

Sistemas de Alerta Temprana (SAT) ante Deslizamientos. Ejemplos de casos en Nicaragua

Tupak Obando

e-mail: tobando_geologic@yahoo.com

Ingeniero en Geología, Especialista Geólogo/
Doctorado dentro del Programa Interuniversitario de
Doctorado y Maestría en Geología y Gestión
Ambiental de los Recursos Minerales. UNÍA
(Huelva, España)

I.- EL SAT POR DESLIZAMIENTOS Y SUS ALCANCES

1.1.- Definición

Estudios realizados hasta la fecha (CEPREDENAC, 2005 – 2,008; Vallejos, L., 2,002; Orozco, M. et. al., 2,004; Ineter, 2,009) definen el SAT de deslizamientos como un sistema de información con tres ejes principales de acción:

- 1.) Participación y organización comunitaria
- 2.) Capacitación y planes de emergencia
- 3.) Instrumentación y estaciones en red para vigilar los deslizamientos (Foto No 1)

Según estos autores, consiste en la instalación de sistemas o instrumentos en superficie o profundidad para detectar deslizamientos, o bien, o medir determinados parámetros.



Foto No 1. Mostrando Estación Climática en una región al Norte de Nicaragua. Foto T. Obando

1.2.- Objetivos

- a) Detectar en forma oportuna la ocurrencia inminente de fenómenos peligrosos que podrían causar daños a las poblaciones vulnerables, basado en vigilancia de indicadores
- b) Generar alertas que se comunican a las poblaciones en riesgo, activar sus mecanismos de alarma para orientar la evacuación de las poblaciones expuestas hacia los lugares o zonas seguras.

II. HERRAMIENTA LEGAL QUE JUSTIFICA UN SAT NACIONAL

De acuerdo con la Ley orgánica de instituciones especializadas de Nicaragua encargadas del tema de los SAT y la Prevención de los Desastres tiene entre sus líneas de acción:

- [...] caracterizar los fenómenos geológicos ejemplo, movimientos de laderas) peligrosos en apoyo a planes que permitan su prevención y mitigación por parte de la Defensa Civil y el Comité Nacional de Emergencia.
- Realizar la vigilancia sísmica, volcánica, geológica y elabora y difunde notas informativas, avisos y alertas de manera oficial para informar sobre el comportamiento que tengan los fenómenos geológicos (ejemplo, movimientos de laderas), sísmicos y volcánicos peligrosos.

III. CONDICIÓN NATURAL DEL PAÍS HACIA UN SAT

3.1.- Condición Estática

3.1.1.- Geología

Según Mapa geológico Minero editado por el Instituto Nicaragüense de Energía en el año 1995 a escala 1:500,000, se contabilizan 31 unidades de rocas de diferentes composición, textura y estructura que componen el territorio nacional

La composición de las rocas en el territorio nacional varía debido a sus orígenes, dominante, sobre todo las sedimentarias. Hay que destacar que las intensas lluvias erosionan, y modifican la composición y estabilidad de los materiales terrestre ocasionando entre otras cosas, deslizamientos y flujos de lodos.

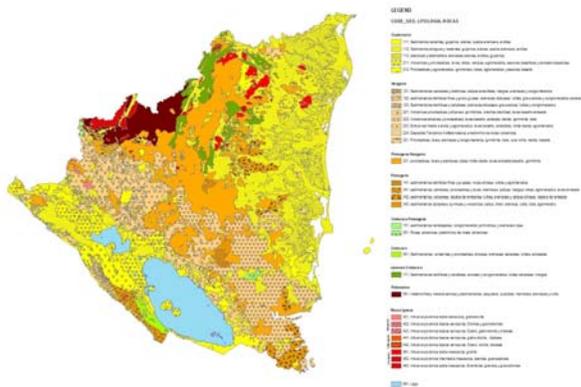


Fig. No 1. Mapa Geológico en Nicaragua. Cortesía de INE

3.1.2.- Elevaciones del terreno

Los datos aportados por el Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución óptima a 90 metros de alto de la NASA (2,003) han revelado en sus imágenes altos promontorios en la zona Centro y Norte de Nicaragua, siendo la elevación de los mismo un factor más para la generación de inestabilidad del terreno tal como se ilustra en el mapa que sigue.

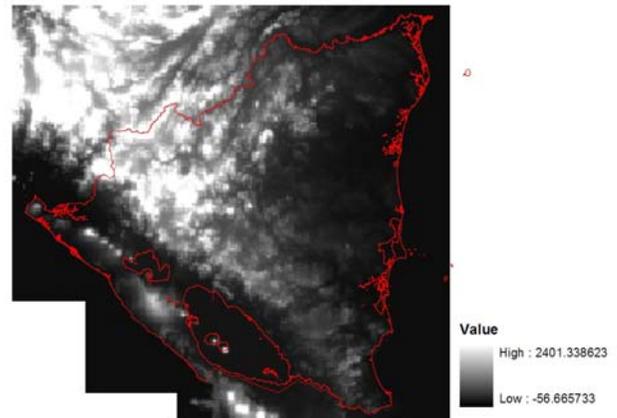


Fig. No 2. Mapa de Elevaciones del Terreno en el Territorio nacional. Cortesía de Ineter

3.1.3.- Formas del Terreno

Obsérvese terrenos escarpados en áreas Centro y Norte del país, con pendientes del suelo entre 16 y 38 grados ocupando zona color roja de acuerdo con datos del Ineter. Esto figura en mapa adjunto.

