



UNIVERSIDAD NACIONAL (UNA)
OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE COSTA RICA
(OVSICORI)

Riesgo Sísmico en Cartago: Análisis Histórico Espacial de Cartago

Tesis de grado para optar por el título de licenciado en Geografía

Carlos Montero Cascante

Víctor González

Heredia, Costa Rica

2004

TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR
EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

TRIBUNAL

Dr. Federico Guendel U.
Tutor

Lic. Jorge Barquero H.
Lector

Lic. Ora Peterson C.
Lector

Lic. Patricia Saborio C.
Directora Escuela de
Ciencias Geográficas

M. Sc. Fernando Rivera R.
Decano
Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Calificación _____

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE MAPAS	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE GRAFICOS	ix
INDICE APENDICE V	x
INDICE APENDICE VI	xii
AGRADECIMIENTO	xvi
DEDICATORIA	xvii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
OBJETO DE ESTUDIO.	3
DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO.	7
OBJETIVOS.	15
CAPITULO II	
SISMICIDAD HISTORICA.	17
CONCLUSIONES.	45
CAPITULO III	
SISMICIDAD RECIENTE EN EL AREA DE ESTUDIO.	
METODOLOGIA E INFORMACION UTILIZADA.	51
ANALISIS DE LA INFORMACION.	65
ALGUNOS PARAMETROS DEL TERREMOTO DE 1910.	87

CONCLUSIONES.	90
CAPITULO IV	
MODELO DE PREDICCION DE INTENSIDADES SISMICAS.	91
ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	109
CAPITULO V	
ESCENARIO DE DAÑOS.	
ESTIMACION DE DAÑOS A PARTIR DE LA SIMULACION DE INTENSIDADES.	117
CONDICIONES DE LA VIVIENDA EN CARTAGO.	125
MATRIZ DE PROBABILIDADES DE PERDIDAS.	132
CRECIMIENTO DE LA POBLACION.	136
CONCLUSIONES.	143
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFIA	150
APENDICE I	
CODIGO DE CONSTRUCCION 1841.	
CODIGO DE CONSTRUCCION 1910.	
APENDICE II	
MAPA DE COBERTURA DE LA RED DEL OYSICORI-UNA.	
COORDENADAS DE LAS ESTACIONES.	
EXPLICACION DE PARAMETROS USADOS EN LOS LISTADOS DE LOCALIZACIONES.	
APENDICE III	
MAPA DE GEOLOGIA, SISMICIDAD Y MECANISMOS FOCALES EN EL AREA DE ESTUDIO.	
APENDICE IV	
ESCALA DE INTENSIDADES MERCALLI MODIFICADA.	
APENDICE V	
MAPAS DE SIMULACION DE INTENSIDADES.	

APENDICE VI

**MAPAS DE ESTIMACION DE PERDIDAS EN YIYIENDAS DE
CONCRETO NO REFORZADO.**

**MAPAS DE ESTIMACION DE PERDIDAS EN COMERCIOS DE
CONCRETO NO REFORZADO.**

INDICE DE MAPAS

MAPA 1-1.	UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.	6
MAPA 2-1.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE CARTAGO DEL 2 DE SETIEMBRE DE 1841.	46
MAPA 2-2.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE CORRALILLOS DEL 13 DE ABRIL DE 1910.	46
MAPA 2-3.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE CARTAGO DEL 4 DE MAYO DE 1910.	47
MAPA 2-4.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE TRES RIOS DEL 21 DE FEBRERO DE 1912.	47
MAPA 2-5.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE PATILLOS DEL 30 DE DICIEMBRE DE 1912.	48
MAPA 2-6.	MAPA DE ISOSISTAS PARA EL TERREMOTO DE PARAISO DEL 21 DE AGOSTO DE 1951	48
MAPA 2-7.	MAPA DE INTENSIDAD VII (MM) PARA LOS TERREMOTOS HISTORICOS CAUSANTES DE DAÑOS Y SISMICIDAD SUPERFICIAL RECIENTE EN EL AREA DE ESTUDIO (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988).	49
MAPA 3-1.	SISMICIDAD EN EL AREA DE ESTUDIO (1980-1988)	57
MAPA 3-2.	CONCENTRACIONES DE SISMICIDAD ESTUDIADAS (1982-1988)	64
MAPA 3-3.	GRUPO 02-TIERRA BLANCA (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988)	67
MAPA 3-4.	GRUPO 03-NAVARRO (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988)	71
MAPA 3-5.	GRUPO 04-NAVARRO CENTRO (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988)	75
MAPA 3-6.	GRUPO 05-NAVARRO SURESTE (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988)	78
MAPA 3-7.	GRUPO 06-SAN GABRIEL (ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988)	81
MAPA 4-1.	UBICACION DE LAS CIUDADES MAS IMPORTANTES EN EL AREA DE ESTUDIO.	95
MAPA 4-2.	GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.	99
MAPA 4-3.	ISOSISTAS DEL TERREMOTO DE CARTAGO DEL 4 DE MAYO DE 1910.	101

