

## Dimensión ambiental de la construcción de una Planta para el tratamiento de residuales del proceso Caron



### Environmental dimension of the construction of a Plant for the treatment of residual of the process Caron

CU-ID: 2144/v13e04

 Yarisleydis Nicot Rochet<sup>1\*</sup>, Esteban Alfonso Olmos<sup>2</sup>, José Ma. Ameneiros<sup>1</sup>

**RESUMEN:** El cuidado y preservación del entorno es un tema demandado, que, si se relaciona con proyectos de construcción y puesta en marcha de plantas industriales, cobra vital importancia como parámetro imprescindible a analizar, para lograr la implementación de tecnologías al menor costo ambiental posible. El objetivo del presente trabajo es identificar y evaluar los principales impactos ambientales provocados por el proyecto de construcción y puesta en marcha de una planta para el tratamiento del efluente del sedimentador de carbonato de la empresa niquelífera Ernesto Che Guevara. Para estimar las diversas alternativas del proyecto se utilizó el método cualitativo preliminar de matrices causa-efecto. Se relacionaron las posibles afectaciones, un total de 21, correspondientes a 9 factores ambientales y 13 componentes pertenecientes al medio natural o abiótico y resultó ser, este último, el más afectado. Con el análisis y evaluación de la matriz de Leopold, se establecieron 19 impactos identificados y evaluados, de los cuales 15 son negativos para un 79 % y 4 son positivos para un 21 %. Una simple observación vertical de la matriz, mostró que, en la fase de infraestructura, período en el que se construyen las instalaciones, caminos y otros, se concentra el 37 % de los impactos, provocados por acciones perjudiciales, de carácter temporal, que cesan una vez que termina esta fase. Se propusieron un total de 20 medidas para mitigar o atenuar los impactos ambientales potencialmente causados.

**Palabras Clave:** Impactos ambientales, intercambio iónico, níquel.

**ABSTRACT:** The care and preservation of the environment is a demanded issue, which if it is related to construction projects and start-up of industrial plants, becomes vitally important as an essential parameter to analyze, to achieve the implementation of technologies at the lowest possible environmental cost. The objective of this work is to identify and evaluate the main environmental impacts caused by the construction project and start-up of a plant for the treatment of effluent from the carbonate settler of the nickel Company Ernesto Che Guevara. To estimate the various alternatives of the project, the preliminary qualitative method of cause-effect matrices was used. Possible effects were listed, a total of 21, corresponding to 9 environmental factors and 13 components belonging to the natural or abiotic environment, and the latter was the most affected. With the analysis and evaluation of the Leopold matrix, 19 identified and evaluated impacts were established, of which 15 are negative for 79% and 4 are positive for 21%. A simple vertical observation of the matrix showed that, in the infrastructure phase, the period in which facilities, roads and others are built, 37% of the impacts are concentrated, caused by damaging actions of a temporary nature which cease once this phase ends. A total of 20 measures were proposed to mitigate or attenuate the potentially caused environmental impacts.

**Keywords:** Environmental impacts, exchange ionic, nickel.

Recibido: 07/01/2021

Aprobado en su forma original: 08/04/2021

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" Facultad de Ingeniería Química

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica. CIPIMM. La Habana, Cuba

\*Correo electrónico: [yani.artista205@gmail.com](mailto:yani.artista205@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La región de Moa es el máximo exponente de la actividad minero-metalúrgica en Cuba y su gradual desarrollo representa deterioro continuo del medioambiente. Una parte importante de este se manifiesta fundamentalmente por existencia de residuales líquidos potencialmente contaminantes generados por las dos tecnologías existentes en la región para la recuperación del níquel: la lixiviación ácida a presión con ácido sulfúrico (HPAL) y el proceso de lixiviación carbonato-amoniaco (CARON).

La reducción de impactos ambientales representa un imperativo para esta industria metalúrgica, donde los vertimientos en su mayoría no son química ni biológicamente degradables por la naturaleza. Generalmente se trata de una carga de metales pesados que, al ser descargados a los medios acuáticos, aun en bajas concentraciones, se acumulan en los ecosistemas representando su deterioro o potencial destrucción. Especial atención reviste la posibilidad de recuperar valores metálicos presentes en estos excedentes acuosos y la consecuente reutilización de aguas tratadas en diferentes etapas del proceso.

