



5 y 6 de setiembre, 2018. Hotel Wyndham Herradura
"Retos de la Geotecnia en el desarrollo de la Infraestructura"

Análisis regional de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción sísmica de suelos, Costa Rica

Dr. Sergio Mora Castro
(smoracastro@consultarx.com)

MSc. Javier Saborío
(saborio.javier@gmail.com)

Laboratorio de Ecología Urbana, UNED

Cuba, Moín, Costa Rica, abril de 1991



La Lucha, Sabalito, Costa Rica; setiembre de 1986



Objetivos del estudio

- Establecer la distribución espacial de los macro-indicadores regionales que describen las amenazas de la inestabilidad de laderas (escala 1:150.000) y de la licuefacción sísmica de suelos (1:200.000) en Costa Rica.
- Poner a disposición estos escenarios para orientar las primeras decisiones, durante las etapas de pre-inversión, de los proyectos de infraestructura y del ordenamiento territorial.

Mora, S; Vahrson, G; 1994. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. Bulletin of Association of Engineering Geologists. Vol.XXXI, No.1, p.49-58.

https://www.researchgate.net/publication/275971541_Macrozonation_methodology_for_landslide_hazard_determination

Mora et al; 2012. Slope instability hazard in Haiti: Emergency assessment for a safe reconstruction. Banff, Alberta, Canada. Keynote speech. Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding – Eberhardt et al. (eds) © 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62123-6.

https://www.researchgate.net/publication/275961636_Slope_instability_hazard_in_Haiti_Emergency_assessment_for_a_safe_reconstruction

Mora, S; Saborío, J; 2017. Análisis de la amenaza de inestabilidad de laderas en Costa Rica (escala 1:150.000) y de la licuefacción sísmica de suelos (1:200.000). Laboratorio de Ecología Urbana; Universidad Estatal a Distancia. En preparación.

Macrozonificación de la amenaza de la inestabilidad de laderas

MÉTODO MORA-VAHRSON
(1993, 2012; modificado por Mora y Saborío, 2017)

Ad = Amenaza de la inestabilidad de laderas

$$Ad = SUSC * DISP$$

SUSC = Susceptibilidad intrínseca, natural, de las laderas

$$SUSC = Sr * SI * Sh$$

Sr = Parámetro del relieve (pendiente)

SI = Indicador de la susceptibilidad litológica

Sh = Parámetro de la humedad antecedente del suelo

DISP = Factores externos de disparo

$$DISP = Ds + Dp$$

Ds = Influencia de la sismicidad

Dp = Influencia de la intensidad de las lluvias

$$Ad = (Sr * SI * Sh) * (Ds + Dp)$$



Modelo numérico digital del terreno
 País: República de Costa Rica, Centro América

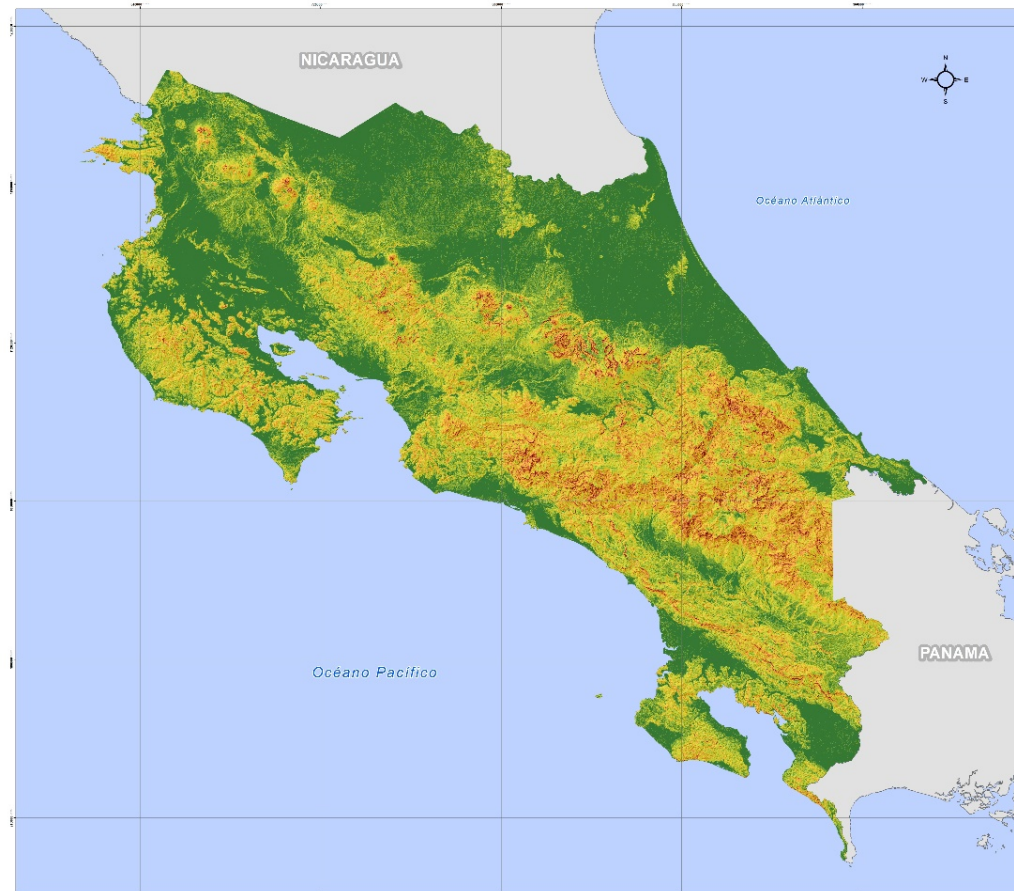
Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la bioeficiación de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Proyección: CRTM05
 Datum WGS84
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora
 Escala: 1:500,000

Simbología

Rangos (metros)

- 0 - 500
- 500 - 999
- 1000 - 1499
- 1500 - 1999
- 2000 - 2499
- 2500 - 2999
- 3000 - 3499
- 3500 - 3999
- 4000 - 4499
- 4500 - 4999
- 5000 - 5499
- 5500 - 5999
- 6000 - 6499
- 6500 - 6999
- 7000 - 7499
- 7500 - 7999
- 8000 - 8499
- 8500 - 8999
- 9000 - 9499
- 9500 - 9999



Relieve relativo del terreno (m/ha)
 País: República de Costa Rica, Centro América

Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la bioeficiación de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Proyección: CRTM05
 Datum WGS84
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora
 Escala: 1:500,000

Simbología

Rangos (m/ha)