MAPA 4-4.	ISOSISTAS DEL TERREMOTO DE CARTAGO DEL 4 DE MAYO DE 1910.	102
MAPA 4-5.	ALINEAMIENTOS Y SEGMENTOS DE FALLA UTILIZADOS EN EL MODELAJE.	104
MAPA 4-6.	UBICACION Y NIVEL FREATICO DEL AGUA PARA ALGUNOS POZOS DEL SENARA EN EL AREA DE ESTUDIO.	108
MAPA 4-7.	PROMEDIO DE LAS INTENSIDADES UTILIZANDO TODOS LOS MAPAS DEL APENDICE V, CONSIDERANDO SATURACION DEL ALUVION.	113
MAPA 4-8.	MAPA COMPUESTO (SEGMENTO OROSI 3) UTILIZANDO SATURACION DEL ALUVION PARA LA ZONA DE CARTAGO Y NO SATURACION PARA SAN JOSE.	115
MAPA 5-1.	SIMULACION DE PERDIDAS EN VIVIENDAS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.	118
MAPA 5-2.	SIMULACION DE PERDIDAS EN VIVIENDAS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.	119
MAPA 5-3.	SIMULACION DE PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.	121
MAPA 5-4.	SIMULACION DE PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.	122
MAPA 5-5.	MAPA COMPUESTO DE PERDIDAS EN VIVIENDAS DE CONCRETO NO REFORZADO (SEGMENTO OROSI 3) USANDO SATURACION DE ALUVION PARA EL AREA DE CARTAGO Y NO SATURACION PARA SAN JOSE.	123
MAPA 5-6.	MAPA COMPUESTO DE PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO (SEGMENTO OROSI 3) USANDO SATURACION DE ALUVION PARA EL AREA DE CARTAGO Y NO SATURACION PARA SAN JOSE.	124

INDICE DE CUADROS

CUADRO 2-1.	DAÑOS OCASIONADOS POR EL TERREMOTO DEL 2 DE SETIEMBRE DE 1841.	21
CUADRO 2-2.	RESUMEN DE ASPECTOS IMPORTANTES TERREMOTO DEL 13 DE ABRIL DE 1910.	24
CUADRO 2-3.	RESUMEN DE ASPECTOS IMPORTANTES TERREMOTO 4 DE MAYO DE 1910.	32
CUADRO 2-4.	RESUMEN DE ASPECTOS IMPORTANTES SISMO 21 DE FEBRERO DE 1912.	38
CUADRO 2-5.	RESUMEN DE ASPECTOS IMPORTANTES SISMO 21 DE AGOSTO DE 1951.	42
CUADRO 3-1.	MODELO DE CORTEZA CONVENCIONAL.	52
CUADRO 3-2.	MODELO DE CORTEZA SUPERFICIAL.	54
CUADRO 3-3.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS POR AGUILAR PARA EL ENJAMBRE SISMICO DE LA CABECERA DEL RIO NAVARRO EN 1980.	55
CUADRO 3-4.	MODELO DE CORTEZA DEL NEVADO DEL RUIZ.	58
CUADRO 3-5.	SOLUCIONES HIPOCENTRALES OBTENIDAS PARA LOS ENJAMBRES DE 1982, ENTRE EL VOLCAN IRAZU Y EL TURRIALBA.	59
CUADRO 3-6.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS POR LA RED PERMANENTE DEL OYSICORI-UNA UTILIZANDO EL MODELO DE CORTEZA SUPERFICIAL. ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	61
CUADRO 3-7.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS TIERRA BLANCA ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	66
CUADRO 3-8.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS NAVARRO ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	70
CUADRO 3-9.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS NAVARRO CENTRO ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	74
CUADRO 3-10.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS NAVARRO SURESTE ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	77

