



## **EL DETERIORO MEDIOAMBIENTAL DE LA ESCULTURA EN MOA**

**Dra. Alina Rodríguez Infante.**<sup>1</sup>  
[rinfante@ismm.edu.cu](mailto:rinfante@ismm.edu.cu)

**Eider Sánchez Olivero.**  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.<sup>2</sup>  
[esanchez@ismm.edu.cu](mailto:esanchez@ismm.edu.cu)

**Susana Carralero Rodríguez.**  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.<sup>3</sup>  
[scarralero@ismm.edu.cu](mailto:scarralero@ismm.edu.cu)

### **RESUMEN**

El trabajo aborda los principales contaminantes que afectan a las esculturas ambientales en el territorio minero metalúrgico de Moa y la forma en que actúan sobre las mismas. Entre los agentes contaminantes se encuentran los procesos metalúrgicos que se realizan en las empresas procesadoras de níquel existentes en la región y los gases que de los mismos se desprenden, la actividad minera, el biodeterioro, y la actividad social. Todos estos elementos propician el ennegrecimiento, la fractura, la oxidación y el desprendimiento de partes de las obras escultóricas de la región. La contaminación ambiental provoca efectos nocivos en las obras dañándolas, degradándolas y destruyéndolas.

Palabras clave: Deterioro-escultura-minería-metalurgia-Moa.

---

<sup>1</sup> Profesora auxiliar de Geología y Directora del Centro de Información Científico-Técnico del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Investigadora de la rama del medio ambiente.

<sup>2</sup> Lic. en Física. Profesor asistente del departamento de Física. Imparte las Asignaturas de "Mecánica y Física Molecular" y "Electricidad y Magnetismo". Sus investigaciones se basan en la contaminación ambiental.

<sup>3</sup> Lic. en Historia del arte. Profesora asistente. Labora en la Editoria Digital Universitaria, EDUM. Investiga aspectos relacionados con la escultura y las artes plásticas en Moa.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Moa se identifica por la producción de níquel y cobalto, a través de la industria minero metalúrgica más grande del país la que es además causante de los altos índices de contaminación ambiental. Es una ciudad minera que ha desarrollado un importante patrimonio escultórico como expresión de su desarrollo cultural.

La historia de la región de Moa se ha visto directamente relacionada con el proceso de explotación de los recursos mineros. La puesta en funcionamiento, desarrollo y perfeccionamiento de la industria del níquel ha convertido al municipio en un potencial económico trascendental para el desarrollo del país y en punto cimero de la minería nacional. Pero si Moa se identifica por la producción minero metalúrgica más grande del país, también lo hace por los altos índices de contaminación ambiental que de esta se derivan.

El territorio cuenta con dos industrias de extracción y procesamiento de níquel: La empresa Comandante Pedro Sotelo Alba, con tecnología de lixiviación ácida a presión, y la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, con tecnología carbonato-amoniaco.

La actividad minera y los procesos metalúrgicos se manifiestan de manera ambivalente ya que en la medida en que incrementan consecutivamente el desarrollo industrial y económico del municipio, afectan ostensiblemente el bienestar humano y social mediante agresiones al entorno. El proceso productivo de las industrias minero-metalúrgicas en la región provoca un impacto negativo sobre el medio ambiente.

## **2. ELEMENTOS CONTAMINANTES QUE AFECTAN A LA ESCULTURA AMBIENTAL EN MOA**

Las obras ambientales son construcciones muy vulnerables, sobre todo aquellas que se encuentran expuestas a la intemperie. Factores atmosféricos como la lluvia, el viento, el sol, la temperatura y el salitre marino, con su alto poder oxidante, actúan negativamente sobre ellos, incluso en atmósferas libres de contaminación, pero cuando las obras se ven afectadas además por los contaminantes presentes en el aire su deterioro se acrecienta notablemente y con una velocidad mayor. La contaminación ambiental produce efectos negativos sobre las obras dañándolas, degradándolas y destruyendo la pieza en sí y el mensaje que aporta.



**Mural  
Argelio Cobiella**

La escultura, tradicionalmente conocida como una de las bellas artes, es una de las expresiones humana que se basa en la representación de una figura en tres dimensiones. La escultura de gran formato, a escala ambiental, puede ser tan funcional como la ciudad lo requiera. Identifica espacios sociales y se identifica con grupos etarios diversos según el lugar al cual se integre.

