

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA - UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DETERMINACIÓN DE RIESGO DE DESASTRE EN EL CANTÓN  
SANTO DOMINGO DE HEREDIA MEDIANTE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de  
la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía para  
optar al grado y título de Maestría Profesional en Sistemas de  
Información Geográfica y Teledetección**

**JONNATHAN REYES CHAVES**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Montes de Oca  
Campus Omar Dengo, Heredia**

**2012**

# **DEDICATORIA**

A mis padres, Marta y Francisco

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a las personas que me han apoyado a través de toda mi carrera universitaria, a los que me han preparado para hacer frente a las labores profesionales y que de alguna u otra forma se han ganado un reconocimiento especial de mi parte.

No puedo olvidarme de las personas que colaboraron con su tiempo y conocimiento para la culminación de esta investigación, como son el Máster Guillermo Salazar, el Licenciado Denis Salas y el señor Oscar Sojo por su colaboración en el transporte para poder realizar el trabajo de campo

Además agradezco, de forma particular, la ayuda prestada por los lectores y al director de la práctica, como también a la dirección de posgrado y cuerpo administrativo, por el apoyo incondicional brindado durante todas las partes del proceso investigativo.

Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por el Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía de la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

---

Dr. Rafael Arce Mesén  
Representante de la Decana  
Sistema de Estudios de Posgrado

---

Dr. Mario Fernández Arce  
Profesor Guía

---

MSc. Elena Badilla Coto  
Lectora

---

Dr. Víctor Cortés Granados  
Representante del Director  
Programa de Posgrado

---

Jonnathan Francisco Reyes Chaves  
Sustentante

## TABLA DE CONTENIDO

CAP	CONTENIDO	PÁG
<b>I</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>I.1</b>	<b>Planteamiento del problema</b>	2
	I.2.1 Definición del problema	2
	I.2.2 Justificación de la investigación	2
<b>I.3</b>	<b>Objetivos</b>	4
	I.3.1 Objetivo general	4
	I.3.2 Objetivo específicos	4
<b>I.4</b>	<b>Delimitación</b>	4
	I.4.1 Delimitación espacial	4
	I.4.2 Delimitación temporal	9
<b>I.5</b>	<b>Limitaciones</b>	9
<b>II</b>	<b>Marco teórico</b>	11
<b>II.1</b>	<b>Amenaza y vulnerabilidad: bases para la conformación del riesgo</b>	11
	II.1.1 El desastre	11
	II.1.2 El riesgo y sus componentes: amenaza y vulnerabilidad	12
<b>II.2</b>	<b>La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo</b>	16
<b>II.3</b>	<b>Modelado espacial multicriterio aplicando sobreposición ponderada</b>	21
<b>III</b>	<b>Metodología</b>	25
<b>III.1</b>	<b>Amenazas biofísicas y tecnológicas</b>	26
<b>III.2</b>	<b>Vulnerabilidad Social integral</b>	34
<b>III.3</b>	<b>Riesgo Integral</b>	35
<b>IV</b>	<b>Análisis de resultados</b>	38
<b>IV.1</b>	<b>Determinación del riesgo de desastre</b>	38

	IV.1.1 Amenazas biofísicas	38
	IV.1.2 Amenazas tecnológicas	60
	IV.1.3 Vulnerabilidad global	69
	IV.1.4 Índice integral de riesgo	77
<b>V</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	80
	V.1 Conclusiones	80
	V.2 Recomendaciones	82
<b>VI</b>	<b>Bibliografía</b>	84
	<b>Anexos</b>	88

<b>ÍNDICE DE MAPAS</b>		<b>PÁG</b>
1	Área de estudio	6
2	Modelo de elevación	7
3	Pendiente en grados	8
4	Amenazas biofísicas	44
5	Geomorfología	47
6	Fallas mapeadas en el centro de Costa Rica	48
7	Susceptibilidad a deslizamientos	55
8	Índice de amenazas biofísicas	59
9	Amenazas tecnológicas	64
10	Índice de amenazas tecnológicas	66
11	Índice de amenazas	68
12	Índice de vulnerabilidad	76
13	Índice de riesgo	79

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>		<b>PÁG</b>
1	Composición del índice de riesgo	28
2	Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento	30
3	Clases de pendientes, condiciones del terreno, colores sugeridos y valoración del parámetro $S_p$	31
4	Clasificación del factor litológico L, valorando la susceptibilidad a la inestabilidad de las laderas	32
5	Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia	33
6	Valoración del parámetro humedad del terreno ( $S_h$ )	33
7	Valoración del parámetro de disparo por sismicidad $D_s$	34
8	Valoración del parámetro de disparo por lluvias $D_{ll}$	34
9	Amenazas biofísicas	38
10	Temblores históricos de Costa Rica Central	49
11	Nivel de instrucción	74

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>		<b>PÁG</b>
1	Componentes de la amenaza	13
2	La Vulnerabilidad	14
3	Interfaz del programa CAPRA GIS	21
4	Índice integral de riesgo	37
5	Cálculo de las variables pasivas	51
6	Cálculo de las variables activas	52
7	Obtención de la susceptibilidad	53
8	Modelado para obtener el mapa de amenazas biofísicas utilizando la herramienta de <i>model Builder</i> .	58
9	Servidumbre para el paso del poliducto	61
10	Modelado para obtener el mapa de amenazas tecnológicas	65

<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</b>		<b>PÁG</b>
1	Sector de Rincón de Ricardo	39
2	Sector de Rincón de Ricardo	39
3	Sector de Rincón de Ricardo	40
4	Sector de calle Manantiales	41
5	Sector de calle Manantiales	41
6	Sector de San Martín	42
7	Sector de La Quintana	45
8	Emisión de cenizas del Volcán Irazú en 1963	51
9	Sector de Barrio Socorro	54
10	Sector de calle El Raicero	56
11	Casas muy cerca del poliducto	62

## **ABREVIATURAS**

1. AyA (Acueductos y Alcantarillados)
2. CENIGA (Centro Nacional de Gestión Ambiental)
3. GPS (Global Positioning System)
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional)
6. IMN(Instituto Meteorológico Nacional)
6. INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos)
7. SIG (Sistemas de Información Geográfica)
10. UCR (Universidad de Costa Rica)
12. NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis)
13. PRUGAM (Proyecto Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana)
14. RECOPE (Refinadora Costarricense de Petróleo)
15. RSN (Red Sismológica Nacional)

## RESUMEN

Palabras claves:

*Riesgo; vulnerabilidad; amenaza; Santo Domingo; SIG*

Santo Domingo de Heredia es un cantón que no escapa al impacto de las amenazas naturales, sociales y tecnológicas, prueba de ello es que cada día son más frecuentes las inundaciones en él. Aunque el relieve es plano ondulado, han ocurrido deslizamientos con graves consecuencias en las vías.

Se realiza una espacialización del riesgo de desastre, a fin de orientar los esfuerzos en primera instancia de gobiernos locales, como es el caso de cada una de las municipalidades del país, en mitigar posibles pérdidas económicas y de vidas humanas.

Se logró ilustrar cómo, a través de los Sistemas de Información Geográfica, se puede facilitar el entendimiento de las diferentes relaciones que se dan en el área en estudio; en este caso cómo un conjunto de variables de índole sociodemográfica se pueden cruzar con variables de amenazas (biofísicas y tecnológicas), para la obtención de patrones espaciales que permiten identificar fenómenos homogéneos.

Los patrones espaciales identificados y los geoprocесamientos realizados mediante los SIG, sirven de base para la formulación de una serie de planteamientos, que permiten orientar los esfuerzos de las instituciones encargadas en el manejo y la atención del riesgo de desastre. Las zonas que presentan un mayor riesgo, están en la parte sur y suroeste del cantón de Santo Domingo. Para el caso de la parte sur, coincide en buena parte con el patrón espacial dado con las zonas de amenaza más alta. En el sector suroeste, que viene a ser la parte de la zona industrial del cantón, se da entre un riesgo alto a muy alto, siendo la variable de vulnerabilidad la que da bastante peso para que zona se comporte de esta forma. Otro de los sectores que presenta un alto riesgo es el sector que corresponde a San Miguel Norte y la parte sur del distrito de Paracito.

## I. Capítulo. Introducción

Las pérdidas económicas generadas por desastres vienen a retrasar el desarrollo de un país, al mismo tiempo que demandan recursos que podrían ser utilizados en la erradicación de la pobreza por ejemplo, o atacar otras demandas sociales que cada comunidad puede estar necesitando, como el acceso a la educación.

El efecto que tienen los desastres cambia de acuerdo al tipo presentado, como es el caso de los sismos, tornados, deslizamientos, inundaciones, entre otros. Algunos de ellos tendrán más impacto en función de las condiciones físicas, económicas, sociales y de forma general, de la vulnerabilidad de la sociedad ante dichos eventos.

El cantón de Santo Domingo de Heredia, en lo referente al tema de inundaciones, es lo que ha tenido un mayor impacto en los últimos diez años. Sin embargo, se han presentado otro tipo de fenómenos que en su momento han interrumpido la tranquilidad de esta comunidad herediana como son los tornados, deslizamientos y las amenazas tecnológicas, misma que acechan cada día más por el auge industrial que se presenta en el sector oeste del cantón.

En términos generales, se pretende trabajar en la presente investigación con tópicos relacionados con el tema de gestión del riesgo, específicamente en la determinación de riesgo de desastres aplicado al cantón de Santo Domingo.

El objetivo principal del estudio es analizar los riesgos de desastre mediante el uso de sistemas de información geográfica, para mejorar la gestión de los mismos. Lo anterior siguiendo una metodología aplicada con éxito en la frontera entre los Estados Unidos y México. En el presente estudio se hicieron variantes a la misma que permitiera aplicarla a un medio bastante diferente, como es el cantón de Santo Domingo.

Es importante resaltar que en los últimos años, los estudios referentes a la gestión de riesgos y a la mitigación de los mismos se han hecho más necesarios. La Declaración del

Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN), 1990-1999, es un resultado de este entorno, al reconocer en evaluaciones de gestión que en los últimos 50 años, los desastres han provocado la pérdida de más de 2.8 millones de vidas humanas en el planeta, incrementándose desde 1960 el número de personas afectadas en 6% cada año, el doble de la tasa de crecimiento demográfico mundial, como lo menciona Maskrey, 1998.

## **I.1. Planteamiento del problema**

### **I.1.1 Definición del problema**

El problema abordado por esta investigación se enmarca dentro de los estudios de riesgo de desastre. El problema central por tratar en el presente estudio es la falta de la aplicación de una metodología que permita espacializar el riesgo de desastre, a fin de orientar los esfuerzos en primera instancia de gobiernos locales, entre otras instituciones, en mitigar posibles pérdidas económicas y de vidas humanas.

### **I.1.2 Justificación de la investigación**

Las amenazas naturales y antrópicas son un problema que causa no solo pérdidas materiales y económicas, sino muertes del ser humano. Hasta hace poco lo único cartografiable en materia de riesgo de desastre eran las amenazas, por lo que es común encontrar mapas de amenaza volcánica, sísmica, inundaciones y deslizamientos, entre otras. No es sino hasta en los últimos años que se ha logrado espacializar la vulnerabilidad (Salgado, 2005; Mora, 2011). Para el 2009 Collins et al. (2009) lograron convolucionar, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), amenaza con vulnerabilidad para espacializar el riesgo de desastre por amenazas naturales en las ciudades de Juárez y El Paso, en la frontera México-Estados Unidos.

Santo Domingo de Heredia es un cantón que no escapa al impacto de las amenazas naturales, sociales y tecnológicas, prueba de ello es que cada día son más frecuentes las inundaciones en él. Su relativa cercanía al volcán Barva lo torna vulnerable a los productos que emita dicho edificio volcánico en el futuro. Varios terremotos han afectado

la ciudad sin causar graves daños, entre ellos los de Bagaces (1941) y Osa (1941) y otros más recientes como el de Piedras Negras (1990) y el de Limón (1991) mismos que a pesar de su magnitud no vinieron a presentar gran daño para este cantón herediano (RSN, 2012).

Aunque el relieve es plano ondulado (Ver mapa 2 y 3), han ocurrido deslizamientos con graves consecuencias en las vías, entre ellas en julio del 2008, cuando luego de que parte de una ladera se desprendió y cayó sobre la calle que conduce al puente de hamaca, en Barrio Socorro, el deslizamiento acabó con la vida de un conductor que transitaba por la zona (Ávalos A, 2009).

El 2 de marzo de 2011 hubo una explosión en el Parque Industrial Zeta, ubicado en el distrito Santa Rosa, el cual dejó un saldo de 2 heridos con quemaduras de consideración y a uno de ellos, con amputación total de su brazo derecho. Según datos de las instituciones de emergencia, el mal manejo de un compuesto químico, en apariencia Sodio, pudo ser el que ocasionó la explosión en una de las plantas industriales (Hernández F, 2011).