CUADRO 3-11.	LISTADO DE EVENTOS LOCALIZADOS SAN GABRIEL ABRIL 1984-NOVIEMBRE 1988.	80
CUADRO 3-12.	ORIENTACION DE LOS PLANOS DE FALLA Y LOS EJES DE PRESION Y TENSION PARA LOS MECANISMOS FOCALES COMPUESTOS.	84
CUADRO 3-13.	SISMOS SENTIDOS EN EL AREA DE ESTUDIO.	86
CUADRO 4-1.	CORRELACION DE LAS UNIDADES GEOLOGICAS DEL MAPA DE CALIFORNIA ESCALA 1:250000 CON LAS UNIDADES DE CONDICION DEL SUELO.	96
CUADRO 4-2.	INTENSIDADES RELATIVAS ESPERADAS PARA LAS UNIDADES DE CONDICION DEL SUELO.	97
CUADRO 4-3.	CORRELACION DE LAS CONDICIONES GEOLOGICAS DEL SUELO PARA COSTA RICA, BASADOS EN EL MAPA GEOLOGICO DE CALIFORNIA 1:250000 CON EL MAPA GEOLOGICO DE COSTA RICA 1:200000.	98
CUADRO 4-4.	SEGMENTOS DE FALLA UTILIZADOS EN EL MODELADO, LONGITUD DE RUPTURA Y MAGNITUD ASIGNADA.	105
CUADRO 4-5.	VALORES UTILIZADOS PARA LAS SIMULACIONES.	110
CUADRO 4-6.	VALORES DE ATENUACION Y SEUDO-PROFUNDIDAD UTILIZADOS EN LOS MAPAS DE MODELADO DEFINITIVOS.	111
CUADRO 5-1.	ESTADO DE LA VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO SEGUN CENSO DE VIVIENDA 1984.	126
CUADRO 5-2.	MATRIZ DE PROBABILIDADES DE DAÑOS EN VIVIENDAS SIN REFUERZOS ESPECIALES A SISMOS (TIPO A).	133
CUADRO 5-3.	ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE VII, EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA.	135
CUADRO 5-4.	ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE VIII, EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA.	137
CUADRO 5-5.	ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE IX, EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA.	138
CUADRO 5-6.	POBLACION DE COSTA RICA Y DE LA GAM 1844-1988.	140

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1.	MECANISMO FOCAL COMPUESTO, HEMISFERIO INFERIOR, GRUPO 02, TIERRA BLANCA.	68
FIGURA 3-2.	MECANISMO FOCAL COMPUESTO, HEMISFERIO INFERIOR, GRUPO 03, NAVARRO.	72
FIGURA 3-3.	MECANISMO FOCAL COMPUESTO, HEMISFERIO INFERIOR, GRUPO 04, NAVARRO CENTRO.	76
FIGURA 3-4.	MECANISMO FOCAL COMPUESTO, HEMISFERIO INFERIOR, GRUPO 05, NAVARRO SURESTE.	79
FIGURA 3-5.	MECANISMO FOCAL COMPUESTO, HEMISFERIO INFERIOR, GRUPO 06, SAN GABRIEL.	83
FIGURA 3-6.	INTENSIDADES MAXIMAS DE LOS EVENTOS CAUSANTES DE DAÑOS EN CARTAGO.	88
FIGURA 3-7.	PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE UN TERREMOTO EN EL VALLE CENTRAL.	89
FIGURA 4-1.	DIAGRAMA DE FLUJO CON LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO DE PREDICION DE INTENSIDADES.	92
FIGURA 6-1.	PROPUESTA PARA ESTUDIO INTEGRAL DEL RIESGO SISMICO	146
FIGURA 6-2.	PROPUESTA PARA ESTUDIO INTEGRAL DE RIESGOS NATURALES	149

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 5-1. ESTADO DE LA VIVIENDA EN LOS CANTONES DE CARTAGO QUE PERTENECEN A LA GAM	127
GRAFICO 5-2. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON CENTRAL DE CARTAGO (1984)	129
GRAFICO 5-3. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON DE PARAISO (1984)	129
GRAFICO 5-4. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON DE LA UNION (1984)	130
GRAFICO 5-5. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON DE ALVARADO (1984)	130
GRAFICO 5-6. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON DE OREAMUNO (1984)	131
GRAFICO 5-7. ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON DEL GUARCO (1984)	131
GRAFICO 5-8. PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD VII	134
GRAFICO 5-9. PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD VIII	134
GRAFICO 5-10. PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD IX	134
GRAFICO 5-11. POBLACION DE COSTA RICA VRS. POBLACION DE LA GAM (1844-1988)	141
GRAFICO 5-12. POBLACION DE CARTAGO EN LOS CANTONES QUE PERTENECEN A LA GAM (1844-1988)	142

INDICE APENDICE V

- MAPA V-1. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-2. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO
- MAPA V-3. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-4. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-5. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-6. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-7. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-8. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-9. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-10. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-11. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-12. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-13. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2.- CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA V-14. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA V-15. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.

