

Hacia una minería responsable: La imperativa integración de la Geoética en la Ingeniería de Minas en Cuba

Towards Responsible Mining: The Imperative Integration of Geoethics into Cuban Mining Engineering

Yosbanis Manuel Cervantes-Guerra^{1*}, Arlenys Carbonell-Pupo¹, Kevin Cervantes-Barzaga¹

¹Universidad de Moa. Holguin, Cuba.

*Corresponding author: ycervantes@ismm.edu.cu

Resumen

La actividad minera en Cuba, pilar fundamental de su economía, enfrenta el desafío crítico de armonizar la extracción de recursos con la protección del medio ambiente y el desarrollo social. Este artículo sustenta la imperativa necesidad de integrar disciplinariamente la geoética en la formación del ingeniero de minas cubano, argumentando que la sólida instrucción técnica tradicional resulta insuficiente para abordar los complejos dilemas socioambientales contemporáneos. Mediante un análisis conceptual y una revisión crítica del plan de formación del ingeniero de minas, se identificaron las brechas formativas existentes y se propuso un modelo curricular dual que transversaliza los principios geoéticos en las asignaturas técnicas e instituye una asignatura específica obligatoria. El estudio concluye que esta integración es fundamental para cultivar una praxis profesional responsable, asegurar la aceptación social para operar y transitar hacia un modelo de minería sostenible y éticamente responsable en Cuba, que garantice tanto la rentabilidad como la integridad ecológica y el bienestar comunitario.

Palabras clave: geoética, sostenibilidad minera, formación profesional

Abstract

Mining activity in Cuba, a fundamental pillar of its economy, faces the critical challenge of harmonizing resource extraction with environmental protection and social development. This article argues for the imperative need to systematically integrate geoethics into the education of Cuban mining engineers, positing that traditional, robust technical training is insufficient to address contemporary complex socio-environmental dilemmas. Through

conceptual analysis and a critical review of the mining engineering curriculum, existing educational gaps are identified. A dual curricular model is proposed, one that mainstreams geoethical principles across technical subjects and establishes a specific, mandatory core course. The study concludes that this integration is essential for cultivating responsible professional praxis, ensuring the social license to operate, and transitioning towards a sustainable and ethically responsible mining model in Cuba, one that guarantees both profitability and ecological integrity, as well as community well-being.

Keywords: geoethics, mining sustainability, professional training, curriculum development

1. INTRODUCCIÓN

La minería representa una actividad económica estratégica para el desarrollo de Cuba, con recursos minerales como el níquel y el cobalto posicionados como elementos clave en su cartera de exportación y en el contexto de la transición energética global (Quintana, 2017). Sin embargo, esta actividad conlleva inherentemente una transformación territorial significativa, generando impactos ambientales potencialmente irreversibles y dinámicas sociales complejas en las comunidades vecinas (Lafita, 2021). Este escenario presenta un dilema fundamental para el sector minero cubano: cómo conciliar el aprovechamiento económico de los recursos del subsuelo con la preservación de la integridad de los ecosistemas y el bienestar intergeneracional.

En el ámbito educativo, la formación tradicional de los ingenieros de minas en Cuba se ha centrado predominantemente en el dominio de las ciencias básicas y la ingeniería aplicada, desarrollando profesionales competentes en aspectos técnicos, económicos y de seguridad operacional. No obstante, los desafíos contemporáneos exigen un perfil profesional más integral que trascienda la optimización técnica para replantear comportamientos éticos en la gestión de los recursos naturales, la rehabilitación de pasivos ambientales, el diálogo comunitario y la implementación de estándares internacionales de sostenibilidad. Esta evolución paradigmática requiere urgentemente un marco ético robusto que oriente la toma de decisiones técnicas frente a las crecientes complejidades socioambientales.

Es precisamente en este contexto crítico donde la geoética emerge como un pilar conceptual y práctico indispensable. Definida como la reflexión sistemática sobre los valores y principios que deben guiar la interacción humana con el sistema Tierra (Peppoloni and Di Capua, 2017), la geoética

proporciona herramientas conceptuales y metodológicas para navegar los dilemas entre rentabilidad económica, responsabilidad ambiental y compromiso social. Su relevancia adquiere una urgencia particular en América Latina, donde la actividad minera genera impactos ambientales significativos y tensiones sociales recurrentes, como lo evidencian casos documentados de degradación del suelo e impacto comunitario en regiones mineras como Moa, Cuba (Suárez et al., 2011; Villacorta et al., 2024).

