



**12-14 de Noviembre del 2012**  
**Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa**

## **IRREGULARIDAD EN LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES COMO CAUSANTE DE ZONAS CON POTENCIAL DE FALLO GENERAL DEL SUELO EN EL NOROESTE DE MÉXICO**

**O. Llanes-Cárdenas<sup>1</sup>, M. Norzagaray-Campos<sup>2</sup>, N.P. Muñoz-Sevilla<sup>3</sup> y L. Espinosa-Carreón<sup>2</sup>**

1 Universidad Autónoma de Sinaloa, Ciudad Universitaria Ángel Flores y Fuente de Poseidón S/N Los Mochis, Sinaloa.

2 CIIDIR- Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Guasave Sinaloa, C.P 8101.

3 CIEMAD-IPN. Calle 30 de Junio de 1520, Barrio la Laguna Ticomán C.P. 07340. Del. Gustavo A. D.F.

### **RESUMEN**

El Valle de Guasave manifiesta irregularidades en sus precipitaciones pluviales (P) (1.02 a 118.42 mm mes<sup>-1</sup> y 484.38 mm año<sup>-1</sup>) y suelos diversos. Por tal, los objetivos fueron: 1) conocer la variación espacial de la textura del suelo (T), 2) conocer la variación espaciotemporal de (P) y 3) localización de zonas con potencial de fallo general del suelo (FGS) por cambios periódicos de humedad en el suelo. Se Utilizó el método de Bouyoucos para determinar (T) aplicando un escalamiento 1:10 000 previo geoposicionamiento de 198 muestras de suelo. Se calculó (P) promedio mensual y anual en el período 1964-2011 y finalmente se obtuvo la variación espacial de (FGS) ponderando (T y P) según su susceptibilidad para la ocurrencia de (FGS). Existe mayor susceptibilidad de (FGS) en la parte central y serrana con coeficientes de 11 a 17 respectivamente debido a características texturales arcillo-limosas y precipitaciones pluviales altas respectivamente.

**Palabras claves:** Textura, precipitación pluvial, irregularidades, fallo y espacial

### **ABSTRACT**

The Valley of Guasave manifest irregularities in rainfall (P) (1.02 to 118.42 mm month<sup>-1</sup> and 484.38 mm yr<sup>-1</sup>) and different soils. For that the objectives were: 1) to determine the spatial variation of soil texture (T), 2) understanding the spatiotemporal variation of (P) and 3) the identification of potential failure areas with general soil (GSF) by periodic changes of moisture in

the soil. Method was used to determine Bouyoucos (T) by applying a scaling prior geo 1:10 000 of 198 soil samples. Was calculated (P) Monthly and annual average over the period from 1964 to 2011 and finally won the spatial variation (GLS) pondering (T and P) according to their susceptibility to the occurrence of (GSF). There is an increased susceptibility (GSF) in the central and mountain with coefficients from 11 to 17 respectively due to silty clay textural characteristics and high rainfall respectively.

Key Words: Texture, Rainfall, Irregularities, Failure And Spatial

## INTRODUCCIÓN

Los extremos climáticos suponen un interés especial para la sociedad ya que determinan un nivel de riesgo al que se ve sometida. Tanto los recursos hídricos como la gestión del territorio urbano se planifican teniendo en cuenta la potencialidad extrema de la precipitación en cada región<sup>1</sup>. Por ello resulta necesario caracterizar tanto los aspectos temporales como los patrones espaciales de la acumulación de precipitación, así como su probabilidad de acontecer. Si se pretende estudiar el comportamiento de la lluvia en el tiempo, se debe poner especial atención en la intensidad a lo largo del mismo<sup>2</sup>. En el estudio de los asientos del suelo es importante tomar en cuenta diversos indicadores del suelo entre los que destacan: la textura y permeabilidad. Mediante la textura se conoce el tamaño predominante de partículas del suelo analizado y con la permeabilidad, es decir, la facultad con la cual el agua pasa a través de los poros tiene un efecto decisivo sobre el costo y dificultades a encontrar en las operaciones constructivas como las excavaciones a cielo abierto. La localización de zonas con posible fallo general del suelo es importante para desarrollar medidas de prevención y modificación de técnicas clásicas de cimentación<sup>3</sup>.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Localización del área de estudio

