



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS INESTABLES EN LA MICROCUENCA DEL ARROYO REGADÍO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

PABLO LOPEZ HERNANDEZ

DIRECTORA

M. en C. GRICELDA VALERA VENEGAS

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, MÉXICO 2017

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A MI MADRE SALUSTIA

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. TE AMO CON TODO MI CORAZON MADRE MIA.

A MI PADRE PABLO

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. TE AMO CON TODO MI CORAZON PADRE MIO.

A MIS HERMANOS

Miguel Ángel por ser el ejemplo de un hermano mayor y apoyarme cuando más lo necesitaba. **Belem** gracias por tus grandes y bellos consejos que me ayudaron a concluir esta etapa tan valiosa de mi vida además de ser una gran amiga en mi vida, gracias a ti conocí lo que es ser Tío y eso me llena de felicidad. **Carina** gracias por tu apoyo y tus ánimos que me debes y que me sigues dando eres una bella persona y le doy gracias a dios por tener como hermana. **Luz María** la más pequeña de la familia, gracias por ese carácter que demuestras a la vida, por tus habilidades e inteligencia, realmente te admiro. GRACIAS hermanos por los momentos vividos y por tantas cosas que nos queda por compartir, **LO AMO**.

A MIS SOBRINOS

ITHALIVI SARAHI tú me enseñaste a luchar por lo que se quiere, de ti he aprendido muchas cosas a pesar de que ser una niña te admito, le doy gracias a Dios por tenerte en mi vida. Te amo con todo su corazón el tío Yoi.

RAUL JAFETH gracias por todo el amor y cariño que me has brindado, te admiro por ser una persona inteligente y no darse por vencido. Gracias mi niño por ser parte de mi vida.

A MIS ABUELAS

EMIGDIA Y ALEJA no tuve la dicha de convivir con mis abuelos pero le doy gracias a dios por darme las mejores abuelas del mundo a las que admiro y amo con todo mi corazón gracias por sus bellos consejos y amor que me demuestran día a día.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por el gran esfuerzo que realizaron para ayudarme a culminar mis estudios, pero sobre todo por su comprensión por mis grandes ausencias.

A la M. en C. GRICELDA VALERA VENEGAS (Directora de Tesis), por creer en el presente trabajo y dedicarle el tiempo necesario: además, sus consejos y regaños me han hecho crecer como persona y profesionista, solo puedo decirle.... ¡Mil gracias!

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Agencia Espacial Mexicana (AEM) por apoyarme en esta investigación mediante el Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales que financió el proyecto "Identificación semi o automática de deslaves en zonas urbanas de Puerto Escondido y Salina Cruz, Oaxaca". Del cual es parte este trabajo.

Al equipo de trabajo que se formó en esta investigación, gracias por sus observaciones y aportaciones para mejorarlo: M.C. Isidro Moctezuma Cantorán, Esp. en Geo. Edith Galván Ochoa, Dr. Celerino Robles Pérez, M.C. Celestino Sandoval García.

A Gabriela Ruíz Santiago por su apoyo en el muestreo de campo y análisis de laboratorio.

Al Dr. Celerino Robles Pérez por su apoyo en brindar las facilidades para realizar los análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos del CIIDIR Unidad OAXACA.

A mis tíos que me apoyaron con sus consejos: Elías Hernández, Rebeca B, Tete Hernández y Guadalupe López.

A mis compañeros de la generación 2011-2016 y a mis amigos.

Esteban Ulises, María Guadalupe, Antonio, Ángeles, Janet Díaz, Jesús Domínguez (kukin), Jesui Guzmán, Alejandra R, Adelina, Mora, Daniela López, Teresa Gómez, Leticia Ramírez Martínez, Arcadio (†) y Benito Alexis (†).

María Guadalupe Olivera Borja por ser mi gran amiga, Gracias por todo lo que pasamos juntos y por tu gran amistad."

