pero el riesgo relativo en trabajadores expuestos a niveles medios de níquel metálico de cerca de 0,5 mg/m³ es de aproximadamente 1. El riesgo de cáncer, para un nivel de exposición dado, parece ser superior para los compuestos de níquel soluble que para el níquel metálico y posiblemente para otras formas.(IPChS, 1991)

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En Moa se encuentran ubicadas dos industrias procesadoras de níquel, una que utiliza proceso de lixiviación ácida (vía húmeda) y otra que emplea un proceso de lixiviación amoniacal (vía seca). Las fuentes de contaminación naturales de la zona son los yacimientos y las antropogénicas las industrias extractivas y de producción.

La circulación del níquel y sus compuestos a través de los diferentes compartimentos ambientales se efectúa mediante procesos químicos y físicos, siendo además biológicamente transportado por los organismos vivos (terrestres y acuáticos) que pueden acumularlo. Entre los procesos físicos cabe destacar el efecto de la erosión natural de los suelos y rocas producto de los vientos existentes que proporcionan concentraciones de fondo de níquel y cobalto, entre otros, en el ambiente.

El proceso de extracción del mineral en Moa es a cielo abierto, ya que la mina tiene estas características, efectuándose un desbroce inicial del terreno y posteriormente un descombreo que retira la parte no útil del mineral, por su bajo contenido de níquel y cobalto, y la sitúa en las inmediaciones de la zona en excavación.

Esta remoción de material laterítico representa el primer riesgo de contaminación tanto para las aguas subterráneas, como para las superficiales, el aire y la biota de la región.

Proceso industrial de lixiviación amoniacal

I- Planta de secado y molienda: Se almacena, mezcla, tritura, seca y muele el mineral.

II- Planta de hornos de reducción: El agente reductor es el gas monóxido de carbono. Se utilizan hornos de múltiples hogares. El tiempo de retención es, de aproximadamente 90 minutos. Esta planta expulsa humo y polvos de color rojo oscuro o negro, compuestos principalmente por partículas de hierro y cobalto y, en menor proporción, níquel, hacia la atmósfera.

III- Planta de lixiviación y lavado: El níquel en estado metálico en el mineral reducido, pasa a la solución lixivadora. El lavado se hace con lícor amoniacal.

IV- Planta de recuperación de amoníaco: Se recupera el amoníaco y el monóxido de carbono del lícor producto y de las colas. Se destila el lícor producto para obtener el carbonato de níquel y pasar a su calcinación posterior, obteniéndose óxido de níquel.

V- Planta de sinterización: Aquí llegan los óxidos de níquel, el carbón antracita y retornos de finos y polvo. Se aglomera el producto y se convierte el óxido a sinter, que es un producto enriquecido en níquel metálico. Se eleva el contenido de níquel, del 77 al 90% aproximadamente.

Instalaciones auxiliares

- Planta productora de gas pobre: Produce el monóxido de carbono necesario para la reducción del mineral.
- Planta eléctrica: Garantiza la energía de la fábrica.
- Planta de oxígeno: Prepara el oxígeno que se utiliza en mantenimiento.
- Terminal de amoníaco: Recibe y almacena amoníaco anhidro.

Proceso industrial de lixiviación ácida.

I- Planta de preparación de pulpa.-Aquí se obtiene una pulpa acuosa de 25-30% de sólido y 0,023 pulgadas de tamaño de partículas, compuesta por óxidos de níquel, cobalto, hierro, magnesio, manganeso, cobre, zinc, cromo, aluminio y sílice.

II- Espesadores de pulpa.- Aquí ésta se concentra hasta un 48% aproximadamente.

III- Lixiviación.- Se efectúa la disolución de los óxidos de níquel y cobalto en forma de sulfatos mediante ácido sulfúrico. La separación del níquel y el cobalto de los demás componentes del mineral está ayudado por condiciones apropiadas de operación, como son: presión, temperatura, pH, tamaño de las partículas, entre otras. De aquí sale pulpa lixiviada con sulfatos de níquel y cobalto al 98-99% de pureza.