## **2.1 LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR LOS GASES Y SU INCIDENCIA EN LA ESCULTURA AMBIENTAL**

La velocidad del deterioro, por causas naturales, de monumentos históricos antiquísimos nunca fue tan notable como hasta principios del siglo XX. Esto ha sido causado muchas veces porque el aire que respiramos no es el mismo que había antes de la invención del automóvil y del surgimiento de grandes fábricas. El aire natural está compuesto fundamentalmente de nitrógeno, oxígeno, agua (en forma de vapor), dióxido de carbono y pequeñas cantidades de otros gases. Con el desarrollo de la técnica se fueron incorporando otros gases, que aunque en apariencia insignificante resultan increíblemente dañinos a largo y mediano plazo (Moreno 2012).

En la atmósfera existen gases como el  $O_2$ ,  $CO_2$  y el  $N_2$ , solubles en el agua, bajo la influencia de descargas eléctricas que se producen en la atmósfera, principalmente durante las turbonadas el nitrógeno ( $N_2$ ) se une con el hidrogeno ( $H_2$ ) y con el oxígeno ( $O_2$ ) formando ácido nítrico ( $HNO_3$ ) (De Miguel & Vázquez, 2006).

El  $CO_2$  es uno de los gases que más influye en la contaminación ambiental y en el calentamiento global, y por ende, en el cambio climático factores todos negativos para la perdurabilidad de materiales constructivos.

El  $NO_2$  se forma como resultado en los procesos de combustión a altas temperaturas, como el generado en las plantas eléctricas de ambas empresas niquelíferas. Esta sustancia presenta buena solubilidad en agua formando el ácido nítrico.

En esta región se acrecienta la vulnerabilidad de las obras producto de los desechos tóxicos emanados de las industrias metalúrgicas. La empresa Comandante Pedro Sotto Alba libera el sulfuro de hidrógeno que al reaccionar con el agua conforma la lluvia ácida que perjudicialmente actúa sobre las obras ambientales. Mientras las obras de cemento y hormigón reaccionan con la lluvia disolviendo en ella alguna de sus partes, Y las piezas metálicas son corroídas por estas sustancias. La lluvia ácida por su cualidad corrosiva, desgasta paulatinamente las estructuras desde su exterior hasta las partes más intrínsecas de las mismas.



**Busto a Pedro Sotto Alba  
Bermúdez Fuentes**

La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno o el dióxido de azufre emitido por las fábricas y sus centrales eléctricas. Esta combinación química de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y el ácido nítrico. Los contaminantes que pueden formar la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, y los vientos los trasladan kilómetros antes de precipitarse con el rocío, la llovizna, o lluvia, que se vuelven ácidos al combinarse con los gases residuales.

El azufre es una de las materias primas fundamentales en el proceso de Moa, se consume toneladas diarias de ese elemento. No menos de 60 toneladas para hacer el gas sulfhídrico y más de 400 para fabricar ácido sulfúrico muy difícil de obtener (Pérez, 2010).

El sulfato y el azufre acrecientan la acidez del agua lo que provoca la erosión de las obras emplazadas a la intemperie, acelerando el envejecimiento y destrucción de las obras.

La lluvia ácida afecta evidentemente a los organismos y la vida humana y de igual manera aqueja también a los materiales con que se erigen las construcciones, las que son afectadas por los ácidos que contienen estos contaminantes, los cuales reaccionan con sus componentes degradándose paulatinamente.

La tecnología de lixiviación ácida a presión permite extraer, con alta eficiencia, sulfuros de níquel y cobalto de menas lateríticas, sin embargo, el licor residual ácido que genera como desecho, contiene concentraciones apreciables de especies metálicas, siendo considerado uno de los efluentes líquidos de mayor impacto negativo al ambiente (Sosa & Garrido, 2009).

Mientras, en la planta de recuperación de amoniaco este se separa del carbonato de níquel, el cual pasa por bombeo a los hornos de calcinación para descomponerse en óxido de níquel y en CO<sub>2</sub>. Este último se expulsa a la atmósfera por la chimenea (Oramas, 1990).