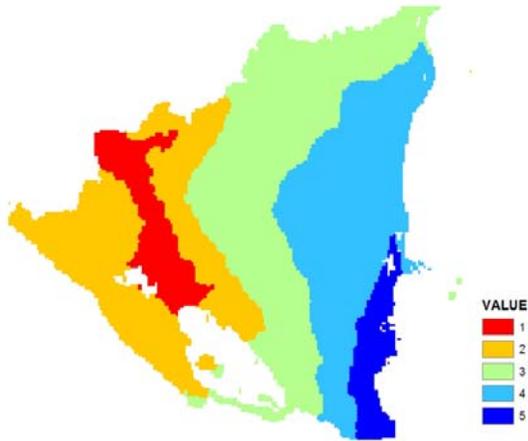


Items	Pendiente del terreno (grados)	Formas del terreno
0	0 - 4.29	Suavemente inclinado
1	4.30 - 9.93	Inclinado
2	9.94 - 16.70	Moderadamente inclinado
3	16.71 - 26.57	Escarpado
4	26.58 - 38.66	Muy escarpado
5	> 38.66	Extremadamente escarpado

Fig. No 3. Formas del Relieve. Cortesía de Ineter.

3.1.3.- Humedad del suelo

Estudios realizados por Ineter sobre la humedad relativa de Nicaragua advierten calificaciones de Bajo y Muy Bajo entre los años 1971 y 2000 para la región Nor-occidental de Nicaragua, particularmente, Estelí y sus alrededores. El periodo de registro de humedad tuvo una duración de 30 años.



Ítems	Valor acumulado de índices de precipitación	Humedad del suelo
1	0 - 4	muy bajo
2	5 - 9	bajo
3	10 - 14	medio
4	15 - 19	alto
5	20 - 24	muy alto

Fig. No 4. Humedad relativa del suelo. Cortesía de Ineter.

3.2.- Condición Dinámica

3.2.1.- Pluviosidad

Los estudios de Ineter revelan precipitaciones máximas por día entre 100 y 500 milímetros medido entre los años 1971 y 2000 con 30 años de duración para el territorio nacional

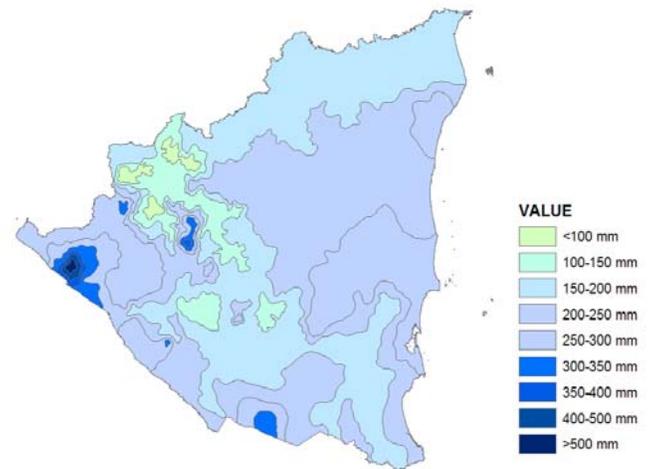
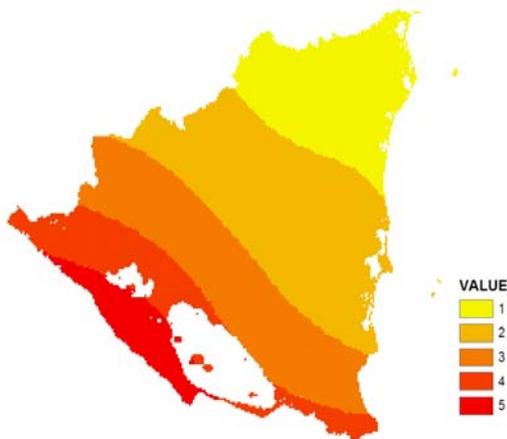


Fig. No 5. Susceptibilidad climática relativa en Nicaragua. Cortesía de la BGR/Ineter.

3.2.2.- Sismicidad, pico máximo de Aceleración Sísmica (PGA).

Los datos aportados por el programa sísmico mundial reconocido por sus siglas en inglés **GSHAP (1,999)** han revelado aceleraciones del terreno entre 0.098 y 4.365 PGA (m/s²). Sugiriendo una sismicidad Baja hasta Fuerte, sobre todo en la región Centro (como Estelí) y Pacífico del país con período de retorno de 50 años.