En la última etapa del esquema tecnológico del proceso CARON, en Moa, se obtiene el licor de rebose de los sedimentadores de carbonato de níquel, que es potencialmente contaminante. Actualmente el níquel y el cobalto contenidos en este efluente, son precipitados como sulfuros, logrando recuperar cerca del 60 % Ni, para lo que se utiliza una solución de hidrogenosulfuro de amonio. Este procedimiento ofrece la posibilidad de recuperar metales útiles (Ni) de los licores de desecho de la planta, teniendo en cuenta que es sencilla y aparentemente poco costosa, sin embargo, persisten las pérdidas por su baja eficiencia ([Mosqueda et al., 2006](#)) y como resultado, tanto de la gran inestabilidad en la dosificación de reactivo precipitante, como de las variaciones de níquel disuelto obtenido en la destilación. El aumento recurrente de estos valores representa un alto consumo de reactivos necesarios para la recuperación de este metal por precipitación y el consecuente incremento de las pérdidas de níquel en el efluente, lo que incide en la eficiencia metalúrgica de la planta ([Sosa et al., 2010](#)).

El reactivo utilizado para la precipitación, hidrógeno sulfuro de amonio, según la página web de la Empresa Ernesto Che Guevara, posee características altamente influenciadas por las propiedades de las sustancias que la componen, pues ofrece muchos riesgos para la salud y el medioambiente, debido al sulfuro de hidrógeno que se produce durante su reacción de hidrólisis. El sulfuro de hidrógeno es un gas irritante y asfixiante, capaz de absorberse a través de la piel humana, que puede perjudicar la salud aun en bajas concentraciones al tener contacto con la piel, los ojos y las vías respiratorias. Por encima de las 500 ppm puede provocar daños severos e incluso la muerte.

Es evidente que esta alternativa tampoco constituye una solución desde el punto de vista ambiental, por lo mismo se

impone la búsqueda de tecnologías más amigables con el medioambiente, y económicamente más factibles.

Numerosos estudios sostienen la utilización de resinas quelantes de intercambio iónico con el propósito de tratar residuales líquidos con bajos niveles de concentración y recuperar los valores metálicos que en ellos se encuentran, debido a los altos índices de extracción y la posibilidad de obtener eluatos de alta concentración de los metales recuperados.

El objetivo general del presente trabajo es identificar y evaluar los principales impactos ambientales provocados por el proyecto de construcción y puesta en marcha de una planta para el tratamiento del efluente del sedimentador de carbonato de la empresa niquelífera Ernesto Che Guevara, con la recuperación de níquel en forma de sal doble mediante intercambio iónico con resinas quelantes.

El Proyecto para la construcción de la planta de tratamiento propuesta consta de las siguientes etapas:

- Infraestructura (Etapa constructiva)
- Procesamiento tecnológico del efluente (puesta en marcha y operación)
- Traslado y almacenamiento del licor residual
- Preparación de la resina en forma de trabajo
- Adsorción
- Preparación, traslado y almacenamiento de la solución desorbedora
- Desorción y obtención de la sal sulfato amoniaco de níquel

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio preliminar del impacto ambiental de la construcción de una planta de intercambio iónico para el procesamiento del licor residual requirió un análisis del proyecto a ejecutar, la identificación de las acciones del proyecto que producirían impactos, relación de componentes ambientales afectados, la aplicación de técnicas para la evaluación del impacto y su evaluación, así como la propuesta de medidas que mitiguen los impactos ambientales potencialmente causados.

El análisis del proyecto se realizó con anterioridad y contempla el objetivo fundamental, la descripción y posibles resultados del mismo. El estudio del entorno mediante la búsqueda documental, se basó en la obtención y registro de información contenida en libros, publicaciones, informes científicos y datos aportados como resultado de entrevistas a especialistas de la Empresa. Ambos aspectos no se incluyen en el presente artículo teniendo en cuenta su extensión.

Con la descripción por etapas del proyecto, así como el conocimiento de la tecnología propuesta para el tratamiento de los residuales objeto de estudio, se identificaron las acciones según las etapas del proyecto susceptibles de provocar impactos, así como las posibles afectaciones correspondientes a los factores ambientales y sus componentes pertenecientes al medio abiótico o natural, teniendo en cuenta que los mismos deben ser fácilmente

identificables, aportar información manifiesta sobre la magnitud del impacto y ser representativos del entorno afectado.