El deterioro de las esculturas en la ciudad de Moa ocurre sobre todo por la contaminación del aire. Los contaminantes gaseosos más comunes son el monóxido

de carbono, el dióxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre.

Ambas industrias liberan a la atmósfera monóxido de carbono altamente tóxico y dióxido de carbono, sustancia que provoca el efecto invernadero generando contaminación atmosférica. A su vez emiten una serie de gases nocivos por el proceso minero-metalúrgico. Entre la emisiones contaminantes se destacan las de  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  (Vallejo & Guardado, 2000).

El  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  contribuyen a la destrucción de construcciones hechas de diversos materiales y al detrimento de monumentos y construcciones de piedra. El nivel de riesgo depende de la cantidad de gases y partículas liberados por las industrias a la atmósfera, altamente elevado en el territorio.

El efecto invernadero provoca en las obras, por el exceso de calor que el mismo genera, la fractura de las partes debido a las diferencias de temperatura que sufren las superficies, sobre todo, en tiempos de abundantes lluvias, propios de la región.



**Detalle de Monumento a Pedro Sotto Alba  
Lauro Hechevarría y Fausto Cristo**

## **2.2 EL POLVO COMO ELEMENTO CONTAMINANTE DE LA ESCULTURA EN MOA**

Otro elemento altamente contaminante es el polvo generado por los movimientos de tierra que se realizan en la parte Sur del territorio, pero al situarse estos en zonas elevadas son arrastradas partículas por el viento. A este se le suma el polvo emanado por las chimeneas de las fábricas resultado de los procesos industriales, aún más tóxicos que los primeros.

El polvo atmosférico está compuesto por una mezcla de partículas sólidas con la humedad que se encuentran en el aire. Algunas partículas pueden verse en forma de hollín o humo, otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse a través de instrumentos tecnológicos.

Característico de la zona son las abundantes concentraciones de hollín producto de la combustión de las calderas en ambas industrias niquelíferas. Estas partículas se depositan continuamente sobre las obras ambientales, creando capas consecutivas

negruzcas que si en un primer momento solo afean la obra, la repetición continua de las mismas deteriora la superficie sobre la que se ha colocado, desgastando las estructuras pétreas y oxidando los metales.

Las superficies cubiertas o a la sombra acumulan hollín (Sustancia crasa y negra que el humo deposita en la superficie de los cuerpos) que forma un recubrimiento que contrasta con las superficies limpias. (...) además de formar depósitos debajo de cornisas y relieves (Uruchurti & Menchaca, 2009).

### **2.3 EL DETERIORO DE LAS ESCULTURAS EN BRONCE**

Las obras creadas en bronce sufren sensiblemente los afectos de la corrosión producido por la presencia de cloruros en la atmósfera que elevan la humedad ambiental. El bronce es la aleación de cobre y estaño, todas las piezas que contienen cobre resultan altamente sensibles a este problema. El cobre al entrar en contacto con el oxígeno se oxida de forma natural, un proceso que suele ser muy lento, en Moa se acelera de forma considerable producto de todos los contaminantes químicos de la atmósfera.



**Guillermo Luis Fernández Hernández-Baquero  
Héctor Carrillo Alfonso**

El aumento de las temperaturas, los ácidos y partículas del aire aumentan la velocidad de corrosión de las obras de bronce.

La llamada enfermedad del bronce se caracteriza por la presencia de sales de cloro y atacamita sobre el material. Los cloruros de cobre (I) y (II) combinados con el oxígeno y la humedad del aire forman el ácido clorhídrico produciendo moteados de color verde azulado sobre la superficie. El efecto no queda solo en el simple cambio de coloración que afecta al bronce, sino que además lo corroe y se multiplica, iniciando reiteradamente la reacción hasta acabar completamente con la pieza.

## 2.4 EL BIODETERIORO

Otro efecto importante es el llamado biodeterioro, que es el daño físico o químico efectuado por diferentes tipos de organismos en objetos, monumentos o edificios. Dentro de los procesos de biodeterioro intervienen bacterias quimiolitóicas, autótrofas y heterótrofa; hongos, algas, líquenes, musgos y plantas superiores. Entre las bacterias se puede mencionar: las silicobacterias y las bacterias nitrificantes. Estas últimas son capaces de metabolizar y transformar los nitratos en nitritos, los sulfatos en sulfuros; produciéndose en presencia de agua ácido nítrico y nitroso y sus sales de amonio, ácido sulfhídrico, etc. que afectan los materiales (Uruchurti & Menchaca, 2009). También pueden verse afectadas las obras por la presencia de animales.