El sistema fluvial del cantón de Santo Domingo, está conformado por los ríos Tibás, Pará, Bermúdez y sus tributarios Tures, Tranqueras y Lajas. Esta red fluvial está causando problemas en el cantón como lo atestiguan las inundaciones de 1999 y 2010. El 20 de setiembre de 1999, el río Bermúdez presentó un crecimiento atípico debido a la duración e intensidad de las lluvias; en algunos sitios el nivel del agua aumentó hasta 6 m con respecto al nivel medio (Fernández et al., 2011), con saldo de 74 familias y 4 comunidades afectadas, a saber: Rincón Ricardo, La Rinconada, Barrio Fátima y Bajo Tures. El 20 de julio del 2010, el río Bermúdez nuevamente se desbordó debido a la duración e intensidad de las lluvias. Las comunidades afectadas fueron: Barrio Fátima, Rincón Ricardo, La Viguie, La Rinconada. En esa ocasión, la inundación destruyó 22 viviendas y puso en peligro 26 más. En su informe final, la municipalidad declaró que había un total de 46 familias y 38 viviendas afectadas en barrio Fátima (Bolaños, 2010). Fernández et al. (2011) concluyeron que la frecuencia de las inundaciones en Santo Domingo está aumentando.

Existen otros fenómenos naturales que han afectado al cantón de Santo Domingo, como es el caso de los tornados. Uno de estos fenómenos registrado ocurrió el día 18 de agosto de 1976 cuando un tornado afectó nueve viviendas, en la zona noroeste de la ciudad de Santo Domingo de Heredia. (La Nación, 1976). Para el 7 de abril de 2008, otro tornado se hizo presente en la comunidad de Santo Domingo, el mismo afectó 5 viviendas en el sector del residencial Quizarco y en la calle la Quintana, cerca del puente del río Bermúdez (Arley, 2008).

### **I.3 Objetivo**

#### **I.3.1 Objetivo general:**

Analizar los riesgos de desastre mediante el uso de sistemas de información geográfica para mejorar la gestión de los mismos.

#### **I.3.2 Objetivos específicos:**

1. Identificar las amenazas biofísicas y tecnológicas del cantón de Santo Domingo que permita analizarlas espacialmente.
2. Determinar la vulnerabilidad Global de la población de Santo Domingo ante las potenciales amenazas.
3. Estimar el riesgo de desastre en la zona de estudio, identificando las áreas de mayor peligro que requieran intervención inmediata.

### **I.4 Delimitación**

#### **I.4.1 Delimitación espacial:**

El área de estudio comprende en su totalidad el cantón de Santo Domingo, (Ver mapa 1) el cual tiene entre sus coordenadas extremas 09°57'37" latitud norte, 84°06'48" longitud oeste y 10°00'55" latitud norte, 84°01'22" longitud oeste . La anchura máxima es de once

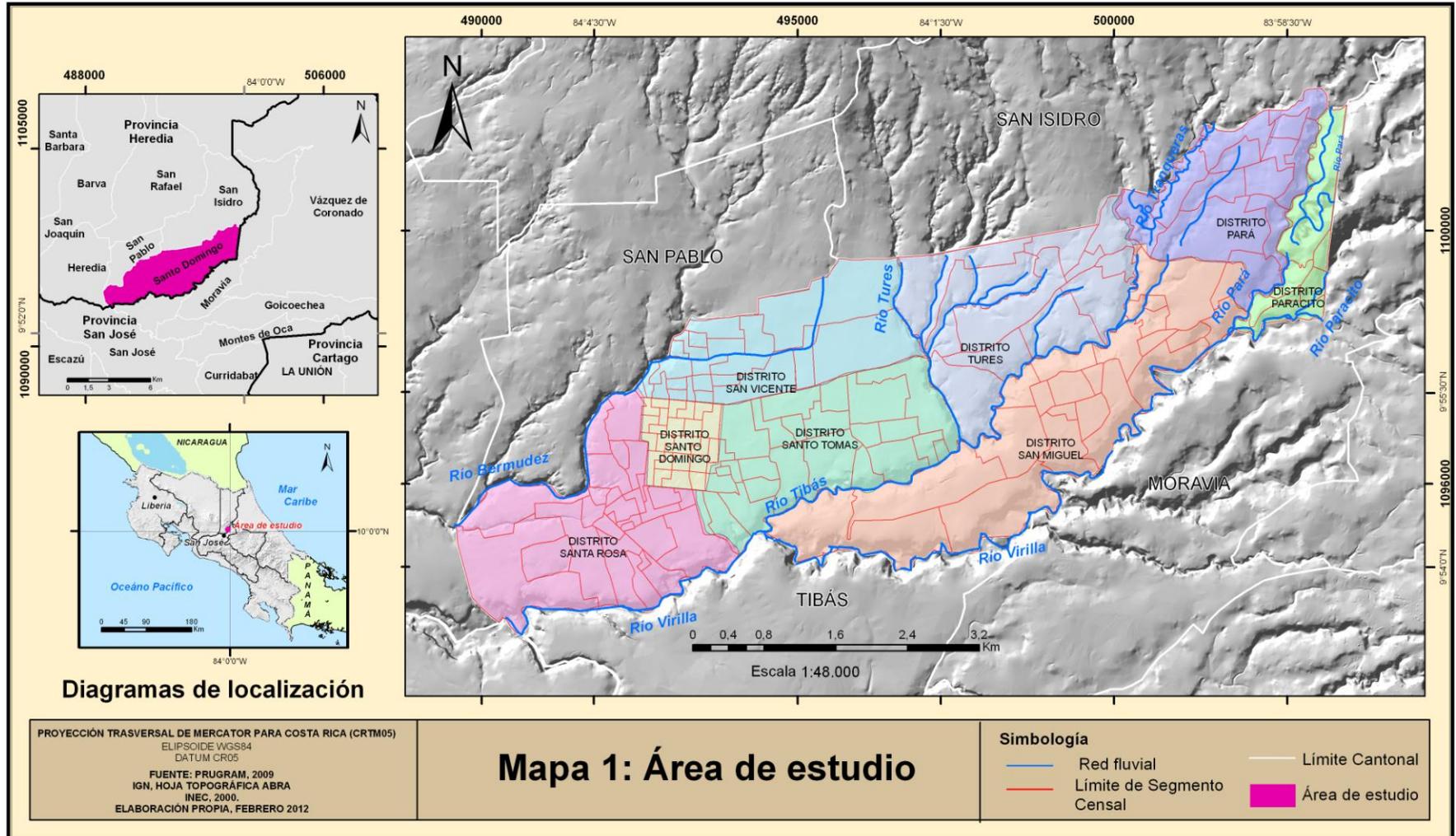
kilómetros, en dirección noroeste a suroeste, desde el puente sobre el río Pará Blanco, en la calle Yerbabuena, que va de Villa San Luis a finca Zurquí, hasta el puente sobre el río Virilla, carretera Nacional No. 1 que une las ciudades de San José y Heredia.

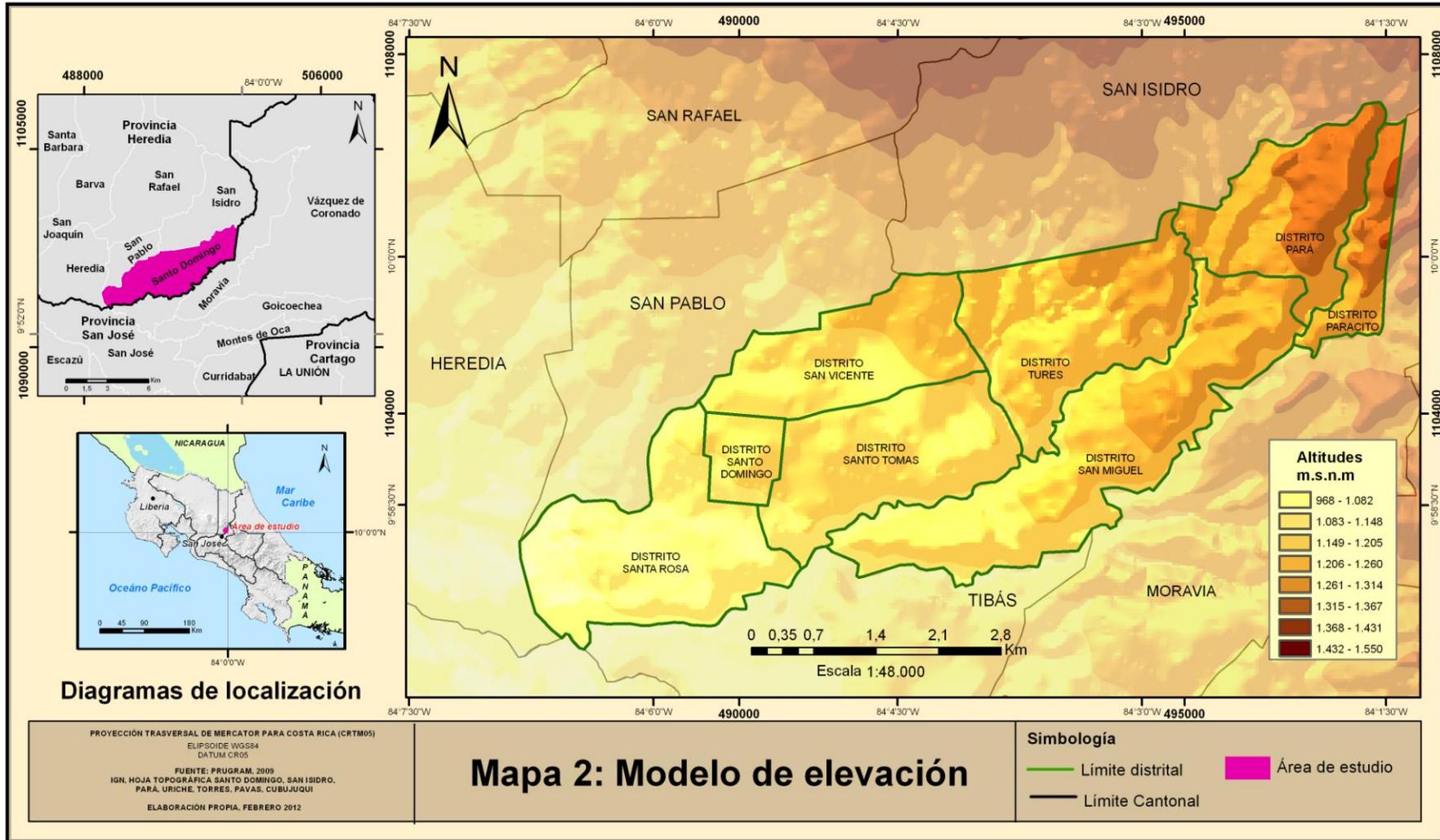
Santo Domingo está conformado por ocho distritos los cuales son los siguientes en orden de precedencia: Santo Domingo, San Vicente, San Miguel, Paracito, Santo Tomás, Santa Rosa, Tures, Pará (IFAM, 1985).