- MAPA Y-16. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA Y-17. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA Y-18. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA Y-19. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA Y-20. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA Y-21. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA Y-22. SIMULACION DE INTENSIDADES PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.

INDICE APENDICE VI

- MAPA VI-1 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA VI-2 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA VI-3 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA VI-4 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA VI-5 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA VI-6 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA VI-7 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA VI-8 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA VI-9 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.
- MAPA VI-10 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.
- MAPA VI-11 :** SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAYARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.

- MAPA VI-12: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-13: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-14: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-15: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-16: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-17: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-18: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-19: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-20: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-21: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-22: SIMULACION PERDIDAS EN VIVIENDA DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-23: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**

- MAPA VI-24: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-25: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-26: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-27: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-28: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 3. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-29: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-30: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 4. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-31: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-32: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA OROSI 5. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-33: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-34: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-35: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**

- MAPA VI-36: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA NAVARRO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-37: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-38: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-39: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-40: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA CARTAGO 2. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-41: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-42: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA TOBOSI 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**
- MAPA VI-43: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION SATURADO.**
- MAPA VI-44: SIMULACION PERDIDAS EN COMERCIOS DE CONCRETO NO REFORZADO PARA EL SEGMENTO DE FALLA UJARRAS 1. CONSIDERANDO ALUVION NO SATURADO.**

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento sincero a todos los compañeros del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional (OVSICORI-UNA) y a los profesores de la Escuela de Ciencias Geográficas quienes directa o indirectamente colaboraron con el desarrollo y conclusión de esta investigación, particularmente, al tutor y los lectores.

A JEANNETTE Y A XINIA, COMPAÑERAS.

*A MANUEL, YESSICA, AMANDA Y ESTEBAN
NUESTROS HIJOS.*

A NUESTROS PADRES.

-Pos aquí me tiene señor. Naitica me importa que mi casa se haiga caído, y que en nainas dejara mi alma debajo d'esos terrones y tejas. En que se haiga salvao m'hijo y yo y tuiticos los del pueblo...Ya ispiaremos como prontico se levantan las casas caidas. Todos los de la villa ayudaremos unos a otros y de otras partes vendrá también ayuda. Por éstas que asi será.

Solo me duelen dos cosas: que haiga despedazao mi Santo y se me haiga despedazao mi Mono. Ay,! Dios, tanto q' me costó escondelo pa la política pa que nada me le pasara y al final... Espilo en donde lo lengo..." (Lidia Solano, Paraíso de Cartago, 1951).

(Tomado de: La Prensa Libre del 22 de agosto de 1951).

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación para optar por el grado de Licenciados en Geografía, **"Riesgo Sísmico en Cartago: Un Análisis Histórico Espacial"**, se enmarca dentro de un estudio del riesgo sísmico que incorpora al análisis aspectos de la amenaza sísmica, así como, aspectos de determinación de la vulnerabilidad. Dichos estudios son de gran importancia con miras, en última instancia, a la mitigación de los daños causados por los terremotos y a ser utilizados en la planificación.

El primer capítulo precisa el objeto de estudio, la definición conceptual del riesgo y con ella el camino metodológico trazado. Además, se plantean en éste capítulo el objetivo general y los objetivos específicos que guían la investigación.

En el capítulo segundo se recopila toda la información posible, sobre los sismos históricos que han causado daños en el área de estudio.

El capítulo tercero consiste en un análisis de la sismicidad reciente con énfasis en la información generada por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional. Se intenta, en el desarrollo de éste capítulo, correlacionar la información histórica con las fuentes sísmicas activas en el presente.

En el cuarto capítulo se simulan intensidades teóricas a partir del modelo de predicción de intensidades, propuesto por Evernden, J. (1985), aplicado al área de estudio.

El quinto capítulo trata de aproximar un posible escenario de daños en el

futuro utilizando dos métodos, el primero a partir del modelo desarrollado en el capítulo cuarto, donde se hacen estimaciones de pérdidas en vivienda y comercio para estructuras de concreto no reforzado. El segundo método, es un análisis de probabilidades de daños de acuerdo a matrices elaboradas por Grases, 1986

Por último las conclusiones generales que a los autores parecen más importantes.

