

Geología, y Alteraciones Ambientales en Cerro Motastepe (Managua, Nicaragua).

POR:

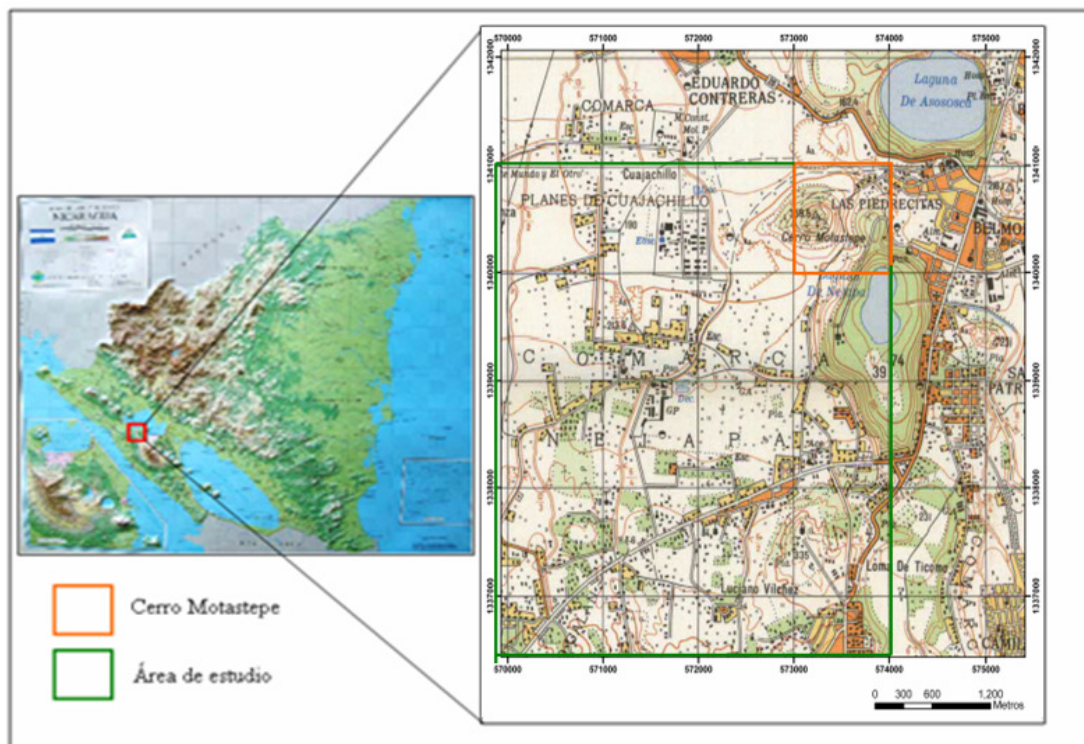
Tupak Ernesto Obando Rivera

Ingeniero en Geología. Master y Doctorado
en Geología, y Gestión Ambiental por la
Universidad Internacional de Andalucía
UNÍA (Huelva, España). Especialista en
Deslizamientos Volcánico y No Volcánicos

2009

I. Introducción

El Cerro Motastepe, al occidente de la ciudad capital Managua, es un montículo cónico y de líneas perfectamente trazadas que debe su formación a la acumulación de arena o grava, explotada desde mediados de los años 70, en cuya base se explotan y aprovechan las arenas por maquinarias pesadas que extraen cada día alrededor mil 500 metros de este.



