



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

**IDENTIFICACIÓN DE SUELOS INESTABLES Y LOS DIVERSOS
FACTORES QUE INFLUYEN, EN DOS MICROCUENCAS
DE LA COSTA DE OAXACA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERA FORESTAL

PRESENTA

GABRIELA RUIZ SANTIAGO

DIRECTORA

M. en C. GRICELDA VALERA VENEGAS

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA 2017

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Luis y María, por apoyarme en todo momento y por compartir conmigo la felicidad de este logro académico.

A mis dos grandes amigos y compañeros de carrera, Arcadio y Benito, que aunque ya no estén presentes físicamente, siempre los llevaré en el corazón.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios todopoderoso y a la milagrosa Virgen del Rosario, por cada una de sus bendiciones, al no desprotegerme en los momentos más difíciles de mi vida y por permitirme culminar mi carrera profesional.

A mis padres, que a pesar de las adversidades que la vida nos ha puesto, me han dado su apoyo incondicional y han compartido conmigo momentos inolvidables de alegría y felicidad.

A mis hermanos Lore, Wicho y Dani, por mostrarme su amor y pasar juntos varios momentos increíbles.

A mi adorable Dani Junior, por todo su amor que me ha brindado y por apoyarme durante la etapa de realización de mi tesis.

A la Universidad del Mar, porque dentro de sus instalaciones logré mi formación profesional.

A CONACYT-AEM, que, a través del Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales, me otorgaron una beca para la realización de mi tesis dentro del proyecto “Identificación semi o automática de deslaves en zonas urbanas de Puerto Escondido y Salina Cruz, Oaxaca”, núm. 262821.

A mi directora de tesis, M. en C. Gricelda Valera Venegas por brindarme su apoyo y confianza en la realización de esta investigación.

A mis revisores de tesis, Dr. Celerino Robles Pérez, M. en C. Isidro Moctezuma Cantorán, M. en C. Celestino Sandoval García, y Esp. en Geom. Edith Galván Ochoa, quienes con sus conocimientos y asesorías, se logró culminar esta investigación de tesis.

Al Dr. Celerino Robles Pérez, por darme las facilidades para realizar mi trabajo de laboratorio en las instalaciones del CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca.

A protección civil del municipio de Salina Cruz, por su participación durante los recorridos en campo.

A Yordi, por su amistad y apoyo durante la realización de la tesis.

A mi abuelita María, mis tíos, primos, maestros y compañeros de carrera que me alentaron para culminar mis estudios universitarios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESÚMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Inestabilidad del suelo.....	5
4.2. Clasificación de la inestabilidad del suelo	7
4.2.1. Inestabilidad del suelo, de acuerdo a la velocidad del movimiento.....	7
4.2.2. Inestabilidad del suelo, de acuerdo al tipo de movimiento y material implicado.....	9
4.3. Nomenclatura de una ladera modificada por la inestabilidad	15
4.4. Factores que intervienen en la inestabilidad del suelo.....	17
4.4.1. Factores condicionantes	17
4.4.2. Factores desencadenantes.....	23
4.5. Casos de inestabilidad de suelos en México	26
4.6. Implicaciones sociales y económicas de la inestabilidad del suelo.....	29
4.7. Tecnología para la evaluación de suelos inestables	30
4.8. Aplicación de los SIG en la identificación de suelos inestables	31
4.9. Principales mapas para la evaluación de zonas inestables	32
4.10. Métodos de mapeo de áreas inestables	33
4.10.1. Método de análisis heurístico	34
4.10.2. Método de análisis estadístico	37
4.10.3. Método de análisis determinístico.....	37

4.11. Antecedentes del área de estudio.....	39
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
5.1. Localización del área de estudio.....	41
5.1.1. Ubicación geográfica	41
5.2. Descripción del área de estudio.....	43
5.2.1. Clima.....	43
5.2.2. Uso de suelo y vegetación.....	43
5.2.3. Hidrología superficial	46
5.2.4. Hidrología subterránea	46
5.2.5. Geología	47
5.2.6. Edafología.....	48
5.3. Materiales	50
5.4. Metodología	53
5.4.1. Fase 1-Revisión, exploración y descarga de información oficial.....	53
5.4.2. Fase 2-Delimitación del área de estudio y fotointerpretación	54
5.4.3. Fase 3-Muestreo de campo	55
5.4.4. Fase 4-Análisis de suelo y elaboración de mapas de factores condicionantes y desencadenantes.....	56
5.4.5. Fase 5-Asignación de pesos a los factores y algebra de mapas	69
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
6.1. Factores condicionantes y desencadenantes	77
6.2. Distribución de los niveles de inestabilidad.....	80
VI. CONCLUSIONES.....	90
VII. RECOMENDACIONES	91
IX. LITERATURA CITADA.....	92
X. ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de velocidades de los movimientos de ladera (Suárez, 2009; CENAPRED, 2014).....	8
Tabla 2. Corrección de la densidad por temperatura (SEMARNAT, 2002)	58
Tabla 3. Asignación de áreas de influencia a las órdenes de corrientes.....	67
Tabla 4. Datos de precipitación de las estaciones climatológicas del área de estudio (CONAGUA, 2016).....	68
Tabla 5. Pesos asignados de acuerdo al nivel de importancia de los factores	70
Tabla 6. Matriz de factores y los pesos asignados.....	78
Tabla 7. Distribución de las clases de inestabilidad	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de deslizamiento traslacional en suelo y rocas (Ferrer, 1987)	10
Figura 2. Clasificación del deslizamiento rotacional (Ferrer, 1987)	11
Figura 3. Tipos de desprendimiento de suelo y rocas (Ferrer, 1987)	12
Figura 4. Flujos de acuerdo al material implicado (Ayala y Andreu, 2006; Suárez, 2009)	14
Figura 5. Deslizamiento en forma de avalancha (Suárez, 2009)	14
Figura 6. Nomenclatura de una ladera con presencia de inestabilidad (Suárez, 2009)	16
Figura 7. Aplicación del método heurístico en un SIG (Turner y McGuffey 1996, tomado de Suárez 1998)	36
Figura 8. Ubicación geográfica del área de estudio (Ruíz, 2017)	42
Figura 9. Triangulo de texturas del suelo (USDA, 1999)	59
Figura 10. Esquema metodológico (Ruiz, 2017)	76
Figura 11. Zonificación de suelos inestables en dos microcuencas de la Costa de Oaxaca (Ruiz, 2017).	81

