

# Estudio y Modelación Cuantitativa de Impacto Ambiental Generado por la Explotación Minera en Arenas Volcánicas del Suroeste del Cerro Motastepe

## Resumen

Este Estudio realizado al Suroeste de Cerro Motastepe (Managua, Nicaragua) tuvo como propósito analizar y modelar cuantitativamente los impactos ambientales generados por la explotación minera en arenas volcánicas del lugar. Para esto se compiló y analizó información documental y modelos cartográficos actuales disponibles a escalas varias en el país. Se elaboraron y usaron instrumentos de adquisición de datos (centrales de correlación, encuestas mineras, y otros); se tomaron e interpretaron datos de campo con apoyo de equipos electrónicos. Se emplearon técnicas estadísticas e iconográficas, software ArcGis 9, y modelos numéricos predictivos  $[IM = \pm 3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR; VIA = (R)^{aR} (IM)^{aIM} (P)^{aP}]$ . Finalmente, se elaboró documento final de Doctorado y Maestría en Geología y Gestión Ambiental de Recursos Minerales de la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) en España. Con esto se determinaron 17 afectaciones ambientales, siendo la acción minera más discrepante los movimientos de tierra calculada en 15,7% afectando al **Factor Suelo**, representando el 48% del total estudiado. Mediante la metodología **Conesa Vítora Fernández (1993)** se calificó impactos Negativo Moderado y Compatible entre 19 y 46, es decir con carácter negativo. Los indicadores geo-ambientales valoran en 8 (alto) la Intensidad (I) y Extensión (EX). Finalmente, con método **Leopold Lugones** se valora en Muy Baja a Baja la relevancia ambiental entre 1,4 a 3,2 debido a episodios fluctuantes de la minería local.

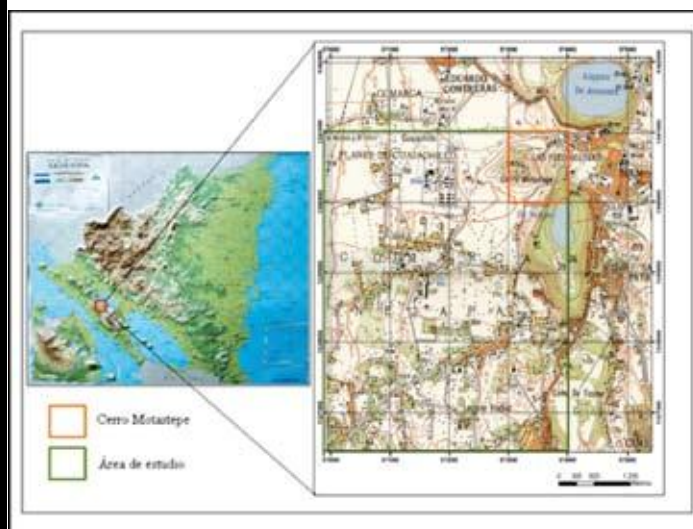
## Palabras Claves

explotación minera, indicador, relevancia ambiental

Ingeniero Tupak Ernesto Obando Rivera, *geólogo-investigador*. Estudio del Programa Interuniversitario de Doctorado y Master Universitario (Maestría) en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Mineros.  
[tobando\\_geologic@yahoo.com](mailto:tobando_geologic@yahoo.com)

## I.- INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enmarca en una superficie de terreno (**Ilustración 1**) de 80 km<sup>2</sup> al Suroeste de Cerro Motastepe cuyo objetivo es analizar los impactos ambientales ocasionados por la minería en depósitos de arenas volcánicas para la planificación física y uso importante de esa región. Algunos especialistas (**Rodríguez D., 2008**), consideran la zona un excelente yacimiento minero no metálico. Esta constituye un área de fácil acceso físico, próximo a Managua, lugar de interés comercial, constructivo e industrial.



*Ilustración 1.*  
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA.