Items	Aceleraciones Pico (% g)	Aceleración PGA (m/s ²)	Sismicidad
1	1-12	0.098 - 1.226	Muy baja
2	13-20	1.227 - 2.011	Baja
3	21-29	2.012 - 2.894	Moderada
4	30-37	2.895 - 3.679	Elevada
5	38-44	3.680 - 4.365	Fuerte

Fig. No 6. Sismicidad en Nicaragua. Cortesía de GSHAP

3.3.- Condición de estabilidad del terreno

3.3.1.- Zona de ocurrencia de Movimientos de Masas en Nicaragua

En la actualidad, se registran en el territorio nacional más de 17,000 movimientos de laderas (**Figura No 7**), la mayor parte de ellos ocurridos en laderas altas de regiones montañosas del Norte y Centro de Nicaragua. Otros tipos de movimientos de laderas se desarrollan en la Cadena Volcánica de Nicaragua que debido a su naturaleza y ubicación geográfica son conocidos como Lahares (o Flujo de lodos).

Generalmente, los movimientos de laderas (deslizamientos, desprendimientos de rocas y flujos de lodo) tienen su origen debido al clima, forma y constitución interna del terreno, el tipo y naturaleza de rocas y suelos, la actividad de los ríos y costas marinas. Factores importantes explicados en los apartados anteriores.

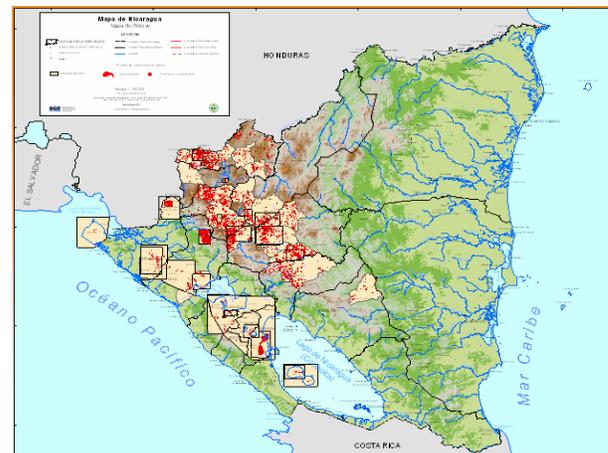


Fig. 7 Inestabilidad de laderas en Nicaragua. Cortesía de BGR, Alemania.

En la dinámica de la naturaleza de nuestro país la presencia de relieves empinados (**Figura 2**) y la acción de las lluvias y temblores de tierra son factores siempre presentes.

Una serie de factores conocidos por los nombres de condicionantes (pasivos) y

desencadenantes (activos) son los que intervienen en el desarrollo repentino y tranquilo de los movimientos de las laderas.

Los factores condicionantes no siempre establecidos con seguridad, juegan un papel definitivo en los deslizamientos, particularmente, el tipo de rocas (muy fracturadas, mala calidad física) y el relieve como se observa la Figura No 8 (terrenos de mucha pendiente, y desprovistos de vegetación).

Por otro lado, entre los factores que desencadenan la inestabilidad en las laderas, y que se puede destacar por su extremada importancia es el papel desempeñado por las lluvias, sismos, acciones humanas (deforestación, rellenos mal compactados, vertederos de residuos sólidos muy suelos, y otros), erosión hídrica, acción del agua subterránea, aplicación de cargas estáticas y dinámicas (por ejemplo, el excesivo tránsito vehicular, la construcción de carretera, puentes, y otros).



Fig. No 8. Laderas empinadas y escarpadas en la Región Central de Nicaragua. Cortesía de autores anónimos

3.3.2.-Vista de Taludes Rocosos Inestables

En las fotos adjuntas se presentan ejemplares de cortes de taludes inestables que por su grado ligero a intenso de fracturación, meteorización y humedad son capaces de moverse pendiente abajo del terreno tal como se ilustra en las Fotos de la No 2 a la No 5. Estas fotos se toman en tramo de carretera que une los poblados de Estelí y Condega en los primeros meses del presente año 2009.



Foto No 2. Talud rocoso fracturado suficientemente alto. Foto T. Obando



Foto No 3. Talud alto e irregular. Foto T. Obando



Foto No 4. Escarpe superficial de deslizamiento en talud empinado y escarpado. Foto T. Obando



Foto No 5. Flujos de detritos en pared de corte de carretera, suficientemente alto e inclinado. Foto T. Obando

IV.-MONITOREO Y VIGILANCIA DE PELIGROS

4.1.- Métodos aplicados para la observación de deslizamientos.

En la actualidad, se identifican y validan diversos métodos que tienen por finalidad contribuir en tareas vinculadas al estudio de deslizamientos, y su relación con variables dinámicas, que por frecuencia de uso y fácil operación, tenemos los siguientes:

a) Medición Diaria (Foto No 6)

Consiste en lectura día a día de los valores de lluvias en área específica, pero ello implica la

definición de Responsables-Observadores de las lluvias, o bien, los deslizamientos.

Foto No 6. Pluviómetro y sus accesorios
Foto T. Obando



b) Registros de datos

Consiste en obtención de información transferida a líderes comunales y autoridades locales a través de una red de radiocomunicación

c) Análisis, y nota de la información

Trata de la garantía de seguridad y validez que se da a la información para no generar falsa alarma. Con esto, se permite asegurar las vidas humanas a través de alertas preventivas comunitarias.



Foto No 7. Comité de emergencia ante desastres, y pobladores en Comunidad de San José de Cusmapa (Madriz). Foto T. Obando

4.2.- Tipo de instrumentos básicos de medición-vigilancia.