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Área con principios de inestabilidad de suelo.....	83
Fotografía 2. Camino afectado por la socavación del agua de lluvia.....	85
Fotografía 3. Casa-habitación afectada por la inestabilidad del talud de la carretera.....	87
Fotografía 4. Casa-habitación ubicada en una pendiente elevada con problemas serios de inestabilidad del suelo.....	89

RESÚMEN

La presente investigación tuvo como objetivo identificar suelos inestables dentro de la microcuenca del Río Nisaburra y la microcuenca Salina Cruz (Región Costa de Oaxaca), mediante la evaluación de una serie de factores condicionantes y factores desencadenantes.

Se evaluaron 10 factores, los cuales son: Pendiente, uso de suelo y vegetación, orientación, geología, precipitación, hidrología superficial, estabilidad de agregados, fracciones de arena, fracciones de arcilla y fracciones de limo. Para determinar la textura del suelo (fracciones de arena, arcilla y limo) y estabilidad de agregados, fue necesario realizar un recorrido en campo, donde se muestrearon 35 sitios con presencia de inestabilidad; posteriormente dichas muestras fueron analizadas en laboratorio y se encontraron suelos con texturas franco arenoso y arena franca.

Con los resultados del análisis de suelo e información en formato raster y vectorial de los factores evaluados, se hizo el procesamiento mediante las herramientas que ofrece el software ArcMap 10.2.1., en donde se generaron 10 mapas temáticos de factores para las microcuencas bajo estudio. Posteriormente, a partir del método heurístico se aplicó un análisis multicriterio y se le asignaron pesos de valor de importancia a cada uno de los mapas de factores, donde la variable con mayor peso asignado fue la pendiente, con un valor de 15 %.

Finalmente se realizó el álgebra de mapas, el cual consistió en la multiplicación de los mapas de factores con sus pesos asignados. El resultado fue un mapa con cuatro clases de inestabilidad (baja, moderada, alta y muy alta), donde, la clase de inestabilidad baja es la que predomina en el área de estudio cubriendo el 55.6 % de la superficie total, la cual se encuentra ubicada en áreas donde las pendientes son menores al 10 %.

Palabras clave: Suelos inestables, Salina Cruz, factores condicionantes, factores desencadenantes, sistemas de información geográfica (SIG), método heurístico, clases de inestabilidad.

ABSTRACT

The objective of the present research was to identify unstable soils within the micro-basin of the Nisaburra River and the Salina Cruz micro-basin (Oaxaca Coast Region), through the evaluation of a series of conditioning factors and triggers factors.

Ten factors were evaluated which are: Slope, soil and vegetation use, orientation, geology, precipitation, surface hydrology, aggregate stability, sand fractions, clay fractions and silt fractions. To determine the soil texture (fractions of sand, clay and silt) and stability of aggregates, it was necessary to perform a field tour to sample 35 sites with presence of instability; subsequently these samples were analyzed in the laboratory, finding soils that present textures sandy loam and open sand.

With the results of soil analysis and information in raster and vector format of the evaluated factors, the processing was done using the tools provided by ArcMap 10.2.1 software, where 10 thematic factor maps were generated for the study micro-basins. Subsequently, from the heuristic method, a multicriteria analysis was applied and weights of importance were assigned to each of the factor maps, where the variable with the highest weight assigned was the slope, with a value of 15%.

Finally, map algebra was performed, which consisted of multiplication of factor maps with their assigned weights. The result was a map with four classes of instability (low, moderate, high and very high), where, the class of low instability is predominant in the study area covering 55.6% of the total area, which is located in areas where the slopes are less than 10%.

Key words: Unstable soils, Salina Cruz, conditioning factors, triggers factors, geographic information systems (GIS), heuristic method, instability classes.