- 0 - 7.5
- 7.5 - 17.5
- 17.5 - 30
- 30 - 50
- 50 - 80
- Mayor 80

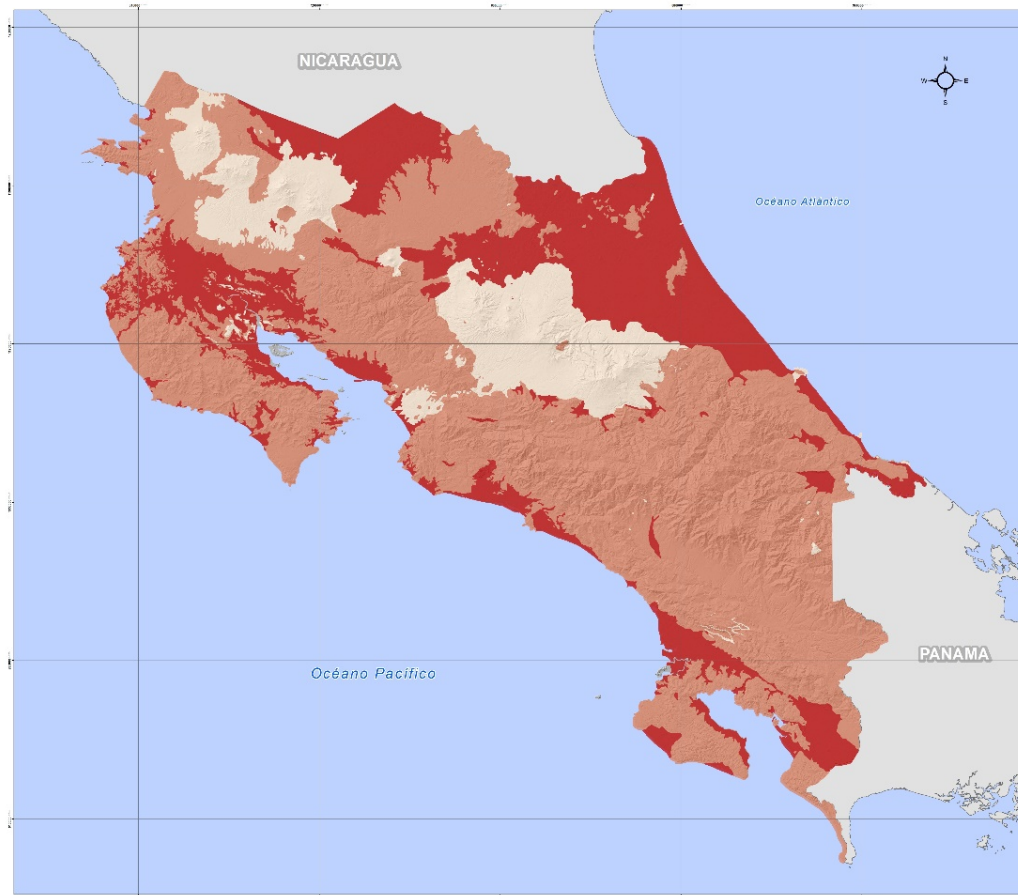


Modelo numérico del terreno, pixel de 30m

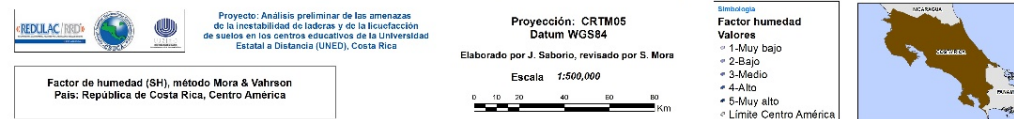
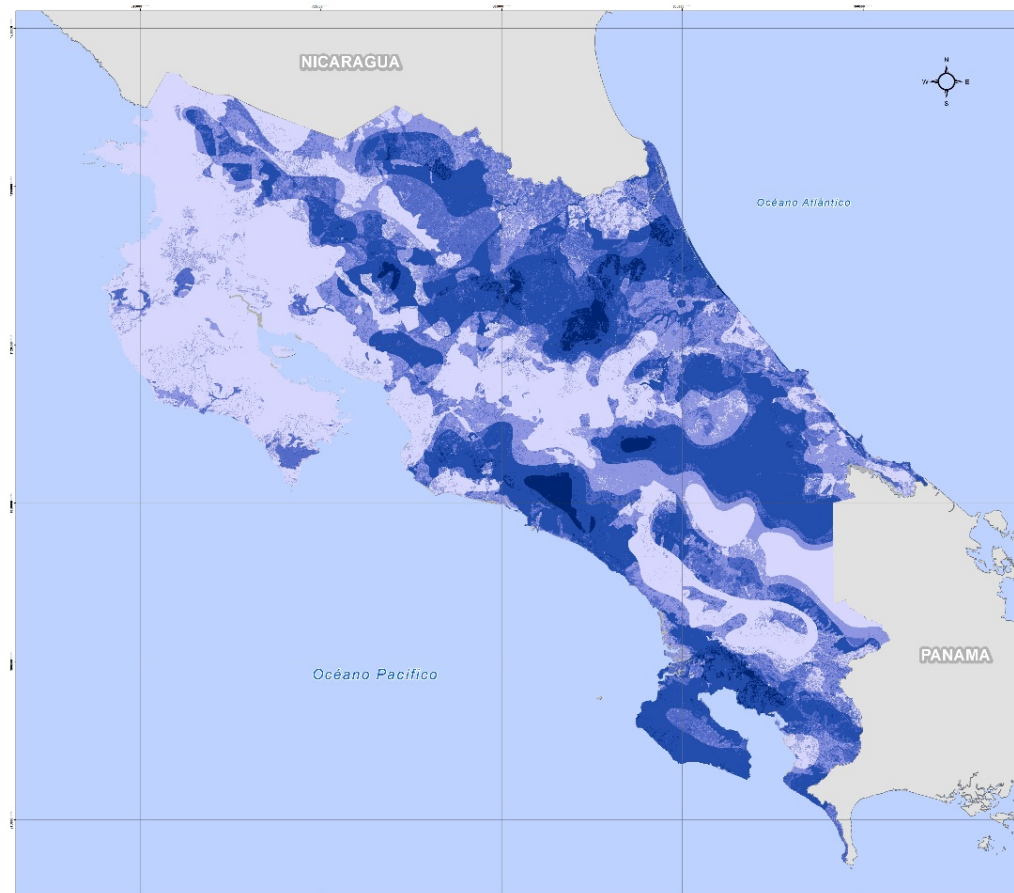
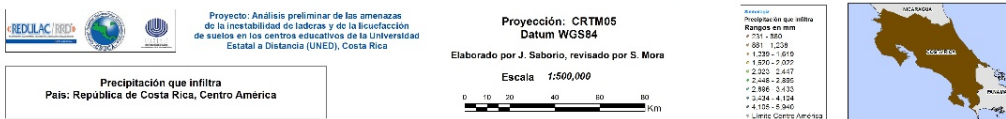
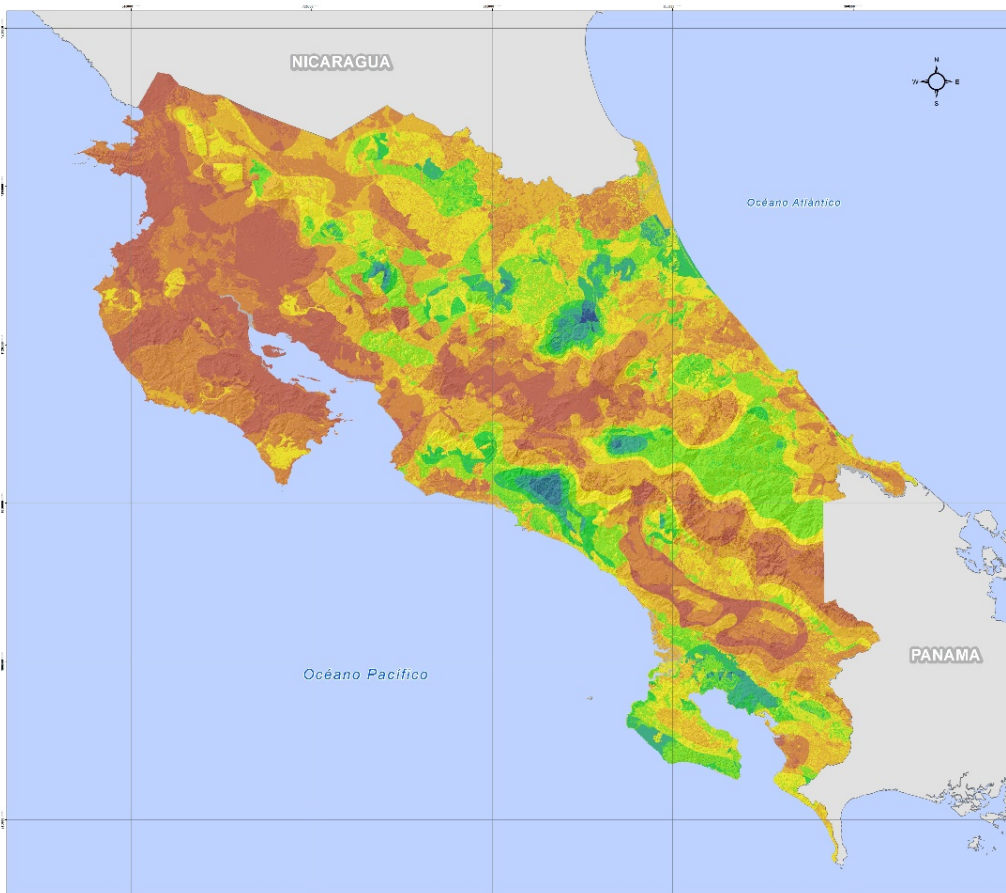
Sr = Relieve relativo, m/ha