El Valle de Guasave tiene una superficie aproximada de 4500 km<sup>2</sup> en la región costera al Noroeste de Sinaloa, México (Figura 1). El acuífero se localiza a 45 Km de la ciudad de Culiacán y su principal afluente es el Río Sinaloa que intercepta al Valle en dirección NO-SE. A este afluente descargan tres arroyos: Ocoroni, Cabrera y San Rafael. (Figura. 1)<sup>4</sup>. En la figura 1 se muestran las 4 estaciones meteorológicas analizadas en este trabajo en el período de 1964-2011. Se recolectaron 198 muestras de suelo en una superficie aproximada de 4500 km<sup>2</sup> con la teoría del muestreo diseñada a través de semivariogramas y la frecuencia de Nyquist cada muestra se tomó con una pala de fierro a 0-30 cm de profundidad durante el proceso de colecta (Figura 1). Cada muestra se geoposicionó con un GPS marca Cartom, Inc., serie 36851401.

## **Textura y permeabilidad del suelo y validación electromagnética**

La textura se obtuvo en laboratorio con el método establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, AS-09,<sup>5</sup> (figura. 2). Se propuso una clasificación de la textura: 1) arcilla, 2) arcilla arenosa, 3) arcilla limosa, 4) migajón arcillo-arenoso, 5) migajón arcilloso, 6) migajón arcillo-limoso, 7) migajón arenoso, 8) franco, 9) migajón limoso, 10) limo y 11) arena (Figura 2)<sup>6</sup>. La permeabilidad se obtuvo mediante el conocimiento de la relación entre la transmisividad y espesor saturado previamente calculados mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) y electromagnética (EM-34).

## **Precipitación pluvial**

Mediante 4 estaciones meteorológicas evaluadas en el período 1964-2011 se analizaron las irregularidades de las precipitaciones pluviales en el Valle de Guasave. Se identificaron zonas con incremento y decremento de precipitaciones que pueden ser propiciantes de afectaciones en las características portantes del suelo.

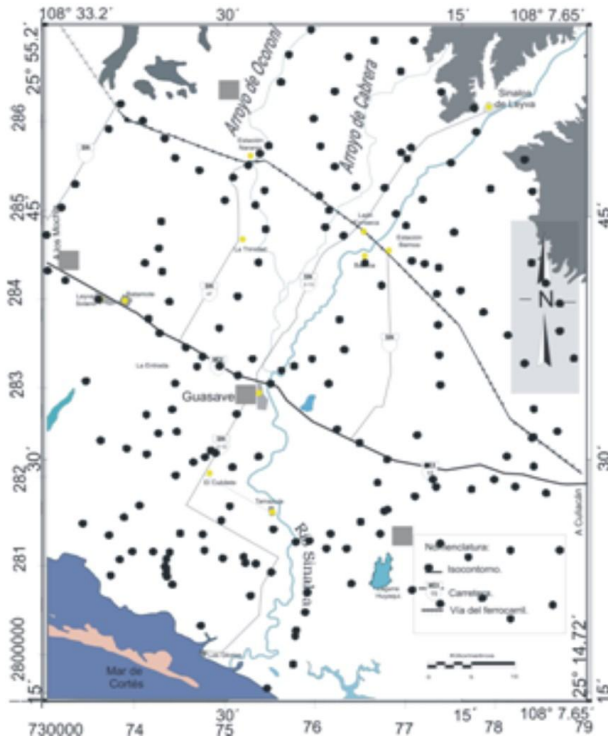
## **Zonas con potencial de fallo general del suelo**

Con la ordenación y análisis de los indicadores antes mencionados se propusieron zonas potenciales de riesgo a la falla general del suelo mediante una discretización del área de estudio de 150 celdas con un mallado regular de 15X10 celdas en las direcciones X e Y respectivamente.

# **RESULTADOS**

## **Localización de área de estudio**

A continuación se muestran las 4 estaciones meteorológicas (Guasave, Ruiz Cortines, Casa Blanca y Ocoroni) de las cuales se tomaron lecturas en el período de 1964-2011.