4.2.1.- Monitoreo y vigilancia de las lluvias

4.2.1.1.- Modo instrumental

En el tema de deslizamientos disponemos de una serie de instrumentos o herramientas destinadas a la obtención de datos para vigilar y monitorear la incidencia que factores desencadenantes como las lluvias, o bien, sismos importantes tienen en la generación de los deslizamientos. Entre los instrumentos disponibles para dichas funciones tenemos los siguientes:

a) Pluviómetro (Foto No 8)

Es el dispositivo que mide en milímetros (mm) la cantidad de lluvia en un sitio específico a través de una lectura visual directa (cada 12 horas o menos). El total se denomina precipitación



Foto No 8. Instrumentos de medición de condiciones climáticas en Comunidad La Tablazón (Dipilto Viejo, Nueva Segovia). Foto T. Obando

b) Estación para registros de variables meteorológicas (Foto No 9)

Consiste en el registro de datos importantes del estado del clima como los siguientes:

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad y dirección del viento
- Cantidad de lluvia y el acumulado de lluvia



Foto No 9. Estación climática Winzard Davis. Cortesía de DavisNet.

4.2.1.1.- Modo computacional

Consiste en una serie de imágenes proveída por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos conocida por sus siglas en inglés como NOAA. La NOAA constituye una agencia federal de la unión americana para el estudio detallado de las condiciones climáticas y marinas.

Estas imágenes en tiempo real muestran la distribución espacial y temporal de la intensidad de precipitación en milímetros para Nicaragua tal como se ilustra en el Mapa No 1.

La aplicación de estas imágenes tiene por finalidad visualizar y evaluar cuantitativamente las lluvias ocurridas. Esto permite prever la posibilidad del impacto por deslizamientos con vista a la preparación de medidas de protección.

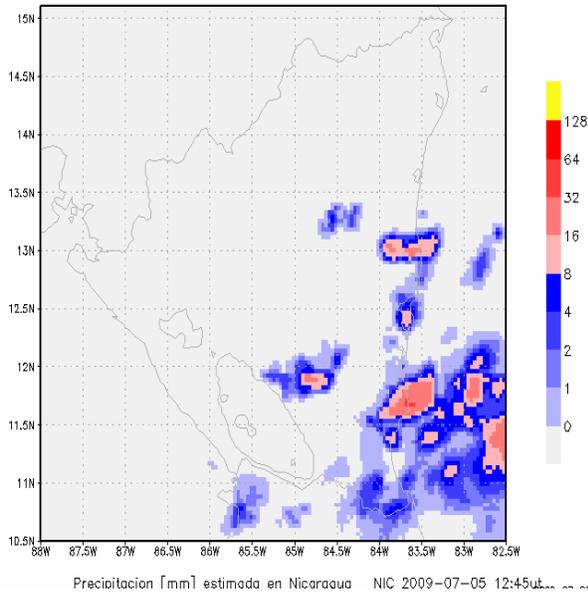


Fig. 8. Pluviosidad en tiempo real para Nicaragua. Cortesía de Georiesgo-CA/NOAA/NGI/Ineter.

El estudio de imágenes satélites, por ejemplo FORMOSAT-2, permite la medición-vigilancia antes y después de ocurrido los deslizamientos y flujos de lodos en regiones montañosas y volcánicas. Un caso reciente es El Volcán Concepción, en que a través de estas imágenes se ilustra la dirección y magnitud de movimientos de laderas al Sureste de esta estructura volcánica.

Obsérvese en la imagen, laderas escarpadas y empinadas del terreno, y cárcavas superficiales por donde se mueven los materiales volcánicos fragmentarios.

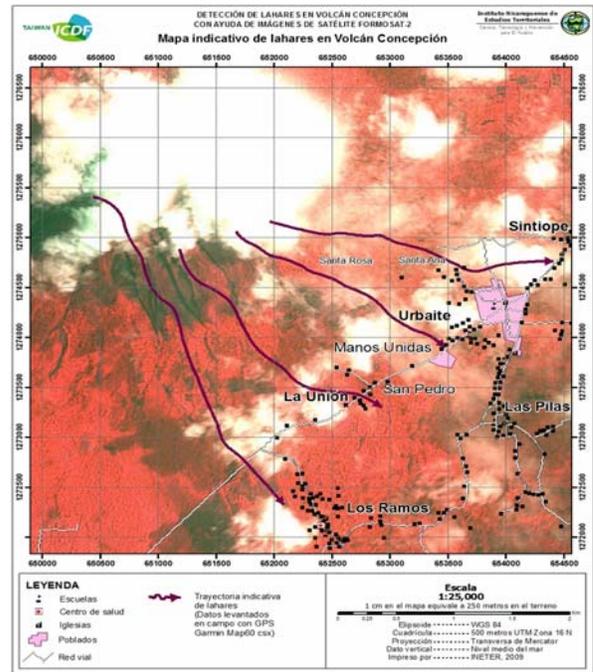


Fig. 9. Mostrando trayecto de los flujos de escombros en flanco Sureste del Volcán Concepción (Isla Ometepe, Rivas). Cortesía de Ineter.