Mapa geológico de Costa Rica (RECOPE, 2007)

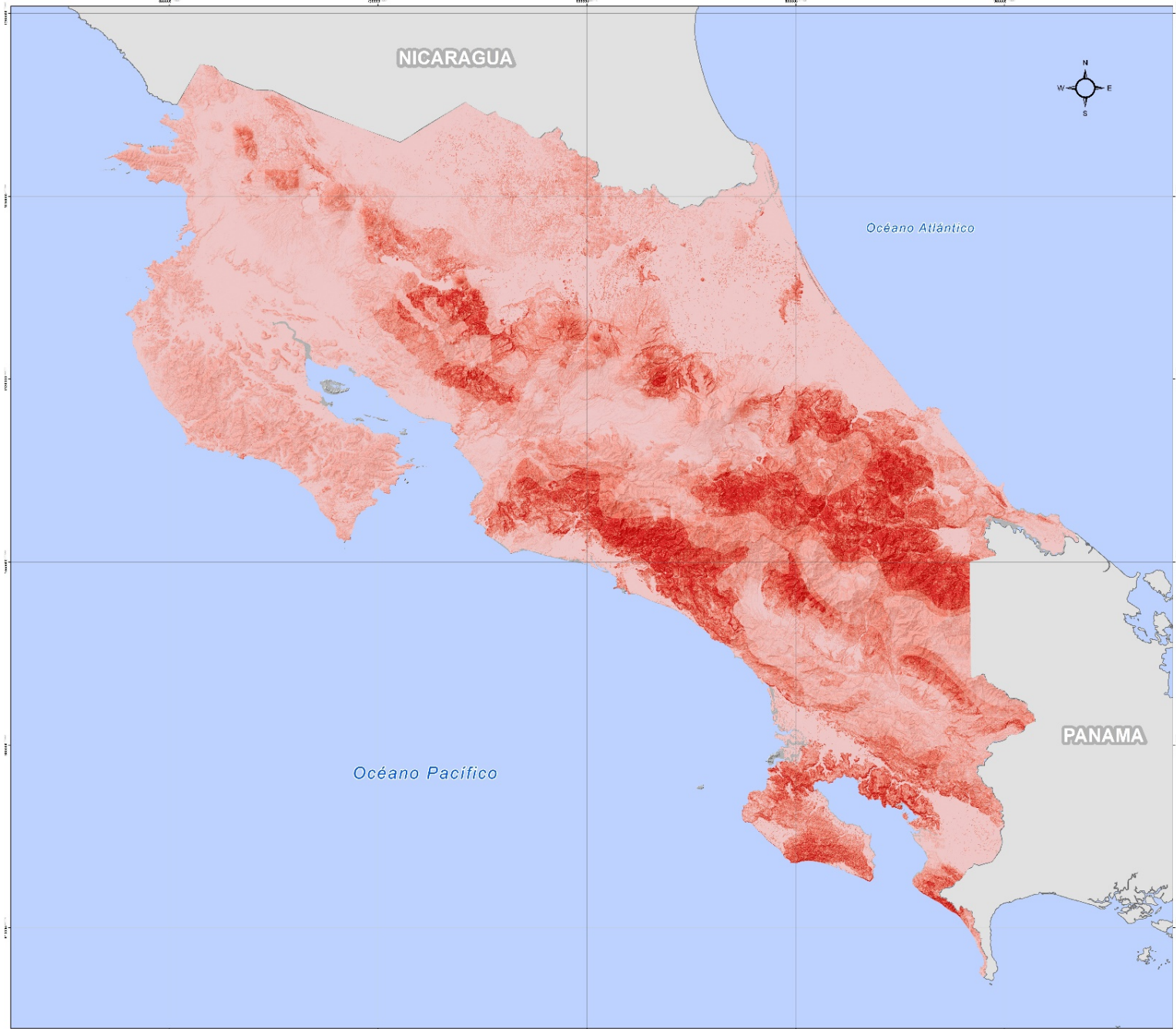


SI = Susceptibilidad litológica



Precipitación “que infiltra” (IMN, 2016)

Sh = Susceptibilidad por la humedad prevalente



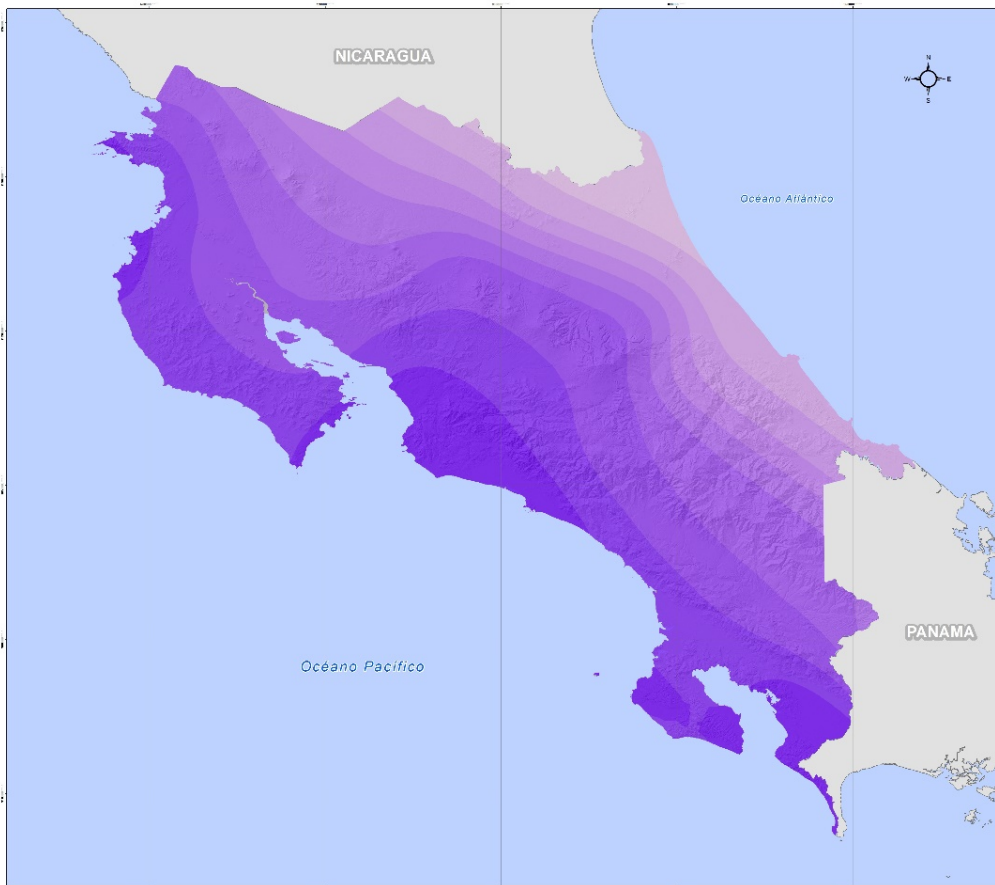
Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Susceptibilidad con factor de relieve relativo, método Mora & Vahrson
País: República de Costa Rica, Centro América