Ubicación del Cerro Motastepe (Managua, Nicaragua)

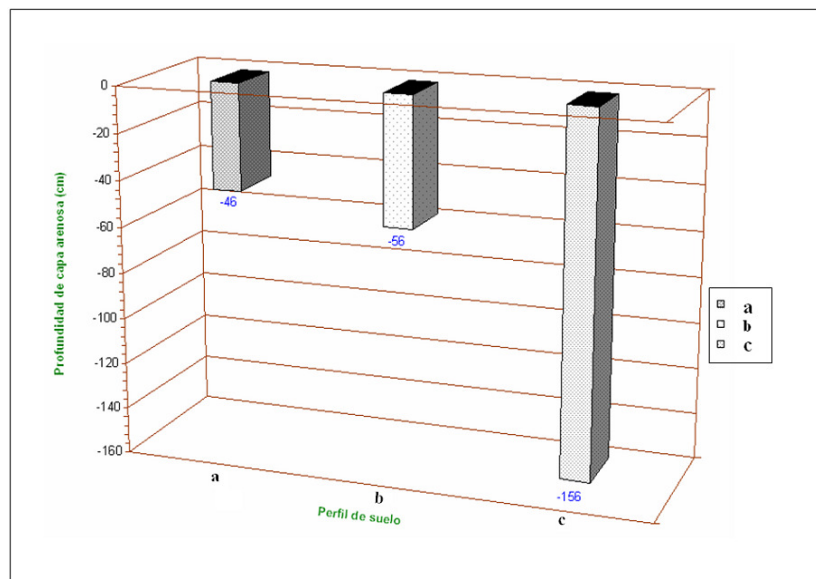
Según Diógenes Ríos, gerente de geología, investigación y desarrollo de la empresa Inversiones Mineras S. A. (IMISA, Managua), el Cerro Motastepe es cubierto por arenas con espesores entre 6 y 8 metros, y gravas.

En el sitio estudiado, al suroeste de Cerro Motastepe, se realzan suelos arenosos, excesivamente húmedos con colores oscuros ocupando planicies y altozanos en la vecindad de esta expresión topográfica superficial.

El perfil de suelos representativo (**Figura II.1**) está constituido por capas arenosas francos de:

- a. 0 a 46 centímetros, grisáceo a oscuro con tamaño de grano grueso a muy grueso, conteniendo gravas friables de tamaño de grano de fino a muy fino.
- b. 46 a 56 centímetros, grisáceo a oscuro, friables con tamaño de grano grueso a muy grueso.
- c. 56 a 156 centímetros, grisáceo a oscuro, deleznable, tamaño de grano grueso a muy grueso. Estas arenas ocupan espacios dentro de estratos arenosos cementados con espesor de 2 ó 3 centímetros.

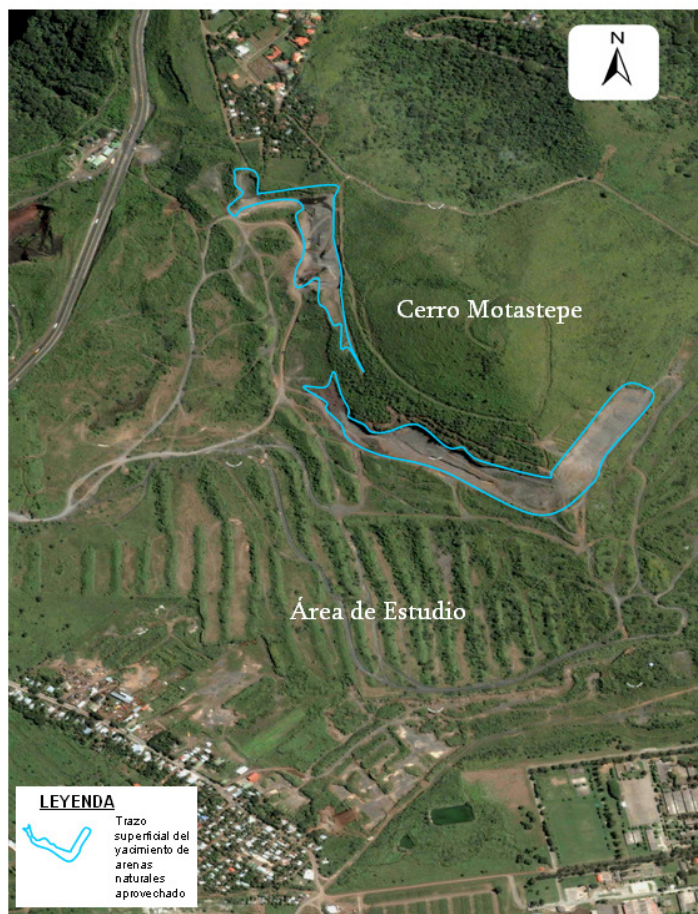
Figura II.1. Representación ilustrativa de perfiles de suelos arenosos locales



Los suelos superficiales con abundante contenido de materia orgánica muestran una permeabilidad rápida, baja humedad y una zona radicular profunda, siendo susceptibles a la sequía y a la erosión eólica.