A la Dr Juana Laura Rivera Nava que ha sido como una amiga para mi gracias por su apoyo.

A la M. en C. ALEJANDRA BUENROSTRO SILVA y M. en C. MABEL RODRIGUEZ DE LA TORRE por su apoyo incondicional y su amistad, gracias por sus grandes consejos que me ha brindado.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos generales	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4. 1. Generalidades de la Inestabilidad del terreno	4
4.2. Clasificación de los procesos de inestabilidad	5
4.2.1. Tipos de inestabilidad del terreno	5
4.3. Causas de la inestabilidad del terreno	9
4.4. Factores que influyen en la inestabilidad del terreno	10
a) Agentes condicionales	10
b) Agentes desencadenantes.....	14
4.5. Inestabilidad de terrenos más comunes en México	18
4.6. Estudios realizados en la región costa de Oaxaca.....	21
4.7. Tecnología para la evaluación de inestabilidad de terrenos.....	22
4.8. Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica a movimientos en masa	23
4.9. Principales mapas de zonas inestables	25
4.10. Métodos de mapeo de áreas inestables	27
a) Análisis Heurístico.....	28
b) El análisis basado en el conocimiento.....	28
c) Análisis estadístico.....	28
d) Análisis Determinista.....	29
V. MATERIALES Y MÉTODOS	30
5.1. Área de estudio	30

5.1.1. Localización	30
5.1.2. Clima.....	31
5.1.3. Uso de suelo y Vegetación	31
5.1.4. Hidrología	31
5.1.5. Geología	32
5.1.6. Edafología.....	33
5.2. Materiales y equipo.....	35
5.3. Metodología	36
Fase 1. Revisión, exploración y descarga de información oficial	36
Fase 2. Geoprocesamiento, análisis de la información geográfica y recorrido preliminar en campo.....	37
Fase 3. Muestreo de campo.....	39
Fase 4. Análisis de suelo y elaboración de mapas de factores condicionantes y desencadenantes.....	39
Fase 5. Asignación de pesos a los factores y algebra de mapas.....	48
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1. Evaluación Multicriterio.....	51
6.2. Factores que influyen en la inestabilidad de suelo	54
6.3. Identificación y superficie de zonas inestables	56
6.4. Clasificación y descripción de las zonas inestables	59
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES	62
IX. LITERATURA CITADA.....	63
X. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades geológicas INEGI, 2006.....	33
Tabla 2. Unidades Edafológicas, INEGI 2004	34
Tabla 3. Tabla de corrección de la densidad de temperatura NOM-021- SEMARNAT-2000.	41
Tabla 4. Orden de Corriente y buffer asignado por su orden en la cuena	46
Tabla 5. Precipitaciones de las estaciones climatológicas ubicadas en el área de estudio IMTA, 2009.	47
Tabla 6. Precipitación Media de la zona de estudio.	48
Tabla 7. Asignación de pesos a las variables, Saaty 1980.....	49
Tabla 8. Asignación de peso y resultado para la evaluación de inestabilidad de suelos.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos por caída o desprendimiento (Coraminas, 2007).	6
Figura 2. Mecanismos de vuelco. (Coraminas, 1997)	6
Figura 3. Tipos de deslizamientos. (Coraminas, 1997)	7
Figura 4. Movimientos de flujos. (Coraminas, 1997)	7
Figura 5. Expansión lateral. Arriba: por fluencia y extrusión del material subyacente. Abajo: por licuefacción. (Coraminas, 1997).....	8
Figura 6. Deformación sin ruptura, movimiento de cabeceo. (Coraminas 1997).....	8
Figura 7. Deformación gravitacional. (Coraminas, 1997)	8
Figura 8. Deformación sin ruptura, confinada. (Coraminas, 1997)	8
Figura 9. Caída de la capa superficial en el municipio de Macuspana, Tabasco.....	18
Figura 10. Vista de la colorada antes y después del movimiento.....	19
Figura 11. Flujo de terreno en la Colonia Aurora, Teziutlán, Puebla.....	20
Figura 12. Movimiento de suelo, La pintada Guerrero	20
Figura 13. Daños cuasado por el huracan Pauline en la ciudad de Acapulco	21
Figura 14. Ubicación del área de estudio. Fuente: INEGI, 2015.....	30
Figura 15. Departamento de Agricultura de los Estados unidos de Norteamérica, USDA , 1999	42
Figura 16. Distribución de las zonas inestables	57