Proyección: CRTM05
Datum WGS84
Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora
Escala 1:500 000
0 10 20 40 60 80 Km

Simbología
Susceptibilidad
Rangos
Alto : 100
Bajo : 0
Limite Centro América





Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuación de suelos en los centros sísmicos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

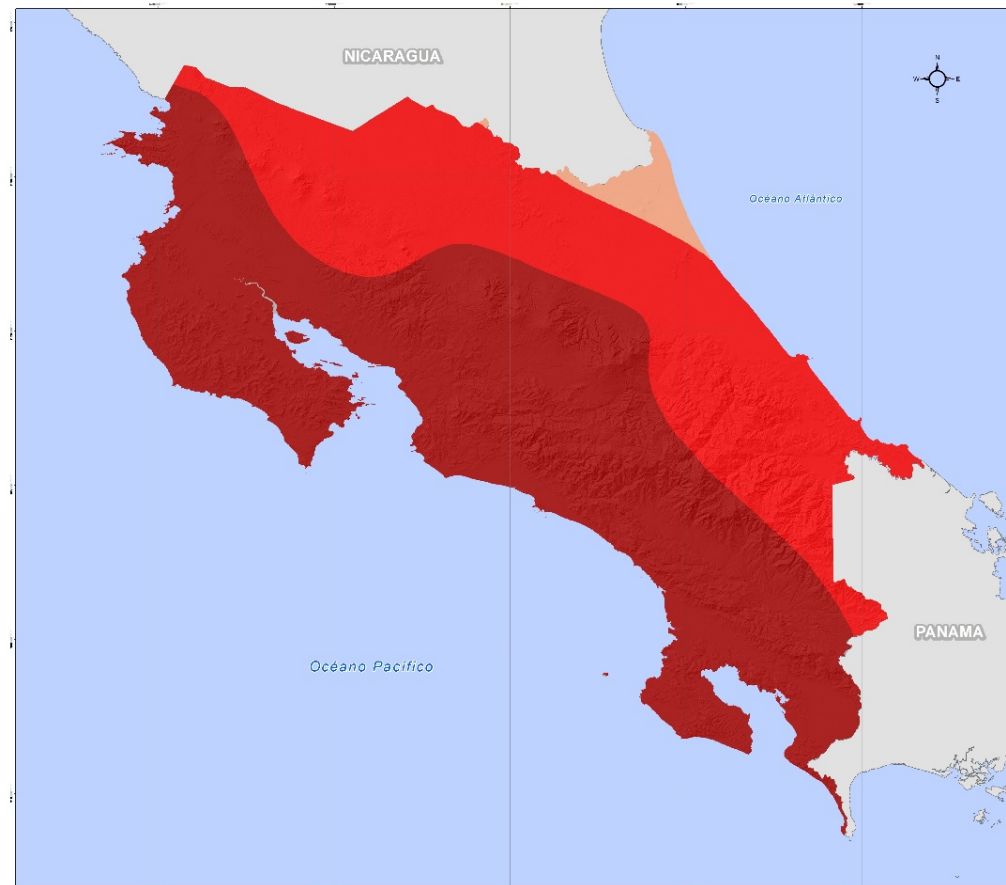
Proyección: CRTM05
Datum WGS84
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora
 Escala 1:508,350

Simbología
 Disparo sísmico
 Valores
 6- Considerable
 7- Importante
 8- Elevado
 Límite Centro América

Aceleración pico del terreno "Peak Acceleration Ground" (PGA)
 para periodo de recurrencia = 500 años, método Mora & Vahson
 País: República de Costa Rica, Centro América

Legend:
 Rangos en galtes
 710 - 124
 425 - 499
 600 - 596
 700 - 627
 850 - 569
 700 - 711
 752 - 811
 800 - 860
 826 - 950
 * Límite Centro América

Amenaza sísmica; PGA Tr=500a



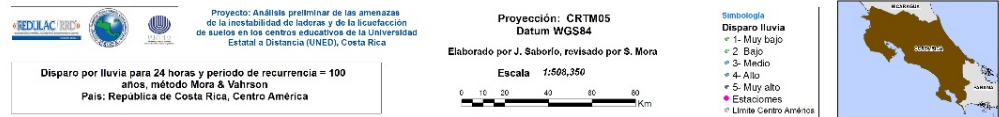
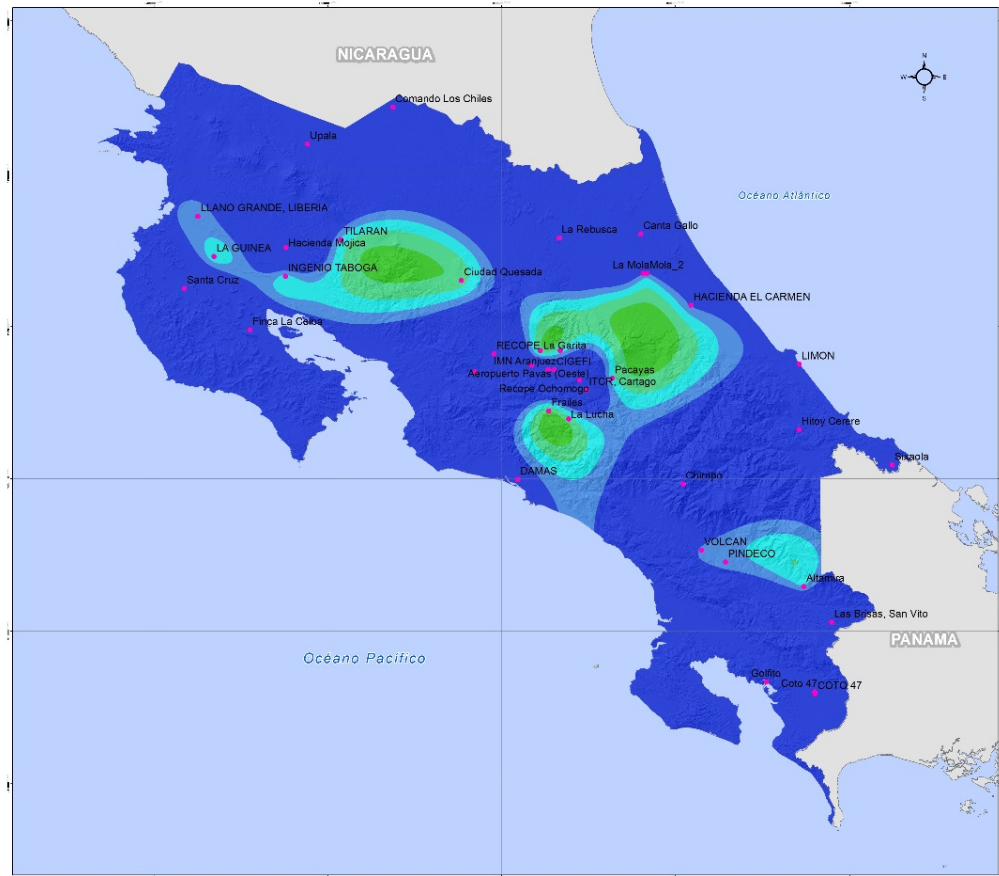
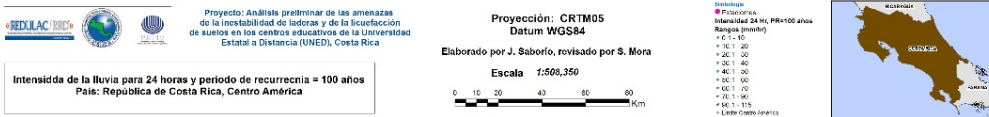
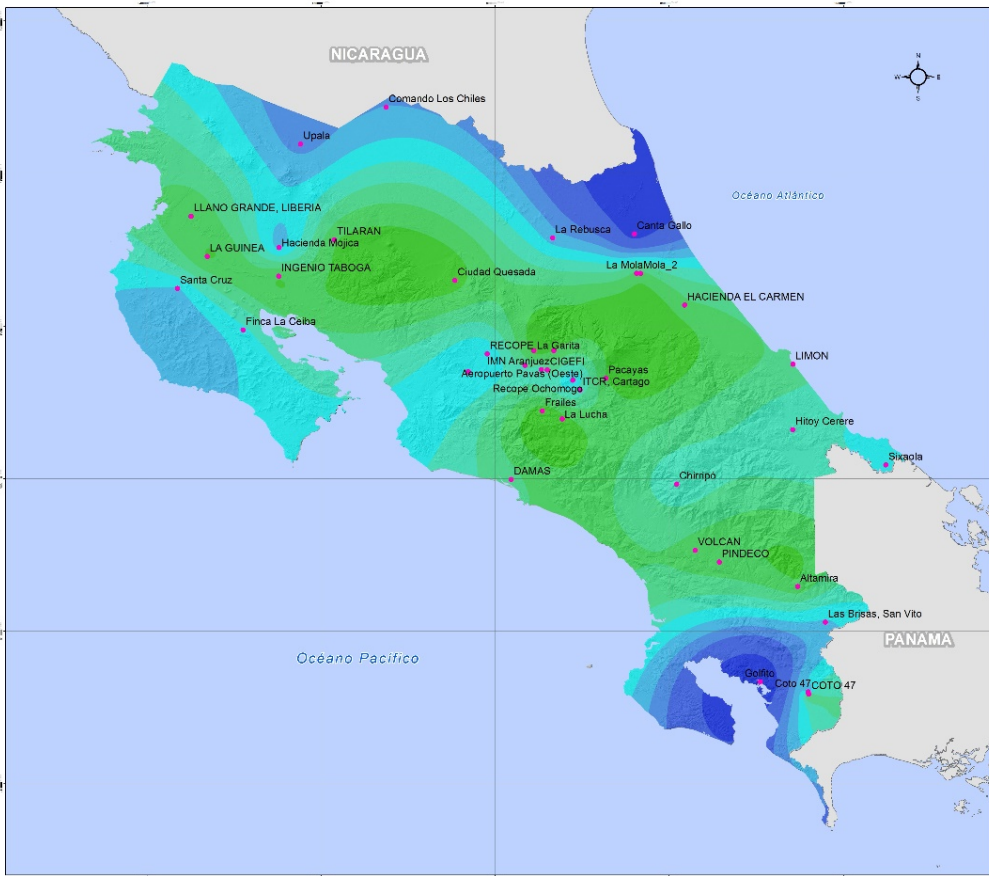
Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuación de suelos en los centros sísmicos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Proyección: CRTM05
Datum WGS84
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora
 Escala 1:508,350