4.2.2.- Monitoreo y vigilancia de sismos

4.2.2.1.- Modo instrumental

La Central Sísmica de la Dirección General de Geofísica del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Ineter) dispone de un sofisticado y completo equipo instrumental cuya tarea entre otras, es detectar sismos superficiales que estén vinculados con la activación o reactivación de deslizamientos de tierra en el territorio nacional. Esto apoyado sismógrafos digitales, y programas informáticos para la obtención y procesamiento de datos. Estos equipos se ilustran en la Foto No 10, y Fig. No 11.



Foto No 10. Sismógrafos y sus accesorios.
Cortesía de Ineter.

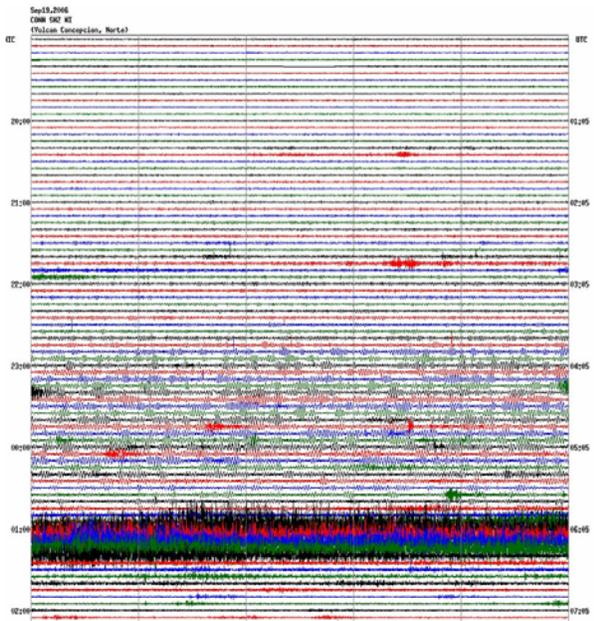


Fig. 11. Registro sísmico del deslizamiento en la Chirca (Isla de Ometepe, Rivas). Cortesía de Ineter.

4.2.2.2.- Modo computacional

a) Digitalizador Sísmico SARA SR 04 (Foto No 11)

Es una unidad robusta y compacta que capta la grabación de señales sísmicas digitales a través de sensores electrónicos como geófonos y acelerómetros. Este aparato puede ser equipado con tres geófonos de 4.5 Hz tal como se ilustra a continuación:

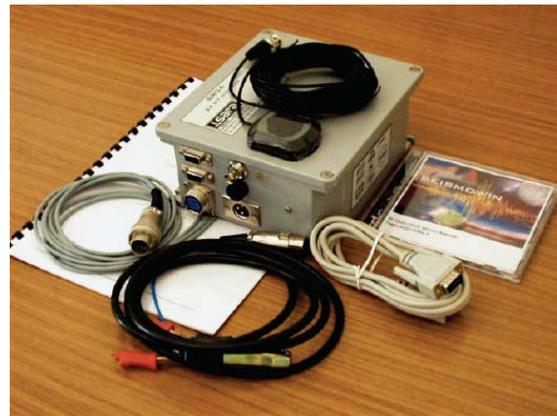


Foto No 11. El SARA SR 04, y partes del mismo. Cortesía de OSOP-Panamá.

La Tabla adjunta muestra detalles técnicos importantes para el funcionamiento y sostenibilidad física de la unidad SARA SR 04

DESCRIPCION TECNICA	
Canales Analógicos	3
Filtro Anti-Alias	Filtro pasa - bajos de un polo a 20 Hz
Filtro Pasa - Banda	Salida estándar DC a 8 Hz (Configurable)
Convertidor A/D	24 bits tipo sigma delta
Tipo	Entrada diferencial
Ganancia	Ganancia fija
Rango de entrada	+ / - 1 V.
Protección de sobrevoltaje	Protección de diodo zener arriba de 1 Kv por varios milisegundos
Atenuación	Los geofonos internamente vienen atenuados, los geofonos de conexión externa deben ser atenuados por medio de resistencias.
Impedancia de entrada	Tipicamente >= 1 M ohm
Nivel de ruido	Tipicamente < 2.5 por cada 100 SPS
Rechazo de diafonía	> 140 dB
Tiempo de sesgado	Cero, los tres canales son analizados simultáneamente
Rango dinámico	140 dB a 25 SPS
Reloj	10 ppm estable entre temperaturas de -20 a +70 -C
Cableado	Cable: serial RS232 y cable de alimentación
Peso	1.5 Kg aproximadamente

Tabla No 1. Parámetros físicos y operacionales de Unidad SARA SR 04. Cortesía de OSOP-Panamá.

En la Foto No 12 se visualiza la complejidad de circuito integrado, semiconductores y accesorios que tiene en su interior el digitalizador SARA SR 04.