Es importante enfatizar que la mera existencia de marcos legales no garantiza per se prácticas mineras responsables, como advierte Santos-Rodríguez (2022), quien subraya la necesidad imperativa de desarrollar un código deontológico que internalice los principios éticos dentro de la cultura profesional minera. Esta perspectiva se ve reforzada por las observaciones del informe "Minería y los ODS – Una Actualización 2020" (Responsible Mining Foundation and Columbia Center on Sustainable Investment, 2020), que revela un progreso fragmentado y superficial en la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la industria minera global, con deficiencias particularmente notables en áreas críticas como la gestión del agua, la salud pública y la equidad de género.

En consecuencia, la incorporación formal de la geoética en la formación de los ingenieros de minas trasciende su condición de complemento opcional para convertirse en una condición necesaria para la transición hacia un modelo minero sostenible.

Por lo tanto, el objetivo fundamental de este artículo es argumentar holísticamente la necesidad de integrar la geoética en el plan de estudios del programa de Ingeniería de Minas en Cuba. Para lograr este propósito, se analizarán sus fundamentos conceptuales, se examinarán los desafíos específicos del sector minero cubano y, finalmente, se propondrá un modelo concreto de integración curricular con un enfoque transversal y específico.

El presente artículo deriva de una investigación asociada al proyecto Ética Ambiental en la Gestión Comunidad-Minería, financiado por el Ministerio de Educación Superior de Cuba.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Enfoque metodológico, fuentes de datos y estrategia de recopilación

Esta investigación emplea un diseño de métodos mixtos, que combina el análisis cualitativo de contenido con elementos de prospectiva estratégica. El enfoque es principalmente descriptivo-analítico, examinando el estado actual

de la formación en ingeniería de minas en Cuba y su relación con los principios geoéticos. Esta fase diagnóstica se complementa con una dimensión propositiva centrada en desarrollar un modelo de integración curricular.

Para garantizar la robustez, el estudio se basa en una triangulación de fuentes de datos:

1. **Análisis documental exhaustivo:** Esto implicó una revisión crítica del plan de estudios vigente de ingeniería de minas en Cuba ("Plan E") (2018), del marco legal y regulatorio del sector, y de la literatura científica internacional sobre geoética y minería sostenible.
2. **Encuestas a docentes:** Se administró un cuestionario diseñado a medida a los miembros del cuerpo docente de la Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez". Como institución principal para la formación minera en Cuba, ubicada estratégicamente en una importante región minera desde su fundación en 1976, la universidad proporciona un punto de vista crítico. La encuesta evaluó la familiaridad de los docentes con la geoética, sus actitudes hacia ella y su experiencia práctica en la enseñanza de esta disciplina.
3. **Análisis en profundidad del plan de estudios:** El plan de estudios "Plan E" fue sometido a un examen detallado para identificar tanto las inclusiones explícitas como las transversales de contenido geoético, identificando así las brechas educativas específicas.

2.2. Técnicas de análisis

El procesamiento y análisis de la información recopilada se realizó mediante las siguientes técnicas:

- Análisis de contenido cualitativo de documentos curriculares y normativos.
- Sistematización y análisis interpretativo de los resultados de la encuesta a docentes.
- Estudio comparado de experiencias internacionales en la enseñanza de la geoética, contrastándolas con la realidad cubana.
- Identificación de brechas entre la formación actual y las demandas de un sector minero sostenible, derivada del contraste entre el análisis documental y los datos de la encuesta.

Para el análisis prospectivo se aplicó la metodología de escenarios, considerando:

- Identificación de variables clave en el sistema minero-educativo cubano a partir de los hallazgos previos.
- Análisis de los actores relevantes (sector educativo, empresas mineras, comunidades, entidades reguladoras).
- Construcción de escenarios tendencial, normativo y alternativo.
- Definición de factores críticos para la transición hacia el escenario óptimo.

2.3. Limitaciones metodológicas

La principal limitación de este estudio radica en la escasa disponibilidad de datos cuantitativos actualizados y de acceso público sobre indicadores socioambientales específicos relacionados con la minería en Cuba. Esta limitación se mitigó mediante la triangulación de las fuentes disponibles y la utilización de datos primarios generados a partir de la encuesta a docentes.

2.4. Consideraciones éticas

La investigación se realizó adhiriéndose a los principios de rigor científico, integridad académica y transparencia metodológica. Se garantizó el uso anónimo y confidencial de los datos obtenidos de la encuesta, y se mantuvo un enfoque crítico-constructivo a lo largo del análisis y la formulación de propuestas.

3. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la formación minera en Cuba: Identificación de brechas curriculares

El análisis del plan de estudios "E" de la carrera de Ingeniería de Minas revela una estructura curricular con limitaciones significativas para abordar los desafíos contemporáneos de la minería sostenible. La revisión documental demostró que los principios fundamentales de la geoética —como la responsabilidad, la sostenibilidad, la precaución, la transparencia y la participación— no están integrados explícitamente en los objetivos de aprendizaje ni en los contenidos de las asignaturas técnicas básicas.

Esta deficiencia se refleja en los resultados de la encuesta administrada a los profesores de la Universidad de Moa (Universidad de Moa, 2024), donde el 91,7 % de los encuestados confirmó la ausencia de cursos específicos dedicados a la geoética. Resulta particularmente notable que el 66,7 % del profesorado reconoció no haber recibido formación formal en esta disciplina, mientras que el 75 % de los encuestados consideró que su integración en el

plan de estudios es fundamental o muy importante para la formación de profesionales integrales.

3.2. Análisis de la realidad minera nacional y su alineación con las políticas de desarrollo

La evaluación del contexto minero cubano demuestra la necesidad de incorporar la geoética en la formación profesional. Cuba posee importantes recursos minerales, siendo el níquel y el cobalto elementos estratégicos que han contribuido sustancialmente a la economía nacional, representando hasta el 23 % de las exportaciones del país en períodos recientes (ONEI, 2022).

Según Quintana (2017), además del níquel y el cobalto, Cuba también exporta cromo, zeolita, plomo metálico, concentrados de plomo y zinc, y oro doré (una aleación de oro y plata). Este autor sugiere que la isla tiene potencial para aumentar las exportaciones de minerales y productos como carbonato de calcio micronizado, bentonita y sal.

Sin embargo, después de décadas de explotación intensiva en regiones como Moa, los impactos acumulativos son evidentes, lo que exige un nuevo enfoque en la práctica profesional. Estudios especializados han documentado daños ambientales significativos, incluyendo la contaminación atmosférica con material particulado y gases como el dióxido de azufre, que han afectado la calidad de vida de las comunidades vecinas (Suárez et al., 2011).

El análisis del marco de políticas públicas revela que, aunque el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 (2019) establece lineamientos hacia la sostenibilidad, persisten tensiones no resueltas entre los objetivos productivos del sector minero y la protección ambiental efectiva. Esta dualidad se manifiesta en la coexistencia de ambiciosas metas de producción con limitadas capacidades tecnológicas para implementar prácticas mineras ambientalmente responsables.

3.3. Fundamentos para la integración curricular de la geoética

La geoética constituye el marco conceptual apropiado para abordar los problemas identificados en el sector minero cubano. Sus principios rectores establecen los fundamentos epistemológicos para una práctica profesional que armonice la eficiencia técnica con la legitimidad social (Peppoloni y Di Capua, 2017). En el contexto específico de Cuba, esta perspectiva implica una reevaluación crítica de los paradigmas técnicos tradicionales, donde las nociones fundamentales deben trascender el análisis económico convencional para incorporar una valoración integral de sus externalidades socioambientales y su huella ecológica a largo plazo.

La aplicación sistemática de estos principios transformaría la toma de decisiones técnicas. Por ejemplo, el concepto de Ley de Corte podría abordarse considerando no solo su formulación económica sino también su impacto en la vida útil de la mina y en la generación de residuos. De manera similar, el análisis de estabilidad de taludes debería incorporar criterios de seguridad a largo plazo y evaluación de riesgos para las comunidades vecinas, yendo más allá del mero cumplimiento normativo.

3.4. Propuesta de integración curricular y su viabilidad

Para abordar las brechas identificadas, se propone un modelo de integración curricular dual, que combina la transversalización en las asignaturas existentes con la creación de una materia específica. La transversalización implica incorporar principios geoéticos en disciplinas técnicas fundamentales mediante:

- En *Procesos Mineros*, la inclusión del análisis de impacto socioambiental en la selección de métodos de explotación.
- En *Geomecánica*, la incorporación del principio de precaución en el diseño de taludes.
- En *Gestión Ambiental*, el enfoque en la responsabilidad intergeneracional en los planes de cierre.

Debido a su importancia en el contexto actual, se propone la asignatura *Geoética y Responsabilidad Social Minera*, con contenidos que incluyen fundamentos de geoética, marcos normativos, análisis de casos de estudio nacionales y técnicas de diálogo comunitario.