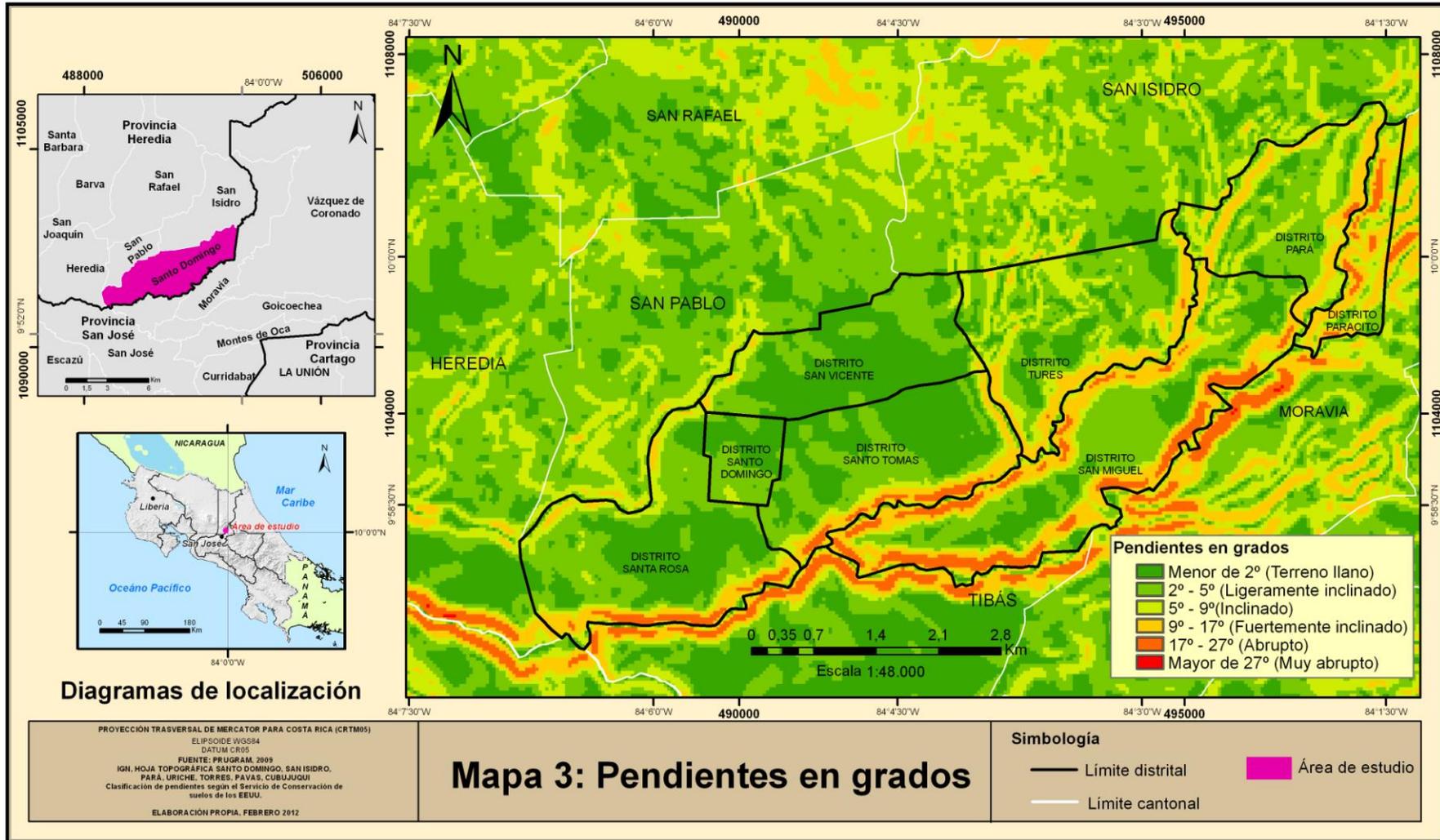
El cantón de Santo Domingo está constituido geológicamente por materiales de origen volcánico, tales como lavas, tobas y piroclastos; de la época Holoceno en su mayor parte, período Cuaternario y forma parte de la unidad Geomorfológica de Origen Volcánico, representadas por el Relleno Volcánico del Valle Central. (IFAM, 1985)

Las altitudes, en metros sobre el nivel del mar, del centro urbano de los distritos del cantón son las siguientes: Ciudad Santo Domingo 1.170 msnm, San Vicente 1.180 msnm, San Miguel 1.275 msnm, Paracito 1.289 msnm, Santo Tomás 1.200 msnm, Santa Rosa 1.118 msnm, y Tures (Ángeles) 1.260 msnm (Ver mapa 2). El sistema fluvial del cantón de Santo Domingo pertenece a la cuenca del Río Grande de Tárcoles, la cual corresponde a la vertiente del Pacífico. Los ríos que drenan el área son Tibás, Pará y Bermúdez; al primero se le unen los ríos Tures, Tranqueras y su tributario el río Lajas; el segundo, nace de la unión de los ríos Paracito y Pará Blanco. (IFAM, 1985)

Los ríos Pará y Tibás se juntan al río Virilla. La red de drenaje presenta un rumbo de norte a sur y de este a oeste. Los ríos Virilla, Bermúdez y Lajas son límites cantonales, el primero con Tibás y Moravia, de la provincia de San José; el segundo con San Pablo de Heredia.







#### **I.4.2 Delimitación temporal:**

La delimitación temporal hace referencia al manejo de datos socio-demográficos del censo del 2000 mismos que serán parte primordial en construcción del índice de riesgo en el cual se basa el presente estudio.

Se analizó las amenazas conocidas hasta la actualidad y se hace un recuento de eventos peligrosos para los últimos 35 años que igualmente tienen un papel importante en la conformación final del índice de riesgo.

Para el caso de los datos utilizados para obtener la susceptibilidad por deslizamientos se hace referencia a información en un intervalo de tiempo que va de 1975 a 1995 y en valores mensuales de lluvia (mm) en 24 horas. También se utilizaron valores promedios de precipitación mensuales para 5 estaciones meteorológicas. Los datos son obtenidos del IMN.

Otros datos utilizados es lo referente al promedio de consumo eléctrico residencial por mes, para el año 1999, para cada uno de los distritos de Santo Domingo y que tiene como fuente PRODUS.

#### **I.5 Limitaciones**

Las limitaciones fueron varias: una de ellas tiene que ver con los datos y la forma en que estos se encuentran; otras están más relacionadas con disponibilidad de recursos para la ejecución de las diferentes actividades dentro del marco de la investigación.

A continuación se mencionan varias limitaciones que durante el proceso de investigación se hicieron presentes durante o en alguna etapa del estudio:

- Al utilizar información de variables del censo del 2000 obtenidas del INEC al igual que datos del consumo eléctrico residencial para el año de 1999 derivadas de PRODUS, se presenta el problema de no tener una consistencia temporal, es decir, manejo y cruces de información de diferentes años.
- En muchos de los casos, para la elaboración de los indicadores que posteriormente son la base para la conformación de los componentes, la disponibilidad de variables directas son pocas, por lo que se vio la necesidad de utilizar variables *proxy*, que intentan aproximarse a la medición de los conceptos a los que se quería llegar.
- Los datos de precipitación máxima en 24 horas, proporcionadas por IMN no son del todo homogéneos ya que para algunas estaciones los registros facilitados comienzan en años diferentes.
- La metodología base de este estudio fue creada y aplicada en un entorno ambiental y social muy diferente al cantón de Santo Domingo, por lo que se debió hacer cambios en las variables a utilizar tanto a nivel de amenazas como de vulnerabilidad.

## II. Capítulo. Marco teórico

### II.1 Amenaza y vulnerabilidad: bases para la conformación del riesgo

#### II.1.1 El desastre

El desastre es considerado erróneamente como un fenómeno natural, “sea un terremoto, la erupción de un volcán o un huracán, sin embargo, el concepto de desastre es más complejo y está en función de conceptos tales como la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo” (Peraldo y Astorga. 2000, p.242).

La diferencia de catástrofe y este a su vez, de desastre es que el primero, es el efecto perturbador(es decir el hecho) que provoca sobre un territorio un episodio natural extraordinario y que a menudo supone pérdidas de vidas humanas, mientras que el segundo, es cuando la magnitud del episodio natural es de alto grado y alude al deterioro que sufre la economía de una región y al drama social provocado por la pérdida de numerosas vidas, por lo que se le considera como las consecuencias (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Para Marcano, A y Cartaya, S, (2010) el término de desastre se ha empleado en algunos momentos como sinónimo de peligro; se tiene la idea que su origen es una traducción literal del término en inglés *Harzard* (Peligro).

El concepto de desastre se comienza a usar por primera vez en los trabajos de los investigadores anglosajones como *Natural Harzard* para referirse a los fenómenos naturales que según sus interpretaciones, son las causantes de los desastres. Por su parte, los primeros trabajos en español fueron traducidos por los mismos norteamericanos que asesoraban en los organismos multilaterales a los países latinoamericanos, que fueron

afectados por fenómenos naturales, estos tradujeron *Natural Hazard* como Amenaza Natural. Esta confusión de origen, trajo como consecuencia que se adoptase el concepto tal cual y por ende se empezó a calificar erróneamente al desastre como natural (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

### **II.1.2 El riesgo y sus componentes: amenaza y vulnerabilidad**

Para Peraldo, G y Astorga A (2000), la amenaza (A) se define como “aquel proceso que infringe daños a una sociedad, tiene la probabilidad de ocurrencia en un rango temporal específico y afecta a un área determinada”.

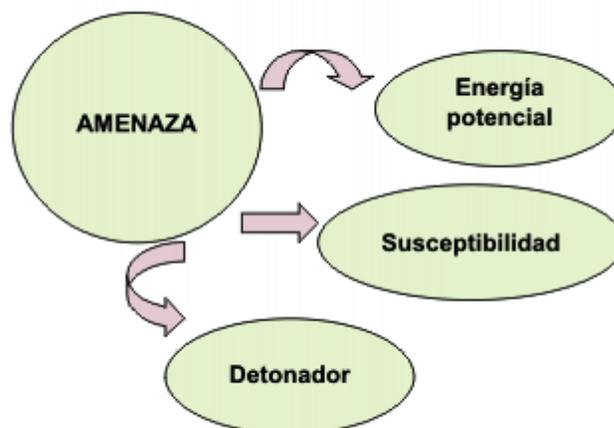
La amenaza se clasifica según su origen en:

- a) Natural, cuando su origen está determinado por la actividad del planeta como la tectónica al generar sismos, la volcánica al producir erupciones y la climática que se manifiesta como tormentas, rayería y huracanes. Un proceso natural se convierte en amenaza, en función de la transformación antrópica del medio natural, que ocurre generalmente de manera no planificada y sin sentido de prevención.
- b) Socionatural, cuando el proceso amenazante depende de la interacción de la actividad natural y la actividad humana o antrópica: ejemplo de ello son los deslizamientos y las inundaciones en algunas ocasiones.
- c) Sociales, como las plagas y las guerras.
- d) tecnológicas como los reactores nucleares, las estaciones de combustible cercanas a centros urbanos y los poliductos (Peraldo y Astorga. 2000).

Según Marcano, A y Cartaya, S (2010) el término amenaza(A) se refiere a la ocurrencia de los fenómenos físicos que afectan al ser humano. Todo esto implica que se entenderá la amenaza como factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, que puede representarse en un

lugar o área y tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el ambiente.

Según Foschiatti (2011) “la amenaza(A) es el fenómeno peligroso”, cuando se habla de amenaza se refiere al factor externo de una comunidad expuesta (o a un sistema expuesto), representado por la potencial ocurrencia de un fenómeno desencadenante (o accidente), el cual puede producir un desastre al manifestarse. Tiene tres componentes: a) energía potencial, b) susceptibilidad, c) detonador (Ver figura 1). La prevención de desastres se logra reduciendo y controlando a esos componentes señalados.



**Figura 1.** Componentes de la amenaza  
**Fuente:** Foschiatti (2011)

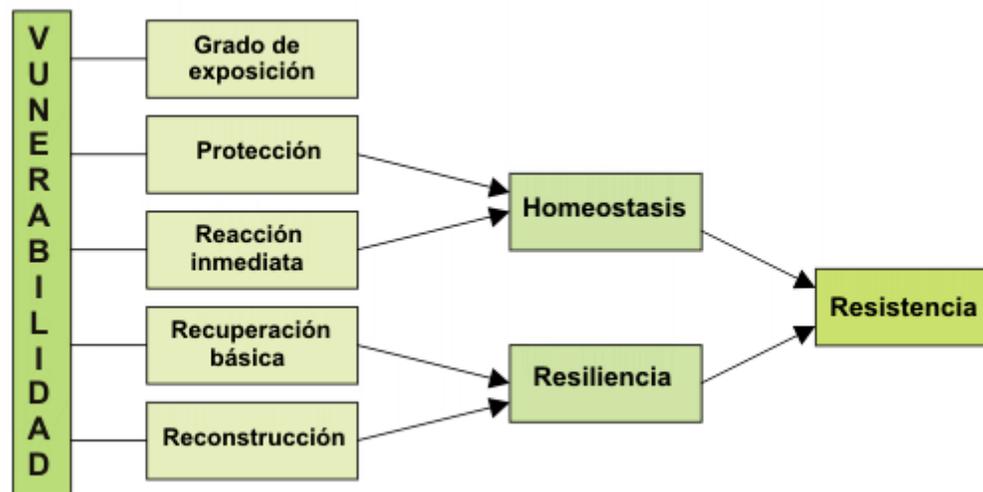
La manifestación de una amenaza puede desencadenar la activación de otras, incluso de diferente origen. Por ejemplo, un terremoto o un ciclón pueden desencadenar un enfrentamiento social, pues podría ser el catalizador de un estrés popular acumulado.

Por otra parte, la vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectado por una amenaza. Si no existe vulnerabilidad no se produce la destrucción. Depende del grado de exposición, de la protección, de la reacción inmediata, de la recuperación básica y de la

reconstrucción. El segundo y el tercero conforman la homeostasis y los dos últimos la resiliencia y ambas constituyen la resistencia. La prevención de riesgos por reducción de la vulnerabilidad, se logra cuando se actúa sobre las cinco áreas que la componen. (Foschiatti, 2011)

La vulnerabilidad (V) puede definirse como el grado de exposición de elementos sociales ante una determinada amenaza. A nivel familiar, cada individuo exhibe una vulnerabilidad particular, según edad y género (Peraldo y Astorga. 2000).

En definitiva, la vulnerabilidad puede ser entendida como la incapacidad de resistencia, cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de haber ocurrido un desastre.