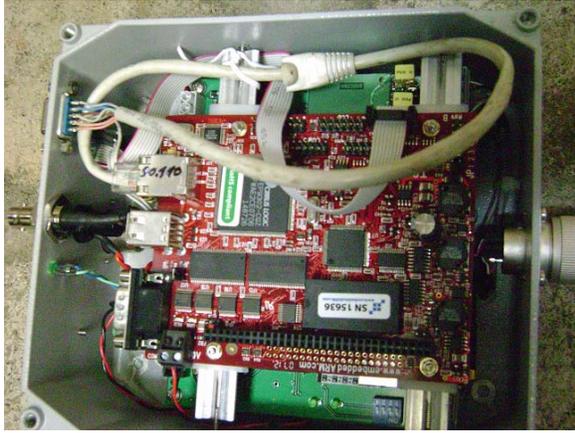


Foto No 12. Vista exterior del SARA SR 04. Foto de M. Herrera.

IV.-CRITERIOS EMPLEADOS PARA EL DESARROLLO DE UN SAT, Y SUS ESCENARIOS DE APLICACIÓN

Los criterios aplicados para la ejecución de un Sistema de Alertas Temprana (SAT) por deslizamientos a través de equipos tecnológicos de medición-vigilancia son:

- a) Facilidad de acceso al sitio para su mantenimiento
- b) Seguridad del equipo y sus accesorios
- c) Un mínimo de obstáculos para la captación de la lluvia y transferencia de datos.
- d) Ubicación en porciones plana, firme y estable del terreno

Un hecho reciente que justifica el SAT, es el Deslizamiento en Cerro del Reparto Fátima, distante 500 metros al Oeste de la Ciudad de Matagalpa tal como se ilustra en las Fotos de la No 12 a la No 15.

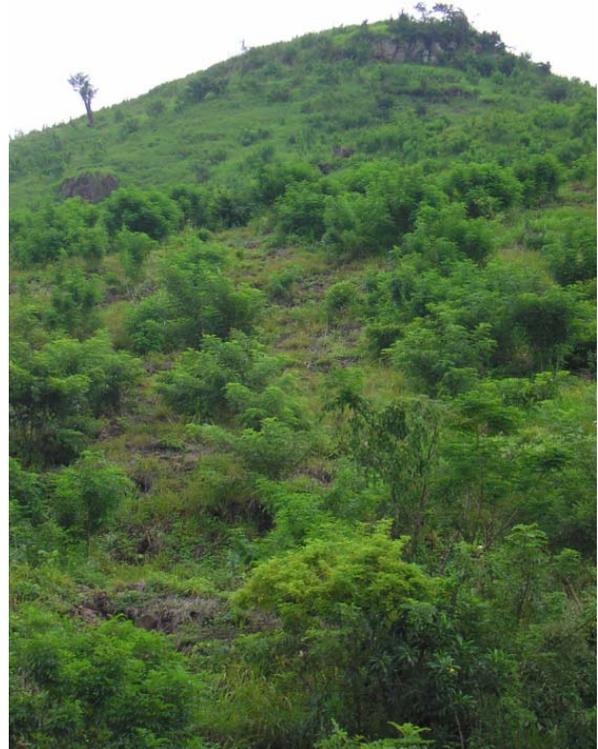


Foto No 13. Ladera escarpada y empinada de Cerro en Reparto Fátima. En parte media de este Cerro se desarrolla deslizamiento que alcanza viviendas y carretera principal hacia Matagalpa. Foto T. Obando



Foto No 14. Escarpe del terreno, indicativo de movimientos de laderas secundarias en Cerro de Reparto Fátima (Matagalpa). Foto T. Obando



Foto No 15. Mostrando daños físicos a viviendas ubicadas al pie del deslizamiento del Cerro en Reparto Fátima (Matagalpa). Foto T. Obando

A su vez, es preciso destacar los deslizamientos y flujos de escombros (Foto No 16) durante y después del Huracán Mitch (Octubre de 1,998) en Cerro El Volcán (Dipilto, Nueva Segovia).



Foto No 16. Mostrando deslizamientos en Cerro El Volcán (Dipilto, Nueva Segovia). Cortesía de Ineter

Tras los deslizamientos en Cerro Volcán, instituciones estatales encaminan esfuerzos y acciones para monitorear las lluvias capaces de influir en la generación de más movimientos de laderas en esa región a través de equipo instrumental. Para ello, se instalan a partir del año 2,003 en la Finca Mery y Felipe equipos para vigilancia de las condiciones meteorológicas tal se ve en la Foto No 17 (A, B, C y D)

Un hecho similar ocurre en Jalapa (especialmente, en Cerros Jesús, y Cerro Águila), región fronteriza con Honduras al Norte de Nicaragua.

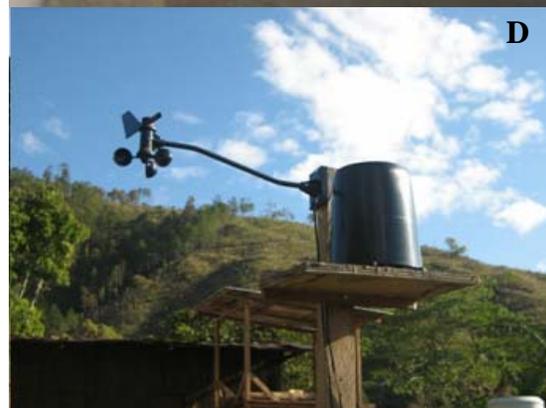


Foto No 17. **A** - Finca Mery y Felipe en Cerro El Volcán. **B**- Computador y accesorios para obtención de datos instrumentales. **C**- Unidad Sísmica SARA SR 04. **D**- Sensor de dirección y velocidad del viento. Cortesía de Ineter.