**Figura 1.- Localización del Valle de Guasave, estaciones meteorológicas y geoposición de muestras de suelo en el Valle de Guasave**

### **Textura del suelo**

La textura de tipo migajón-arenoso se sitúan en la parte costera, y proximidades al Río Sinaloa, y algunas pequeñas zonas del norte del área. La textura de tipo migajón-arcilloso son los de menor ocurrencia, y están situados en la parte oeste, cerca de la comunidad de La Entrada. Los suelos migajón arcillo-limosos se encuentran bordeando la Laguna de Huyaqui, La Sierrita de Sinaloa de Leyva y cercanías de la ciudad de Guasave, así como sus zonas costeras. La textura de tipo Franco, están distribuidos en forma dispersa tanto en la zona serrana (Sinaloa de Leyva y Tetameche), como en la parte central y costera

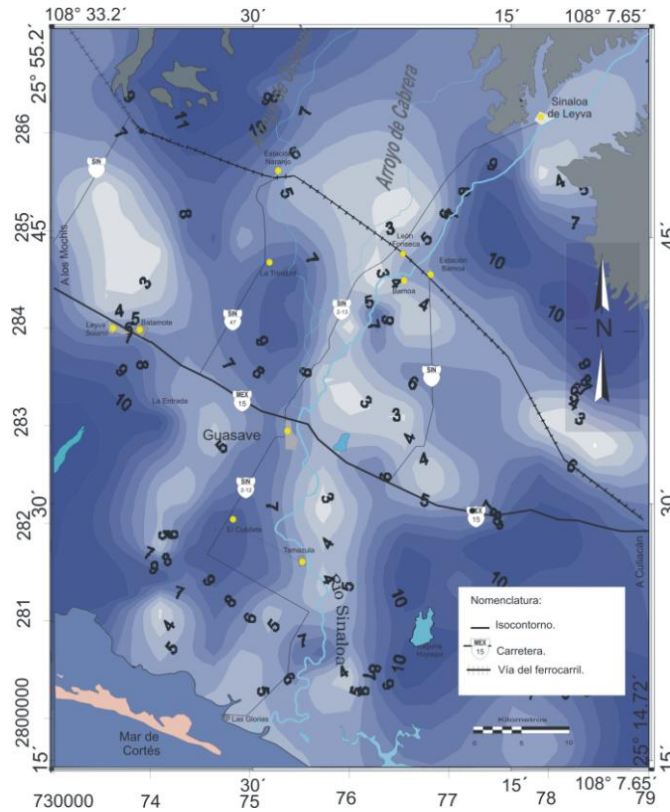


Figura 2.- Clasificación textural de los suelos del Valle de Guasave, Sinaloa.

### Precipitación pluvial

En la figura 3, se observa que los registros con mayor precipitación se registraron en el mes de Agosto con valores cercanos a 120 mm y la estación con mayor precipitación fue la de Guasave con 118.42 mm. Los meses de Septiembre y Julio fueron los expuestos a mayores precipitaciones después del mes de Agosto respectivamente en la estación de Ruiz Cortines en ambos casos con registros de 106.44 mm y 77.59 mm respectivamente. Cabe mencionar que los meses con mínimas precipitaciones fueron: para el caso de Abril y Mayo en la estación de Ruiz Cortines con valores de 1.02 mm y 0.77 mm respectivamente.