**Figura 2.** La Vulnerabilidad  
**Fuente:** Foschiatti (2011)

La vulnerabilidad global, como variable integrada del riesgo no responde según la definición propuesta, a un único factor de exposición o proximidad al peligro, tampoco a

la capacidad de una familia o un país de responder durante el momento de la tragedia o de recuperarse tras la devastación, tampoco a la magnitud de los daños y la posible existencia de un seguro, o la mayor o menor voluntad política o desembolso monetario que se realice sobre el lugar (Foschiatti, 2011).

La vulnerabilidad de un determinado grupo humano se integrará de todos y cada uno de estos factores, constituyendo la pobreza el componente más importante de ella. Si la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, el resultado de esa interacción es la incapacidad de sus habitantes para responder ante la presencia de un riesgo determinado, facilitando la entrada al desastre (Foschiatti, 2011).

El término de riesgo(R), se define como la pérdida económica y de vidas humanas que probabilísticamente pueden ser causadas por una determinada amenaza. El riesgo mide o expresa las consecuencias negativas ante la manifestación de la amenaza. Y el peligro, es la ocurrencia o amenaza de ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico, concibiendo al fenómeno tanto en acto como en presencia (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Los elementos de riesgo se relacionan con la población, las propiedades y las actividades económicas. Tradicionalmente, se consideran elementos de riesgo la infraestructura urbana, las actividades urbanas, las actividades comerciales, las vidas humanas que son sujetos de riesgo tangible. El paisaje, los aspectos psico-sociales, la macroeconomía, los procesos educativos, culturales y de salud, entre otros, son sujetos de un riesgo intangible. Tanto la vulnerabilidad como el riesgo son construidos en función de las diversas relaciones eco-sociales (Peraldo y Astorga. 2000).

El riesgo (R) es una función de la amenaza (A) por la vulnerabilidad (V) y se representa con la relación  $R= f(A*V)$ . De tal forma que si la vulnerabilidad tiende a cero, el riesgo será cero; La meta es llegar a un nivel de vulnerabilidad y de riesgo aceptable (Peraldo y Astorga. 2000).

Para Foschiatti (2011) el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un peligro. El concepto incluye la probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico y la valoración por parte del hombre en cuanto a sus efectos nocivos (vulnerabilidad). La valoración cualitativa puede hacerse cuantitativa también, a través de medición de pérdidas y probabilidad de ocurrencia. Cuando se cuenta con los datos adecuados para realizar un cálculo de probabilidades se puede definir el riesgo.

En algunos estudios realizados en Geografía de los riesgos, se pone de manifiesto que el concepto de peligro hace referencia a un suceso capaz de causar pérdidas graves donde se produzca. El peligro implica la existencia del hombre que determina cuando se produce un daño. Las inundaciones, sequías, tormentas, terremotos, erupciones volcánicas, huracanes y otros, son fenómenos naturales, que solo se convierten en peligros si ocurren donde vive las personas (Foschiatti, 2011).

Esta interpretación de los peligros naturales, da al hombre un protagonismo central en la definición, puesto que es a través de su localización, sus acciones y sus percepciones como un fenómeno natural se vuelven peligrosas o no. (Foschiatti, 2011).

## **II.2 La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al análisis de riesgo**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), rama de la Geomática, representan una novedosa herramienta, que permite capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas, la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación territorial y gestión (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Las tendencias actuales para lograr la prevención de sucesos, en este caso el riesgo de desastre, están dadas por la implementación de tecnologías novedosas que permitan brindar información oportuna para la toma de decisiones. Para ello se indica que el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) resulta crucial y necesario en el análisis de

todas las etapas o fases de ciclos de desastres, y que deben ser aplicados para generar mayores beneficios en la planificación del territorio, prevención y mitigación de desastres (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Los SIG constituyen actualmente, una herramienta vigorosa para la recopilación, almacenamiento, actualización, análisis y visualización de la información concerniente a la evaluación y manejo de riesgos naturales, facilitando la toma de decisiones en caso de desastres, concretamente en su caso, en la ocurrencia de riesgos sísmicos, pero que puede ser aplicado para otros eventos como movimientos de remoción en masa e inundaciones (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Los SIG adicionalmente, permiten mejorar la amplitud y profundidad de los análisis de riesgos, orientar los procesos de desarrollo, y asistir a planificadores en la selección de medidas de mitigación y la implementación de acciones de preparativos y respuesta. El uso de un SIG puede ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, referente a usos de tierra existentes y potenciales. Mediante la combinación de diferentes fuentes de información, un SIG posibilita descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos, que permita ayudar a los planificadores a evaluar el impacto de las amenazas en actividades de desarrollos existentes y propuestas (Maskrey A, 1998).

Una de las primeras aplicaciones de SIG para la evaluación de riesgos fue desarrollada en los años 70 y principios de los 80, por la oficina del Servicio Geológico de los Estados Unidos, para un condado del norte de California (Maskrey A, 1998). Otra aplicación pionera de SIG para el análisis de riesgos se llamó el *Emergency Preparedness Planning and Operations System* (EPPOS) que fue desarrollada para la ciudad de Los Ángeles a mediados de los 80. En América Latina, el proyecto piloto de la OEA sobre evaluación de amenazas naturales y mitigación de desastres en América Latina y el Caribe ha sido pionero en la promoción del uso del SIG para el análisis de riesgos. Según la documentación del proyecto, tres aplicaciones piloto fueron desarrolladas en 1985 en Santa Lucía, Honduras y Paraguay. Hasta 1993, se habían implementado más de 200

aplicaciones en 20 países de la región, integrando datos sobre amenazas, recursos naturales, población e infraestructura (Maskrey A, 1998).

Entre las aplicaciones con la herramienta están, no sólo generar mapas, sino llegar a establecer las zonificaciones de áreas susceptibles y amenazadas, por ejemplo, aquellas áreas afectadas por procesos de remoción en masa (Marcano, A y Cartaya, S, 2010).

Para Llorente y otros (2009), en el caso de los SIG aplicados a la evaluación de la exposición y vulnerabilidad, en el contexto Español, no cabe reseñar muchas innovaciones metodológicas, si bien se han producido ciertas mejoras en las fuentes de información del catastro en formato digital, que han facilitado su integración y cruce con los otros factores, mediante, por ejemplo, las nuevas infraestructuras de datos espaciales. Tampoco se han producido novedades en las técnicas y métodos para la integración del riesgo total, basado fundamentalmente en la combinación o superposición según en la evaluación multicriterio, si bien se han desarrollado algunos casos de interés como es el análisis de riesgo del plan de protección civil de Castilla-La Mancha.

Para Maskrey A (1998), se pueden usar varias técnicas para el análisis de riesgos en un ambiente SIG. Una primera técnica consiste en construir índices probabilísticos de riesgo, mediante la combinación de diferentes capas temáticas representando diferentes variables. En cada capa se describen las características espaciales, temporales, atributos y topología de una variable asociada con el riesgo. Por ejemplo, se combinan capas representando variables como la precipitación pluvial, la topografía, la geología y la cobertura vegetal, para inducir una probabilidad de erosión. A cada variable se le asigna un peso o valoración particular; asimismo, se definen diferentes algoritmos para combinar las variables.

Esta técnica se presta para el estudio de los procesos sociales y naturales que configuran el riesgo, para determinar áreas con niveles relativos de riesgo, sobre todo a una baja resolución. Conforme se aumenta la resolución, se requiere incorporar más capas, y la combinación de ellas se vuelve más complicada. Mientras que esta técnica permite indicar

los niveles probables de riesgo en determinadas zonas en forma relativa, no permite estimar posibles pérdidas, salvo que el análisis se realice a una resolución más alta y se combine con datos específicos sobre los elementos en riesgo (Maskrey A, 1998).

Una segunda técnica consiste en combinar capas temáticas sobre los elementos en riesgo y cruzarlos con otras capas. Esto permite estimar las pérdidas que podrían producirse en caso de manifestarse una amenaza de una magnitud determinada. En este caso, por ejemplo, pueden combinarse datos detallados sobre una red vial con datos sobre la amenaza de inundación, para determinar cuántos puentes se destruirían en una inundación que ocurra cada 20 años. Este tipo de aplicación puede identificar la existencia de una hidroeléctrica (representado por un punto) en una llanura de inundación (representado por un polígono), o un asentamiento de 400 familias en una ladera susceptible a deslizamientos (Maskrey A, 1998).

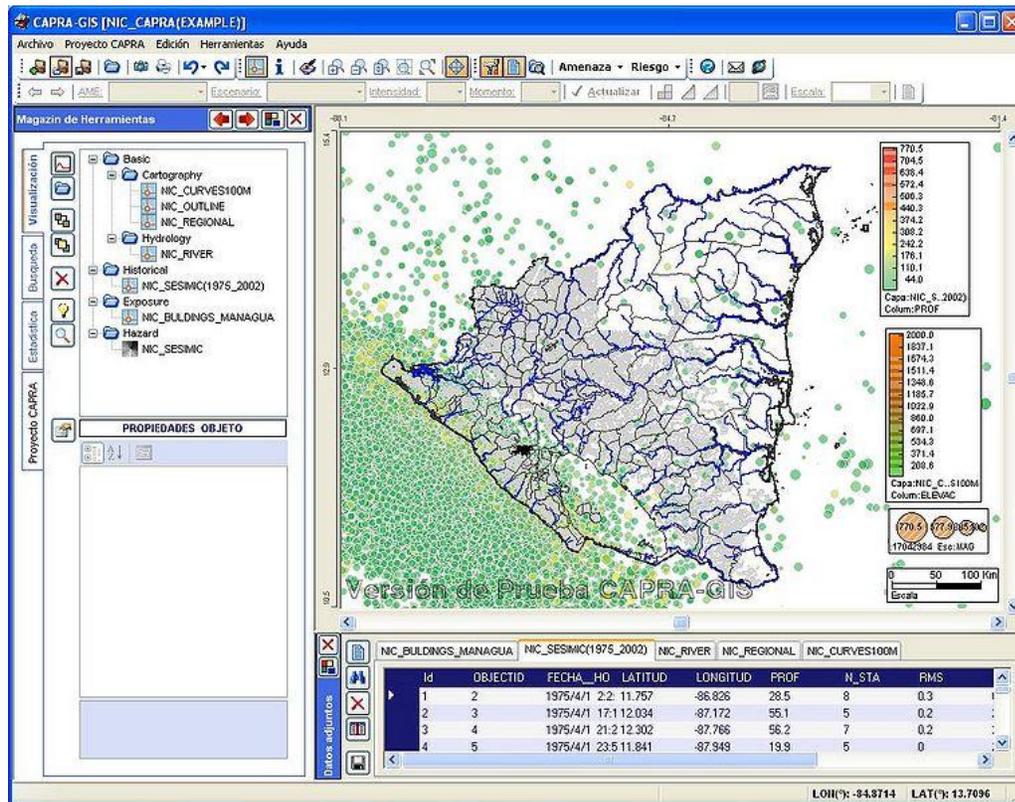
Las dos técnicas anteriores arriba mencionadas pueden describirse como inductivas, ya que inducen el nivel de riesgo a partir de combinaciones de datos específicos. También en los SIG para el análisis de riesgos se utilizan técnicas deductivas, construyendo patrones históricos de ocurrencia de desastres, para deducir un nivel probable de riesgo en una ubicación y período determinados. Las técnicas deductivas pueden utilizarse en aplicaciones a diferentes niveles de resolución. Las técnicas inductivas y deductivas pueden combinarse: por ejemplo, la integración de datos sobre fallas geológicas y placas tectónicas con datos sobre epicentros anteriores e intensidades para modelar la amenaza sísmica (Maskrey A, 1998)

En las aplicaciones que incorporan información sobre la vulnerabilidad, se maneja el concepto de riesgo como la probabilidad de pérdida, y por lo tanto, como una variable que puede medirse y cuantificarse. Según la literatura consultada, un SIG fue utilizado en 1987 para evaluar la vulnerabilidad a materiales tóxicos, de minorías "étnicas" en Santa Mónica (Maskrey A, 1998). De la misma manera, los SIG han sido utilizados para predecir el impacto social y económico de los sismos y huracanes, así como también para diseñar

sistemas de tránsito que permitan a los servicios de socorro llegar rápidamente a una zona de desastre; además, para hacer mapas de amenaza volcánica y de la población expuesta a ella, para estudiar las coincidencias entre áreas de amenaza de tornados, alta densidad poblacional, y la existencia de sistemas de alerta; la discriminación de paisajes susceptibles a malaria, y para combinar mapas de amenazas con datos sobre la vulnerabilidad física (Maskrey A, 1998).

Como tal, los análisis de riesgos llevados a cabo por los usuarios de los SIG tienden a enfocar la atención en las causas naturales y físicas de los desastres; más no en los procesos sociales, económicos y políticos que configuran tanto amenazas como vulnerabilidades (Maskrey A, 1998).