V.-DECLARACIÓN DE ALERTA

5.1.- Según Instituciones especializadas nacionales a través de decretos presidenciales plantean lo siguiente:

b) Sugerir al Comité Nacional y al Presidente de la República, a través de la Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional (p.ej. SINAPRED), la declaración de alertas, previo los estudios técnicos y científicos sobre la materia y ante la eventual incidencia de fenómenos peligrosos."

[...] para declaración de alerta se dan, orientándose en Niveles de Alerta Temprana predefinidos, caracterizados por ciertos parámetros de los fenómenos naturales que se determinan con los sistemas de monitoreo.

Para ello, algunos especialistas, proponen un sistema de alerta a deslizamiento, flujos y derrumbes que se detalla a continuación:

- Ocurrencia de fisuras o escalones nuevos en pendientes, flancos, paredes, paredones, cortes de carreteras de más de 5 m de altura, pisos o muros de casas o edificios agrietados, entre otros.
- Ocurrencia de cambios de pendiente que se expresan en desviación del ángulo vertical en árboles, muros, cercos, postes.
- Movimientos horizontales que se expresan en ligeras desviaciones de caminos o carreteras, tuberías dobladas, cercos.
- Ocurrencia de ojos de agua.
- Caída frecuente de bloques desde paredes de más de 5 m de altura.
- Aumento de material fino y detrítico en antiguas o nuevas cárcavas.
- Comienzo de lluvias persistentes en áreas de deslizamientos.
- Anuncio de huracán, depresión, tormenta para el área de interés.

a declarar Alerta Verde

- Lluvias fuertes persistentes con 50 mm al día. Aperturas de fisuras existentes durante la lluvia. Caída de árboles en las pendientes, caída de algunos bloques en las pendientes.
- Rupturas de tubería. Muros y pisos se rajan,

árboles se mueren, cauces de ríos cambian de ancho o dirección.

Agua turbia en ojos de agua y en cárcavas.

- Sismo fuerte o enjambre de sismos en o poco antes de la temporada de las lluvias.

a declarar Alerta Amarilla

- Lluvias de más de 100 mm al día durante más de un día o de 200 mm durante más de 4 horas.

- Rápido aumento del flujo de agua mezclado con arena y pequeños bloques en las cárcavas y cauces.

- Ocurrencia de ruido y temblor fuerte causado por el comienzo del fenómeno. Ruido como explosión, helicóptero.

- Se observan movimientos en el terreno.

Sacudida por terremotos fuertes con aceleraciones de más de 0.2 g especialmente si son de larga duración, más de 10 segundos.

a declarar Alerta Roja

Tabla No 2. Declaración de Alerta. Cortesía de Ineter.

6.2.- Según Cruz, L. (2,005)

Una muestra más, relativo al diseño de un sistema de estado de alerta temprana fue propuesto por esta autora, quién con base a las condiciones de las precipitaciones, y su duración propone estado de alerta en el área del Cerro El Volcán, y las comunidades La Tablazón, El Volcán, Las Nubes, y Dipilto Viejo tal como se ilustra:

	Estado de Alerta
○ Para lluvias de 60mm con 3 horas de duración	
○ Lluvias de 100mm, con 6 horas de duración	
○ Lluvias de 150 - 300mm, con 12 horas of duración	Evacuación 
○ Lluvias > 300mm con 24 horas de duración	

VI.- ZONAS SUSCEPTIBLES A DESLIZAMIENTOS

6.1.- Susceptibilidad ante movimientos de laderas

Estudios realizados por instituciones especializadas regionales en tema de deslizamientos (BGR, Alemania) conjuntamente con el Ineter, indican alta posibilidad de ocurrencia de movimientos de laderas en Centro, Norte y Pacífico de Nicaragua (Figura No 12), debido a la presencia de relieves empinados y escarpados, la acción de las lluvias y sismos, siendo factores concurrentes en la dinámica y geografía del país.

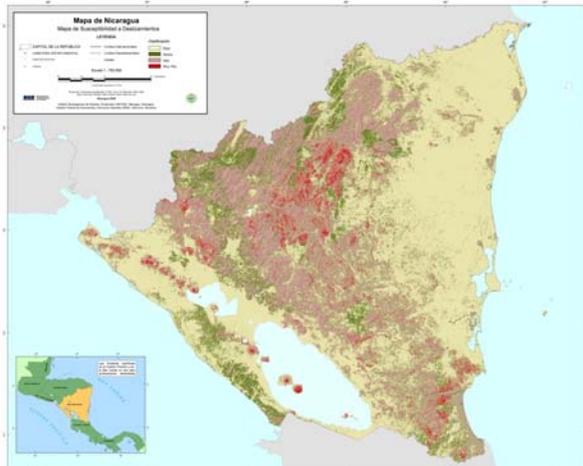


Fig. No 12. Susceptibilidad ante deslizamiento en Nicaragua, basado en la metodología Mora y Varhson, 1,991. Obsérvese en las zonas roja mayor posibilidades de ocurrencia de deslizamientos. Cortesía de BGR/Ineter.