Esperamos que el contenido de éste trabajo logre plasmar el interés de los autores, en la búsqueda de una geografía unitaria como opción a la visión parcelaria de la geografía.

CAPITULO I

OBJETO DE ESTUDIO

La ciudad de Cartago, Costa Rica, ha sido, en la historia del país, la ciudad que más daños ha sufrido como consecuencia de terremotos. Entre ellos podemos citar los terremotos de 1841 y 1910. Estos sismos, aunque de magnitudes moderadas (entre 5.0 y 6.5), por su superficialidad focal entre 0 y 15 kilómetros de profundidad y su cercanía a dicha ciudad (Montero, W. y Miyamura, S. 1981), han tenido efectos sumamente perjudiciales dada la pérdida de vidas humanas y las consecuencias económicas. Ejemplos recientes de esta clase de sismos destructivos, en el área centroamericana, lo constituyen el terremoto de Managua (Nicaragua) de 1972, Tilarán (Costa Rica) de 1973, San Isidro de Pérez Zeledón (Costa Rica) de 1983 y el terremoto de San Salvador (El Salvador) del 10 de octubre de 1986. Este último, con una magnitud de 5.4 grados en la escala Richter y una profundidad de 8 km, provocó serios daños en San Salvador (Harlow, D. et al. 1986). Estimaciones de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) establecen un monto aproximado de pérdidas de 820.5 millones de dólares (AID, 1986).

Las consecuencias catastróficas de estos eventos han demostrado la importancia de realizar estudios específicos, que posibiliten tomar medidas para minimizar las pérdidas que ocasionan.

Hoy día se estima que la probabilidad de ocurrencia de un

evento similar a los de 1841 y 1910, que afectaron seriamente la ciudad de Cartago, poblados vecinos y en menor grado la ciudad de San José, es alto; basándose en los períodos de retorno para este tipo de actividad sísmica.

El último terremoto catastrófico en Cartago fue en 1910 y posterior a esa fecha el país ha experimentado un gran crecimiento poblacional y de infraestructura, principalmente en las ciudades que componen la Gran Area Metropolitana de Costa Rica. Formando la ciudad de Cartago parte de ella, se plantea que la ocurrencia de un nuevo terremoto tendría grandes consecuencias económicas y sociales no sólo para el área en mención, sino para el país en general.

La consideración de la sismicidad o la amenaza sísmica es de fundamental importancia en la planificación urbana y la planificación en general. Sin embargo, este factor nunca se ha considerado en los planes de desarrollo urbano. El Plan Regional Metropolitano de la Oficina de Planeamiento del Area Metropolitana, Dirección de Urbanismo del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), sostiene que:

"La investigación realizada por la Universidad de Costa Rica sobre las amenazas sísmicas de mayor intensidad no permitió establecer zonas de peligrosidad sísmica, donde debería diseñarse con índices de seguridad mayores. Se da como un hecho que al sur de San José se tiene una falla importante pero según los técnicos en la materia, no es predecible el radio de peligro y su magnitud; en vista de lo anterior, se desechó el factor sismicidad" (INVU 1983).

De partida estas afirmaciones no nos parecen correctas y en el desarrollo de este trabajo demostraremos nuestros desacuerdos, ya

que la amenaza sísmica debe ser necesariamente considerada; sobre todo, tomando en cuenta que en el caso específico de nuestro trabajo, Cartago ha tenido un importante flujo de capital en la instalación de industrias estatales y privadas de gran importancia para el desarrollo nacional, como son: Fábrica Nacional de Cemento, Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), plantas hidroeléctricas, acueducto metropolitano, Zona Franca, así como un importante aumento de población, que en algunos casos (zona de Los Diques) han ocupado áreas con un alto riesgo.

A partir de lo anterior, desarrollamos en esta investigación un análisis de la sismicidad histórica y reciente, determinando las características y el nivel de la amenaza sísmica, así como simulaciones de intensidades y daños en Cartago, tratando de aproximarlos a lo que podría ser un escenario futuro de daños, con la posibilidad de ocurrencia de un terremoto, es decir, la identificación de los elementos expuestos a riesgo, dada la amenaza sísmica presente.

El área de estudio (ver mapa 1-1), en lo que se refiere a la caracterización de la amenaza sísmica, está comprendida entre las coordenadas latitud norte $9^{\circ}40'00''$ y $10^{\circ}00'00''$ y de longitud oeste $83^{\circ}45'00''$ y $84^{\circ}15'00''$. En lo que se refiere a la caracterización del riesgo sísmico, analizamos como caso de estudio a la ciudad de Cartago y sus cantones más próximos y urbanizados (Cantón Central, Paraíso, La Unión, Oreamuno, Guarco).

DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO

En primer lugar, partimos del concepto de espacio como el soporte territorial de las actividades humanas, que a la vez es transformado y reproducido por el hombre, adaptándolo a las necesidades objetivas de su reproducción y las del modo de producción dominante en los diversos momentos históricos.

De esta forma, desde el establecimiento del hombre en los asentamientos humanos más primitivos, hasta su transformación en la gran ciudad desarrollada por el hombre, éste ha luchado constantemente por adaptar, transformar, y comprender la naturaleza de acuerdo a las necesidades sociales y económicas. Sin embargo, este proceso histórico se ve limitado por el mismo nivel de desarrollo científico-tecnológico, por cuanto éste es un desarrollo desigual y porque el conocimiento mismo del hombre respecto a la naturaleza no alcanza a la comprensión o adaptación de algunos eventos naturales, que resultan muchas veces catastróficos y que afectan no sólo las relaciones sociales y económicas, sino que también modifican el espacio en el cual el hombre habita, produce, se recrea, etc.

En el ámbito de las relaciones hombre-naturaleza, ocurren procesos naturales que afectan al hombre en lo que se refiere a las relaciones sociales; eventos de origen meteorológico como: sequías, inundaciones, heladas, olas de calor, huracanes, rayos, tornados; o de origen geológico o geomorfológico, como: avalanchas, deslizamientos, tsunamis, erupciones volcánicas y terremotos.

Este tipo de eventos naturales, aunque no suceden continuamente en el tiempo y en el espacio, algunos si tienen

cierta regularidad y su efecto en muchos casos es catastrófico para el hombre y han dejado su huella en el espacio.

Partimos también del concepto de riesgo, definiendo que el mismo tiene contenido únicamente en la medida en que ocurran fenómenos naturales que afecten negativamente a una población específica y por lo tanto, generen cambios en la actividad social y productiva y modifiquen el espacio. Por lo tanto, inundaciones en zonas despobladas, o sismos en las Dorsales Oceánicas, no constituyen un riesgo para el hombre en sí mismo.

Burton y Kates (1964), citados en Calvo Gacía-Torel (1984), definen el riesgo natural como "aquellos elementos del medio físico o biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él". Coincidimos con Calvo García-Torel en la observación de que la definición del concepto citado privilegia los elementos físicos y biológicos en tanto le asigna al Hombre un papel pasivo, cuando en la realidad es la presencia del Hombre como agente activo el que le da sentido en este concepto.

En las Ciencias Naturales, es común la utilización del concepto de riesgo, ya sea: riesgo geológico, riesgo volcánico o riesgo sísmico. En muchas investigaciones, sin embargo, las mismas tratan únicamente sobre aspectos o características geofísicas de un problema específico, contraria a la definición por la cual se orienta nuestra investigación, que contempla no sólo los aspectos geofísicos del problema, sino también aspectos humanos que conforman el punto de partida teórico-metodológico de nuestro trabajo.

En realidad, en los casos antes citados el término más correcto a emplear sería amenaza o peligro natural, tal como lo define Grases:

"Amenaza Natural (Peligro natural): es un fenómeno natural, potencialmente dañino, cuya ocurrencia e intensidad en una cierta área y en un determinado período de tiempo es incierta. Se origina sin participación humana (sismo, temporales marinos, volcanes, etc.)"
(Grases, J. 1986)

Es común entonces en investigaciones en vulcanología o sismología, la utilización del concepto de riesgo, orientado fundamentalmente al estudio de determinados procesos naturales, sus características, su recurrencia, magnitud, intensidad, etc., sin que los elementos humanos que conforman el riesgo sean tratados en una forma explícita.