IV- Lavaderos.- Separa el licor (parte líquida) de los minerales no disueltos (parte sólida), lava el mineral y se extrae la pulpa de cola, compuesta por óxidos de níquel, cobalto, hierro, manganeso y aluminio, que se almacenan en diques o presas.

V- Neutralización.- Se rebaja el contenido de ácidos en el licor, mediante el carbonato de calcio (obtenido de coral). Se obtiene un licor con pH de 2,4 a 2,6 y sulfatos de níquel y cobalto.

VI- Precipitación de sulfuros.- Se transforman los sulfatos de níquel y cobalto a sulfuros, los cuales precipitan con un 60-65% de sólidos.

VII- Secado y envase.- Se secan los sulfuros de níquel y cobalto hasta 76-80% de sólidos.

Instalaciones auxiliares

-Planta eléctrica: Produce energía para las diversas actividades fabriles.

-Planta de agua: Trata el agua de consumo industrial y social.

-Planta de hidrógeno: Produce hidrógeno con un 98% de pureza a partir de gas licuado y petróleo. Como subproducto aparece dióxido de carbono.

-Planta de ácido sulfúrico: Produce este ácido, con un 98% de pureza, a partir del hidrógeno y el azufre.

-Planta espesadora de coral: Prepara una pulpa de coral con un 40-45% de sólidos.

Los residuales líquidos, que van hacia una presa de cola, son muy ricos en compuestos químicos, principalmente cationes trivalentes y bivalentes, disueltos en una solución de ácido sulfúrico, con un valor de pH entre 1,3 y 1,8. Los principales componentes metálicos de este licor son aluminio, hierro, níquel, cobalto, manganeso, cromo y, en menor cantidad, calcio, magnesio, zinc, sodio y potasio, todos fundamentalmente en forma de sulfatos. Estos residuales presentan un gasto aproximado de 12 000 m³ por día e infiltran hacia el principal acuífero del Municipio Moa (Terrero, 1992), existiendo interrelación hidráulica con la aguas del río del mismo nombre. En tiempo de lluvia el acuífero descarga en el río, mientras en tiempo de seca el río alimenta al acuífero.

Esta presa de cola, por escurrimiento, drena hacia el río Cabañas, afluente del río Moa, que desemboca en el litoral, aumentando la concentración de metales pesados en los sedimentos y provocando que los valores de pH en la desembocadura alcancen valores en las proximidades de 5,4.

Todo esto provoca afectaciones, tanto en la desembocadura del río Moa, como en el canal de entrada al puerto y en la bahía de Cayo Moa, de un grado tal, que el paisaje subacuático es similar a un desierto, lo cual se agrava por la extracción continua en la zona de los corales para obtener carbonato de calcio de forma industrial.

Los gases lanzados a la atmósfera procedentes de las plantas de ácido sulfúrico y de sulfuro de hidrógeno están constituidos fundamentalmente por dióxido y trióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y azufre. Estos, y las emanaciones del resto del proceso industrial, compuestas entre otras por amoníaco, dióxido de nitrógeno y óxidos de hierro, níquel, cobalto y cromo, contribuyen a proporcionar acidez a las lluvias.

Esta liberación ácida al ambiente ocasiona la disolución de metales presentes en el suelo o el agua, aumentando el riesgo para la población, ya que si esto no ocurriera dichos metales no serían fácilmente lixiviados de la matriz general en que se encuentran.

El período húmedo se caracteriza, en el Municipio de Moa, por precipitaciones muy abundantes, por lo que en esta época los sólidos solubles presentes en la presa de cola y en sus inmediaciones, formados principalmente por sulfatos ferroso y de otros metales pesados, en cantidades apreciables se incorporan al acuífero por infiltración.

Otras fuentes de contaminación

Los fumadores están expuestos a cantidades significativas de compuestos de níquel, encontrándose de 2,0 a 6,2 ug/cigarrillo. Aproximadamente entre el 80 y el 90% de este, es inhalado como carbonilo de níquel. (Rodríguez, 1991)

POBLACIONES EXPUESTAS.

Exposición general.