Simbología
 Disparo sísmico
 Valores
 6- Considerable
 7- Importante
 8- Elevado
 Límite Centro América

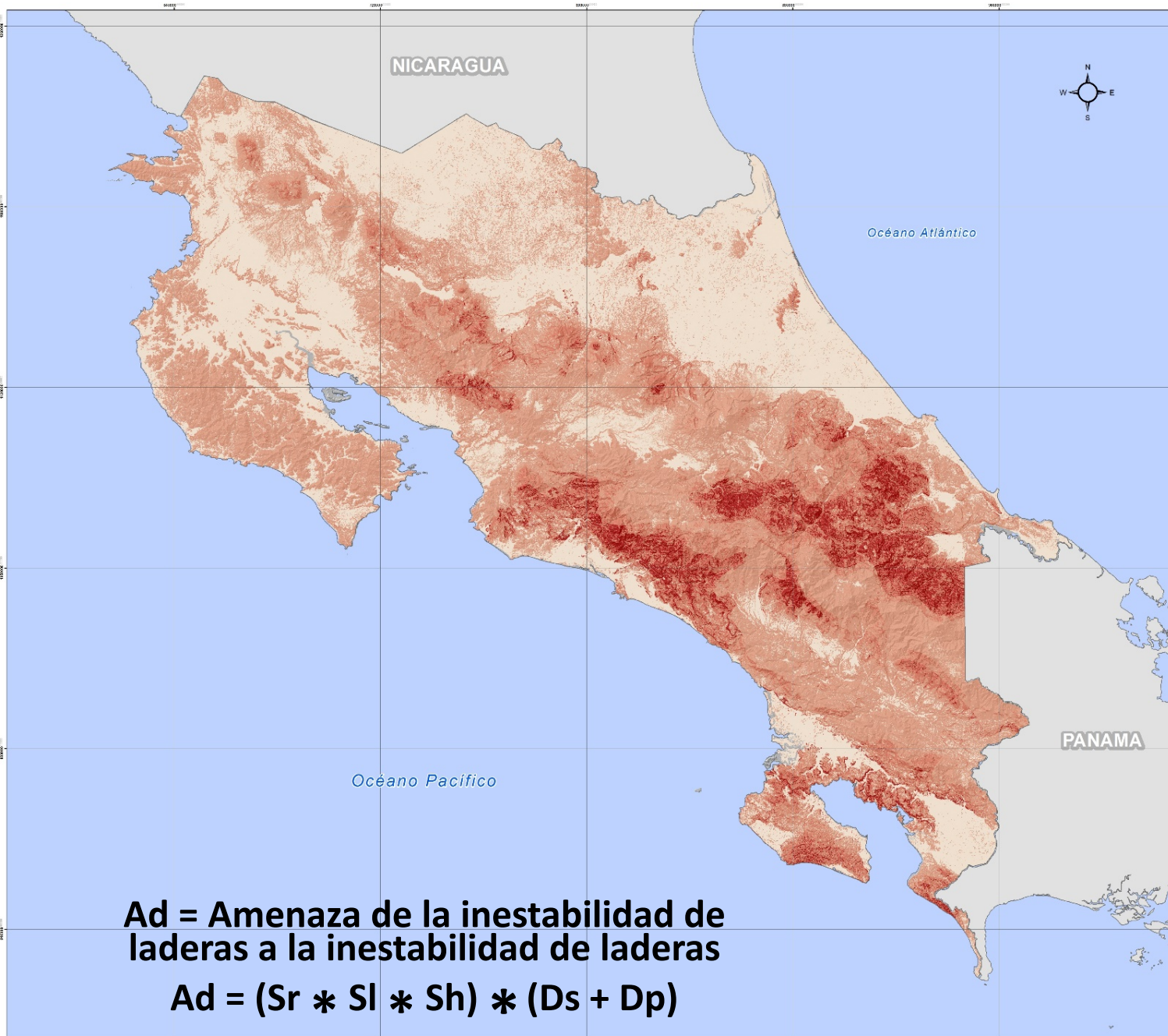
Disparo sísmico, método Mora & Vahson
 País: República de Costa Rica, Centro América

Ds = Disparo sísmico; PGA Tr=500a



Lluvias máximas en 24h; Tr=100a

Dp = Disparo por lluvias



Ad = Amenaza de la inestabilidad de laderas a la inestabilidad de laderas

$$Ad = (Sr * SI * Sh) * (Ds + Dp)$$


Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Inestabilidad potencial de laderas, método Mora & Vahrson
 País: República de Costa Rica, Centro América