El análisis de viabilidad indica que la implementación de este modelo representa una inversión estratégica para el desarrollo del sector minero nacional, alineándose con los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo y respondiendo a las demandas de sostenibilidad identificadas en el diagnóstico.

4. DISCUSIÓN

4.1. Justificación de la propuesta de integración curricular

Los resultados obtenidos demuestran consistentemente la necesidad de implementar un modelo de integración curricular dual de la geoética en la formación de los ingenieros de minas en Cuba. Esta propuesta se fundamenta en el diagnóstico que revela brechas significativas entre las competencias desarrolladas en el plan de estudios actual y los desafíos que presenta la práctica profesional contemporánea (Villacorta et al., 2024). La evidencia recopilada a través de encuestas al profesorado de la Universidad de Moa corrobora esta necesidad, donde aunque el 75 % del personal docente

reconoce la importancia fundamental de la geoética, el 91,7 % confirma su ausencia en los planes de estudio vigentes.

La propuesta de transversalizar los contenidos geoéticos en las asignaturas técnicas existentes responde a la necesidad de contextualizar los principios éticos dentro de la práctica profesional específica. Como señalan Peppoloni y Di Capua (2017), la geoética no debe constituir un conocimiento abstracto sino una herramienta de aplicación concreta en la toma de decisiones. La incorporación del análisis de impacto socioambiental en la selección de métodos de minería, o la integración del principio de precaución en el diseño de taludes, representan aplicaciones prácticas que permiten superar el enfoque puramente técnico que ha caracterizado tradicionalmente la formación minera.

4.2. Viabilidad y estrategia de implementación

El análisis de viabilidad de la propuesta indica que su implementación es viable y se alinea con los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030. La existencia de la disciplina Ergoambiental en el plan de estudios actual proporciona una plataforma adecuada para iniciar el proceso de transversalización, particularmente en lo relacionado con la gestión y protección ambiental.

La implementación exitosa requerirá una estrategia gradual que considere:

Formación del profesorado: Dado que el 66,7 % del personal docente reconoce no haber recibido formación en geoética, es necesario desarrollar programas de desarrollo profesional para ampliar el espectro cognitivo de los profesores y dotarlos de las competencias requeridas para impartir estos contenidos.

Desarrollo de materiales didácticos: La creación de casos de estudio basados en la realidad minera cubana, particularmente de regiones como Moa, permitirá contextualizar los principios geoéticos dentro de situaciones reales que enfrentarán los futuros ingenieros.

Articulación con el sector productivo: La colaboración con empresas mineras como Cubaniquel ayudará a alinear la formación con las necesidades reales del sector, al tiempo que facilitará el acceso a escenarios reales para la aplicación práctica del conocimiento.

El establecimiento de la asignatura específica "Geoética y Responsabilidad Social Minera" complementaría este proceso al proporcionar el marco conceptual y metodológico necesario para integrar los diversos aspectos abordados de manera transversal.

4.3. Beneficios esperados y contribución al desarrollo nacional

La implementación de esta propuesta curricular generaría beneficios significativos en múltiples dimensiones. Para el sector minero nacional, contribuiría a la transición hacia un modelo minero sostenible, mejorando la competitividad internacional mediante la adopción de estándares reconocidos globalmente (*Responsible Mining Foundation and Columbia Center on Sustainable Investment*, 2020). La formación de ingenieros con competencias geoéticas facilitaría el acceso a mercados internacionales que exigen certificaciones de sostenibilidad, representando una ventaja comparativa para la industria minera cubana.

Para las comunidades de las regiones mineras, esta formación establecería nuevos fundamentos para la relación entre la industria y la sociedad, promoviendo procesos de diálogo más transparentes y una distribución más equitativa de los beneficios (Santos-Rodríguez, 2022). La incorporación de la participación comunitaria en la toma de decisiones técnicas representa un avance significativo hacia la construcción de una legitimidad social más sólida para las operaciones mineras.

En el ámbito ambiental, la aplicación sistemática de los principios de precaución y responsabilidad intergeneracional ayudará a minimizar los pasivos ambientales históricos y a prevenir nuevos impactos, contribuyendo a la protección del patrimonio natural de Cuba, incluyendo áreas de alta sensibilidad ecológica como el Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

La integración de competencias geoéticas en la formación de los futuros ingenieros de minas, constituye un valor añadido fundamental, preparándolos para liderar la transición del sector hacia prácticas más sostenibles y socialmente responsables. Esta formación integral les permitirá abordar los complejos dilemas éticos inherentes a la práctica profesional contemporánea, facilitando una toma de decisiones que no solo sea técnicamente sólida sino también éticamente fundamentada en criterios de justicia socioambiental y responsabilidad hacia el territorio y las comunidades.