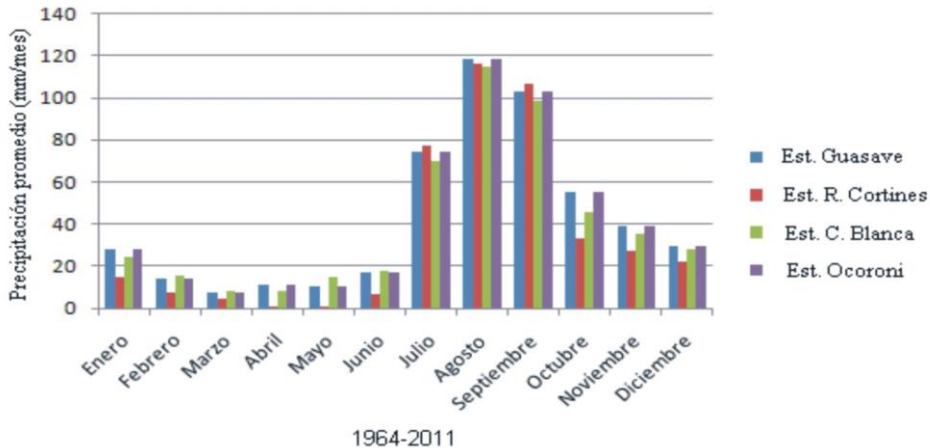
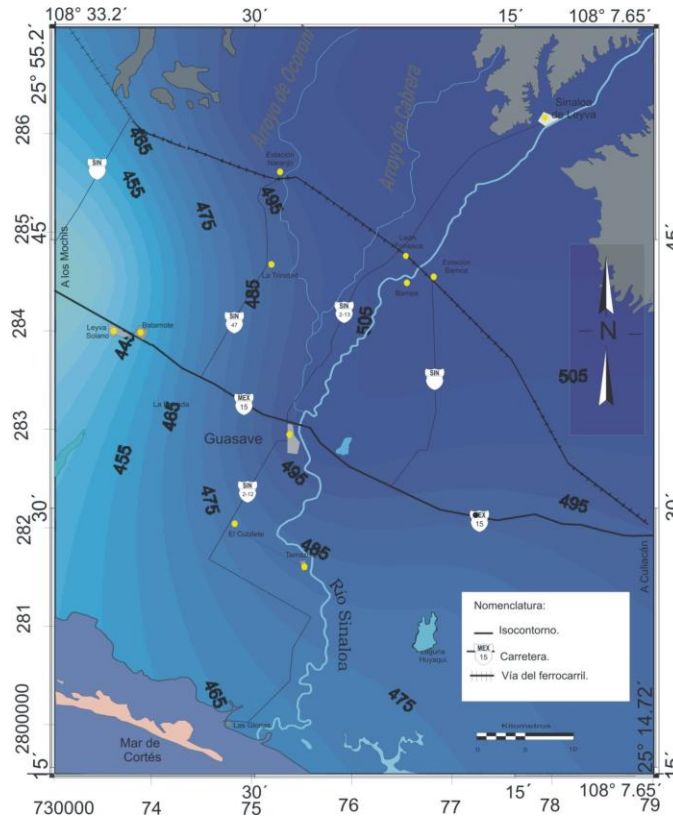


Figura 3.- Precipitación pluvial promedio mensual en el período 1964-2011

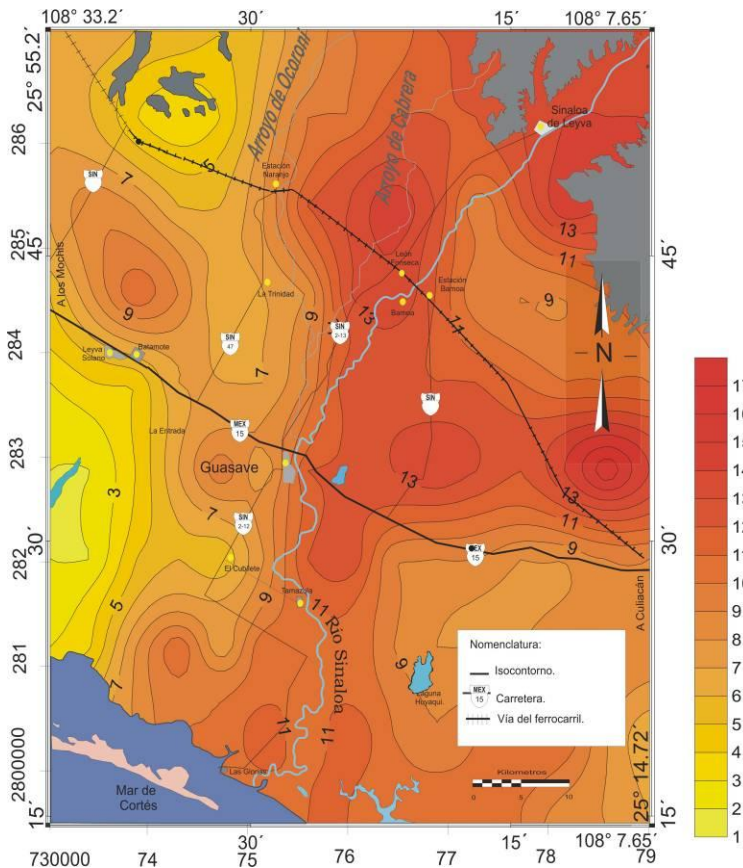
De acuerdo a la distribución espacial de la precipitación pluvial promedio anual que se muestra en la figura 4, que la zona serrana manifiesta los valores máximos de precipitación así como también la parte central y Este con valores de 506.19 mm en poblaciones como las de Sinaloa de Leyva, Estación Bamóa y León Fonseca. Los valores mínimos se registraron en la parte costera así como al Oeste con magnitudes de 417.22 mm, ejemplos lo son las localidades de Leyva Solano, Batamote y La entrada. El promedio de este valor registró 484.38 mm.