Los depósitos arenosos se distribuyen en terrenos planos y escarpados de los alrededores del Cerro Motastepe, alcanzando pendientes máximas valoradas en 30%, en unos 15 kilómetros cuadrados de área hacia todas las direcciones geográficas, y próximas a la ciudad de Managua.

Estos productos arenosos fragmentarios están en ciertos lugares ocultos por ceniza volcánica reciente, siendo propenso a procesos erosivos moderados a severos debido a la escorrentía de aguas superficiales y la acción continua y prolongada del viento, removilizándose hacia zonas de abanicos aluviales.



Vista Aérea de Depósitos de Arenas Naturales

Hace 40 años, los predios en las proximidades del sitio estaban ocupados por cultivos de maíz, sorgo, cacao, maní, algodón, ajonjolí, frijol blanco, entre otros. Algunos terrenos cercanos al lugar estuvieron destinados para siembra de algodón, cultivos de subsistencias, barbechos, pastos y bosques. Estos últimos, en aquel entonces los destinos más aptos para el uso del suelo, siendo amenazado en ocasiones por períodos de sequía.

Algunos expertos advertían en esos años que para obtener saludables rendimientos en los cultivos en estos suelos se alcanzan a través de siembras en franjas rompevientos, la plantación de barreras vegetales para rompevientos, una cobertura de residuos vegetales y mínimas labores de labranza.

II. Estratigrafía del área

En este sitio se muestra superficialmente una capa aproximadamente de 0.50m de espesor de suelo orgánico y arena fina con contenido arenoso, seguido de la alternancia de capas de arenas finas, medias y gruesas que conforman un paquete de 14-16 metros de potencia. Cada una de las capas arenosas de distintos tamaños de grano presenta espesores individuales de 5 a 10 cm y 10 a 20cm.

Esta secuencia arenosa está sub-yacida por un suelo arcilloso de coloración rojiza que alberga material volcánico fragmentario de buen rendimiento mecánico.

Las pruebas de laboratorio confirman lo antes mencionado, estas se presentan a continuación en la **Tabla a, b y c**:

a) Valoraciones cuantitativas obtenidas de pruebas granulométricas

Número abertura Tamiz	Granulometría	
	ASTM C-44 MORTEROS	ASTM C-33 CONCRETO
% que pasa Tamiz 3/8		100
Nº 4	100	95-100
Nº 8	95-100	80-100
Nº 16	70-100	45-50
Nº 30	40-75	25-60
Nº 50	10-35	10-30
Nº 100	2-15	2-10
Nº 200	5 máx.	5 máx.
Cantidad de finura		2, 25-3, 25

Fuente: Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)

Materia orgánica: 3% máximo en ambos casos.

El % de arena que aprovecha esta empresa esta dentro del rango 75 – 90 %.

b) Valoraciones cuantitativas obtenidas de pruebas granulométricas

Nº Orden	Nº Tamiz	% que pasa por diferentes tamices en las diferentes pruebas				Promedio
		1 ^{era} prueba	2 ^{da} prueba	3 ^{era} prueba	4 ^{ta} prueba	
1	Nº 3/8	100	100	100	100	100
2	Nº 4	100	100	100	100	100
3	Nº 8	83	90	93	93	89.7
4	Nº 16	55	66	68	61	62.5