6.2.- Áreas propuestas para monitoreo y vigilancia por deslizamientos

Según los datos aportados por la BGR- Ineter con ayuda del Instituto Geotécnico Noruego (NGI), se seleccionaron los sitios importantes con amenaza de deslizamientos, por lo que las imágenes satélites sumados a las técnicas y métodos aquí explicados son un aporte más a los Sistema de Alertas Temprana (SAT) ante deslizamientos. Estos sitios se muestran en el mapa que sigue.

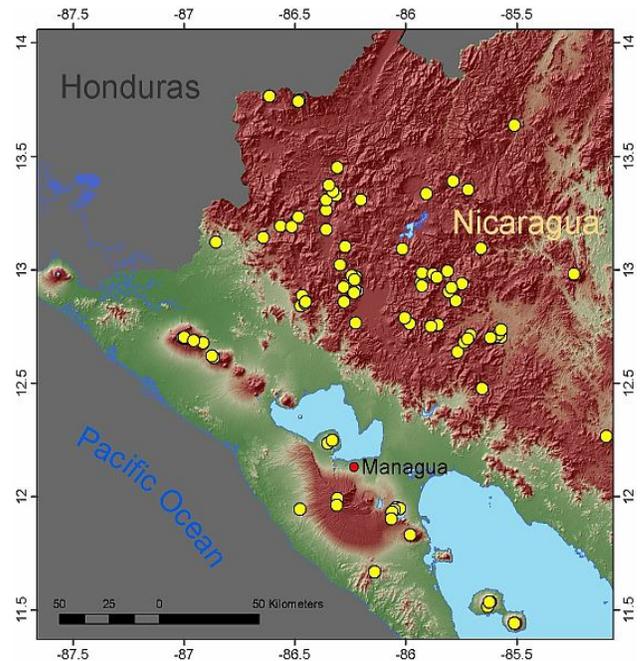


Fig. No 13. Ubicación de sitios seleccionados para el estudio de deslizamientos a través de imágenes satélites NOAA como parte de un SAT Nacional. Cortesía de Georiesgo-Ca (BGR, Nicaragua)/Ineter.

VII.-BIBLIOGRAFÍA

Referencias

- 1) CEPREDENAC (2,005- 2,008). Guía La Amenaza por Deslizamiento o Deslave en el ámbito municipal. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC)/Embajada de Noruega/Instituto Noruego de Geotecnia. Programa de Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Riesgo por Deslaves – RECLAIMM-América Central. Managua. 28p.
- 2) CEPREDENAC (2,005- 2,008). Guía La Amenaza por Deslizamiento o Deslave y su vigilancia comunal. Centro de

Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC)/Embajada de Noruega/Instituto Noruego de Geotecnia. Programa de Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Riesgo por Deslaves – RECLAIMM-América Central. Managua. 24p

- 3) OXFAM et. al. (2,007). Sistemas de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones en la cuenca del Río Inambari (Perú). Primera edición. Editado por OXFAM/PREDES-Centro de Estudios y Prevención de Desastres. Lima. 19p.
- 4) Vallejos, L. G. et. al. (2,002). Ingeniería Geológica. PEARSON EDUCACIÓN. Madrid. 744p.

Otras fuentes de documentación:

- 1) Cruz, L. (2,005). Monitoreo del deslizamiento Cerro El Volcán y evaluación de la vulnerabilidad en cuatro comunidades aledañas, Municipio de Dipilto, Nueva Segovia (Nicaragua). Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN, Managua), Centro de Investigaciones Neocientífica (CIGEO, Managua). Managua. 120p.
- 2) Recuento fotográfico de T. Obando, entre años 2,008 y 2,009. Ineter. Managua
- 3) Recuento fotográfico de M. Herrera, 2,009. Ineter. Managua

Web recomendadas:

<http://georiesgosca.ineter.gob.ni/lluvia/nesdis/gif/index.html>

<http://www.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/com/0050519-Adrian/mora-NO.jpg>

<http://osop.com.pa/osop/index.php/saraseismos/2-sara/7-sr04.html>

<http://www.ineter.gob.ni>

<http://www.ineter.gob.ni/geofisica/nivelesalerta-temprana.htm>

<http://www.davisnet.com/weather/products/indx.asp>

Acrónimos

BGR: Bundesanstalt Geowissenschaften und Rohstoffe. Alemania. Web: <http://www.bgr.bund.de/>

CEPREDENAC: Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. Web: <http://www.sica.int/cepredenac/>

CIGEO: Centro de Investigación Geocientífica. Web: <http://www.cigeo.edu.ni/>

DavisNet: Proveedor de equipos o instrumentación meteorológica, marina y automovilística. Web: <http://www.davisnet.com>

Georiesgo: Mitigación de Georiesgo en Centroamérica. Managua, Nicaragua. Web: <http://georiesgosca.ineter.gob.ni/>

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Web: <http://www.ineter.gob.ni/>

NGI: Instituto Geotécnico Noruego.

OSOP: Observatorio Sísmico del Occidente de Panamá (Panamá). Web: <http://www.osop.com.pa/>

SAT: Sistema de Alertas Temprana

UNAN: Universidad Nacional de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Web: <http://www.unan.edu.ni/>