## II.- MATERIAL Y MÉTODO

En esta investigación, de tipo descriptivo-analítico con carácter retrospectivo y corte transversal, se aplicaron técnicas: estadísticas e iconográficas, observación y medición de campo, programas informáticos especializados, modelos cartográficos a escala varias, y matemáticos específicos ( $IM = \pm [3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR]$ ;  $VIA = (R)^{aR} (IM)^{aIM} (P)^{aP}$ ) apoyados en equipos de medición electrónica. La accesibilidad al lugar, su proximidad a centro urbano de Managua y la disponibilidad de datos técnicos fue uno de varios criterios para seleccionar el área de interés. Para obtener la información se procedió de la siguiente manera:

### 2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y FUENTES DE DOCUMENTACIÓN

Se revisó y analizó información documental y cartográfica disponible en el país (instituciones académicas, centros de investigación y organización de trabajo) y se consultó a especialistas nicaragüenses e internacionales en la materia.

#### 2.1.1. Equipo de Oficina

Los instrumentos empleados en tarea de oficina fueron borrador, lápices de colores, lápiz, mapas temáticos (topográfico, geológico y otros a escala varias); informes técnicos; uso e impresiones en computadora en centros de servicios (por ejemplo, bibliotecas).

### 2.2. TRABAJO DE CAMPO

En esta fase se reconocieron en el terreno evidencias físicas de las afectaciones ambientales (**Ilustración 2**) ocasionadas por la incidencia directa de la minería local, aprovechando condiciones de accesibilidad del lugar. Se realizó la observación y medición de datos de campo tomados en afloramientos rocosos, cortes de camino y cauces de cursos de aguas superficiales. Finalmente se obtu-

vieron datos poblacionales, estructurales, mineros y ambientales mediante encuesta de opinión realizada a residentes locales.



*Ilustración 2*  
DOCUMENTACIÓN ICONOGRÁFICA LOCAL

#### 2.2.1. Equipo de campo

Los instrumentos de campo empleados fueron martillo de geólogo, cinta métrica, lápiz y borrador, libreta de campo, cámara fotográfica, GPS manual marca GARMIN eTrex Summit, y otros. Para comprobar la medición de parámetros y ubicación de elementos de interés minero y ambiental en sitios puntuales del área investigada se han tomado fotografías con cámara digital de 4.0 megapíxeles de resolución marca OLYMPUS.

### 2.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Se procesaron, interpretaron y expresaron impactos ambientales locales según su importancia, apoyados de indicadores tipológicos de impacto. Estos fueron plasmados en mapas, gráficos (**Ilustración 3**), diagramas, tablas y otros. Se prepararon mapas para representar factores ambientales afectados, considerando su distribución espacial, apoyados en el Software ArcGis 9. Finalmente se emplearon programas de Microsoft Office (Word y Excel) en la preparación del documento final.

### 2.3.1. Metodología de valoración de impactos

Se aplicaron **Método Conesa Vítora Fernández (1993)** y **Método Leopold Lugones (1981)**, estos se basan en modelos cuantitativos y calificaciones atributivas-interpretativas específicas, importantes para la valoración integral y clasificación tipológica (según importancia relativa) de impactos ambientales locales. Estos modelos son:

$$\textcircled{1} \quad \text{IM} = \pm [3(\text{I}) + 2(\text{EX}) + \text{SI} + \text{PE} + \text{EF} + \text{MO} + \text{AC} + \text{MC} + \text{RV} + \text{PR}]$$

$$\textcircled{2} \quad (\text{IT})_K = \sum_{J=1, N} (\text{M}_{KJ} \text{I}_{KJ})$$

$$\textcircled{3} \quad \text{IM} = \text{Ia}_1 + \text{Ea}_E + \text{Da}_D$$

$$\textcircled{4} \quad \text{VIA} = (\text{R})^{aR} (\text{IM})^{aIM} (\text{P})^{aP}$$