El concepto de riesgo natural, tiene carácter histórico, ya que a medida que la sociedad avanza, su conocimiento y comprensión de la naturaleza es más profundo; por lo tanto, desarrolla formas de adaptación al riesgo o, incluso, por este mismo desarrollo, algunos riesgos dejan de serlo. García Calvo plantea que:

"el nivel cultural y técnico de los ~~distintos~~ grupos humanos determina, en un momento dado cuáles de los elementos que conforman el medio son recursos y cuáles son amenazas o resistencias para el hombre." (Calvo García, 1984)

Pero también, lo que podría ser una contradicción es que una de las características de las grandes ciudades es la tendencia a la concentración de la población en espacios reducidos, lo que afectaría seriamente las relaciones socio-económicas, con la ocurrencia, por ejemplo, de un terremoto. Estos son factores de

orden social y económico que establecen la ocupación intensiva del espacio, incluso en áreas de alto riesgo; el caso, por ejemplo, de la ciudad de Managua destruida históricamente por varios terremotos, el último en 1972; la ocupación en Costa Rica de áreas que fueron arrasadas por una avalancha provocada indirectamente por la actividad del Volcán Irazú en 1963; el desarrollo de zonas industriales y urbanísticas en la ciudad de Cartago, destruida en varias ocasiones (1841 y 1910 las más recientes).

Otro tipo de fenómenos naturales como por ejemplo las inundaciones pueden ser controladas con un nivel de desarrollo tecnológico adecuado. Entran a jugar aquí otro tipo de variables que se deben tomar en cuenta al hacer un estudio de una sociedad determinada. Así: en tanto los países desarrollados de América y Europa han hallado formas de adaptación a diversos riesgos, los países del Tercer Mundo sufren enormes pérdidas materiales y de vidas, incluso con un mismo tipo de fenómeno natural. Otra variable en lo que a las formas de adaptación al riesgo se refiere, es el costo económico de la mitigación o minimización de los efectos de un fenómeno natural, desde una perspectiva de racionalidad económica; pues se considera en muchos casos que sería más barato enfrentar las consecuencias de la catástrofe, que tratar de minimizarlas antes de que ocurran.

El concepto de riesgo tiene un carácter espacial, por cuanto la ocurrencia de estos eventos sólo tiene sentido como riesgo, en la medida en que afecten el espacio en que el hombre vive, produce, se reproduce y se recrea, provocando transformaciones a nivel

socio-espacial. Posee además un contenido social en la medida en que éstos procesos de orden natural afectan en mayor medida a los países subdesarrollados, por cuanto la capacidad económica de los mismos y su nivel científico-técnico es muy inferior a la capacidad de los países desarrollados, para enfrentar estos mismos eventos naturales y sus consecuencias. Por lo tanto, los fenómenos naturales provocan menos daños, o son menos perjudiciales, en los países desarrollados, o al menos éstos poseen mayor capacidad de absorber las pérdidas. A nivel interno de cada país subdesarrollado, golpean con más fuerza a los sectores sociales bajos y medios cuya capacidad de reposición de pérdidas materiales es mucho más difícil.

D. Muñoz expresa:

"El riesgo debido a terremotos presenta dos aspectos diferentes; uno científico y otro económico; este último aunque relacionado con el primero, excede las competencias tanto del sismólogo como del ingeniero" (Muñoz, D. 1989).

Aunque diferimos en la forma en que el autor plantea la distinción de lo "científico" refiriéndose a la componente sismológica del concepto, ya que, también lo económico debe plantearse como científico, con leyes propias que rigen lo social; lo importante es que da al concepto un contenido más amplio e interdisciplinario y no un monopolio exclusivo del sismólogo.

Muñoz, 1989, propone la siguiente relación:

"RIESGO = PELIGROSIDAD*VULNERABILIDAD*VALOR ECONOMICO"

Nos parece acertada la relación propuesta aunque para el último componente "valor económico", creemos que las consecuencias de los terremotos van más allá de lo puramente económico y propondríamos un concepto más global que es el de "valor social"; por tanto, la relación la expresamos como:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGROSIDAD} * \text{VULNERABILIDAD} * \text{VALOR SOCIAL}$$

Lo anterior basados en que los terremotos, pueden causar no sólo pérdidas económicas, sino que implican generalización o agudización de una serie de problemas sociales que no pueden ser expresados con un simple valor económico, dado que las consecuencias de los terremotos, trascienden el ámbito local o regional para convertirse, principalmente en el caso de los países subdesarrollados, en un problema nacional. Ejemplo de esto pueden ser los desplazamientos de población temporales o permanentes, aumento en los niveles de desempleo, agudización de los problemas sociales (delincuencia, falta de vivienda, descenso en el nivel de vida, etc), la escasa posibilidad de reposición de pérdidas para los sectores económicamente bajos de la población, problemas psicológicos, problemas de salud, etc.

La posible utilización del valor social como elemento para determinar el riesgo sísmico en un área dada, dependerá de estudios interdisciplinarios con el fin de: determinar las condiciones socio-económicas del área; evaluación de las características y la calidad de la construcción y elaboración de mapas de escenarios que

permitan una mayor aproximación a los posibles daños que podría causar un terremoto en o cercano al área.