Proyección: CRTM05
 Datum WGS84

Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora

Escala 1:508,350



Simbología

Destizamientos

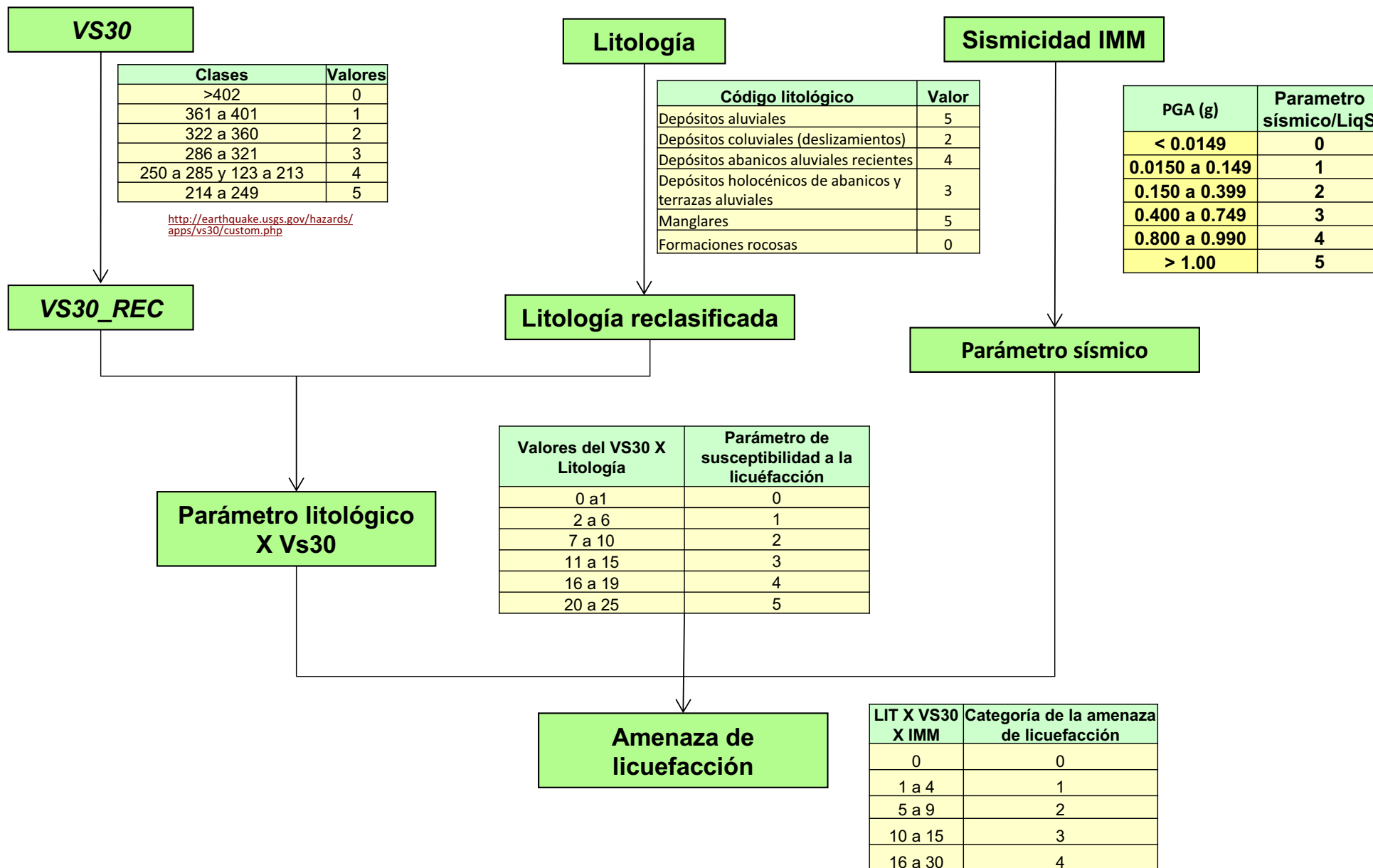
Rangos

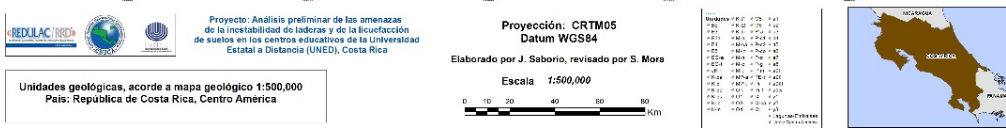
- 0 - 6
- 7 - 32
- 33 - 256
- 257 - 512
- 513 - 1.250
- 1.251 - 1.625
- LIM_CR-CRTM05
- Limite Centro América



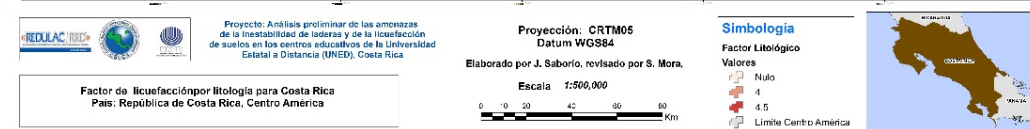
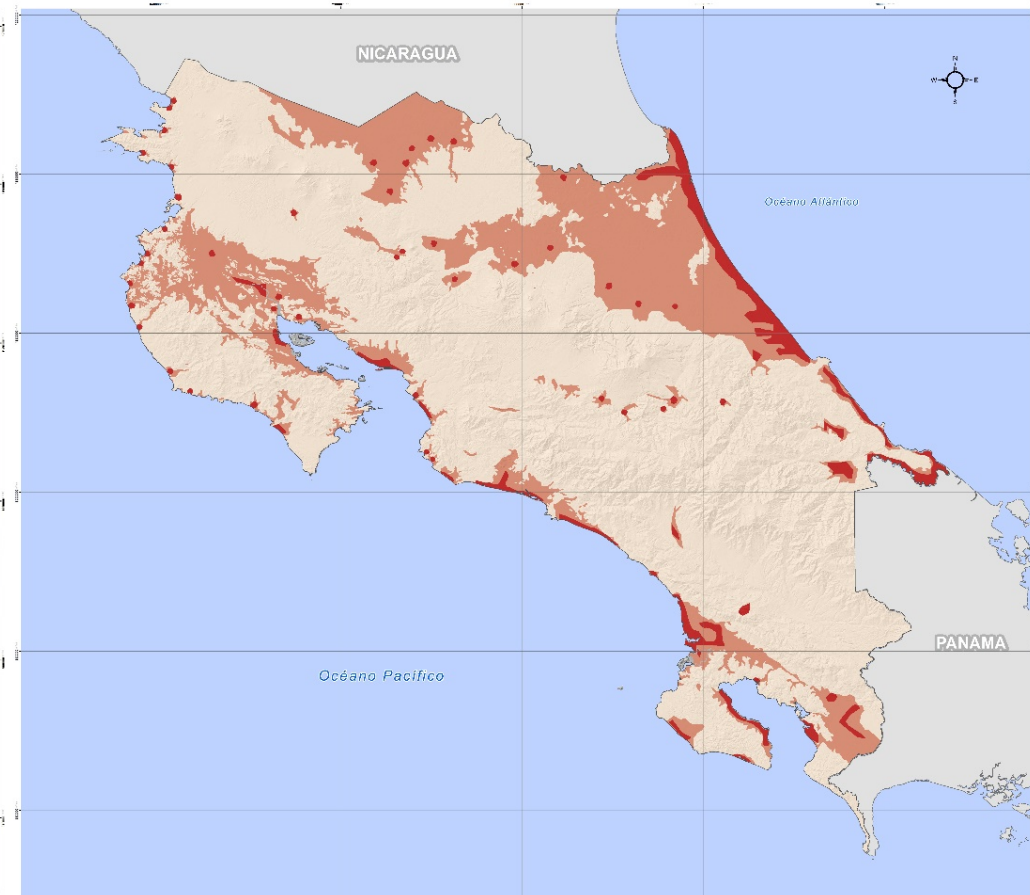
Macrozonificación de la amenaza de la licuefacción sísmica de suelos