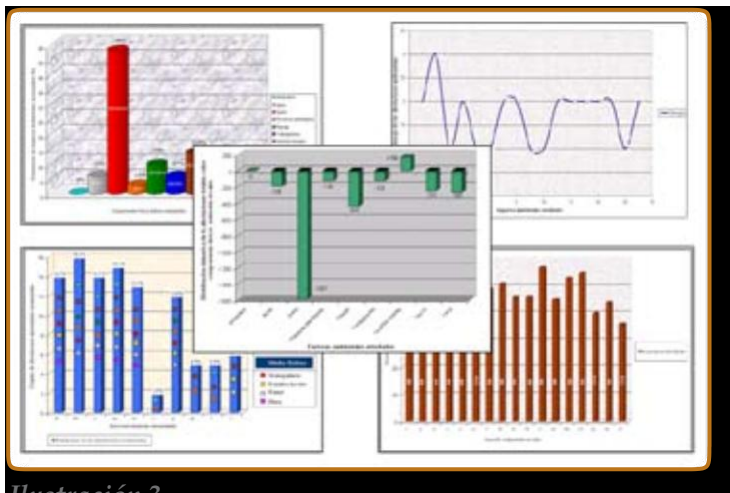


Ilustración 3.  
MODELOS GRÁFICOS LOCALES

## 2.4. ELABORACIÓN DEL INFORME

Esta etapa consistió en la elaboración de un documento final para Doctorado y Maestría en Geología y Gestión Ambiental de Recursos Minerales presentado a la Sede Iberoamericana Santa María La Rábida, Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) de Huelva, España. Este documento contuvo los pasos antes mencionados obtenidos de trabajo de campo y tareas de oficina con sus respectivos recursos ilustrativos (numéricos, car-

tográficos, descriptivos e interpretativos), análisis de la situación, resultados, conclusiones y recomendaciones.

## III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

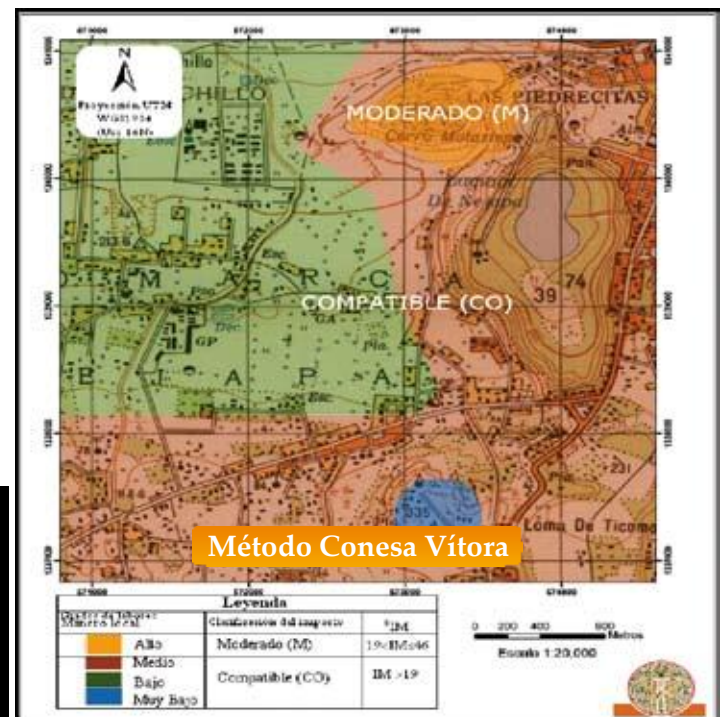
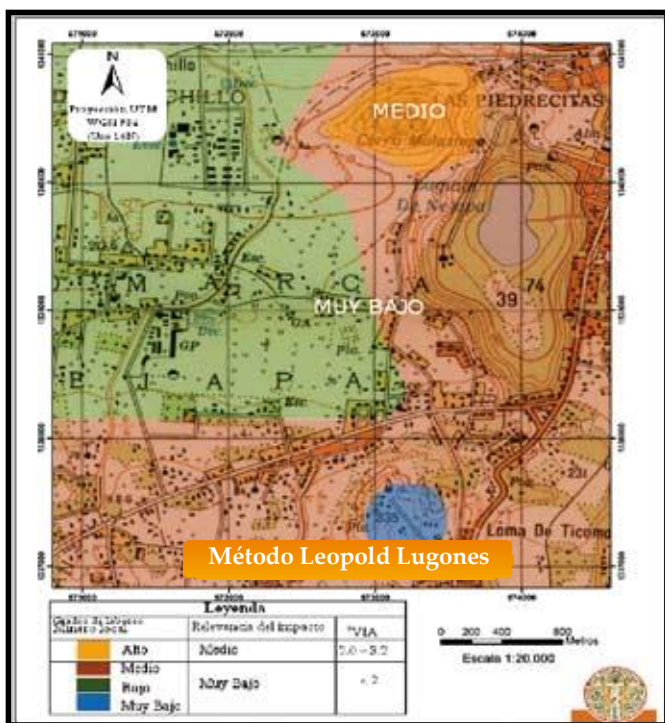


Ilustración 4.  
IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS AMBIENTALES-IM.

