

# Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante Deslizamientos

---

Por:

**Doctor Tupak Obando R.**  
Ingeniero en Geología. Doctorado  
y Máster en Geología, y Gestión  
Ambiental.



ESTELÍ, Octubre 2,009

*email: [tobando\\_geologic@yahoo.com](mailto:tobando_geologic@yahoo.com)*

# Contenido

---

## I.- El SAT por deslizamientos y sus alcances

- 1.1.- Definición
- 1.2.- Objetivo

## II.- Instrumento legal que justifica un SAT en Nicaragua

## III.- Condición natural del país hacia un SAT

- 3.1.- Condición Estática
  - 3.1.1- Geología
  - 3.1.1- Elevaciones del terreno
  - 3.1.3- Formas del relieve
- 3.2.- Condición dinámica
  - 3.2.1- Pluviosidad
  - 3.2.1- Sismicidad
  - 3.2.3- Pico máximo de aceleración sísmica (PGA)
- 3.3.- Situación de estabilidad del terreno
  - 3.3.1- Zonas de ocurrencia de movimientos de masas en Nicaragua
  - 3.3.2- Vista de taludes rocosos inestables

## IV.- Monitoreo y Vigilancia de Peligros

- 4.1.- Métodos aplicados para la observación de deslizamientos

## 4.2.- Tipos de instrumentos básicos medición-vigilancia

### 4.2.1.- Monitoreo y vigilancia de las lluvias

4.2.1.1 Modo instrumental

4.2.1.2 Modo computacional:

Imágenes Satélites en Tiempo Real NOAA, y FORMOSAT – 2

### 4.2.2.- Monitoreo y vigilancia de sismos

4.2.2.1- Modalidad Instrumental

4.2.2.2- Modalidad computacional

## V.- Criterios de selección de un SAT, y escenarios para su desarrollo:

### Estudio caso:

5.2. Reparto Fátima (Matagalpa, Nicaragua)

5.1. Cerro El Volcán (Dipilto Viejo, Nueva Segovia)

5.3. Jalapa (Nueva Segovia)

## VI.- Declaración de alerta

6.1.- Según Ineter cumpliendo Decreto Ejecutivo 98-2000

6.2.- Según Cruz, L. 2,005

## VII.- Zonas susceptibles a Deslizamientos

7.1.- Susceptibilidad ante movimientos de laderas

7.2.- Áreas propuestas para su monitoreo y vigilancia a deslizamientos.

# I.- El SAT por deslizamientos y sus alcances

## 1.1.- Definición

CEPREDENAC . et al. (2,005 - 2,008)

Vallejos, L. (2,002)

Orozco, M. et. al. (2,004)

INETER, 2,009)

Consideran los conceptos de SAT como:

a) Un sistema de información que permite:

- Participación y organización comunitaria
- Capacitación y planes de emergencia
- Instrumentación y estaciones en red para vigilar los deslizamientos

b) Instalación de sistemas o instrumentos en superficie para detectar deslizamientos o medir determinados parámetros



## 1.2.- Objetivo

---

- 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.- Instrumento legal que justifica un SAT en Nicaragua

---

### LEY ORGÁNICA DE INSTITUCIONES ESPECIALIZADAS NACIONALES

Ejemplo Caso, INETER, DECRETO EJECUTIVO N° 311

LA GACETA, DIARIO OFICIAL DE NICARAGUA

DEL 09 DE JULIO DE 1999

### **CAPITULO II. ATRIBUCIONES**

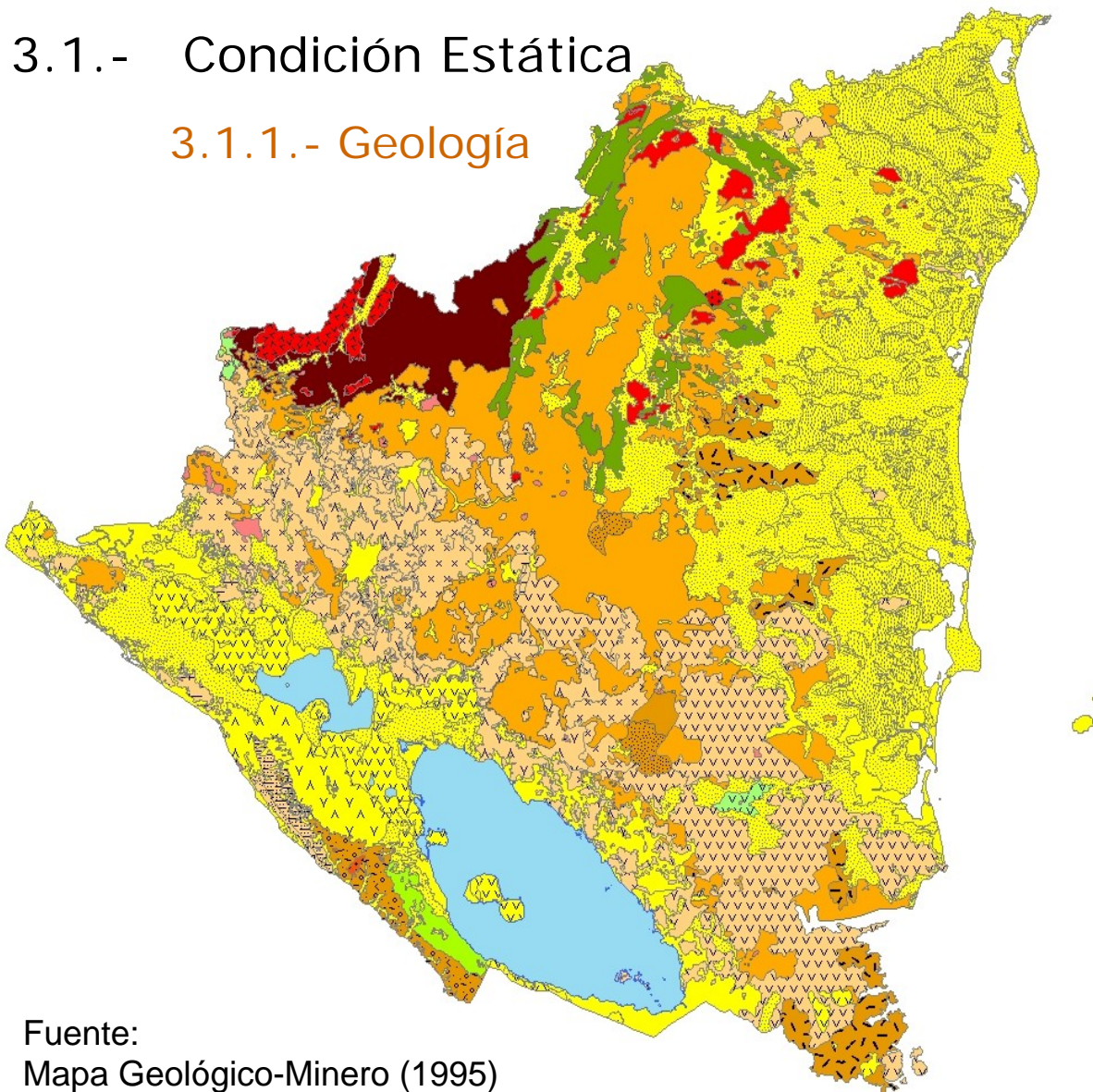
#### **Artículo 8. Atribuciones de la Dirección General de Geofísica Dirección de Geología Aplicada**

- 2) [...] 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.
  