Para llevar a cabo estos análisis de riesgo, existen programas especializados como el CAPRA (Iniciativa de Evaluación Probabilista de Riesgos) que es una plataforma de software de código abierto para la evaluación de riesgos, que aplica técnicas probabilistas al análisis de las amenazas y pérdidas causadas por desastres naturales. Este programa fue diseñado desde un principio para ser modular y extensible. La información sobre amenazas se combina con la referente a la exposición y vulnerabilidad física, que le permite al usuario determinar el riesgo conjunto o en cadena con base en múltiples riesgos relacionados entre sí. El programa CAPRA está conformado por mapas de riesgo, evaluaciones de riesgo y herramientas de análisis costo-beneficio que apoyan la gestión proactiva del riesgo. CAPRA se puede asimismo utilizar para diseñar estrategias de financiamiento de riesgos. (CAPRA, 2012)



**Figura 3.** Interfaz del programa CAPRA GIS  
**Fuente:** <http://www.ecapra.org/es/software>

### II.3 Modelado espacial multicriterio aplicando sobreposición ponderada

Antes de la disponibilidad amplia de tecnología informática en los años 80, los análisis de riesgos fueron realizados utilizando técnicas analógicas, como la superposición manual de mapas temáticos. Esa técnica había sido utilizada durante muchos años para producir mapas de las amenazas ambientales; por ejemplo, para identificar polígonos donde existan terrenos aptos para la construcción, en zonas que no sufran de inundaciones. La misma técnica fue utilizada en 1982 para producir el Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana, mediante la superposición de capas cartográficas sobre la vulnerabilidad física de las construcciones (altura de las construcciones, materiales de construcción, estado de conservación, etc.), con información sobre la vulnerabilidad social y económica. (Maskrey A, 1998)

Técnicas analógicas de este tipo, sin embargo, tienen fuertes limitaciones para el análisis de riesgos, debido al impedimento físico de no poder superponer más que un número pequeño de mapas. Como tal, resultan insuficientes para manejar grandes volúmenes de datos o para realizar operaciones espaciales más sofisticadas. Por otro lado, la información que se produce es fundamentalmente estática en carácter, dado el tiempo y recursos requeridos para redibujar manualmente los mapas. (Maskrey A, 1998)

La herramienta de superposición ponderada, aplica uno de los métodos más utilizados para el análisis de superposición como son los problemas multicriterio, tales como la selección de sitios de interés y los modelos de capacidad. Como en todos los análisis de superposición, en el análisis de superposición ponderada, se debe definir el problema, romper el modelo en submodelos, e identificar las capas de entrada. (ESRI, 2010)

A modo de ejemplo, Pimentel E (2009) con el fin de identificar las zonas vulnerables y en proceso de degradación de suelos en la parte alta de la cuenca del río San Pedro (Honduras) utilizó un modelo espacial de análisis multicriterio llamado “sobreposición ponderada”, que toma los criterios del modelo y les asigna un peso de acuerdo a la importancia que tiene cada una en relación al objetivo del análisis, en este caso la identificación de las zonas vulnerables y en proceso de degradación. La fórmula utilizada fue

$$\text{puntuación} = \sum_{i=1}^k w_i \times s_{ij}$$

Donde:  $k$ : número de criterios  $j$ : alternativa  $j$  en estudio  $w_i$ : peso que representa la importancia relativa del criterio  $i$   $S_{ij}$ : puntaje que representa la realización de la alternativa relativa  $j$  en el criterio  $i$

En este sentido se seleccionaron seis criterios a evaluar (cobertura actual, conflicto de uso, erosión actual, fertilidad, incendios y pendiente). Además, el modelo espacial de análisis multicriterio se construyó en el programa *ArcGIS 9.x* utilizando el *Model Builder* que

combina, de acuerdo a la fórmula antes mencionada, los diferentes mapas elaborados para representar espacialmente los criterios seleccionados (Pimentel E, 200).

Reyes et al. (2004) realizaron una ponderación de los indicadores de vulnerabilidad y de los parámetros críticos, con el fin de determinar la importancia relativa de cada uno de los indicadores y parámetros en la vulnerabilidad a deslizamientos, se realizó una ponderación para asignar un mayor peso al valor que represente la situación más crítica y el menor peso al estado que indique la situación menos crítica. Para ello se usó el modelo siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad global} = \text{Índices de vulnerabilidad} * F = (a * F) + (b * F) + (c * F) + (d * F) + (e * F) + (f * F) + (g * F) + (h * F) + (i * F) + (j * F)$$

donde, a = física, b = social, c = ecológica, d = económica, e = política, f = técnica, g = ideológica, h = cultural, i = educativa, j = institucional, F = contribución relativa (%) de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global (0,15; 0,15; 0,10; 0,15; 0,05; 0,05; 0,05; 0,05; 0,15 y 0,10).

$$\text{Integración de factores críticos} = \text{Índices de factores críticos} * F = (a * F) + (b * F) + (c * F) + (d * F)$$

donde, a = tipo de cobertura vegetal, b = pendiente del terreno, c = intensidad de uso del suelo, d = cantidad de precipitación, F= contribución relativa (%) de cada parámetro a la criticidad (0,25; 0,30; 0,25; 0,20).

La distribución espacial de la vulnerabilidad y del grupo de parámetros críticos se realizó con la ayuda de *ArcView 3.3* (extensiones *Spatial Analyst* y *Model Builder*). Generaron un mapa de vulnerabilidad y otro de factores críticos, a partir de los valores promedios ponderados obtenidos para cada tipo de vulnerabilidad y para cada parámetro o factor crítico. La integración de la vulnerabilidad global con los factores críticos se realizó mediante la superposición de ambos mapas, dando como resultado el mapa de áreas críticas. Los niveles de vulnerabilidad resultaron de la integración (superposición ponderada) de la vulnerabilidad y la criticidad. Las áreas de intervención prioritarias son

aquellas en que la vulnerabilidad alta o muy alta coincide con los parámetros de criticidad alta o muy alta.

### **III. Capítulo. Metodología**

Se realizó una consulta bibliográfica especializada en el campo de gestión de riesgo, específicamente en aquellas aplicaciones donde se utilizaron herramientas como los Sistemas de Información Geográfica. También se realizan entrevistas que tienen entre sus principales propósitos, determinar aquellos proyectos institucionales que se han querido implementar o que se están ejecutando y que guarden similitud con la presente propuesta de investigación.

La información que se obtenga a partir de los segmentos censales proporcionados por el INEC, va a formar parte importante en la construcción de la variable Vulnerabilidad social: población y estructuras, que es una de las tres que forma el índice de riesgo según la metodología de Collins et al. (2009)

La siguiente metodología intenta implementar un modelo para la determinación del riesgo de desastre en el cantón de Santo Domingo de Heredia, lo anterior con la idea de poder utilizar dicho lugar, como plan piloto para su posterior aplicación en otros cantones del país.

Para operacionalizar el modelo, se usarán tres puntajes resultantes espacialmente relevantes, las cuales serán usados para medir el riesgo relativo a las amenazas de los distritos de Santo Domingo de Heredia. Esos tres indicadores son: amenazas biofísicas y tecnológicas (medidas con base en la densidad de las múltiples amenazas en cada segmento censal), la vulnerabilidad social (mediciones con características económicas y sociodemográficas) y el riesgo (la convolución de las dos) según la metodología de Collins et al. (2009) y serán modelados por medio de la aplicación *model buider* de ESRI.

Por la naturaleza del proyecto, existió la necesidad de solicitar al INEC los segmentos censales para el cantón de Santo Domingo con algunas variables demográficas, así como realizar consultas para recopilar cierta información sobre la problemática tratada a

jefaturas de las instituciones de emergencia del cantón. Además, se requirió el trabajo de campo para el levantamiento de datos referente a los barrios afectados por algún fenómeno natural o tecnológico.

### III.1 Amenazas biofísicas y tecnológicas

Un mapa integral de amenazas, con mediciones correspondientes para cada distrito, será creado al sumar índices calculados para cada amenaza individual. Para calcular tales índices, se usará el método de Índice de Densidad de Amenaza. Este método da a cada segmento censal un estimado basado en la densidad de cada amenaza en el territorio en cuestión. Esto será realizado con programas de Sistemas de Información Geográfica específicamente con Mapinfo 9.x y Arc Gis 10.x. Los puntajes de densidad calculados para cada una de los tipos de amenazas serán usados para crear 8 variables. Cada variable será estandarizada al dividir el puntaje de densidad de amenaza para cada segmento censal entre el valor del segmento mínimo para determinada amenaza, a fin de crear un índice de amenaza único que varía de 0 a 1.00, indicando mayor amenaza al valor más alto.

Entre las principales fuentes de información sobre amenazas, está la identificación en campo de las mismas, así como la consulta bibliográfica tanto de documentación especializada como de periódicos donde vengán registrados las amenazas a considerar en el estudio, esto con la idea de espacializar dichas amenazas que sirvan de base para la obtención del producto final que es la elaboración de un mapa de riesgo integral.

<b>Índice de riesgo</b>	<b>Dirección de influencia</b>
<b><u>Amenazas biofísicas</u></b>	
<b>Inundaciones</b>	↑
<b>Deslizamientos</b>	↑
<b>Erupción volcánica</b>	↑
<b>Terremoto</b>	↑
<b><u>Amenazas tecnológicas</u></b>	↑
<b>Zonas industriales</b>	↑

<b>Línea del tren</b>	↑
<b>Poliducto</b>	↑
<b>Estaciones de servicio</b>	↑
<b><u>Vulnerabilidad Física</u></b>	
<b>Asentamientos expuestos</b>	↑
<b>Resistencia de estructuras</b>	↓
<b>Infraestructura destinada a Emergencias</b>	↓
<b>Accesibilidad a la comunidad</b>	↓
<b><u>Vulnerabilidad social: población y estructuras</u></b>	
<b>Población total</b>	↑
<b>Total de viviendas</b>	↑
<b>Organización comunal</b>	↓
<b>Instituciones presentes en la zona</b>	↓
<b>Ubicación y tipo de servicios de salud</b>	↓
<b>Población femenina</b>	↑
<b>Participación de la mujer en gestión de riesgos</b>	↓
<b>Número de personas menores de 18 años</b>	↑
<b>Número de personas mayores de 64 años</b>	↑
<b>Población discapacitada</b>	↑
<b><u>Vulnerabilidad política</u></b>	
<b>Participación comunitaria en decisiones</b>	↓
<b>Liderazgo</b>	↓
<b>Apoyo gubernamental a la comunidad</b>	↓
<b><u>Vulnerabilidad técnica</u></b>	

<b>Equipos y obras para mitigar</b>	↓
<b>Tecnologías de construcción</b>	↓
<b><u>Vulnerabilidad económica</u></b>	
<b>Personas sin seguro</b>	↑
<b>Estado de la vivienda</b>	↑
<b>Consumo eléctrico residencial</b>	↓
<b>Viviendas ocupadas por inquilinos</b>	↑
<b><u>Vulnerabilidad educativa</u></b>	
<b>Nivel medio de educación</b>	↓
<b>Educación en gestión de riesgos</b>	↓
<b><u>Vulnerabilidad institucional</u></b>	
<b>Instituciones relacionadas con la prevención</b>	↓
<b>Planes de mitigación</b>	↓
<b>Cursos de capacitación</b>	↓

**Cuadro 1.** Composición del índice de riesgo,

↓ disminuye el índice, ↑ aumenta el índice

**Fuente:** Collins et al. (2009)

Para la variable deslizamiento se utilizó la metodología de Mora-Vahrson-Mora, donde se menciona que la combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente, alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos) (Mora, et al., 1992). Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos) actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio, la mayoría de las veces precario, que se mantiene en la ladera (Mora, et al., 1992).

Es así como se considera que el grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo (Mora, et al., 1992):

$$H = EP * D$$

donde:

H: grado de susceptibilidad al deslizamiento,

EP: valor producto de la combinación de los elementos pasivos, y

D: valor del factor de disparo.

Por su parte el valor de los elementos pasivos se compone de los siguientes parámetros (Mora, et al., 1992):

$$EP = S_l * S_h * S_p$$

donde:

$S_l$  : valor del parámetro de susceptibilidad litológica,

$S_h$  : valor del parámetro de humedad del terreno, y

$S_p$  : valor del parámetro de la pendiente.

El factor de disparo se compone de los siguientes parámetros (Mora, et al., 1992):

$$D = D_s + D_{ll}$$

donde:

$D_s$  : valor del parámetro de disparo por sismicidad, y

$D_{ll}$  : valor del parámetro de disparo por lluvia.

Sustituyendo los parámetros apropiados, la ecuación original se puede expresar como (Mora, et al., 1992):

$$H = (S_l * S_h * S_p) * (D_s + D_{ll})$$

De esta ecuación se pueden derivar las relaciones (Mora, et al., 1992):

$$H_s = (S_l * S_h * S_p) * (D_s)$$

$$H_{ll} = (S_l * S_h * S_p) * (D_{ll})$$

donde:

$H_s$  : susceptibilidad al deslizamiento por sismicidad, y

$H_{ll}$  : susceptibilidad al deslizamiento por lluvias.