**Figura 4.- Precipitación pluvial promedio anual en el período 1964-2011**

### **Potencial con fallo general del suelo**

En la figura 5 se puede observar que parte central del Valle se encuentra vulnerable a presencia de fallas estructurales generales del suelo. Concretamente a riveras del río Sinaloa se manifiestan los incrementos de este parámetro pues ahí es donde se concentran la mayoría de los cuerpos de suelo vulnerables como por ejemplo: arcilla, arcilla arenosa, arcilla limosa, migajón arcillo-arenoso, migajón arcilloso y migajón arcillo-limoso. Aunado a las clases texturales se tienen en la parte central y serrana los máximos de precipitación pluvial capaces de saturar el suelo hasta que sus propiedades mecánicas portantes disminuyan considerablemente.



**Figura 5.- Zonas con potencial de falla general del suelo**

## CONCLUSIONES

La ciudad de Guasave presenta un potencial de falla general del suelo de 11, lo cual está por arriba de la media que es de 8.5, es decir, se debe poner especial atención a los sistemas de cimentación tradicionales tomando en cuenta la variabilidad climática. En la zona central y Serrana del área de estudio se manifiestan los incrementos del parámetro de potencial de falla general del suelo, debido a los máximos de precipitación pluvial promedio anual y presencia de suelos con características de hinchamiento y retracción extremos.

## AGRADECIMIENTOS

Se extiende un agradecimiento a las oficinas de la CONAGUA en la ciudad de Guasave por la facilitación de la información termopluviométrica usada en este trabajo de investigación, así como al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa por la prestación del Laboratorio de suelos para los análisis requeridos.

## REFERENCIAS

- [1] R. Bryan, y S. Schnabel, Estimation of sedimentation rates in the Chemeron Reservoir. *Advances in GeoEcology*, 27 (1994): pp. 231-248.
- [2] A. Gad, H. Younes y M.A. Abdel Hady, Assessment of soil degradation processes in the middle part of Nile valley, Egypt, using GIS and remote sensing techniques. Vol. 7b (1994): pp. 217-218. In: *Transactions 15th World Congress of Soil Science*, Acapulco, México.
- [3] C.M., Norzagaray, B.J. Herrera, G.T. Ladrón, Variación espacial de la conductividad hidráulica para suelos del acuífero costero de Guasave, Sinaloa. *Tlálloc AMH. Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. México D.F.*, vol. 30: (2004), pp. 4-9.
- [4] L.B. Rodriguez, *Ingeniería Geotécnica Forense; análisis de algunos casos* (México: ai, 2011): p. 49.
- [5] G.S. Bouyoucos, Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method. *Soil Sci.* 4: (1936) pp. 225-228.
- [6] O. Llanes, M. Norzagaray, Y. Maya, P. Muñoz, F.A. Beltrán, B. Murillo y E. Troyo, Efectos hidroambientales de la extracción de agua del acuífero del río Sinaloa. *Universidad y Ciencia*, 27(3) (2011): pp. 239-249.