- 4) Realiza 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



#### LEGEND

CODE\_GEO, LITOLOGIA, ROCAS

##### Cuaternario

- 111, Sedimentos recientes, guijarros, arenas, suelos arenosos, arcillas
- 112, Sedimentos antiguos y recientes, guijarros, arenas, suelos arenosos, arcillas
- 113, Areniscas y sedimentos, areniscas (arenas, arcillas, guijarros)
- 211, Volcanicos y piroclasticos, lavas, tobas, cenizas, aglomerados, escorias basalticas y andesito-basalticas
- 212, Piroclasticos y aglomerados, ignimbrita, tobas, aglomerados y escorias basalto

##### Neogeno

- 121, Sedimentarias calcareas y detriticas, calizas arrecifales, margas, areniscas y conglomerados
- 122, sedimentarias detriticas finas y grano grueso, areniscas tobaceas, lutitas, grauwackas y conglomerados calcareas
- 123, Sedimentarias detriticas y calcareas, areniscas tobaceas, grauwackas, lutitas y conglomerados
- 221, Volcanicos piroclasticos y efusivos, ignimbritas, brechas daciticas; lavas basalto-andesita
- 222, Volcanicos efusivos y piroclasticos, lavas basalto, andesita, dacita, ignimbrita, toba
- 223, Extrusivas media a acida y aglomerados, lavas basalto, andesitas, riolita-dacita; aglomerados
- 224, Depositos Terciarios indiferenciados, predominio de rocas volcanicas
- 321, Piroclasticos, lavas, areniscas y conglomerados, ignimbrita, toba, lava riolita, dacita, basalto

##### Paleogeno-Neogeno

- 331, piroclasticos, lavas y areniscas, tobas riolita-dacita, lavas andesita-basalto, ignimbrita

##### Paleogeno

- 141, sedimentarias detriticas finas y gruesas, rocas siliceas, lutitas y aglomerados
- 341, sedimentarias, calcareas, piroclasticos y lavas, areniscas, calizas, margas, tobas, aglomerados, lavas andesita
- 342, sedimentarias, calcareas, dastos de andesitas, lutitas, areniscas y calizas siliceas, dastos de andesita
- 343, sedimentarias calcareas, quimicas y volcanicas, caliza, chert, arenisca, lutita, toba, aglomerado

##### Cretacico-Paleogeno

- 151, sedimentarias retrabajadas, conglomerados polimicticos y areniscas rojas
- 251, Rocas volcanicas, predominio de rocas volcanicas

##### Cretacico

- 361, Sedimentarias, volcanicas y piroclasticas, arcosas, areniscas calcareas, lutitas, andesitas

##### Jurascico-Cretacico

- 171, Sedimentarias detriticas y calcareas, arcosas y conglomerados, lutitas calcareas, margas

##### Paleozoico

- 581, metamorficas, metavolcanicas y sedimentarias, esquistos, cuarzos, marmoles, areniscas y lutita

##### Rocas Igneas

- 421, Intrusiva plutonica acida cenozoica, granodiorita
- 422, Intrusiva plutonica basica cenozoica, Dioritas y granodioritas
- 423, Intrusiva plutonica basica cenozoica, Gabro, gabrodiorita y diabasa
- 441, Intrusiva plutonica basica cenozoica, gabro-diorita, diabasa
- 442, Intrusiva plutonica basica cenozoica, Gabro, diorita, diabasa
- 461, Intrusiva plutonica acida mesozoica, granito
- 462, Intrusiva plutonica intermedia mesozoica, sienitas, granosienitas
- 463, Intrusiva plutonica acida mesozoica, Granitoides: granitos y granodioritas

- 991, Lago.

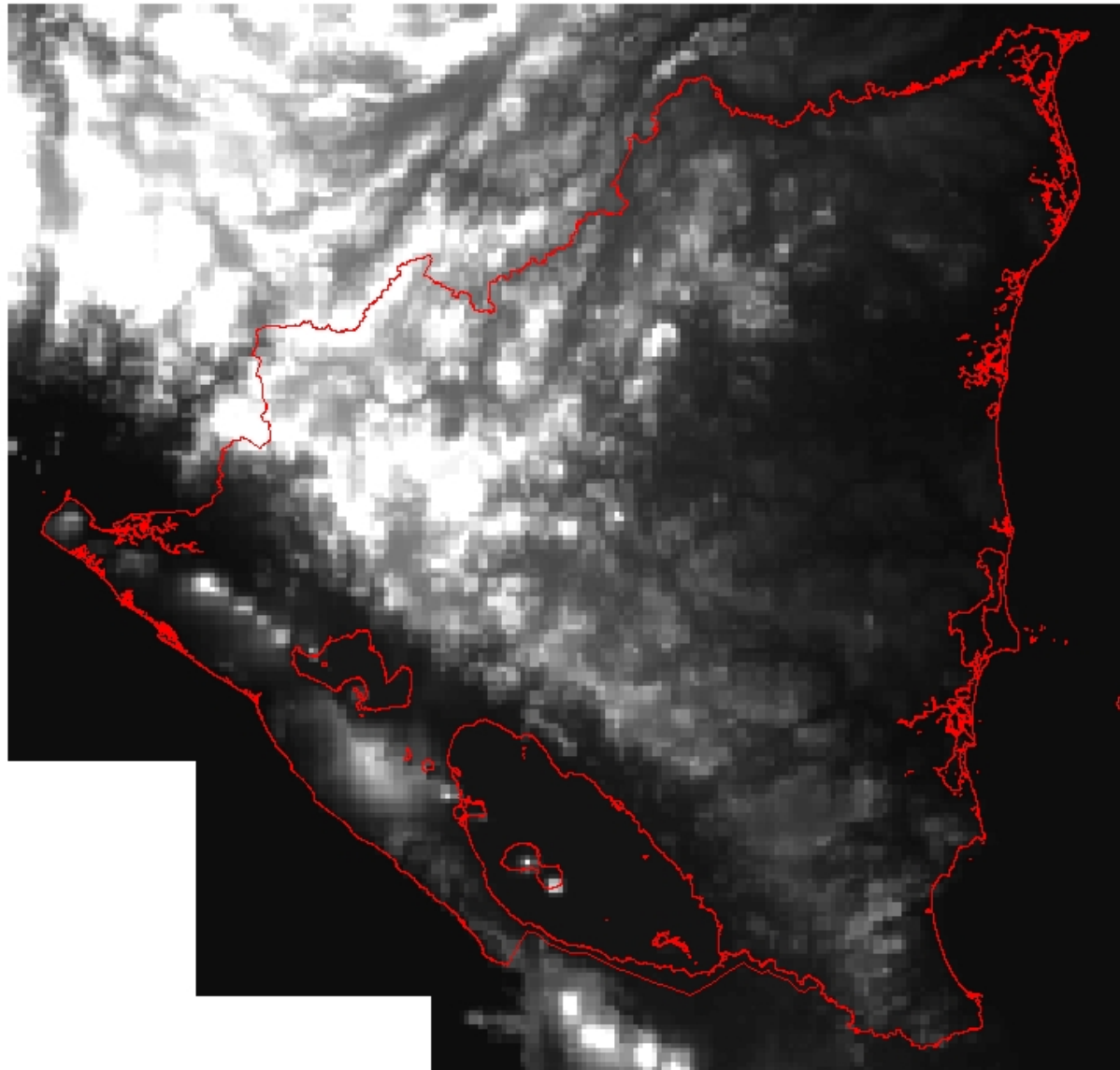
Fuente:

Mapa Geológico-Minero (1995)

Escala 1 : 500 000

31 unidades litológicas diferentes

### 3.1.2.- Elevaciones del terreno



Fuente:

Modelo Digital de  
Elevación (MDE)  
Resolución de 90  
m

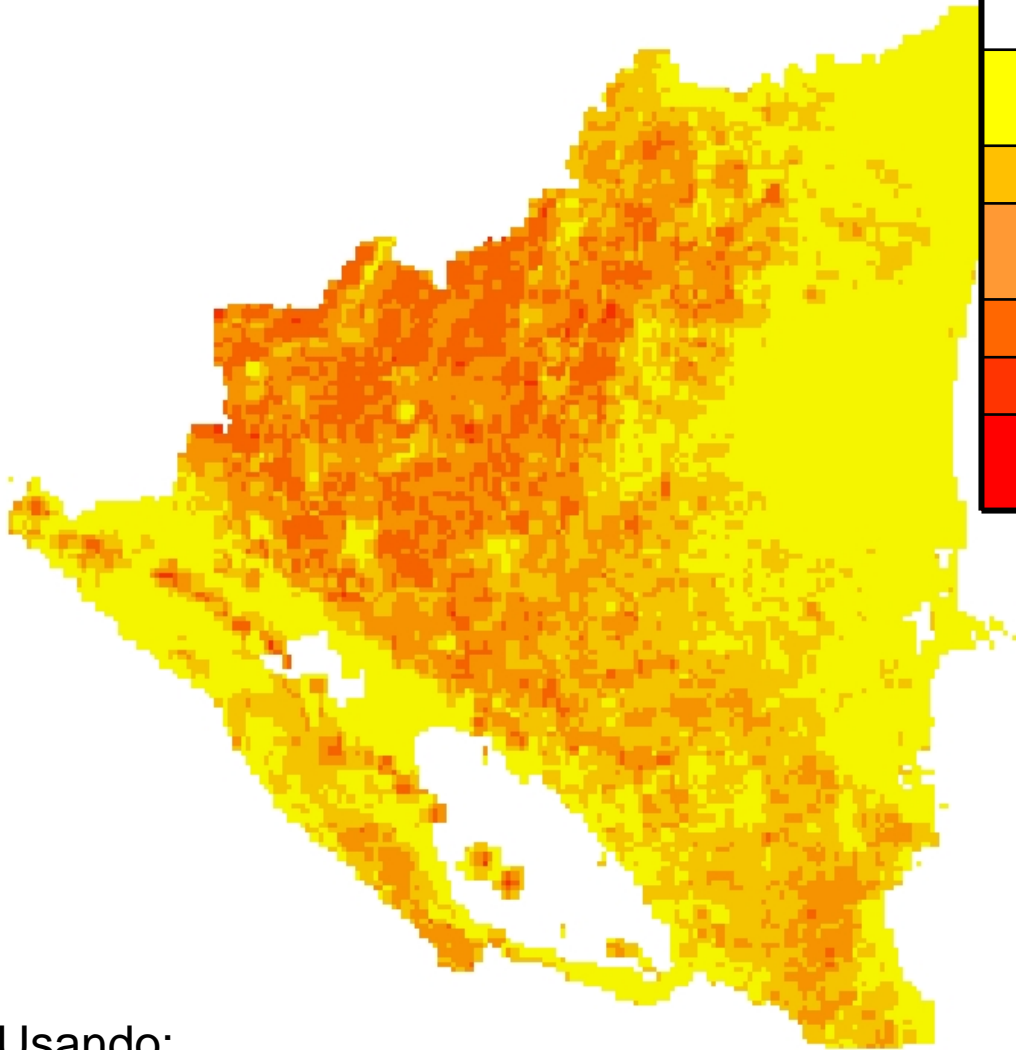
**Value**

High : 2401.338623

Low : -56.665733

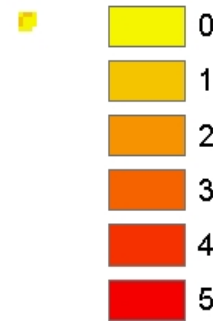


### 3.1.3.- Formas del terreno



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

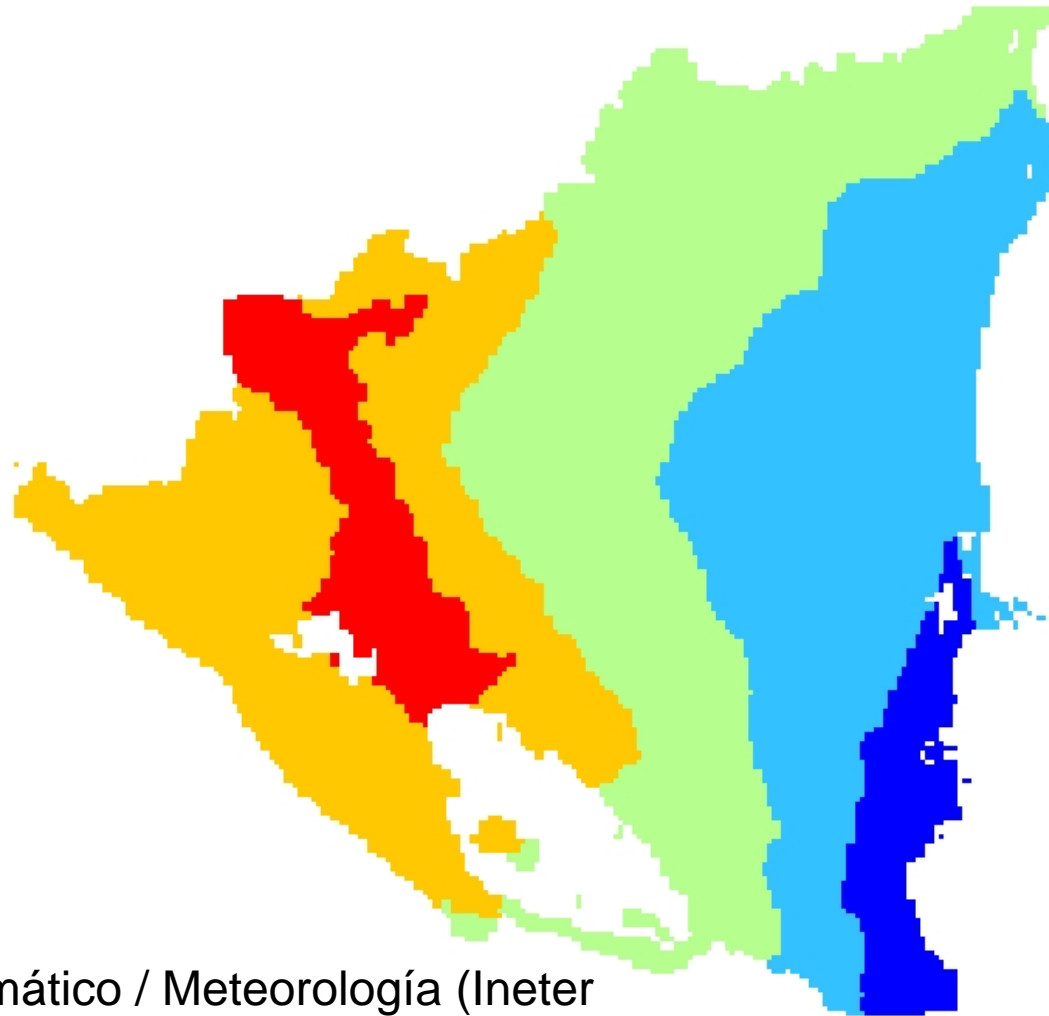
Items



Usando:

Modelo Digital de Elevación (MDE)  
Resolución de 90 m

### 3.1.4.- Humedad del suelo



Items	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

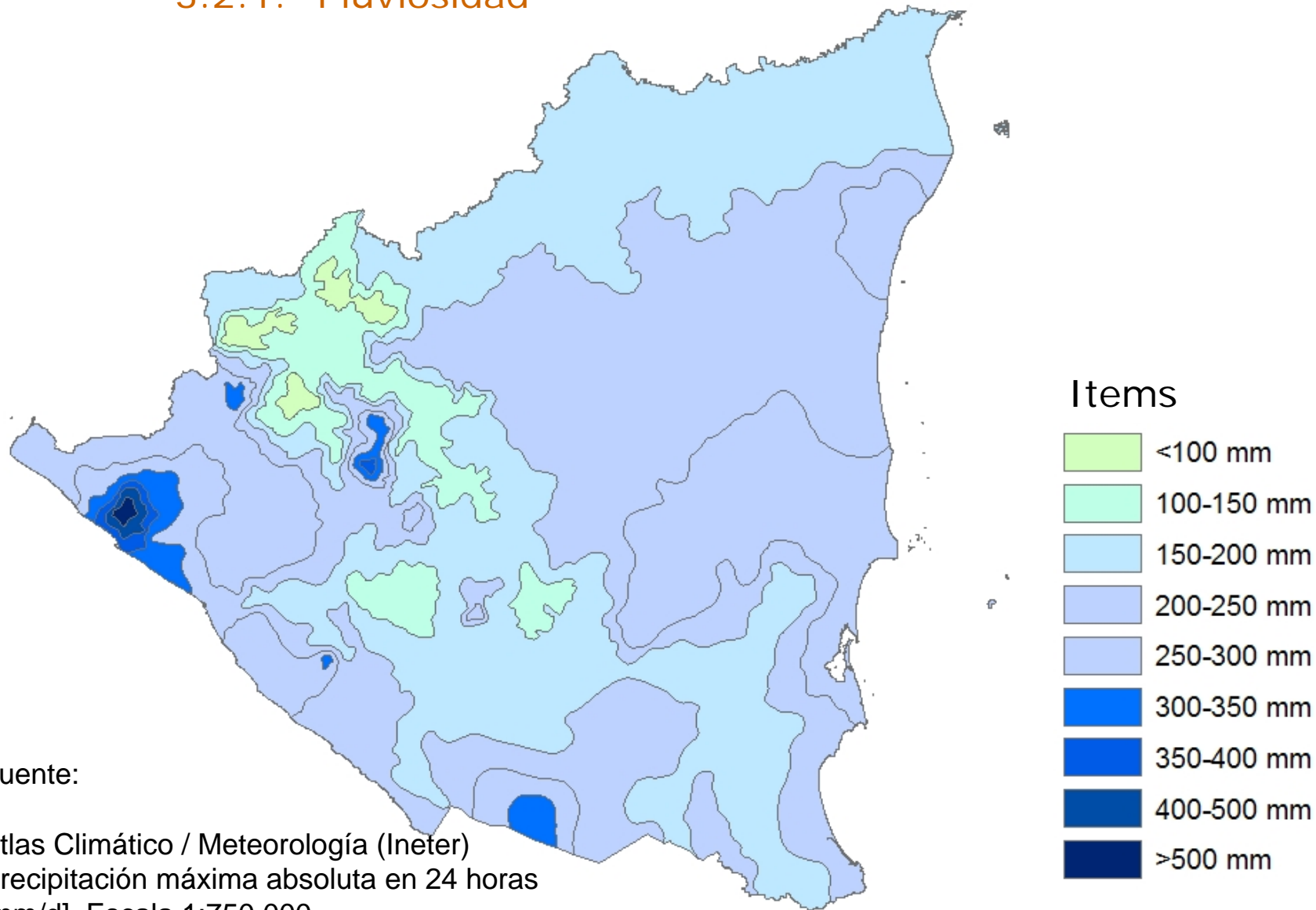


Usando:

Atlas Climático / Meteorología (Ineter  
Periodo de casi 30 años (1971 – 2000))

## 3.2.- Condición dinámica

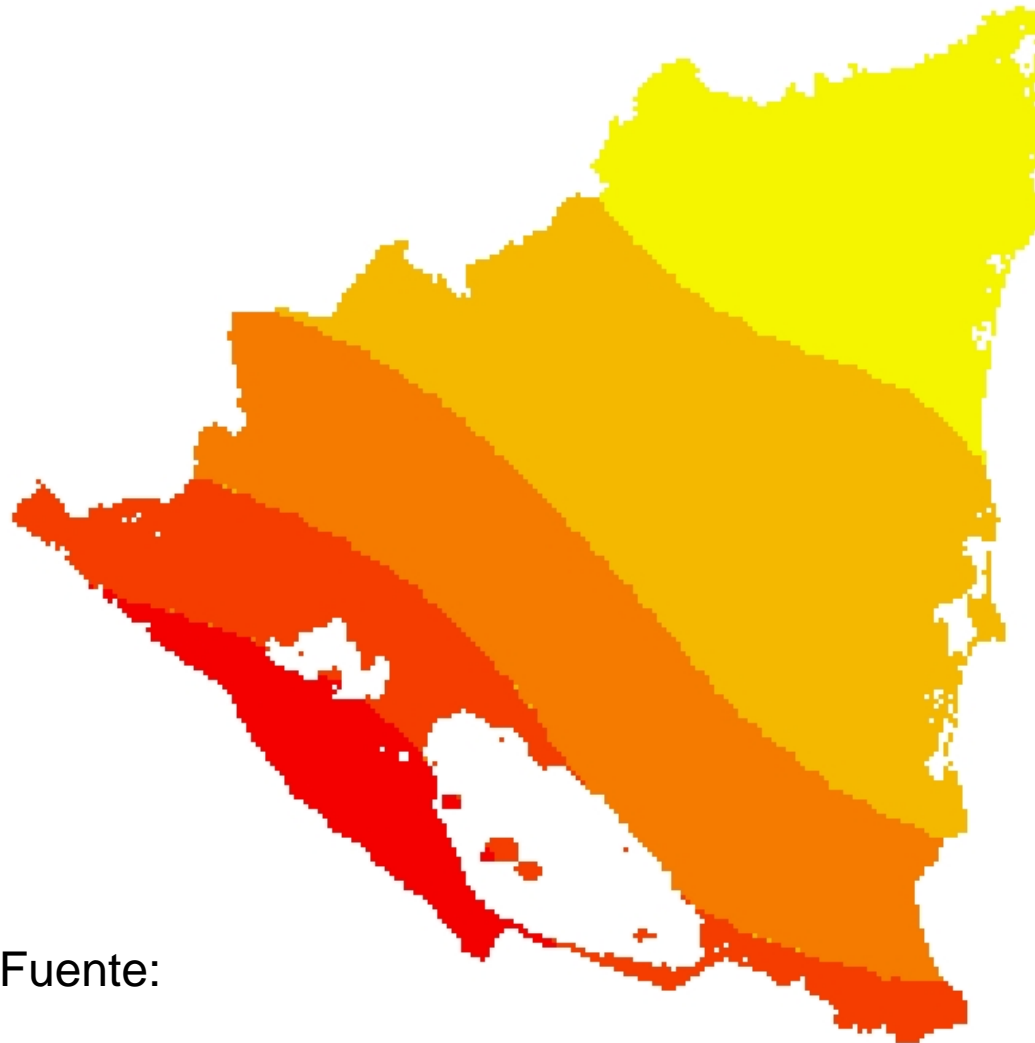
### 3.2.1.- Pluviosidad



Fuente:

Atlas Climático / Meteorología (Ineter)  
Precipitación máxima absoluta en 24 horas  
[mm/d]. Escala 1:750,000  
Periodo de casi 30 años (1971 – 2000)

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



Items	Aceleraciones Pico (% g)	Aceleración PGA (m/s <sup>2</sup> )	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



Fuente:

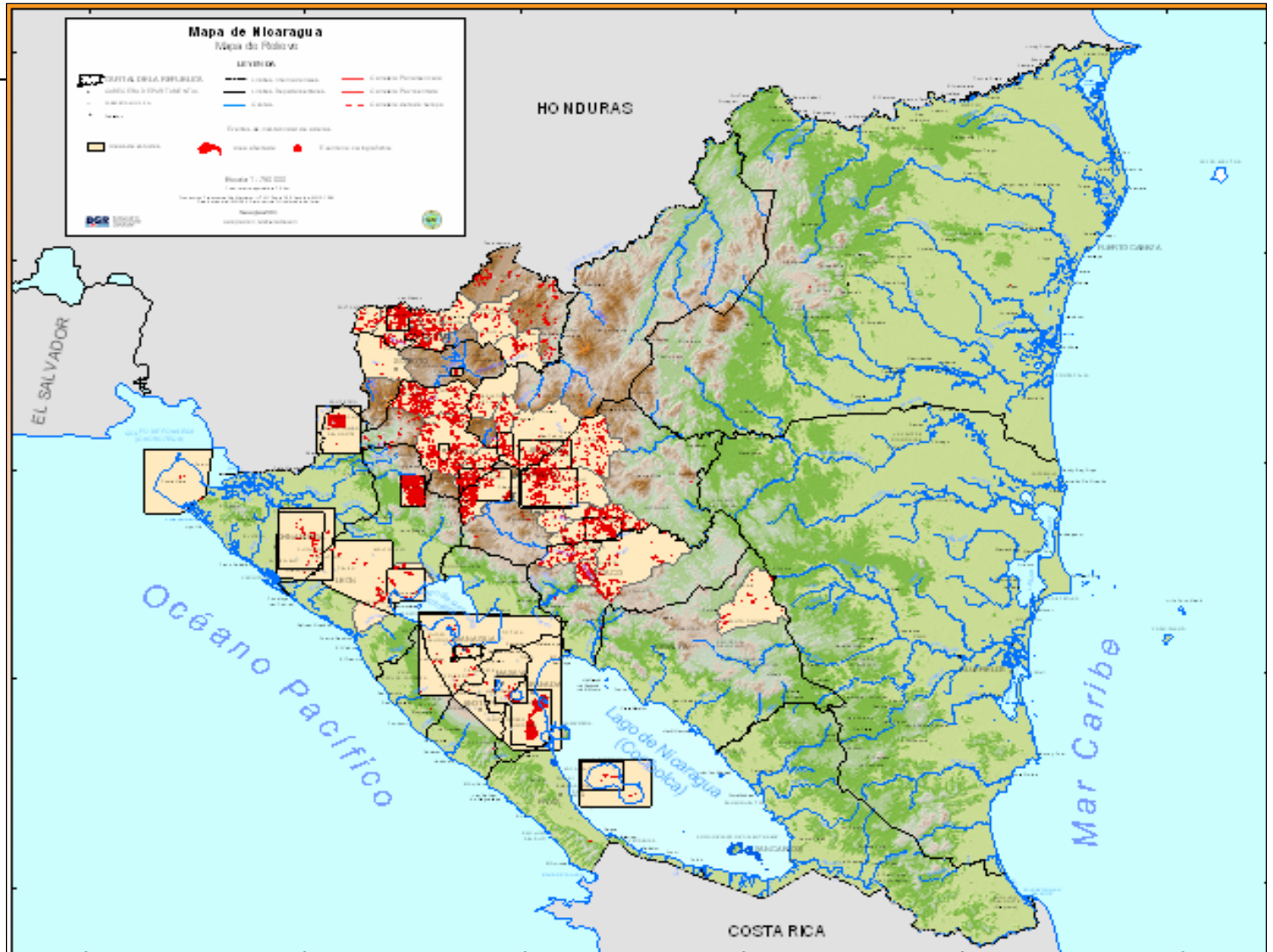
GSHAP (años '90)

PGA [m/s<sup>2</sup>]

Periodo de retorno 50 años

### 3.3.- Condición de estabilidad del terreno

#### 3.3.1.- Zonas de ocurrencia de movimientos de masas de Nicaragua



Fuente:

Ineter,  
2009

### 3.3.2.- Vista de taludes rocosos inestables



(Foto T. Obando, 2009)



Cuesta Cucamonga  
Esteli, Nicaragua. 2009

# IV.- Monitoreo y vigilancia de Peligros

## 4.1.- Métodos aplicados para la observación de deslizamientos

### ▪ **Medición diaria**

**Definición Responsables – Observadores de las lluvias, o bien, deslizamientos**

### ▪ **Registros de datos**

**Información registro dada a líderes comunales y autoridades locales a través de red de radiocomunicación.**

### ▪ **Análisis y el pronóstico de información**

**Garantía de seguridad y validez de la Información para no generar falsas alarmas**

**Asegurar las vida humana a través de alertas preventivas comunitaria4**





## 4.2.- Tipos de instrumentos básicos de

### medición – vigilancia

#### 4.2.1.- Monitoreo y vigilancia de las lluvias

##### 4.2.1.1- Modo instrumental

### ▪ Pluviómetro

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

### ▪ Estación para registro de variables meteorológicas

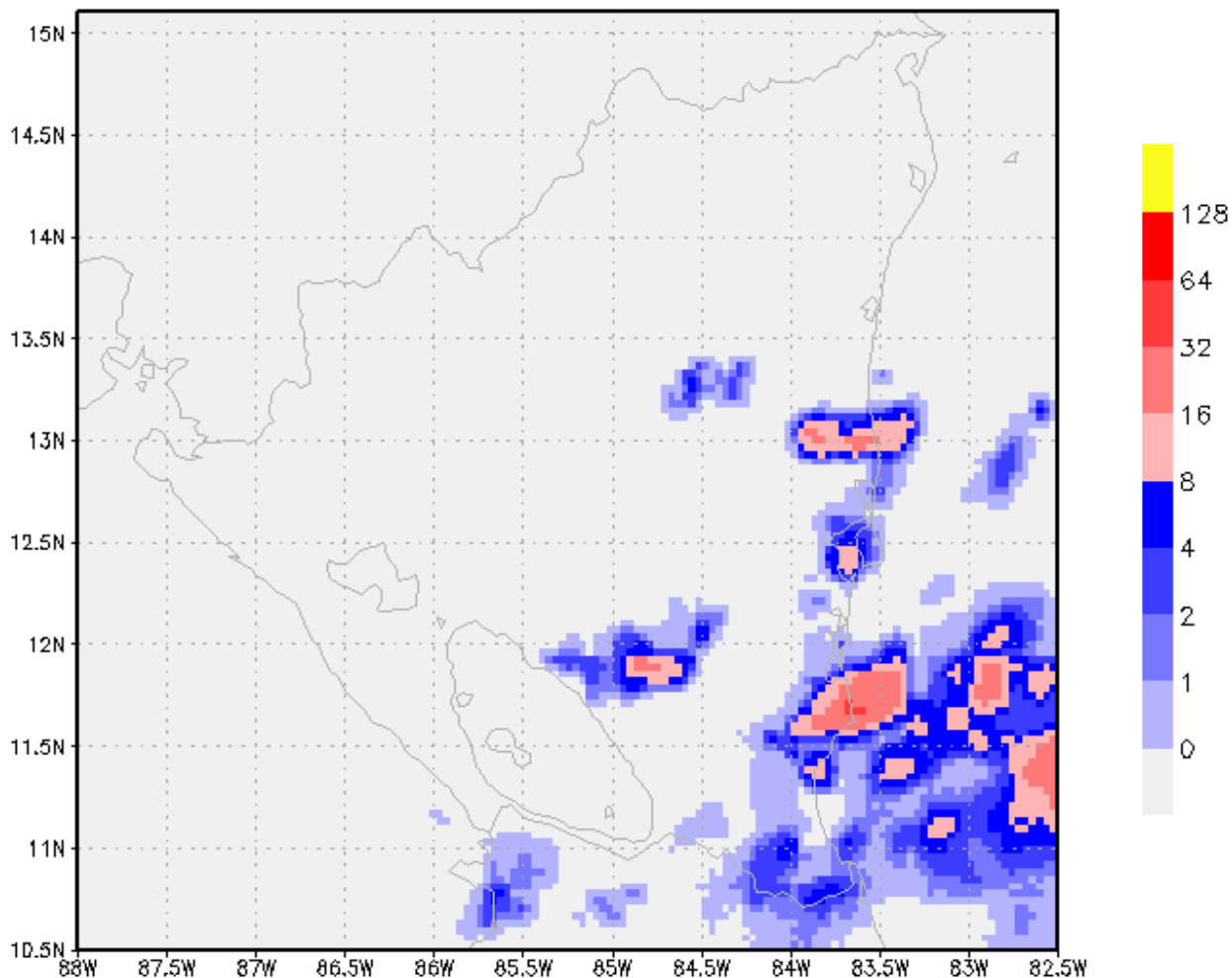
Registros de datos sobre el estado del clima como:

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



## 4.2.1.2- Modo computacional

# Imágenes satelitales de la NOAA



### Objetivo:

Visualizar y evaluar cuantitativamente las lluvias ocurridas en tiempo real

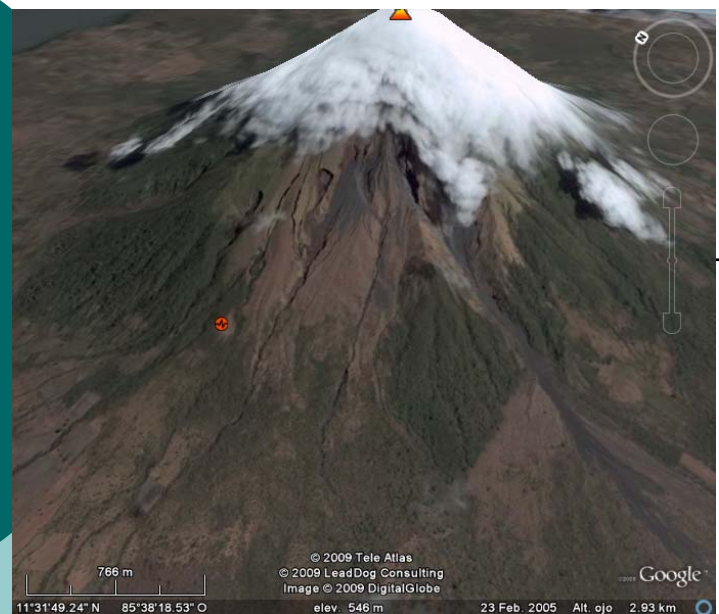
### Desafíos:

Pronosticar la posibilidad del impacto por deslizamientos

Preparación de las medidas de protección

Precipitación [mm] estimada en Nicaragua NIC 2009-07-05 12:45ut... ..

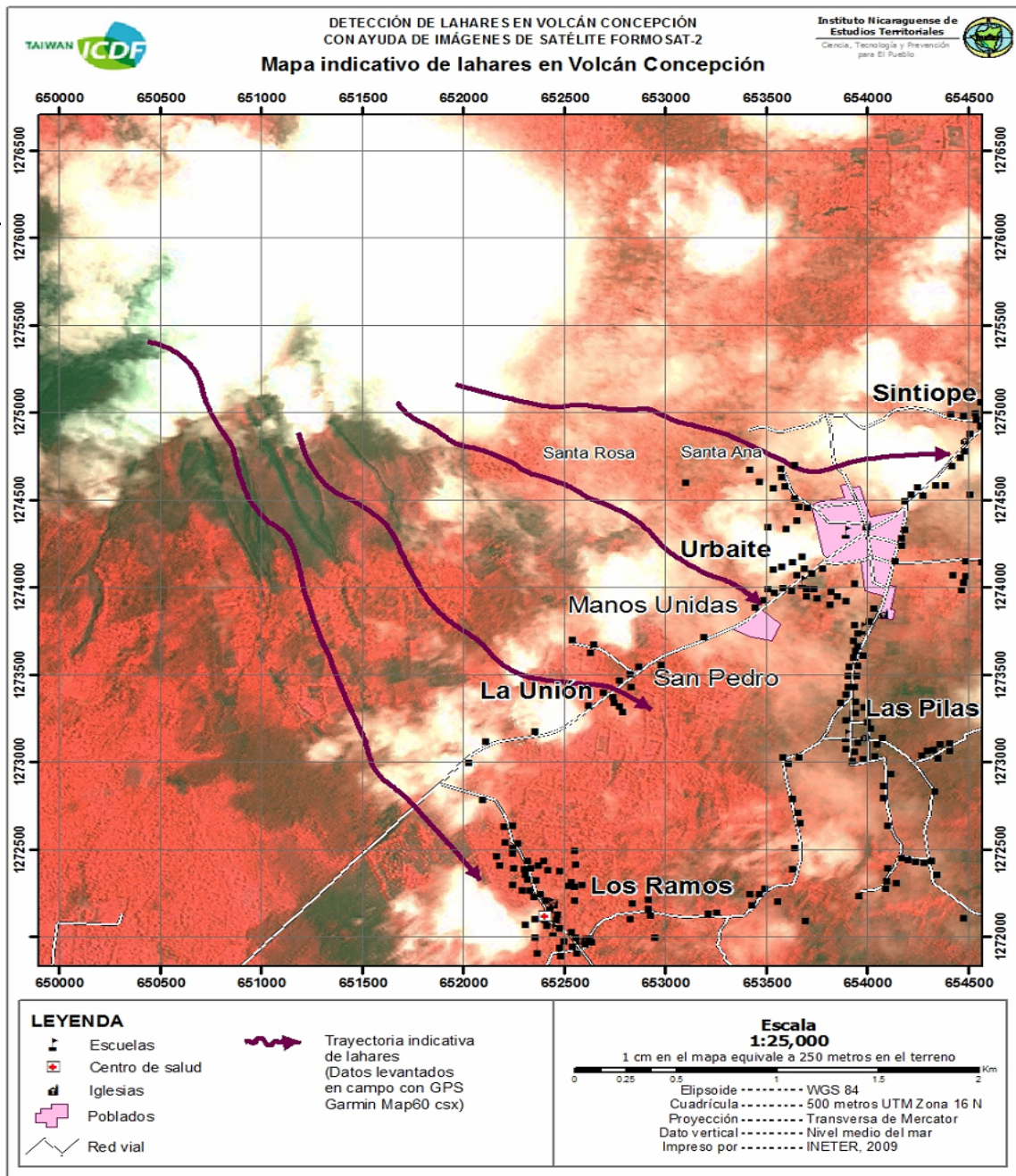




Vista aérea de flujos de Escombros al Sureste del Volcán Concepción (Isla Ometepe, Rivas)