5	Nº 30	27	34	32	20	28.2
6	Nº 50	13	16	14	6	12.2
7	Nº 100	7	7	6	3	5.7
8	Nº 200	5	4	2	2	3.2
Cantidad de finura		3.15	2.97	3.17	3.17	3.04
Pruebas adicionales						
P.V.S.S. Kgs/m ³		1404	1414	1437	1438	1422.3
Peso específico		2.40	2.43	2.40	2.41	2.41
Absorción		6.15	6.10	6.13	6.15	6.13

Fuente: Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)

Analizando los valores dados se determina que las características granulométricas de estas arenas las definen como aptas para la construcción, teniendo un alto porcentaje aprovechable dentro del rango de lo admisible.

c) Valoraciones cuantitativas obtenidas de pruebas granulométricas

Profundidad	Muestra Nº	Resistencia a la Compresión			
		Condición SSS		Condición Seca	
		lbs/plg ²	Kgrs/cm ²	lbs/plg ²	Kgr/cm ²
6	1	894	63	1638	115.2
8	2	976	69	-	-
10	3	1057	74.3	-	-
12	4	1008	71.0	-	-
14	5	1203	85	-	-
16	6	1382	92.2	2352	165.4
18	7	1740	122.4	4266	300.0
20	8	-	-	-	-
22	9	2797	197		
24	10	1236	87	2401	169
2	1	836	59	-	-
4	2	2545	179	3163	222.4
6	3	894	63	2222	156.3
8	4	1756	123.5	2595	182.5
10	5	1658	116.6	-	-
12	6	1756	123.5	1784	125.5
14	7	1658	116.6	2952	208
16	8	1951	137	3893	274
18	9	1593	112	-	-
20	10	1805	127	3390	238.4
22	11	1301	91.5	-	-
24	12	1057	74.3	1622	114.1

Fuente: Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)

III. Características de los Depósitos de Arenas

En las proximidades del territorio de interés se destacan espesores considerables de material arenoso que procede del Cerro Motastepe. Este cerro con forma cónica y ovalada alcanza 360 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), cuyo último episodio volcánico data desde hace 2,500 años. Dicha altozano constituye un límite físico para distintas comunidades aledañas

En un estudio realizado por El Sistema Nacional de Atención, Prevención y Reducción de Desastre de Nicaragua (**SINAPRED, 2003**), se indican posibilidades de deslizamientos locales producto de la deforestación y quemas excesivas de arbustos por sus habitantes.

Esta misma fuente, opina que los procesos de socavamiento en las bases de laderas y pendientes por maquinarias pesadas han ocasionado desprendimientos de rocas.

Entre los materiales geológicos, a parte de las arenas, que se presentan en este sitio son las numerosas capas de cenizas y escoria volcánica que imprimen valores aceptables de calidad en las arenas naturales, retardando los procesos de deterioro físico debidas a las afectaciones climáticas locales.

La materia prima extraída (productos arenosos) es comercializada por la empresa minera establecida en el país desde el año 1992, conocida como Inversiones Mineras S.A. (**INMISA**), que realiza el tratamiento industrial y aprovechamiento de la mena mineral conforme marco legislativo vigente en todo el territorio nacional, en 4 km² de superficie concesionada por el Estado de Nicaragua.

De acuerdo a resultados experimentales geotécnicos de la compañía consultora **Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)**, este ambiente volcánico está constituido por arenas de granulometría fina a gruesa con fragmentos basálticos y andesíticos en proporciones de 80% y 20% respectivamente.

En la **Tabla** que sigue, se muestra prueba granulométrica de arenas evaluada a 14 ejemplares de campo, empleando tamiz de medición 3/8" pulgada con vista a usar en la construcción y valoraciones de sus propiedades físicas.