Para los resultados de la combinación de todos los factores no se puede establecer una escala de valores única, pues los mismos dependen de las condiciones de cada área estudiada. Por este motivo, se sugiere dividir el rango de valores obtenidos, para el área de estudio, en cinco clases de susceptibilidad y asignar los calificativos que se presentan en el cuadro 2 (Mora, et al., 1992):

Clase	Calificativo de susceptibilidad al deslizamiento	Característica
I	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.
III	Moderada	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos urbanos de baja densidad.
IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (< 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
V	Muy alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (> 50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección.

**Cuadro 2:** Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento.

**Fuente:** Mora, et al., 1992

El parámetro de la pendiente utiliza las clases de pendiente según la clasificación denominada van Zuidam , con las cuales se describen los procesos característicos y esperados, y las condiciones del terreno, así como una leyenda de colores sugerida por el

mismo autor (Cuadro 3). Las clases de pendientes pueden coincidir con los sectores críticos, donde los procesos de deslizamiento son dominantes.

Clase de pendiente		Condiciones del terreno	Color sugerido	Valor del parámetro $S_p$
Grados	Porcentaje			
0-2	0-2	Planicie, sin denudación apreciable	Verde oscuro	0
2-4	2-7	Pendiente muy baja, peligro de erosión	Verde claro	1
4-8	7-15	Pendiente baja, peligro severo de erosión	Amarillo	2
8-16	15-30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro severo de erosión.	Naranja	3
16-35	30-70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos	Rojo claro	4
35-55	70-140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible	Rojo oscuro	5
> 55	> 140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada	Morado	6

**Cuadro 3:** Clases de pendientes, condiciones del terreno, colores sugeridos y valoración del parámetro  $S_p$ .

**Fuente:** Mora, et al., 2002

La clasificación del mapa geológico tiene como objetivos: dar un valor del comportamiento de cada una unidad, ante los deslizamientos, tomando en cuenta sus características físico-mecánicas.

Calificativo Y valor de L	Litología	Características físico-mecánicas típicas
Bajo Valor de L = 1	Aluviones: gruesos, permeables, compacto, con nivel freático bajo. Calizas: duras, permeables. Intrusivos: poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesita, ignimbritas y similares: sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas: sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo	Sanos con poco o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas sin rellenos.
Moderado Valor de L = 2	Rocas sedimentarias: poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica o métrica), poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias.	Resistencia al corte media a elevada, fracturas cizallables.
Medio Valor de L = 3	Rocas sedimentarias, rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas: medianamente alteradas. Coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados: drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Resistencia al corte: moderada a media, fracturación importante.
Alto Valor de L = 4	Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Resistencia al corte: moderada a baja.
Muy alto valor de L = 5	Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevados.	Resistencia al corte: muy baja, materiales blandos con muchos finos.

**Cuadro 4:** Clasificación del factor litológico L, valorando la susceptibilidad a la inestabilidad de las laderas

**Fuente:** Mora, et al., 1992

El parámetro de humedad del terreno ( $s_h$ ) se determina a partir de los promedios mensuales de precipitación, efectuando con ellos un balance hídrico simplificado, en donde se asume una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes, por lo tanto, precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no conducen a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm si la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm conducen a una humedad del suelo muy alta (Mora, R. et al., 1992). Seguidamente, a los promedios mensuales se les asignan los valores del cuadro 5 y se efectúa la suma de estos valores para los doce meses del año, con lo que se obtiene un valor que puede oscilar entre 0 y 24 unidades. El resultado refleja los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de humedad en el terreno (Mora, R. et al., 1992). La valoración del parámetro se presenta en el cuadro 6.

Promedio de precipitación mensual [mm]	Valor asignado
< 125	0
125-250	1
>250	2

**Cuadro 5:** Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia

**Fuente:** Mora, et al., 1992

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro $S_h$
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy alto	5

**Cuadro 6:** Valoración del parámetro humedad del terreno ( $S_h$ )

**Fuente:** Mora, et al., 1992

El potencial de generación de deslizamientos por actividad sísmica puede correlacionarse con la escala de intensidades Mercalli-Modificada (Mora, et al., 1992).

Intensidad Mercalli-Modificada	Aceleración pico (%g) (Trifunac & Brady, 1975)	Valoración del parámetro $D_s$
I	0.3-0.6	1
II	0.6-1.1	2
III	1.1-2.2	3
IV	2.2-4.5	4
V	4.5-8.9	5
VI	8.9-17.7	6
VII	17.7-35.4	7
VIII	35.4-70.5	8
IX	75-140.8	9
X	140.8-280.8	10
XI	280.8-560.4	11
XII	> 560.4	12

**Cuadro 7:** Valoración del parámetro de disparo por sismicidad  $D_s$ .

**Fuente:** Mora, et al., 2002

El parámetro de disparo por lluvia consideran las intensidades de lluvias potencialmente generadoras de deslizamientos, se utiliza la lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 100 años, aplicando la distribución de valores extremos Gumbel tipo I (Ver anexo 1) o LogPearson tipo III a series temporales con más de 10 años de registro (Mora, R. et al., 1992). En el cuadro 8 se aprecia la valoración del parámetro  $D_{II}$ .

Lluvia máxima en 24 horas, período de retorno 100 años [mm]	Descripción	Valor del parámetro $D_{II}$
< 100	Muy bajo	1
100-200	Bajo	2
200-300	Medio	3
300-400	Alto	4
> 400	Muy alto	5

**Cuadro 8:** Valoración del parámetro de disparo por lluvias  $D_{II}$

**Fuente:** Mora, et al., 1992

Como forma de complementar la metodología de Mora-Vahrson-Mora (MVM) se realizó un mapa geomorfológico el cuál se generó a partir de la interpretación de curvas de nivel

cada 5 metros, imágenes aéreas, trabajo de campo para realizar la comprobación respectiva y el mapa geomorfológico generado para el PRUGAM.

Una vez obtenido el índice tanto para las amenazas biofísicas como para las amenazas tecnológicas, se realiza una unión entre ambas para la cual se procede con una sumatoria y luego obtener el índice de 0 a 1 en donde el valor más alto de la sumatoria se divide entre los demás valores generando dicho índice.

### **III.2 Vulnerabilidad social integral**

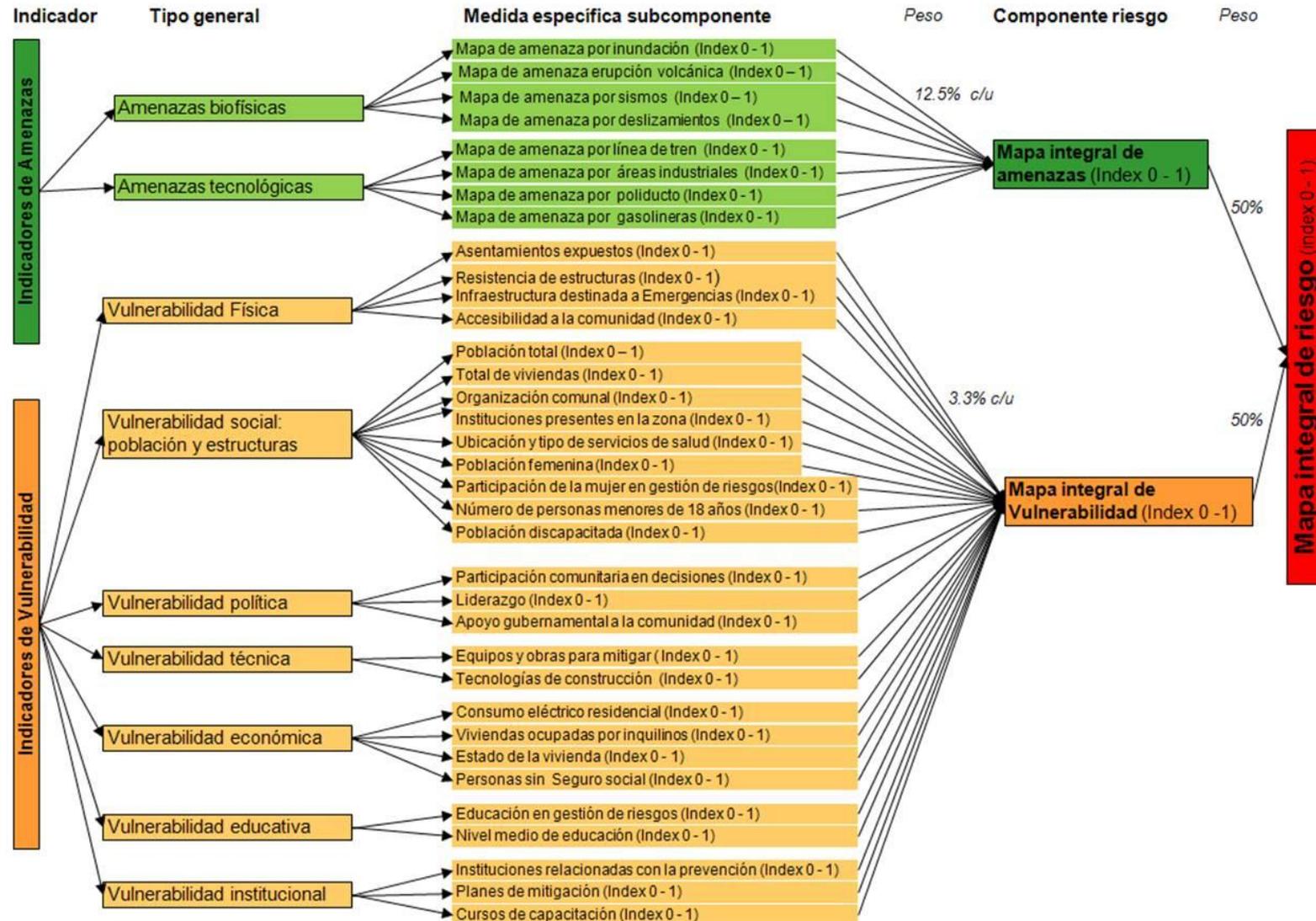
Un mapa de vulnerabilidad social integral, con mediciones correspondientes para cada segmento censal, será creado al sumar todos los índices de variables de vulnerabilidad social individual. Para las variables Estructura y Población, Acceso a Recursos y Componentes de Status Socioeconómico de vulnerabilidad social, datos de censos para cada una de las variables serán usadas para crear índice de variables de vulnerabilidad social. Las variables individuales para el status socio-económico (excepto por la densidad de la variable unidades habitacionales ocupadas mediante renta) y los componente de capacidad institucional de la vulnerabilidad, serán calculadas al crear medidas medias (ejemplo: per cápita) estandarizadas.

Como con las variables de amenaza, cada variable de vulnerabilidad social será estandarizada al dividir el valor de la variable en cada distrito entre el máximo valor distrital (*máximum block value*) de la variable, para crear un índice que varía entre 0 y 1.00, con el más alto valor indicando la vulnerabilidad mayor. Una vez que los valores del índice son calculados, ellos serán sumados, re-indexados en una nueva escala de 0 a 1.00, asignada a cada uno de los distritos e importada al SIG como una capa de datos. Estos valores serán luego estratificados utilizando el método de quiebres naturales y desplegados en los mapas. Al igual que con el índice integrado de amenazas, un puntaje índice de vulnerabilidad social integral será creado en superficie a través de los segmentos censales para aumentar la visualización.

### **III.3 Riesgo integral**

La intersección espacial de las amenazas y la vulnerabilidad social produce variación en el riesgo del área estudiada. Para obtener el índice de riesgo final, se combinarán las capas de amenazas y vulnerabilidades dentro del Sistema de Información Geográfica. Todas las capas serán tratadas de igual manera y recibirán la misma importancia para estimar el riesgo total. Se sumarán los puntajes de los índices de amenaza y vulnerabilidad de cada distrito. Luego se estandarizarán estos puntajes al dividir el valor de cada segmento censal entre el máximo valor del segmento censal para crear un índice que varía de 0 a 1.00, siendo 1.00 el máximo riesgo. Estos puntajes de los índices de riesgo estratificados por el método de quiebres naturales y mapeados. Con los índices integrales de amenaza y vulnerabilidad, se creará una superficie de puntaje de índice de riesgo integral a través de los segmentos censales (Ver figura 4).

Figura 4: Índice integral de riesgo



## IV. Capítulo. Análisis de resultados

A continuación, se generan una serie de variables a partir de una sucesión de indicadores previamente seleccionados y ya comentados. Cada variable trata de reflejar cada una de las características principales, vinculadas con la determinación del riesgo de desastre por medio de un índice resumen.