Gran variedad de metodologías específicas se ha desarrollado para evaluar los impactos ambientales provocados por la actividad antropogénica. Para estimar las diversas alternativas del mismo proyecto se utilizó el método cualitativo preliminar de matrices causa-efecto. En este caso, se aplicó la Matriz de Leopold, donde se valoran cuantitativamente los impactos y los factores impactados a partir de la importancia y la magnitud. Se empleó, además, la matriz de importancia de impactos, método analítico mediante el cual se mide cualitativamente el impacto ambiental, tanto en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto (Conesa, 1993).

Cuando se han identificado y analizado todos los posibles impactos se proponen medidas orientadas a eliminar o atenuar los efectos negativos causados por las acciones del proyecto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las actividades referidas al proyecto en las diferentes fases, con posibilidades de producir alteraciones ambientales, tanto perjudiciales como beneficiosas, se listan en la [tabla 1](#).

A continuación, se listan los componentes ambientales y socioeconómicos susceptibles de recibir impacto por las acciones del proyecto, los que se relacionan con las posibles alteraciones en la [Tabla 2](#), donde se manifiesta que el

subsistema abiótico perteneciente al medio natural sería el más impactado.

- a. Atmósfera
- b. Hidrografía
- c. Suelos
- d. Procesos Geofísicos
- e. Flora
- f. Fauna
- g. Paisaje
- h. Socio culturales
- i. Económicos

Los potenciales impactos ambientales identificados se relacionan a continuación:

- I1 Contaminación con polvo y gases
- I2 Contaminación atmosférica sónica
- I3 Contaminación agua superficiales, turbidez, toxicidad
- I4. Agotamiento de recursos naturales (agua)
- I5. Ocupación irreversible del suelo fértil, depósitos, caminos
- I6. Pérdida de la cubierta vegetal
- I7 Pérdida de vegetación
- I8. Eliminación hábitat vegetal. Difícil regeneración de la vegetación
- I9. Cambio en pautas de comportamiento de la fauna

**Tabla 1.** Acciones productoras de impacto y actividades derivadas del proyecto de construcción de una planta de adsorción-desorción.

<b>Acciones productoras de impactos o alteraciones (causas)</b>	
	A1 Remoción de la vegetación, desbroce y terraplenado
	A2 Transporte de materiales de construcción
	A3 Construcción de carreteras y viales
	A4 Almacenaje de materiales de construcción
Infraestructura	A5 Construcción de facilidades temporales
	A6 Construcción de edificaciones, planta de tratamiento, almacenes y depósitos
	A7 Preparación de área de depósito de residual a tratar
	A8 Bombeo de agua para las actividades constructivas y otros usos
	A9 Utilización de fuerza de trabajo para la construcción y fuerza de trabajo especializada
	A10 Carga y transporte del efluente a tratar
	A11 Preparación de soluciones
	A12 Acondicionamiento del intercambiador
	A13 Operación de sección de adsorción
	A14 Operación de sección de desorción
Operación y puesta en marcha	A15 Precipitación de sales
	A16 Operaciones auxiliares (limpieza y mantenimiento)
	A17 Manejo y trasiego de residuo
	A18 Disposición final de resinas agotadas
	A19 Producción y venta de sal
	A20 Contratación del personal
	A21 Incremento de demanda de productos, servicios y actividad económica y social