RESUMEN

La inestabilidad de terreno en la Microcuenca del Arroyo Regadío en la región costa de Oaxaca, se encuentran ubicadas en áreas con pendientes elevadas caracterizada por acciones internas o externas de la zona. Estos eventos son conocidos por la cantidad de destrucción que causan en zonas urbanas, provocando pérdidas económicas, y en los peores casos, pérdidas humanas.

En esta investigación se detalla el procedimiento de la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG) y de la técnica la de Evaluación Multicriterio las cuales constituyen una herramienta muy útil en los procesos de identificación de las zonas con inestabilidad del terreno. Los factores utilizados fueron: Pendiente, Orientación, Uso de suelo y Vegetación, Hidrología Subterránea y Superficial, Estabilidad de agregados, Textura de suelo (Arena, Limo y Arcilla), Geología y Precipitación. Por medio del método heurístico se identificaron las zonas inestables con ayuda de ArcMap 10.2.1. Lo resultados indican que 417.65 has de la superficie total es zona de alta inestabilidad, 679.31 has es zona de media inestabilidad, 1107.73 has de moderada inestabilidad y 1660.32 has de baja inestabilidad.

La zona de alta inestabilidad se localiza en la menor superficie de la microcuenca, específicamente en las partes altas donde la pendiente va de los 64 a 100 % y en las zonas de cauces de arroyos donde no existe vegetación.

La zona de baja inestabilidad se localiza en toda el área, con mayor superficie. Los factores que incidieron en los resultados obtenidos fueron la pendiente y el tipo de suelo con alto contenido de arena, áreas que se han establecido algunas obras de conservación, y zonas con vegetación donde la estructura del suelo se encuentra agregada por acción de raíces u otros elementos.

Palabras claves: Inestabilidad, Puerto Escondido, Método heurístico, Factores condicionantes, Factores desencadenantes, SIG, Análisis Multicriterio.

ABSTRACT

In the micro-basin of Arroyo Regadio in the coastal region of Oaxaca, instability of the terrain exists in areas of elevated sloping that are characterized by internal or external occurrences in the zone. These occurrences are known for the quantity of destruction they cause in urban areas, provoking economical loss, and the worst cases, loss of lives. In this investigation, I detail the procedure of the utilization of the geographic information systems (GIS) and the multicriteria evaluation techniques to identify the unstable zones.

These tools are very useful for identifying the zones in Arroyo Regadio that contain terrain instability. The factors used are slopes, orientation, the use of ground and vegetation, superficial and subterranean hydrology, ground stability, ground texture (sand, silt and clay), geology and precipitation. Using the heuristic method, the unstable zones were identified with the help of ArcMap 10.2.1. The results indicated that 417.65 hectares of the total surface area of Arroyo Regadio make up a zone of high instability; 679.32 hectares are at a medium level of instability; 1107.73 hectares are of moderate instability; and 1660.32 hectares are of low instability.

The zone with high instability is located in the lower surface of the micro-basin, specifically in its higher parts where the sloping ranges from 64 to 100% in the areas with channels where there is no vegetation.

The zone of low instability is located throughout the region and constitutes the largest surface area. The factors that influenced the results obtained were the sloping; conservation and methods; and zones of vegetation where the ground structure is stable due to the action of roots and other elements.

Key words: instability, Puerto Escondido, Heuristic method, Factoral conditions, triggered factors, GIS, multi criteria analysis.