### IV.1 Determinación del riesgo de desastre

#### IV.1.1 Amenazas biofísicas

En función de datos recolectados en campo y de registros documentados como la utilización de un mapa geomorfológico y la metodología de Mora-Varhson-Mora, se puede realizar una adecuada identificación de las amenazas biofísicas presentes en el cantón.

La variable amenaza biofísica utiliza varios indicadores como son las inundaciones, deslizamientos, erupción volcánica y terremotos. Cada uno de estos indicadores aumenta el grado de amenaza. (Ver cuadro 9)

Amenazas biofísicas	Dirección de influencia
Inundaciones	↑
Deslizamientos	↑
Erupción volcánica	↑
Terremoto	↑

**Cuadro 9.** Amenazas biofísicas

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Collins et al. (2009)

Para el caso de la amenaza por inundación, el cantón ha sido afectado en varias zonas. Entre los sitios más afectados está la comunidad de Fátima, en la cual se han presentado en dos oportunidades (en 1999 y 2010) dejando sin vivienda a varias familias.

Otro punto afectado por las inundaciones, es el sector del Rincón de Ricardo donde en el 2010 tres casas fueron fuertemente afectadas por dichas inundaciones. En la foto 1 se observa la casa de Don Helio Fonseca, la cual fue afectada por las inundaciones en ambos eventos.

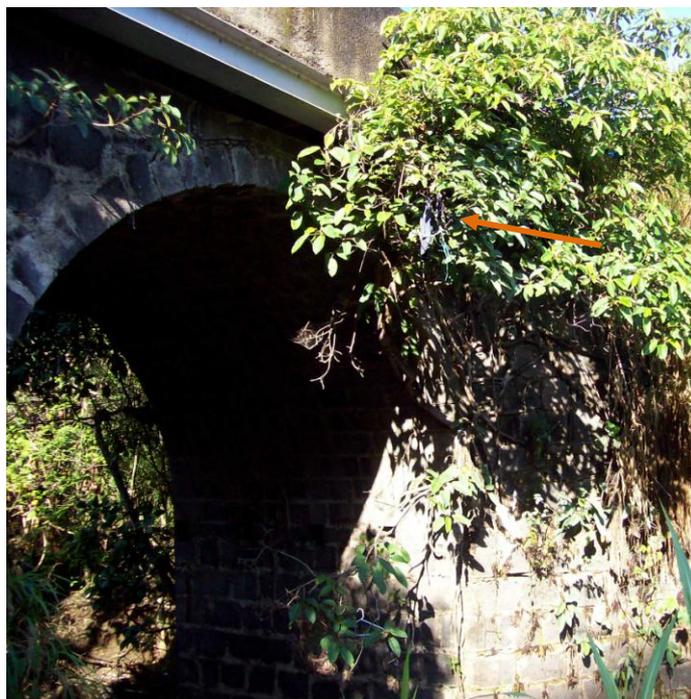


**Foto 1:** Sector de Rincón de Ricardo, se observa la indicación de hasta donde subió el nivel de agua del río Bermúdez.



**Foto 2:** Sector de Rincón de Ricardo, se observa la planicie de inundación del río Bermúdez.

En este sector las terrazas fluviales también son ocupadas por estructuras pertenecientes a instituciones públicas como las de AyA (Ver foto 2), las cuales por ubicarse en este sitio, se han visto afectadas por las crecidas del río Bermúdez.



**Foto 3:** Sector de Rincón de Ricardo, puente sobre el río Bermúdez.

Muchos de los problemas presentados en la comunidad del Rincón de Ricardo se podrían asociar a que las personas construyen sus viviendas en la planicie de inundación del río, pero además aumenta por el mal hábito de botar la basura a los ríos como se puede apreciar en la foto 3.

La descarga de basura y la utilización de puentes tipo arco construidos en la década de los cuarenta, hace que durante las crecidas del río se produzcan inundaciones de diferentes magnitudes en estos lugares, producto del cuello de botella que se genera al pasar el caudal por el sector del puente. Por ejemplo, en la crecida del año 2010, el agua sobrepasó la altura del puente, estimado en 9,32 metros de altura.

Otro de los puntos donde se generan inundaciones es el distrito de Paracito, específicamente en la calle Manantiales. Esta calle con lluvias de alta intensidad, provoca que las alcantarillas se saturen, generando socavamientos laterales en ambos lados de la vía.



**Foto 4:** Sector de calle Manantiales, socavamiento de la calle.

de la vía, formando barrancos que superan los 1,67 metros de altura (Ver foto 4) e inundaciones.

Cabe de mencionar que la calle Manantiales es compartida por dos cantones (Moravia y Santo Domingo); en Moravia es donde se capta la mayor cantidad del caudal que posteriormente escurre por el drenaje lateral de la calle Manantial, provocando así las inundaciones en el cantón de Santo Domingo (Fotos 4 y 5).



**Foto 5:** Sector de calle Manantiales en Santo Domingo, ruptura del alcantarillado por presión del agua.

Existen otros lugares del cantón de Santo Domingo que presentan situaciones más localizadas, que no abarcan mucha extensión cuando el evento de inundación se

presenta, sin embargo, no dejan de ser importantes para tomarlos en cuenta al momento de realizar un estudio de riesgo, como en el sector del centro del distrito de Santa Rosa específicamente las casas que colindan con INBio en la parte norte.

Entre estos lugares se puede mencionar el sector de San Miguel Sur (Ver mapa 2), camino a la comunidad de Los Ángeles. En este punto, a pesar de bajar la escorrentía superficial de una forma rápida, por lo inclinado del terreno no ha generado grandes consecuencias en las viviendas del lugar, únicamente produciendo inundaciones en eventos extremos de precipitación.

Otros tres puntos se pueden apreciar en el distrito de Santa Rosa, el primero de ellos se encuentra en lo que conoce como la “Vuelta del Virilla”, sector límite entre Santo Domingo y San José. Otro punto, es el sector conocido como San Martín en el cual el proceso es similar al de Barrio Fátima. En este último sitio en el año 2010 se presentó una inundación que provocó la pérdida de 5 viviendas, según lo comentó Marvin Ocampo (Comunicación personal, 2012) vecino de la zona.



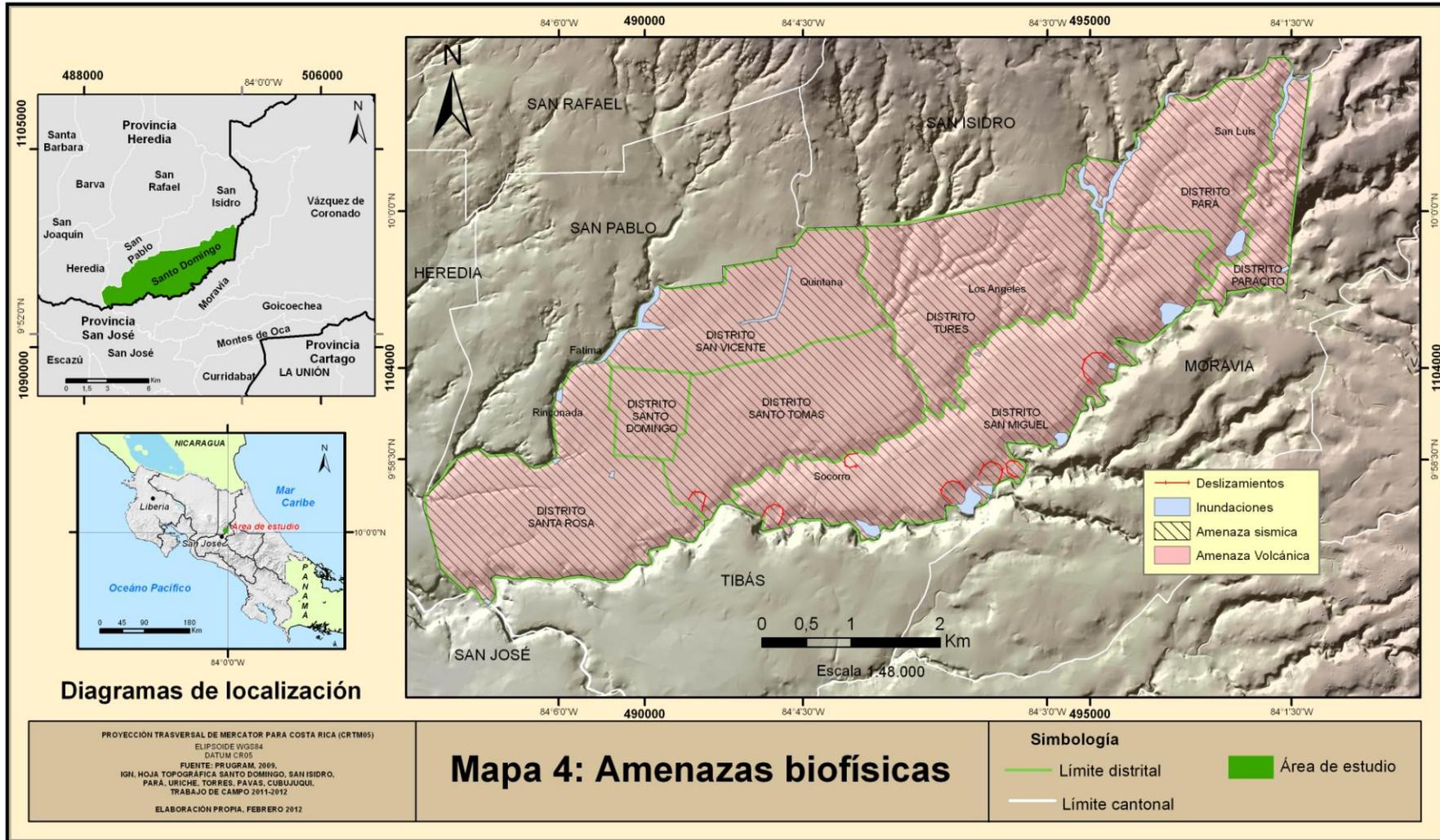
**Foto 6:** Sector de San Martín, tubería quebrada que provoca escorrentía superficial ocasionando peso en los muros de contención.

Existen otros puntos en el cantón, en las que se han realizado algunas obras para contener en parte las inundaciones, como el sector de La Quintana. En dicho lugar se ha venido realizando una canalización de una pequeña quebrada, con el fin de que no se continúe el proceso de la erosión lateral de calle. Sin embargo, esta canalización tiene la

desventaja de generar una mayor velocidad de la escorrentía superficial, lo que produce una mayor erosión en aquellos lugares donde no se han canalizado las aguas y generando inundación quebrada abajo, específicamente en el residencial Quizarco.

Es importante destacar que la quebrada fue utilizada en algún momento para el traslado de agua desde San Isidro de Heredia hasta Santo Tomás de Santo Domingo, para ser utilizada en un beneficio de café. Al desaparecer dichas instalaciones para el procesado del café, surge un mal manejo de la quebrada, generando socavamientos laterales en las calles del lugar (Ver foto 7) y la destrucción de un puente en el sector que comunica el residencial Yurusti con el polideportivo de Santo Domingo.

En el distrito de Pará, también se presentan inundaciones, propiamente en el sector de San Luis, asociadas a los ríos Tibás, Pará y el río Tranqueras(Ver mapa 2); sin embargo, no han ocasionado tantos daños como el río Bermúdez, posiblemente por la menor densidades de viviendas.