**Tabla 2.** Componentes ambientales potencialmente impactados y posible alteración

Sist	Sub sistema	Factores	componentes	Posible alteración	
Medio Natural	Abiótico	Atmósfera	Composición de la atmósfera Nivel de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación atmosférica por gases y polvo</li> <li>Contaminación sónica</li> <li>Contaminación del agua superficial</li> </ul>	
		Hidrografía	Alteración de la red de drenaje natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundación de área próximas</li> <li>Alteración de redes naturales</li> <li>Agotamiento de recursos</li> </ul>	
		Suelos	Características edáficas Usos del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de comunidades vegetales</li> <li>Pérdida del suelo por erosión</li> <li>Cambios en el uso del suelo</li> </ul>	
		Procesos Geofísicos	Erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de suelo</li> </ul>	
			Inestabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios físico-químicos del suelo</li> </ul>	
		Biótica	Sismicidad, vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactación del suelo</li> </ul>	
			Flora	Especies y comunidades vegetales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afectación de la vegetación de áreas cercanas</li> </ul>
			Fauna	Especies y población de animales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración de la vida silvestre</li> <li>Alteración de población de animales</li> </ul>
		Perceptual	Paisaje	Modificación en el paisaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración del paisaje</li> <li>Afectaciones salud y seguridad</li> </ul>
		Medio socioeconómico	Socio cultural	Socio culturales	Población
Redes de servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del consumo de servicios básicos</li> </ul>				
Económico	Económico		Producción económica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento ingreso de divisas al país</li> </ul>	

I10. Alteración de redes tróficas

I11. Pérdida de suelo, aumento de erosión

I12. Cambios físicos y químicos del suelo

I13. Compactación del suelo

I14. Alteración del paisaje

I15. Ingreso de divisas al país

I16. Generación de empleos, salarios

I17. Incremento actividades comerciales, sociales, etc.

I18. Efectos sobre la salud y seguridad, incremento enfermedades

I19. Mejora de la calidad de vida de los pobladores

En la matriz del proyecto representada en la [figura 1](#), se identifican y predicen los impactos que podrían ser generados en el entorno ambiental, económico, social y cultural, en las fases de construcción o infraestructura y operación y puesta en marcha. Las supuestas alteraciones más significativas aparecen marcadas con una x, de esta forma se aprecia que la etapa más impactada, será la infraestructura, que incide prácticamente sobre todos los componentes. El período de abandono y recuperación no se contempla en este estudio, puesto que existe gran cantidad de mineral por explotar en la Empresa Ernesto Che Guevara.

La matriz interactiva de Leopold, aplicada al proyecto de la planta de intercambio iónico conduce al establecimiento de 21 acciones generadoras de impactos y 9 factores ambientales con 13 componentes potencialmente afectados.

La [figura 3](#) presenta la matriz de importancia, donde se le asigna la importancia (IM) a cada uno de los posibles impactos ambientales provocados por la ejecución del proyecto en cada etapa analizada según criterios de ([Conesa, 1993](#)).

De un total de 19 impactos identificados anteriormente y evaluados en la matriz de Leopold ([Fig. 1](#)), 15 son negativos para un 79 % y 4 son positivos para un 21 %. La fase de infraestructura, período en el que se construyen las instalaciones, caminos y otros, concentra el 37 % de los impactos, provocados por acciones perjudiciales, de carácter temporal, que cesan una vez que termina esta fase.

Del análisis de la matriz de importancia quedan establecidos 5 impactos severos de acuerdo a su importancia, tres de ellos perjudiciales para un 16 % (de los cuales dos son irreversibles) y dos beneficiosos que representan el 10 %, el resto (75 %), son moderados o irrelevantes. Se obtuvo, además, que, de los 15 impactos negativos, dos son recuperables a mediano plazo y los restantes 9 son mitigables con la implementación de medidas correctoras

		Etapas del proyecto																					
		INFRAESTRUCTURA									PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN												
Componentes	Factores Acción	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	
1	Composición de la atmósfera	1. Atmósfera	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x					
2	Nivel de ruido		x	x	x		x	x	x	x	x						x						
3	Redes de drenaje natural	2. Hidrografía	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x		x	x					
4	Características edáficas	3. Suelos	x															x					
5	Usos del suelo			x	x	x	x	x	x	x			x					x	x	x		x	
6	Erosión	4. Procesos Geofísicos	x	x	x		x	x	x										x				
7	Inestabilidad			x	x	x		x	x	x									x	x			
8	Sismicidad, vibraciones			x	x	x	x	x	x										x	x			
9	Especies y comunidades vegetales	5. Flora	x	x	x		x	x	x							x		x					
10	Especies y población de animales	6. Fauna	x	x	x		x	x	x				x		x		x						
11	Modificación en el paisaje	7. Paisaje	x	x	x	x	x	x	x	x									x				
12	Población	8. Socio culturales	x	x	x	x	x	x		x		x			x						x	x	
13	Redes de servicios										x											x	x
14	Producción económica	9. Económicos								x												x	x

**Figura 1.** Identificación de impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto

El gráfico de la [figura 4](#) muestra con claridad que los impactos con mayor efecto son I2, I5, I7, I14, I15, I17 y I19, los cuales se describen acto seguido.