5. CONCLUSIONES

- El análisis del plan de estudios "E" de Ingeniería de Minas en Cuba revela la ausencia de una integración explícita de principios geoéticos, constituyendo un vacío educativo para abordar los desafíos contemporáneos del sector minero.
- La encuesta a profesores de la Universidad de Moa demuestra que mientras el 75% del profesorado reconoce la importancia fundamental

de la geoética, el 91,7% confirma su ausencia en el plan de estudios y el 66,7% carece de formación específica en esta disciplina.

- El diagnóstico del contexto minero cubano evidencia la urgente necesidad de profesionales con competencias geoéticas, particularmente en regiones como Moa donde los impactos ambientales acumulativos documentados y las tensiones sociales requieren nuevos enfoques de gestión.
- Se demuestra la viabilidad de un modelo de integración curricular dual, combinando la transversalización de contenidos geoéticos en carreras técnicas con una materia específica, aprovechando las capacidades existentes en el sistema de educación superior cubano.
- The implementation of the proposed new course would significantly contribute to the national mining sector's competitiveness through the adoption of international sustainability standards, improve community relations, and strengthen environmental protection.
- La implementación del nuevo rumbo propuesto contribuiría significativamente a la competitividad del sector minero nacional a través de la adopción de estándares internacionales de sustentabilidad, mejoraría las relaciones comunitarias y fortalecería la protección ambiental.
- Este estudio establece que la integración de la geoética en la educación en ingeniería minera es una condición necesaria para el desarrollo sostenible del sector minero cubano, alineándose con los objetivos de desarrollo nacional y las tendencias globales hacia una minería responsable.

6. REFERENCIAS

- Lafita, C.Y. (2021). Legislación ambiental y minera en Cuba. Aciertos y desaciertos. *Revista Ciencia Jurídica y Política*, 17(13), 146-164.
- Ministerio de Economía y Planificación de Cuba. (2019). Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030: PNDES 2030. Gobierno de Cuba. Consultado: 3/10/2025. Disponible en: <https://www.mep.gob.cu/sites/default/files/Documentos/Archivos/FOLLETO%20PNDES%20%20FINAL.pdf>
- Ministerio de Educación Superior de Cuba. (2018). Plan de estudio "E". Carrera Ingeniería de Minas [Unpublished curriculum document].
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2022). Anuario estadístico de Cuba 2021. La Habana: ONEI.

- Peppoloni, S., and Di Capua, G. (2017). Geoethics: Ethical, social and cultural implications in geosciences. *Annals of Geophysics*, 60(7). <https://doi.org/10.4401/ag-7473>
- Ministerio de Educación Superior de Cuba. (2018). Plan de estudio "E". Carrera Ingeniería de Minas.
- Quintana, J. R. (2017). La minería en su vínculo con el plan nacional de desarrollo económico y social hasta el 2030. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 1(1), 59-67.
- Responsible Mining Foundation and Columbia Center on Sustainable Investment. (2020). Mining and the SDGs: A 2020 update.
- Santos-Rodríguez, E. (2022). Necesidad de un código de ética ambiental para el minero del níquel en Cuba. *Minería y Geología*, 38(2), 177-188.
- Suárez, S., Molina, E., Maldonado, G., Cuéllar, L., Martínez, M., y Romero, M. (2011). Contaminación atmosférica y causas de mortalidad potencialmente relacionadas en el municipio de Moa (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 11, 793-801.
- Universidad de Moa. (2024). Datos propios de la encuesta sobre la enseñanza de la geoética en las carreras de geociencias en Cuba.
- Villacorta, S., Pinto, L., Camprubí, A., and Cervantes, Y. (2024). Integrating geoethics in tertiary education: a strategy for sustainable development in Latin America and the Caribbean. *Episodes Journal of International Geoscience*, 47(4), 733-751. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2024/02404s02>

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

YCG: conceptualización, redacción del original. ACP: diseño de la investigación, supervisión, y aprobación de la versión final. KCB: supervisión y corrección del original. Aprobación de la versión final.

ORCID

YCG, <https://orcid.org/0000-0001-8252-8017>

ACP, <https://orcid.org/0000-0002-3716-9075>

KCB, <https://orcid.org/0009-0004-2139-8115>

Recibido:02/10/2025

Aceptado:16/10/2025