Los resultados del mapa (Ilustración 4) de importancia de los efectos ambientales para el área estudiada presenta calificaciones desde muy baja hasta alta en los grados de laboreo minero, siendo el área del Cerro Motastepe y llanura volcánica adyacente la zona de mayor aprovechamiento minero, clasificándose el impacto entre Moderado a Compatible, ocupando superficie de 0,4 km<sup>2</sup> con valoraciones de importancia del impacto comprendida entre 19 y 46. Todo lo anterior sugiere una zona de priorización ambiental, en vista que representa un sitio de fragilidad natural agudizado por las acciones mineras locales.





De acuerdo con el mapa (**Ilustración 5**) relevancia de los impactos ambientales locales se presentan valores admisibles de valor integral del impacto (VIA) local en función de grados de relevancias o importancia de las afectaciones ambientales cualificada como **Muy Bajo** (área urbana y rural, y algunas expresiones topográficas próximas a la ciudad capital) y hasta **Alto** (área del Cerro Motastepe) con sus equivalentes cuantitativos locales comprendidos entre 2 y 3,2. A su vez, se destacan valoraciones numéricas pequeñas diferentes a las anteriores en zona ocupada por llanos volcánicos, representando situaciones intermedias. La minería suele perjudicar el sistema natural complicando su retorno a condiciones normales por medios propios.

*Ilustración 5.*  
SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES LOCALES

## IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye que:

- a).- De 17 impactos ambientales estudiados, cuatro afectan mayormente los componentes atmósfera, agua, suelo, procesos geológicos, paisaje, trabajadores, familias, fauna y flora del sitio investigado.
- b).- Se calcula un 15,7 % del total de operaciones mineras proclive ocasionar impactos ambientales sobre todo el movimiento de tierra (impacto Tipo B).
- c).- De 8 factores ambientales evaluados, dos componentes naturales son vulnerables, con valores medidos en 48% particularmente del Factor Físico Suelo.
- d).- Estos suelos Entisoles muestran textura arenosa, fragmentos inalterados de basaltos y andesitas, en un 80% y 20% respectivamente.
- e).- Con el método Conesa Vítora se clasificaron impactos ambientales como Moderado y Compatible con importancia de efectos oscilante entre 19 y 46.
- f).- Los indicadores geoambientales determinados reportan valores altos asociados con la Intensidad (I) y Extensión (EX) cuantificado en 8 por ritmos disímiles (episodios fluctuantes e inestables) de minería local.
- g).- Con el Método Leopold Lugones se clasificó relevancia de impacto ambiental en Muy baja y Baja para Valor Integral de Impacto (VIA) oscilante entre 1,4 y 3,2 debido a condición física de materiales geológicos, accesibilidad del terreno y topografía del lugar.

## VI.- AGRADECIMIENTO

A Doctores, Juan Carlos Caliani y Rubén Villarán, Geólogos de Minas con Doctorado en Ingeniería Ambiental y Geotécnica de la Universidad de Huelva (UHU, España) cuya experiencia profesional, metodológica y tecnológica permitió el desarrollo de esta investigación.

## VII.- REFERENCIAS

- 1).- Ortiz, F y Alfaro, A. (2005). *Evaluación ambiental de la extracción minera No Metálica, en el Cerro Motastepe y sus alrededores: Municipio de Ciudad Sandino*. Managua. Editorial Centro Alexander von Humboldt y Amigos de la Tierra Internacional. 1<sup>era</sup> edición.
- 2).- Rodríguez, R. (2004). *Manual Evaluación de Impacto Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua). Managua. Editorial ESECA. 1<sup>era</sup> edición.