Factores: VS30, litología y sismicidad

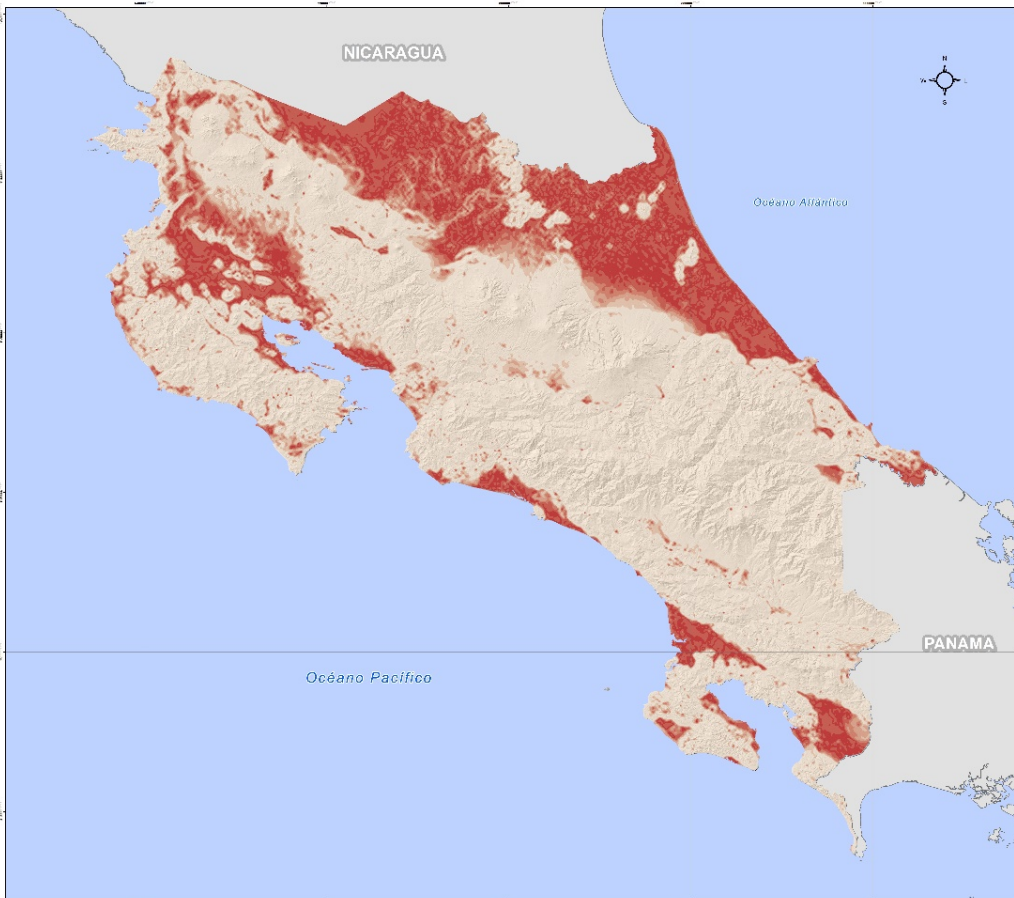





Mapa geológico de Costa Rica (RECOPE, 2007)




SI = Susceptibilidad litológica a la licuefacción



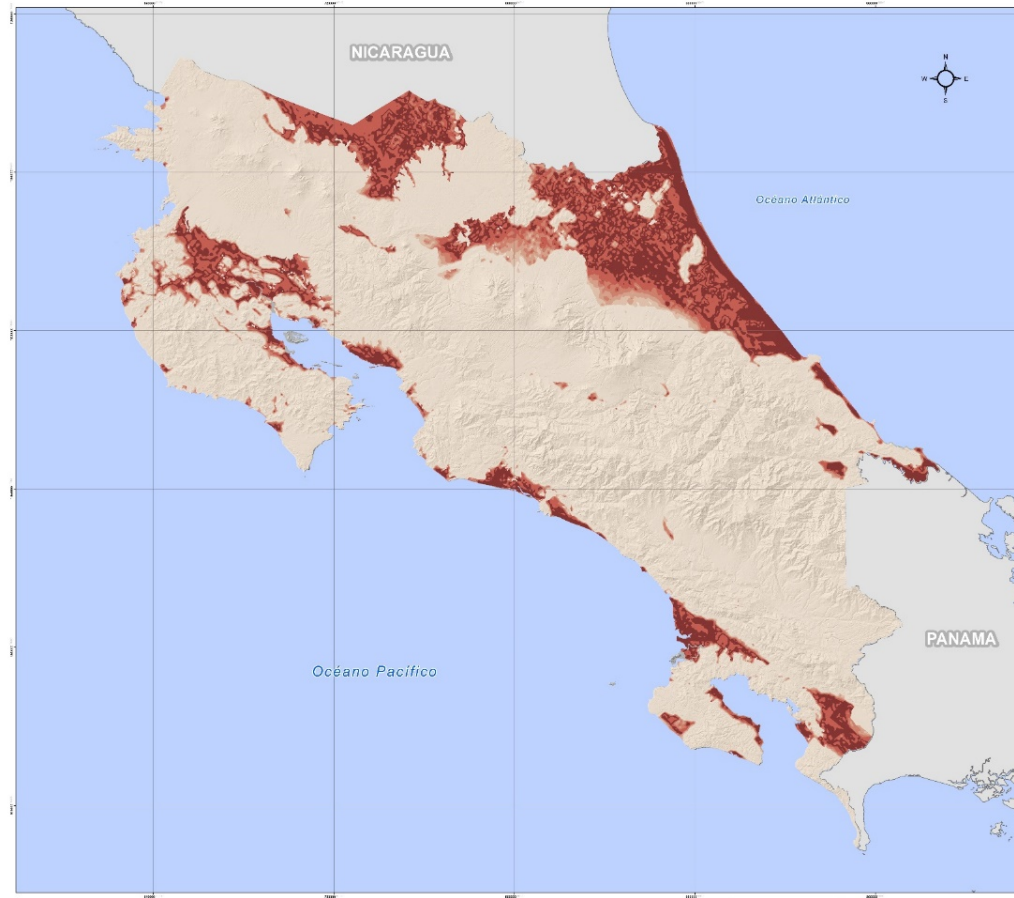

 Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora, Con base al VS30 del USGS
 Proyección: CRTM05
 Datum WGS84
 Escala 1:500,000
 0 10 20 40 60 Km


Simbología
Factor VS30
 Clases
 0 - Nulo
 1 - Muy bajo
 2 - Bajo
 3 - Medio
 4 - Alto
 5 - Muy alto
 Límite Costa Rica
 Límite Centro América

Factor de licuefacción por el Vs30 para Costa Rica
 País: República de Costa Rica, Centro América