I2. Contaminación atmosférica sónica: Se produce como consecuencia del ruido que genera la utilización de equipos pesados y la construcción de objetos de obra. Es provocada por acciones como la apertura de huecos, tráfico de camiones y maquinaria pesada. Alteración moderada en el caso de la implantación de viales e infraestructura. Impacta temporalmente y con menor intensidad durante la construcción de caminos e infraestructura.

I5. Ocupación irreversible suelo fértil, resultante del movimiento de tierra en las excavaciones y para la construcción de instalaciones, caminos, edificios, y plantas de tratamiento. Impacto permanente, moderado, irreversible e irrecuperable.

I7. Afectación a la vegetación: Es un impacto que se refiere a la etapa inicial de ejecución del proyecto donde se desbroza la vegetación en el área en la que se ubicarán los objetos de obra. Se valora como un impacto negativo alto y según su importancia representa un impacto severo a la vegetación natural. A pesar de la negatividad del impacto, el desarrollo del proyecto y la aplicación de medidas preventivas, permitirán atenuar el mismo.

I14. Alteración del paisaje: Durante todo el proceso constructivo existe una transformación brusca del paisaje, motivado principalmente por la eliminación de parte de la vegetación, la afectación a la fauna, la

presencia en el lugar de equipos pesados y fuerza de trabajo de la construcción y el establecimiento de facilidades temporales, entre otros. Se clasifica como un impacto negativo alto y por demás severo, aunque el mismo se revierte al final de la construcción de la instalación y durante su puesta en funcionamiento.

I15. Ingreso de divisas al país: Ocurre como consecuencia del aprovechamiento de un residual con la consecuente recuperación de Ni en forma de sal, lo que genera el aporte divisas al país por valor de la producción y venta de la sal sulfato amoniacal de níquel.

I17. Generación de empleo: Tiene un grado de incidencia alto. Actúa positivamente sobre la población y su calidad de vida, permitiendo el incremento de fuentes de empleo a los residentes, tanto para la construcción donde aparece de forma inmediata solo durante la etapa constructiva, como la promoción de plazas técnicas especializadas donde se mantiene durante el tiempo de funcionamiento de la instalación.

I19. Mejora de la calidad de vida de los pobladores: Este impacto positivo es resultante de los efectos positivos de la inversión en la población cercana, se manifiesta a través del incremento de la oportunidad de empleo, mejora de las condiciones de laborales, construcción de viales y viviendas, seguridad social, ingresos, educación, consumo de bienes y servicios, salud, transporte, etc. Ocurre a corto plazo y de manera continua y permanente.

Con el incremento de los ingresos medios en este segmento poblacional a través de las relaciones laborales,





anulen, atenúen o corrijan los efectos adversos recuperables que acarrea el desarrollo del proyecto para la construcción de una planta de intercambio iónico. En efecto, las medidas correctoras suponen un costo adicional que, aunque en comparación con el costo global de la actividad, suele ser bajo, puede evitarse si no se produce el impacto; a esto hay que añadir que en la mayoría de los casos las medidas correctivas solamente eliminan una parte de la alteración.

Las medidas de mitigación más importantes previstas, con el fin de lograr que el proyecto sea viable desde el punto de vista ambiental se proponen sobre la atmósfera, aguas superficiales, suelo, flora y fauna, riesgos geofísicos, morfología del paisaje y ambiente sociocultural y coinciden en gran medida por las propuestas por (Díaz, 2013).

Sobre el agua superficial:

- Realizar monitoreos continuos de acuerdo a normativa y registro documentado y actualizado de las mantenciones, monitoreos y situaciones de contingencia
- Adecuación de la planta de tratamientos conforme a las características de los contaminantes del agua.
- Establecer un sistema de análisis que detecte variaciones y anomalías inadmisibles en las características del agua, a la salida de la planta y antes de su entrada al receptor.
- recolección de aceites usados en el mantenimiento de la maquinaria.