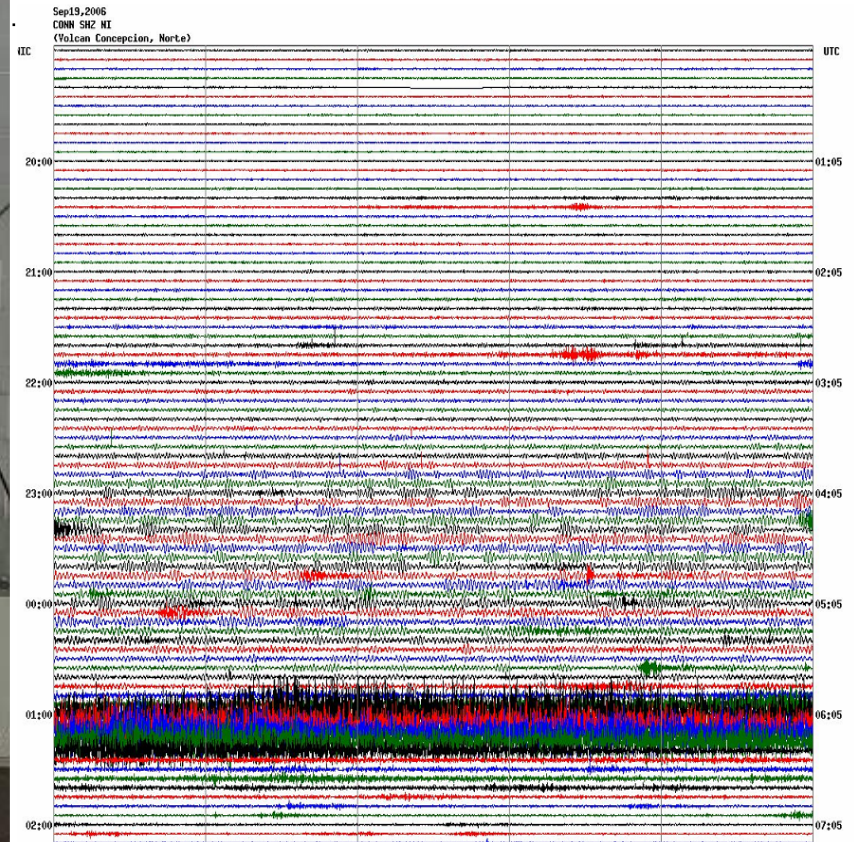
Obsérvese laderas escarpada y empinada del terreno, y cárcavas superficiales por donde se mueven los flujos.

## Imagen satelite FORMOSAT-2, 2,009



## 4.2.2.- Monitoreo y vigilancia de sismos

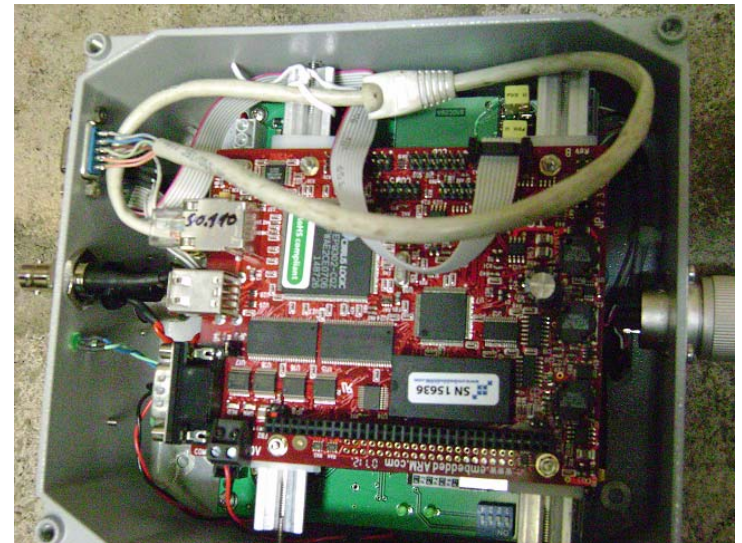
### 4.2.2.1- Modo instrumental



Sismicidad por flujo de lodo al Noroeste del Volcán Concepción

## 4.2.2.2- Modo computacional

### Digitalizador sísmico SARA SR04



- ❑ Grabación de señales sísmica captadas por geofonos y acelerómetros
- ❑ Diseño robusto y compacto
- ❑ Puede ser equipado con tres geofonos de 4.5Hz

## DESCRIPCION TECNICA

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

# V.- Criterios de selección de un SAT, y escenarios para su desarrollo

---

## Estudio Caso:

### Deslizamiento Reparto Fátima (Matagalpa)









**Cerro El Volcán Viejo. Dipilto, Nueva Segovia)**

**Deslizamientos y flujos de escombros durante y después del Mitch**



Casa de Cooperativa El Volcán



Equipos y accesorios para monitoreo de lluvia y viento

# VI.- Declaración de Alerta

## 6.1.- Según INETER del

---

### Decreto Ejecutivo 98-2000:

"Arto.4, párrafo 13

b) Sugerir al Comité Nacional y al Presidente de la República, a través de la Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional (*de 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.

## Sistema de Alerta ante Deslizamientos, flujos, derrumbes por INETER



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**

## 6.2.- Según Cruz, L. 2,005

### Estado alerta ante precipitaciones

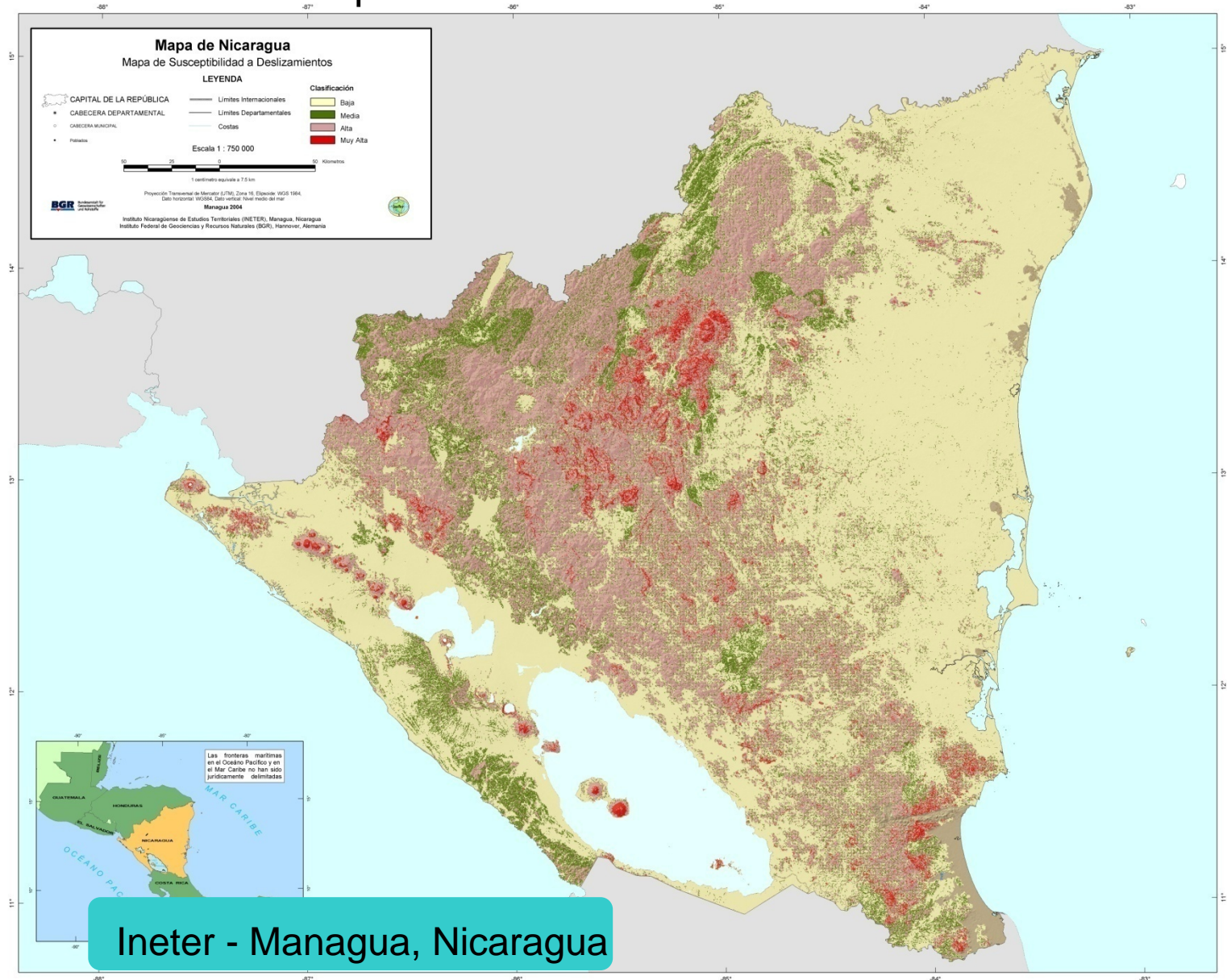
Cerro El Volcán (Dipilto) y comunidades La Tablazón, El Volcán, Las Nubes y Dipilto Viejo. Estado alerta ante precipitaciones