Propiedades mecánicas y física de suelos arenosos

ITEM	GRANULOMETRIA				
	ITEM	%	ASTM C-33 Concreto	ASTM C-144 Mortero	OTROS
1	% TAMIZ -3/8"	100	100		
2	% TAMIZ -3/8"	97	95-100	100	
3	% TAMIZ -3/8"	85	80-100	95-100	
4	% TAMIZ -3/8"	61	50-85	70-100	
5	% TAMIZ -3/8"	35	25-60	40-75	
6	% TAMIZ -3/8"	17	10-30	10-35	
7	% TAMIZ -3/8"	9	2-10	2-15	
8	% TAMIZ -3/8"	4	0-5	0-10	
PRUEBAS ADICIONALES					
9	MODULO DE FINURA		2.25-3.25	1.60-2.50	2.97
	Mod. Finura				2.5-3.2
10	MATERIA ORGANICA	1	3% MAX		
11	ABSORCION	3.7			
12	HUMEDAD	5.0-10.5			
13	PESO ESPECIFICO				2.69

14	DENSIDAD APARENTE				2.57-2.68
15	DENSIDAD REAL				2.84-2.84

Fuente: Laboratorio de Ingeniería de Materiales y Suelos (IMS)

A partir del análisis de laboratorio se deriva que las arenas volcánicas en el espacio minero investigado engloban, también fragmentos de basalto con textura fenocristalina y minerales **máficos** (augita y olivino). A su vez, se presentan en los ejemplares de mano analizados por microscopio petrográfico moderados contenidos de feldespatos que forma parte de la matriz fundamental de fragmentos de basaltos a igual que las plagioclasas, indicando composiciones básicas.

La matriz fundamental que constituye las rocas basálticas (proporción del 80%) es oscura debido a la presencia de partículas de mineral metálico sobre la cual se encuentran insertadas los minerales máficos y félsicos antes citados.

Alrededor del 20% está compuesto por fragmentos de andesita con estructura de masa fundamental inter-granular de textura afanítica. Finalmente, un contenido mínimo de minerales arcillo-ferruginoso que es causa de las sucesivas alteraciones de masa cementante de estos minerales.

IV. Principales alteraciones ambientales

La información ambiental, geológica y minera encontrada en instituciones públicas del país sumado a los resultados obtenidos por **Ortiz (2005)** en su trabajo técnico sobre **Evaluación ambiental de la extracción minera No Metálica, en el Cerro Motastepe y sus alrededores**, conduce a la identificación de impactos ambientales relevante derivados de acciones mineras extractivas en territorio investigado. Estos son:

1. Modificación del estado físico de suelos y rocas debido a operaciones mineras específicas. **(Foto 1)**



2. Erosión del suelo por cambios en la topografía del terreno, ruptura de la capa vegetal y acción de las aguas de escorrentía superficial. **(Foto 1)**

Foto . 1. Capa de suelo fértil afectado por proceso de extracción minera de espesor variable

3. Transformación radical del entorno físico original y atracción escénica producto de movimiento de tierra in situ. **(Foto 2)**



Foto .2. Se exponen materiales arenosos de tamaño de grano fino a medio en sitio donde se situaba tapiz vegetal.

4. Formación de huecos, modificaciones superficiales severas y exposición de montículos del terreno, facilitando la escorrentía de aguas superficiales. **(Foto .3)**

5. Modificación de la morfología del cauce de las corrientes, contaminación, desbordamiento y migración de quebradas.

6. Acumulación de los materiales excavados. **(Foto 4a)**



Foto 3. Degradación morfológica debida a la minería local.

7. Inestabilización de taludes, aparición de suelos estériles y secos, y rellenos inadecuados aledaños. **(Foto 4a y b)**



Foto 4. a) Rastros de excavación del terreno afectando la estabilidad del cerro Motastepe. b) Morfología superficial erosionada y degradación de cobertura vegetal de sus inmediaciones donde se observa textura y composición de diferentes suelos.