Moa está ubicada en una zona costera que pasa rápidamente de ligeramente ondulada en la costa, a premontañas y montañas profundamente diseccionadas en el interior. Las precipitaciones son abundantes todo el año y las temperaturas oscilan entre los 22 y los 32°C. La dirección predominante del viento es del Este excepto en los meses de abril, noviembre y diciembre cuando se manifiesta del Este-Noreste. Los demás rumbos de los vientos y los períodos de calma, aunque no predominantes, no se pueden excluir de este análisis, debido a que en situaciones de estancamiento de los contaminantes durante la noche y la madrugada y salida de los vientos de las condiciones de calma desde rumbos del sudeste al sur, en las primeras horas del día, la contaminación generada por las industrias afecta la ciudad de Moa.

La población del Municipio Moa, en el año 1996, se estima en 72 993 habitantes.

Exposición ocupacional.

El mayor riesgo, derivado de esta exposición, está relacionado fundamentalmente con la inhalación del níquel presente en el aire ambiental de las áreas de trabajo que muestra variaciones de acuerdo al tipo de compuesto, tipo de exposición y condiciones laborales. Los trabajadores de las minas y plantas de procesamiento de Moa están incluidos en esta categoría.

ELEMENTOS DE LAS VÍAS DE EXPOSICIÓN.

Las vías de exposición más importantes al níquel, en Moa, son la inhalatoria y la digestiva, relacionadas con la contaminación del aire, y del agua y los alimentos.

Aire:

No se dispone de datos relativos a los niveles de níquel y sus compuestos en este medio, pero existen referencias de la población sobre afecciones respiratorias y las molestias relacionadas con el alto nivel de polvo y gases presentes en la atmósfera.

Fuentes de abastecimiento de agua:

Las fuentes de abastecimiento de agua potable son superficiales y subterráneas mezclándose, antes de su distribución a la población de Moa.

Se manifiesta un carácter progresivo en los índices de contaminación que presentan las aguas subterráneas en el principal acuífero del Municipio Moa, debido, entre otras causas a que los pozos de abastecimiento de agua se encuentran en la zona de La Veguita (Moa), a menos de 100 m de donde se halla una presa de cola residual del proceso productivo de la planta que utiliza lixiviación ácida. Estos son del tipo freático y sin presión, con una profundidad de yacencia entre 2,70 y 5,26 m, existiendo, como se ha descrito, interrelación hidráulica con las aguas del río Moa. Estas aguas reciben solamente desinfección con cloro.

Las aguas superficiales provienen de la presa " Nuevo Mundo", ubicada en una zona montañosa de difícil acceso, aproximadamente a 20 Km. de la localidad y relativamente cerca de las minas a cielo abierto. El agua se transporta desde 12 Km, sin entubar, hasta la cercanía del asentamiento donde quedan represadas y son sometidas a tratamiento convencional antes de la mezcla. Estudios efectuados en fuentes de abasto de agua de la región de Moa, se muestran en la Tabla 1.

El abasto principal es subterráneo, básicamente de los pozos 49 y 50 (también se encuentran en explotación el 51 y 53).

Los valores de mediana de níquel encontrados en los pozos 49 y 50, principales abastecedores de la localidad de Moa, alcanzan valores cercanos y por encima respectivamente de las concentraciones máximas admisibles (CMA), según la NC 93-02:85. Otros investigadores han obtenido en pozos de la zona valores que oscilan en un rango de 0,010 a 0,086 mg/L (Torrero, 1992). Los valores aumentan con la proximidad a la presa de cola.

Tabla 1.- Mediana de las concentraciones de níquel en aguas de consumo de Moa. 1988.

PUNTO DE MUESTREO	Níquel (mg/L)	
	Mediana	Intervalo
Presa Nuevo Mundo (agua tratada)	0,011	0,002-0,044
Pozo 49	0,019	0,002-0,086
Pozo 50	0,024	0,002-0,297
Ind. Lixiv. ácida (agua tratada)	0,017	0,006-0,026
Conc. máx. admisible en Cuba	0,020	-----

Fuente: MINSAP (1992). La investigación sobre salud ambiental en Cuba:OPS, 28-31

INCIDENCIA Y MORTALIDAD POR CÁNCER DE PULMÓN EN MOA.