Finalmente, el concepto de riesgo posee un carácter unitario en la medida en que metodológicamente las dos grandes divisiones de las ciencias modernas, las ciencias exactas o naturales y las ciencias sociales, convergen en un único objeto de estudio: los riesgos naturales, desde la perspectiva de las relaciones Hombre-Naturaleza. Por tanto, el conocimiento desarrollado en las ciencias naturales permite precisar las causas y características de los procesos naturales, así como el avance de las ciencias sociales permite precisar las consecuencias y formas de adaptación a un mismo proceso natural que afecte a las relaciones sociales de producción.

En cuanto al riesgo sísmico, que particularmente nos interesa, desde el punto de vista de esta investigación en geografía, Calvo García expone los siguientes lineamientos para el análisis del problema.

"Para un geógrafo comprende necesariamente, por una parte, lo que podemos denominar "riesgo geofísico", que incluye el conocimiento de las características intrínsecas del fenómeno, frecuencia, magnitud, intensidad, duración en un área concreta, con especial atención de poder establecer la probabilidad de repetición de un terremoto catastrófico en una región específica. Por otro lado, es necesario establecer el "riesgo humano", o sea, las condiciones en que se encuentra el sistema humano de uso frente a un evento de este tipo" (Calvo García, 1984).

Obviamente, el riesgo geofísico ha sido el más desarrollado

por la sismología, e incluso, con anterioridad por algunos geógrafos físicos. El aspecto de la definición anterior que ha sido menos desarrollado es el del "riesgo humano" y es por tanto, importante desarrollar esta línea que puede conducir al encuentro de una "unidad de la geografía".

Los terremotos constituyen uno de los riesgos de mayor relevancia a nivel mundial en cuanto a las pérdidas económicas y de vidas que han causado y su consecuente impacto espacial.

Costa Rica está tectónicamente caracterizada por una alta sismicidad y un vulcanismo activo, que tienen como fuente generadora el proceso de subducción de la placa del Coco por debajo de la placa del Caribe.

En estudios como el de Cleto González Víquez (1910), Miyamura (1980), Güendel (1986) y otros, se encuentra información histórica que habla de la ocurrencia de terremotos y de erupciones volcánicas con dimensiones algunas veces devastadoras.

Nuestro caso de estudio, la ciudad de Cartago, ha sido históricamente la más afectada por la ocurrencia de sismos destructivos superficiales de intraplaca continental; un ejemplo lo constituyen los sismos de 1841 y 1910 que causaron graves daños en la ciudad de Cartago.

El impacto de estos fenómenos naturales ha sido muy importante, no sólo desde el punto de vista espacial, sino también desde el punto de vista económico, social y jurídico ya que a partir del terremoto de 1841, por señalar sólo un ejemplo, se creó lo que podría ser el primer "código de construcción", durante el

gobierno de Braulio Carrillo y posterior al terremoto de 1910, el "código" elaborado por Cleto González Víquez (ver apéndice 1).

El presente trabajo de investigación pretende ser un punto de partida metodológico, para futuras investigaciones que requerirán un esfuerzo interdisciplinario en el estudio del conjunto de las amenazas naturales, bajo el enfoque del riesgo natural propuesto aquí.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar, bajo las premisas del concepto de riesgo sísmico, el nivel de vulnerabilidad de la ciudad de Cartago, ante la posibilidad de ocurrencia de un evento sísmico destructivo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Analizar el proceso de poblamiento y crecimiento urbano de la ciudad de Cartago, a la luz de los efectos de terremotos históricos causante de daños en dicha ciudad.
2. Recopilar y analizar información reciente de la sismicidad en el área de estudio.
3. Modelar intensidades MM (Escala Mercalli Modificada) hipotéticas para el área de estudio, utilizando el programa Quak2 de Evernden, J. (1985), tratando de aproximar las intensidades que se observaría en un posible terremoto en el futuro.

4. Establecer un posible escenario de daños para la ciudad de Cartago de acuerdo al grado de vulnerabilidad del área de estudio, aproximando porcentajes de pérdidas esperados, mediante los métodos propuestos por Evernden (1985) y por Grases (1986).
5. Contribuir a la planificación del área sujeta a riesgo sísmico a través de la zonificación.
6. Aportar, metodológicamente, un camino hacia el análisis del riesgo desde una perspectiva integral e interdisciplinaria.

DOCUMENTO ORIGINAL INCOMPLETO