8. Descenso en la capacidad de infiltración debido a la consolidación del suelo. **(Foto 1)**

9. Disminución de la riqueza de especie florística como Gavilán (*Albizzia guachapelle*); Ojoche (*Brosimum alicastrum*); Madero Negro (*Gliricidea sepium*); Jiñocuabo (*Bursera simarouba*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Chilamate (*Picus ovalis*); Papaturro (*Coccoloba floribunda*), Espino (*Acacia farnesiana*); Jocote (*Spondia purpurea*); Eucalipto (*Eucalypto*)

camaldulensis), Sardinillo (*Tecoma stans*), Nim (*Azadirachta indica*) y Huevo de yankee **(Foto 3)**

10. Desplazamiento de la fauna terrestre (lagartijas, iguanas y sapos) y aéreas (zanates y palomas) debido a destrucción de hábitat natural **(Foto 5)**

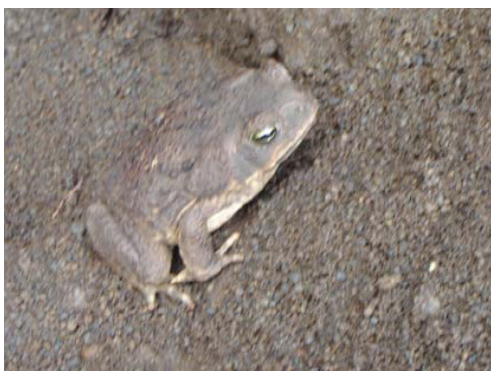


Foto 5. Especie biológica autóctona ahuyentada por labores mineras in situ.

11. Alteración de la estructura y funcionamiento del paisaje y sus elementos, siendo significativos en suelos, vegetación y fauna. Aparición de nuevos elementos llamativos como montículos de tierra y oquedades en el terreno. **(Foto II.2)**

12. Modificación de la forma de vida tradicional de población aledaña. **(Foto 7 a)**

13. Insuficiente reforestación del área, lo que implica limitación en las riquezas y diversidad de la flora y fauna

14. Aumento de fuentes de empleos y oportunidades económicas para la población local. Las actividades productivas locales actuales y/o futuras alcanzan carácter regional.

15. Incremento del riesgo en la salud a 46 habitantes locales (10 familias) por dispersión de polvo resultado de las condiciones de un suelo deleznable por la actividad minera.

16. Proliferación de agentes patógenos en aguas estáticas (mosquitos *Anopheles* de la malaria, y mosquito *Aedes* del dengue común y/o dengue hemorrágico) **(Foto 6)**

17. Conflictos sociales relacionados
con el uso del suelo y surgimiento
de asentamiento humanos.



Foto .6. Cuerpo de agua estática, cuya superficie esta ocupada por desechos sólidos orgánicos e inorgánicos (plástico, vidrio, papel y desperdicios de frutas).



a)



b)

Foto . 7. **a)** Se muestra escenarios geográficos y estructurales desfavorables para la ocupación humana del lugar. **b)** Invasión de predios aledaños y retiro de cercas de maderas colindantes que se encierra en círculo rojo.

Ortiz (2005), consideran para la identificación de los impactos ambientales antes mencionados la metodología denominada **Evaluación Ambiental de Sitios** (ESA, siglas anglosajonas). Esta metodología está basada en la revisión de documentación (escrita y/o cartográfica) e informes oficiales, inspección de campo, entrevistas a expertos locales e institucionales, actas y resoluciones administrativas, encuestas a residentes del lugar afectado, entre otros.

Bibliografía recomendada

✚ **Obando, T. (2,008).** Valoración del Impacto Ambiental generado por la Explotación Minera en los Depósitos de Arenas Naturales al Suroeste de Cerro Motastepe, Managua-Nicaragua. Editorial Universidad Internacional de Andalucía, UNÍA. Huelva. 160pág.

✚ Datos aportados cortesía de T. Obando, 2008 y 2,009

Anexo

Marco Geológico local

En Mapa geológico del sitio, se muestra predominancia de arenas y ceniza volcánica, y fragmentos de basaltos ocupando una superficie de 4,5 km² expresada en color rojo con simbología Qvlep, distribuido en los alrededores del Cerro Motastepe, y el área de Laguna Nejapa y en zonas llanas de la minera local.