Sobre la atmósfera

- Riego periódico de caminos mineros con agua o disoluciones salinas.
- Pavimentación de acceso permanente a la planta.
- Ubicar la planta lo más alejado posibles de las zonas habitadas.
- Sustituir cintas transportadoras mejor que camiones.
- Limitar el trabajo de las unidades más molestas a horas diurnas.

Sobre el suelo:

- Retirada y acopio de la tierra vegetal de las zonas ocupadas por la planta.
- Adopción de medidas que eviten la producción de polvo y deslizamientos.
- Realizar reforestación al término de las obras.

Flora y fauna:

- Revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.
- Realizar riego y abonado para la mejora del microclima.

Riesgos geofísicos:

- Reutilización de excedentes en rellenos y plataformas
- Evitar ubicación del depósito sólido en zona con peligro de hundimiento

Morfología del paisaje:

- Diseño compatible con actividades, condiciones climáticas y el entorno
- Ajuste de la topografía alterada lo más posible a lo natural.

Ambiente sociocultural:

- Disposición de carteles indicadores de peligros
- Construcción de caminos de acceso y carreteras de uso interno y mejora de los ya existentes.

## CONCLUSIONES

1. Se estiman 21 acciones generadoras de impactos que inciden sobre 9 factores ambientales con 13 componentes potencialmente afectados.
2. Las acciones impactantes negativas que más inciden, tienen un carácter temporal ya que pertenecen a la etapa constructiva, por lo que la etapa más impactada será la infraestructura.
3. Los factores ambientales que presentan mayor afectación pertenecen al medio natural y serían la atmósfera, el suelo, la flora y el paisaje.
4. Del análisis de la matriz de Leopold resultó que de 19 posibles impactos, de los cuales 15 son negativos para un 79 % y 4 son positivos para un 21 %, quedan establecidos 5 severos de acuerdo a su importancia, tres de ellos perjudiciales para un 16 % (de los cuales dos son irre recuperables) y dos beneficiosos que representan el 10 %, el resto (75 %), son moderados o irrelevantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ballester, F. 2005. "Contaminación atmosférica, cambio climático y salud". *Revista Española de Salud Pública*, 79: 159-175, DOI: [10.1590/S1135-57272005000200005](https://doi.org/10.1590/S1135-57272005000200005)
- Conesa, V. 1993. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Segunda ed., Madrid, España: Mundi-Prensa Ed
- Chang Cardona, Antonio Ramón & Rojas Vargas, Armando. 2009. "La lixiviación del proceso Caron: Síntesis del conocimiento para su perfeccionamiento industrial. Parte II". *Tecnología Química*, Vol. XXIX(2), mayo -agosto: 96-105. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba
- Díaz, A. 2013. "Propuesta de evaluación del impacto ambiental de una planta de biooxidación de concentrado de flotación arsenopirítico aplicando la matriz de Leopold". *V Congreso cubano de minería, Minería y medio ambiente, (Min2-P13)*, La Habana, Cuba: Memorias en CD-Rom, ISBN 2307-499X
- Gallardo Martínez, D.; Cabrera Díaz, I.; Bruguera Amara, N & Madrazo Escalona, F. 2013. "Evaluación de impactos

- ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río”. *Revista Científica Avances*, Vol.5 (1), enero-marzo: 98-116, ISSN: 1562-3297
- García Peña, E. 2011. Extracción de Cobalto por lixiviación ácida de los residuales sólidos de la Tecnología Carbonato Amónico. Tesis en opción al título de Master en Metalurgia, Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Nuñez Jiménez”, 78p
- Mardanov, A. & Herrera, V.1969. Aplicación del método de calcinación alcalina y lixiviación con agua al mineral laterítico de Moa. Reporte de Investigación, No.501. La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para al Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM)
- Mosqueda, A.; Capote, N. & Menés, G. 2006.” Estudio de la precipitación del níquel disuelto en la ECG”. *Revista Cubana de Química*, Vol.XVIII(1): 41,ISSN:0258-5995 . Available:<<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id443543688012>> ,
- Sosa, M., Rondón, I., & Valenzuel, F. 2010. “Precipitación de sulfuro de níquel a partir del licor efluente del sedimentador de carbonato en la EECG”. *Tecnología Química* , XXX(1):39-49

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)