Factor Vs30



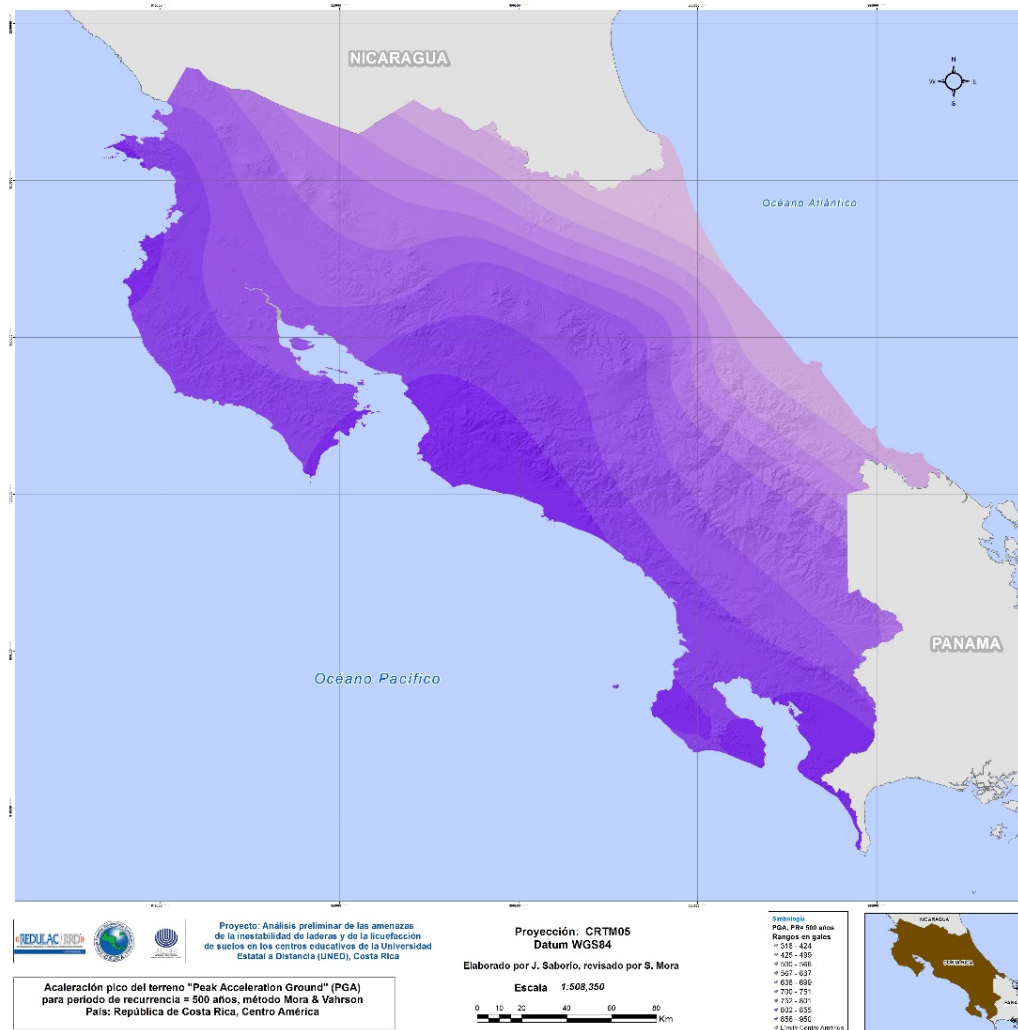

 Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora,
 Proyección: CRTM05
 Datum WGS84
 Escala 1:500,000
 0 10 20 40 60 Km

Simbología
Licuefacción
 Clases
 0 - Nulo
 1 - Muy bajo
 2 - Bajo
 3 - Medio
 4 - Alto
 5 - Muy alto
 Límite Centro América

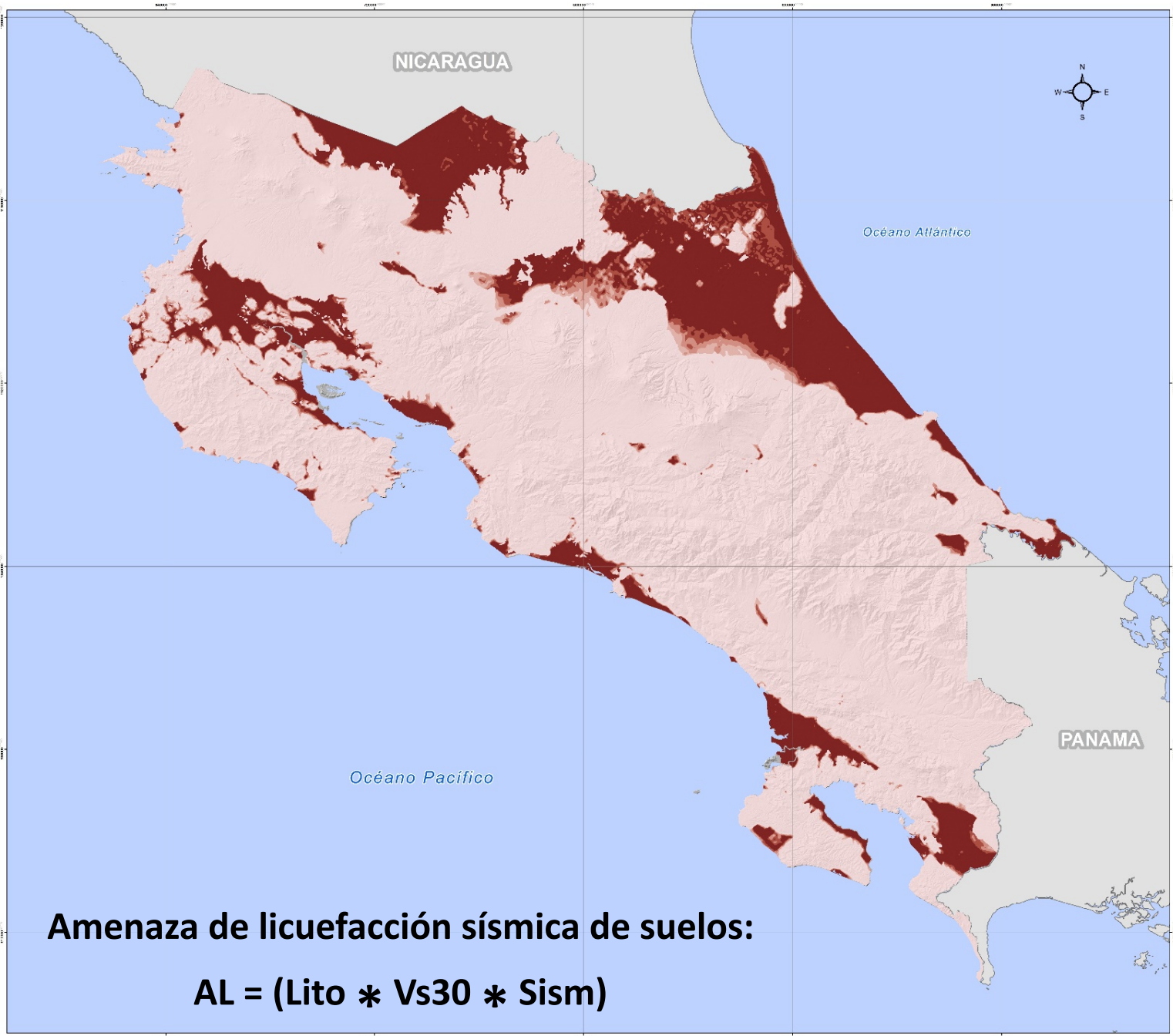
Susceptibilidad a la licuefacción para Costa Rica
 País: República de Costa Rica, Centro América



Factor litológico X Vs30



Amenaza sísmica; PGA Tr=500a



Amenaza de licuefacción sísmica de suelos:
AL = (Lito * Vs30 * Sism)



Proyecto: Análisis preliminar de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción de suelos en los centros educativos de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica

Susceptibilidad a la licuefacción (incluye litología, VS30 y sismicidad)
 País: República de Costa Rica, Centro América

Proyección: CRTM05
 Datum WGS84
 Elaborado por J. Saborio, revisado por S. Mora,
 Escala 1:500 000

Simbología

Value

- 0- Nulo
- 1- Muy bajo
- 2- Bajo
- 3- Medio
- 4- Elevado
- 5- Muy elevado
- ◊ Límite Centro América



Lo que sigue:

- **Evaluar las amenazas mediante los criterios geotécnicos, con detalle, en el terreno y el laboratorio,**
- **Aplicación al ordenamiento territorial, a la gestión del riesgo y a la inversión en la infraestructura.**

MUCHAS GRACIAS