El biodeterioro puede afectar además a aquellas obras que se encuentran al aire libre, sobre todo a aquellas que se ubican en lugares húmedos o con exceso de vegetación a su alrededor, creando un ambiente propicio para la proliferación de bacterias y plantas.

La contaminación tiene un efecto directo o indirecto en los materiales reduciendo su vida activa, dañándolos y desfigurándolos (Uruchurti & Menchaca, 2009).



**Detalle del Monumento Che vive, de Elena Baquero y Rogelio Gómez donde puede verse, en la parte superior de la estrella elementos que provocan el biodeterioro. En este caso un nido de avispas.**

## 2.5 OTROS CONTAMINANTES DE LA ESCULTURA EN MOA

Otro de los agentes causantes del deterioro de la escultura ambiental en Moa son las vibraciones del suelo producidas por el transporte pesado que circula por los viales de la ciudad. Estas oscilaciones logran desprender fragmentos de las esculturas y debilitar las estructuras de sostén de las mismas.



**Busto de Rolando Monterrey  
José Delarra**

A esto se le suma el desconocimiento acerca de la importancia de las obras escultóricas, la carencia de estudios sobre su conservación y rehabilitación, las restauraciones arbitrarias a que han sido sometidas y en algunos casos el vandalismo cometido contra ellas por personas y empresas.



**Sin título  
Liudmila García**

La conservación y restauración de monumentos constituye una disciplina que abarca todas las ciencias y todas las técnicas que puedan contribuir al estudio y la salvaguarda del patrimonio monumental y tiende a salvaguardar tanto la obra de arte como el testimonio histórico (Carta de Venecia, 1964).

La escultura a escala ambiental demanda un espacio y una protección que les permita permanecer, sin alterar sus valores formales que conllevan a la degradación de la intención conceptual conferida, en excelentes condiciones estéticas. Al esto perderse, la intención deja de ser valiosa.

## **2.6 CONCLUSIONES**

Muchas de las esculturas ambientales emplazadas en el territorio minero metalúrgico de Moa se encuentran dañadas por diferentes contaminantes ambientales.

En el trabajo se reconocen los principales agentes contaminantes de la escultura en Moa: Los gases emanados por las industrias del níquel, el polvo liberado por la actividad minera, el deterioro del bronce y el biodeterioro.

Se analiza las consecuencias de la contaminación ambiental en la escultura moense y los daños que le causan: Ennegrecimiento, fractura, oxidación y desprendimiento de algunas partes.

Se evidencia además la incidencia negativa del entorno industrial sobre el patrimonio escultórico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CARTA DE VENECIA. 1964: Carta Internacional sobre la Conservación y Restauración de los Monumentos y los Sitios. Venecia.

DE MIGUEL, C. & VÁZQUEZ Y. 2006: Origen de los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. Revista Minería y Geología. Vol. 22. No. 3.

MORENO, B. 2012: ¡Auxilio! soy un monumento al aire libre. [en línea][Consultado: 2012-5-11]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia17/HTML/articulo07.htm>

SOSA, M. & BASSAS, P. 2001: Recuperación de metales del licor de desecho WL en forma de compuestos químicos. Revista Minería y Geología Vol. XVIII. Nos. 3-4.

SOSA M. & GARRIDO, M. 2009: Modelos termodinámicos de la precipitación de sulfuros metálicos en licor residual ácido. Revista Minería y Geología. Vol.25 No.2.

ORAMAS, J. 1990: Piedras hirvientes. La minería en Cuba. Editora Política. La Habana.

PÉREZ, I. 2010: Níquel + cobalto en Cuba. Lo que fui como ingeniero. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana.

URUCHURTI, J. & MENCHACA, C. 2009: Efecto de la contaminación en el patrimonio histórico. Academia de Ciencias de Morelos. México.

VALLEJO, O. & GUARDADO, R. 2000: Propuesta de indicadores ambientales sectoriales para el territorio de Moa. Revista Minería y Geología Vol. XVII, Nos. 3-4.