Se calcularon las razones estandarizadas de morbilidad y mortalidad por cáncer pulmonar en la población de 30 y más años del Municipio Moa, respecto a la provincia de Holguín y Cuba de 1988 a 1992, obteniéndose los promedios de los valores anuales del período (Tabla 2).

Tabla 2- Promedios de razones estandarizadas de cáncer pulmonar en población mayor de 30 años, Municipio Moa, 1988-1992.

Indicador para la población de Moa	Tasas específicas de referencia			
	Provincia Holguín		Cuba	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Razón estandarizada de morbilidad	1,42	1,55	1,02	1,14
Razón estandarizada de mortalidad	1,55	1,98	1,15	1,49

Fuentes: Dirección Nacional de Estadísticas, MINSAP, Cuba.
Registro Nacional del Cáncer, INOR, MINSAP, Cuba.

Se observó un mayor riesgo de enfermar y de morir por cáncer pulmonar en la población de Moa, con respecto a la provincia de Holguín, lo que resultó más notable en las mujeres (casi el doble). Al efectuar la comparación con las tasas nacionales sólo se apreció un incremento del riesgo de enfermar en las mujeres, en tanto que la mortalidad superó la tasa esperada en ambos sexos, en mayor cuantía en el sexo femenino.

Aunque estos datos sólo constituyen una aproximación ecológica exploratoria al problema y no se conoce la magnitud de la prevalencia del tabaquismo según sexo en la población de Moa, se formula como hipótesis que este exceso de riesgo pudiera ser atribuido, al menos en parte, a la exposición crónica de la población a concentraciones relativamente bajas de compuestos carcinógenos de níquel y de otros contaminantes originados por la industria niquelífera, presentes en el aire de las zonas urbanas. Dicho exceso de riesgo, comparativamente mayor en las mujeres, pudiera ser explicado por la mayor estabilidad territorial de este sexo con respecto a los hombres que presentan, de forma general, mayores índices de migración. Durante el período no se produjeron casos ni muertes en Moa, de cáncer de pulmón en menores de 30 años, ni de cáncer nasal o de senos paranasales en ningún grupo de edad (INOR).

RECOMENDACIONES

Perfeccionar medidas de control sanitario sobre las emisiones de las fuentes y establecer un sistema de vigilancia epidemiológica ambiental.

Implementar, de forma priorizada, la reforestación de todas las posibles áreas existentes, para mitigar de forma natural el impacto producido por las emisiones de las industrias ubicadas en la zona.

Desarrollar estudios analíticos más precisos respecto a la morbimortalidad por afecciones respiratorias, dermatológicas y oncológicas, de posible relación con los riesgos ambientales existentes.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Dirección Nacional de Estadísticas, MINSAP, Cuba.

International Programme on Chemical Safety (IPChS)(1991). *Nickel*. Geneva DC:OMS, (Environmental Health Criteria 108)

Ministerio de Salud Pública (MINSAP), Cuba. (1992) Evaluación de la exposición a metales tóxicos en la localidad de Moa, Holguín. EN : *La investigación sobre salud ambiental en Cuba. La Habana: OPS*, 28-31.

Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR), Registro Nacional del Cáncer, MINSAP, Cuba.

Rodríguez, D. (1991) *Níquel*, Centro Panamericano de Ecología y Salud. México DC :OPS, (Serie vigilancia 10).

Terrero A. (1992) Estudio de los elementos antropogénicos que alteran la calidad de las aguas subterráneas de los sedimentos aluviales de las terrazas del río Moa. EN : XXIII Congreso de AIDIS. La Habana: [s/n],: 396-406.

Doraida S. Rodríguez Sordía

Resumen Curriculum Vitae

Nacida en 1951, en Sancti Spíritus, Cuba. Graduada en 1976 de Ingeniería Química. Ha trabajado en inversiones de la industria del papel, dentro del Ministerio de Industria Básica y como administrativa y especialista en Ingeniería Sanitaria dentro del Ministerio de Salud Pública de Cuba. Ha recibido 29 cursos de postgrado y participado en 45 eventos científicos con 46 trabajos investigativos. Cuenta con 7 publicaciones, ha pertenecido a 6 grupos de expertos nacionales y ha impartido 27 cursos en pregrado, residencias y maestrías relacionados con ingeniería y salud ambiental.