	Estado de Alerta
<input type="checkbox"/> Para lluvias de 60mm con 3 horas de duración	
<input type="checkbox"/> Lluvias de 100mm, con 6 horas de duración	
<input type="checkbox"/> Lluvias de 150 - 300mm, con 12 horas of duración	 <i>Evacuación</i>
<input type="checkbox"/> Lluvias > 300mm with 24 horas de duración	

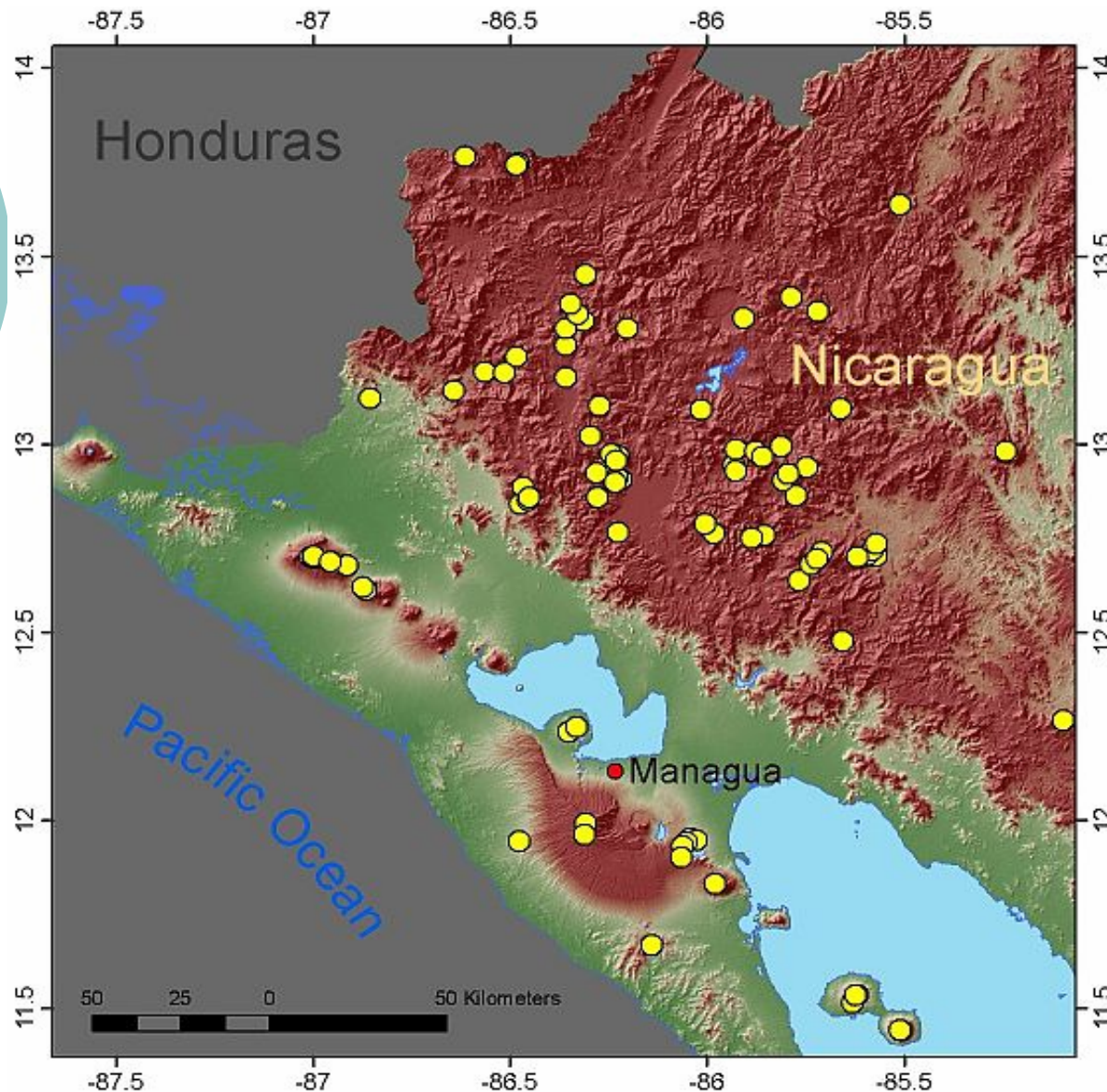
**Fuente:** Cruz (2005)

# VII.- Zonas susceptibles a deslizamientos

## 7.1.- Susceptibilidad ante movimientos de laderas



## 7.2.- Áreas propuestas para monitoreo y vigilancia por deslizamientos



Alerta Temprana en tiempo real usando intensidad de las precipitaciones en sitios seleccionados con Amenaza de deslizamientos





**¡MUCHAS GRACIAS!**





# PLUVIÓMETROS Y ESCALA HIDROMÉTRICA TRADICIONALES



**REGISTRO PLUVIOMÉTRICO SUBCUENCA RIO GRANDE DE CARAZO**

Municipio La Conquista Comunidad La Hormiga  
 Nombre del promotor Edgar de Alvarado Año 2012

	ENERO	FEB.	MAR.	ABRIL	MAYO	JUNIO	OBSERVACIONES SOBRE CLIMA SEVERO-DAÑOS DE TORMENTAS/HURACANES ETC
1						8 mm	
2						0 mm	
3						5 mm	
4						13 mm	
5						8 mm	
6						26 mm	
7						0 mm	
8						0 mm	
9						0 mm	
10						0 mm	
11						0 mm	
12						0 mm	
13						0 mm	
14						0 mm	
15						0 mm	
16						0 mm	
17						0 mm	
18					8 mm	0 mm	
19					0 mm	20 mm	
20					25 mm	2 mm	
21					12 mm	0 mm	
22					0 mm	0 mm	
23					9 mm	10 mm	
24					7 mm	14 mm	
25					10 mm	10 mm	
26					11 mm	0 mm	
27					8 mm	0 mm	
28					7 mm	12 mm	
29					100 mm	0 mm	
30					40 mm	2 mm	
31					0 mm		
Total							

71.7  
87.9

Pluviómetro testo 608-H1

**INSTRUCCIONES:**

- Hacer las lecturas de precipitaciones cada día a la misma hora.
- Las lecturas deben hacerse con la precisión de una décima de milímetro.
- Use la columna de la derecha para describir algo inusual o clima severo, [ej. 20 de Octubre, lluvias por seis días provoca derrumbe que bloquea camino del Camino].

# Pluviómetro artesanal

Comunidad La Hormiga  
(La Conquista, Nicaragua)



**Rojo**  
 Dar alarma a la población para activar el plan de emergencia.

**Amarillo**  
 El río amenaza desbordarse, hacer el seguimiento de su incremento.

**Verde**  
 El río mantiene su nivel normal.



# Escala Hidrométrica

El Incremento o crecida del caudal de los ríos