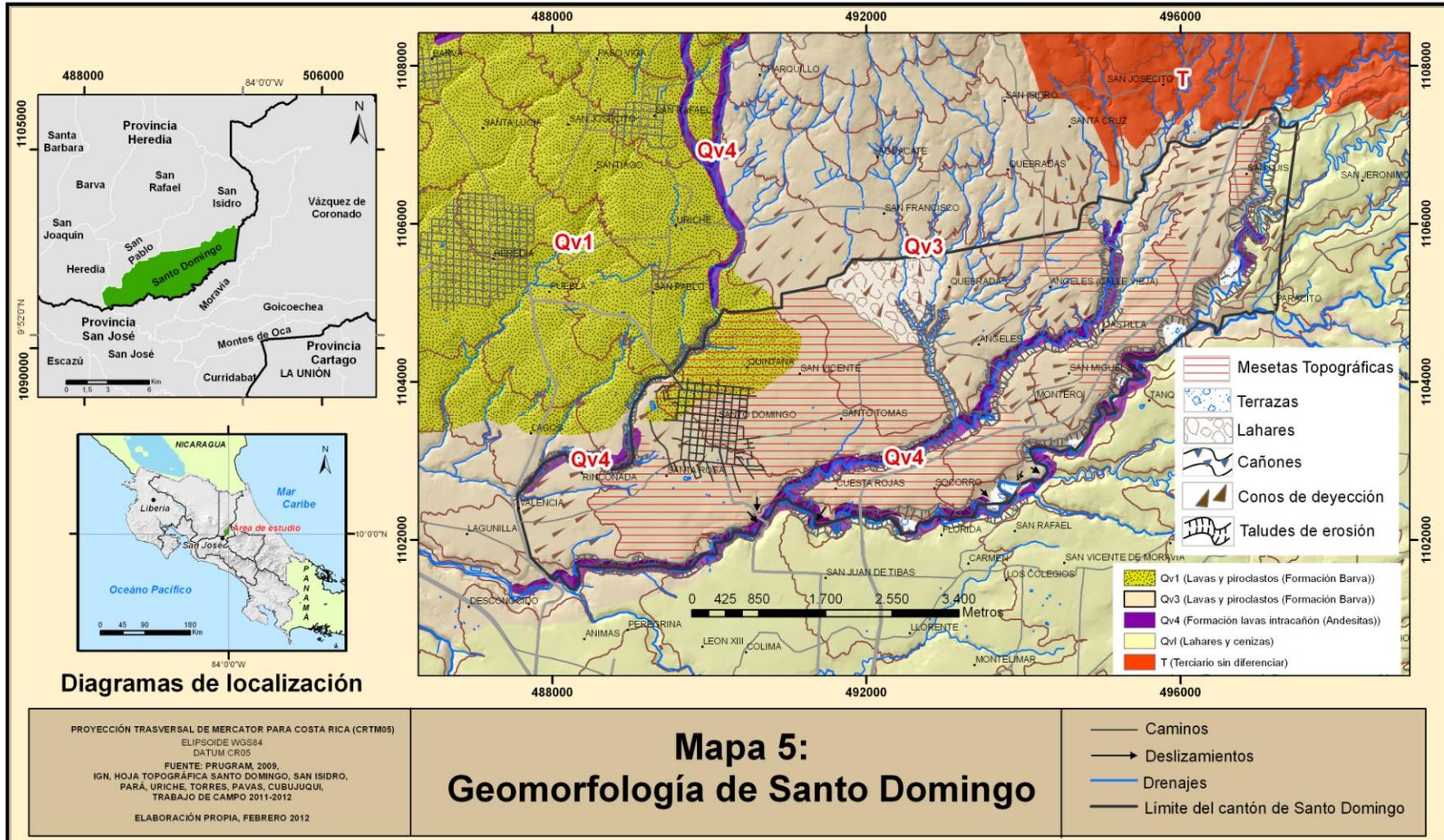


**Foto 7:** Sector de La Quintana, se observa la canalización de las aguas y socavamiento del camino.

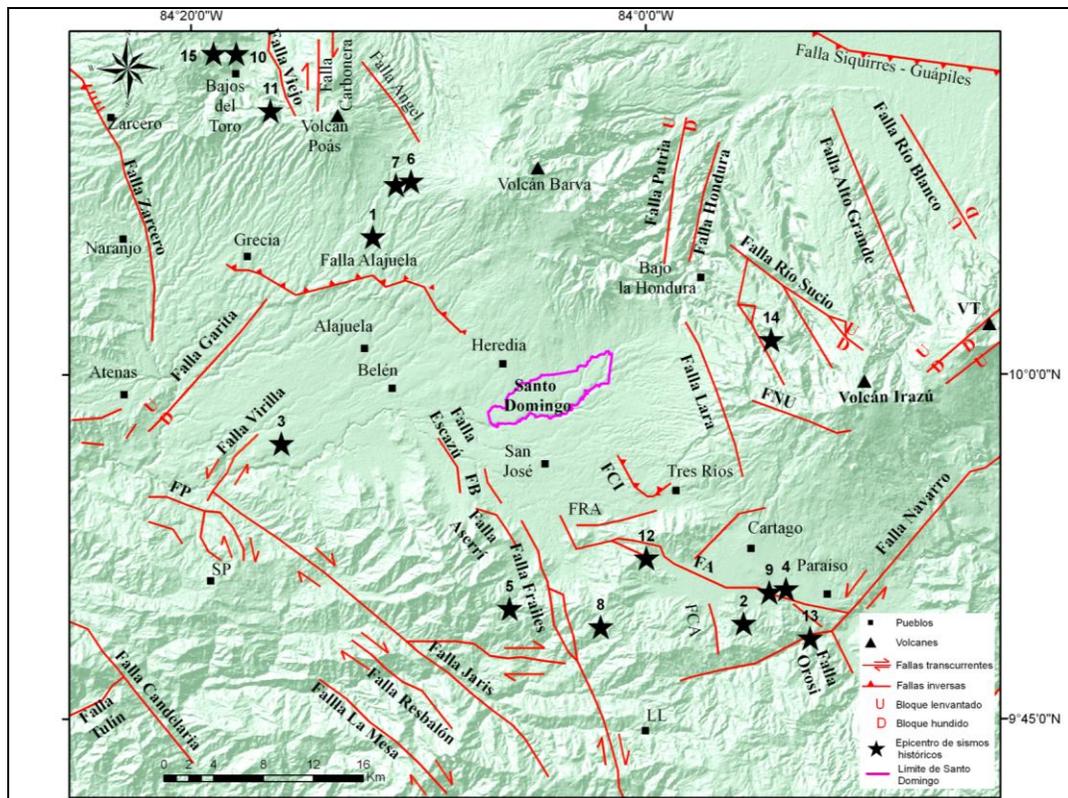
Analizando el mapa geomorfológico (Ver mapa 5) se pueden visualizar otros lugares potenciales a inundación, como son todas aquellas terrazas aluviales en algunos puntos a lo largo de la cuenca del río Virilla como también en la subcuenca del río Tibás. Las terrazas aluviales identificadas en el mapa geomorfológico vienen como zonas de inundación en el mapa de amenazas biofísicas.

La amenaza sísmica para el cantón de Santo Domingo de Heredia deriva fundamentalmente de las fuentes sísmicas que rodean al cantón, es decir, el fallamiento de las áreas Bajo de la Hondura-Volcán Turrialba, Sureste del denominado Valle Central, Belén-Escazú y Poás (Ver mapa 6). Según Fernández (2011), el área Bajo de la Hondura-Volcán Turrialba es básicamente una zona de fallas normales cortas (< 20 km) de rumbo noroeste y algunas de orientación noreste ubicada en el extremo suroriental de la Cordillera Volcánica Central. Las fallas Río Blanco, Elia, Ariete, Patria y algunos sectores de la falla Río Sucio son de desplazamiento normal mientras que Lara y Río Sucio son transcurrentes. En las faldas del Volcán Poás hay tres importantes fallas, a saber: Ángel, Carbonera y Viejo, todas de rumbo noroeste. La falla Ángel fue la que causó el Terremoto de Cinchona del 2009.

La Falla Alajuela es la mejor conocida de las que atraviesan el subsuelo del Valle Central, es una falla inversa que se extiende desde Grecia hasta Santa Bárbara de Heredia. Otras fallas conocidas del área son Cipreses, Ochomogo y Río Azul.



Probablemente existan más fallas en el Valle Central pero es difícil reconocerlas por la cobertura de concreto y materiales volcánicos del valle.



**Mapa 6.** Fallas mapeadas en el centro de Costa Rica. Los triángulos indican volcanes y los cuadrados ciudades. El alineamiento de los volcanes marca el eje longitudinal de la Cordillera Volcánica Central. Las ciudades Cartago, San José, Heredia y Alajuela están localizadas dentro del Valle Central. Las fallas Escazú y Aguacaliente definen el borde sur de dicho valle. Las fallas localizadas al sur del área pertenecen a la Cordillera de Talamanca. +|-: Falla normal, el signo + indica el bloque levantado y el signo - representa el bloque hundido. Flechas opuestas a lo largo de una traza indican falla transcurrente y las trazas dentadas son fallas inversas. FPI: Falla Patria, Falla Picagres, FV: Falla Virilla, FSI: Falla San Ignacio, FAS: Falla Aserrí, FB: Falla Belohorizonte, FES: Falla Escazú, FRA: Falla Río Azul, FC: Falla Cipreses, FCA: Falla Cangreja, FOCH: Falla Ochoмого, FOR: Falla Orosí, FA: Falla Ariete, FE: Falla Elia, VP: Volcán Poás, VI: Volcán Irazú y VT: Volcán Turrialba. Falta FA y FE. **Fuente:** Fernández (2011).

Las fallas más importantes de la Cordillera de Talamanca y de interés para este estudio son Navarro, Orosí, Aguacaliente, el Sistema Frailes-Belohorizonte-Escazú y Jaris. Navarro es una gran falla transcurrente que intersecta y desplaza a la Falla Orosí, una corta falla de desplazamiento normal. La Falla Aguacaliente presenta evidencia de desplazamiento normal (Woodward-Clyde, 1993) y se considera la responsable de los

terremotos de Cartago de 1841 y 1910. El sistema Frailes-Belohorizonte-Escazú se extiende por 30 km y de acuerdo con Fernández y Montero (2002), este sistema combina movimiento dextral y de levantamiento y consiste de trazas de falla discontinuas. Jaris se caracteriza por ser de rumbo noroeste y de desplazamiento horizontal.

Como se aprecia en el Mapa 6 en las zonas sísmicas que rodean al cantón de Santo Domingo se han originado sismos de magnitudes cercanas a 6 grados, siendo los grandes y destructivos los de Cartago de 1910 y Cinchona 2009.

No.	Nombre	Año	Magnitud	Zona sísmica
1	Temblor de Barva	1776	5,6	Poás
2	Terremoto de Cartago	1834	5,2	SVC
3	Temblor de Alajuela	1835	5,8	Puriscal
4	Terremoto de Cartago	1841	5,8	SVC
5	Temblor de Alajuelita	1842	5,4	SVC
6	Terremoto de Fraijanes	1851	5,5	Poás
7	Terremoto de Fraijanes	1888	5,8	Poás
8	Temblor de Tablazo	1910	5,2	SVC
9	Terremoto de Cartago	1910	6,4	SVC
10	Terremoto Toro Amarillo	1911	6,1	Poás
11	Terremoto de Sarchí	1912	6,2	Poás
12	Temblor de Tres Ríos	1912	5,2	SVC
13	Terremoto de Paraíso	1951	5,2	SVC
14	Terremoto de Patillos	1952	5,5	Irazú
15	Terremoto de Toro Amarillo	1955	5,8	Poás

Nota: SVC: Sur del Valle Central.

#### **Cuadro 10.** Temblores históricos de Costa Rica Central

**Fuente:** Fernández (2011).

Por los temblores de estas fuentes y los grandes temblores de subducción del país, el territorio domingueño está expuesto a las mayores aceleraciones de las partículas del suelo generadas durante los movimientos sísmicos. Tales aceleraciones pico varían entre 501 y 600 gals (Benito, et al., 2012). lo que según Linkimer (2008) correspondería con intensidades sísmicas entre VIII y IX grados en la Escala Mercalli Modificada. Los valores de intensidad VIII y IX incluyen los siguientes efectos de los temblores: pánico general, destrucción de construcciones de mediana y de baja calidad, daños generales en los cimientos y en las armazones de los edificios, graves daños en represas y rotura de tuberías subterráneas y grietas visibles en el suelo.

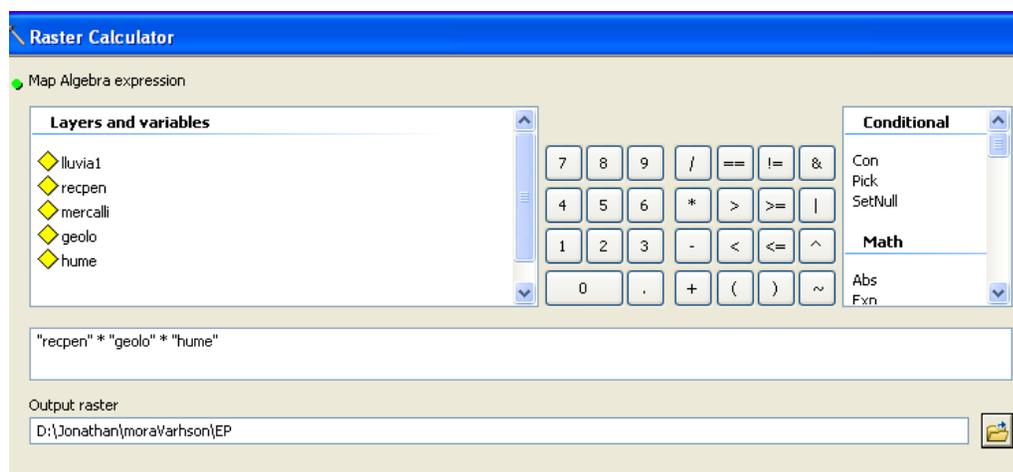
Con base en mapas topográficos 1:50000, fotografías aéreas, interpretaciones de mapas geológicos y geomorfológicos y resultados de investigaciones de campo, Paniagua y Soto (1986) reconocieron los peligros volcánicos potenciales de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica y según ese estudio, el cantón de Santo Domingo de Heredia puede ser afectado por caída de ceniza emitida desde el Volcán Irazú. Grandes volúmenes de ceniza pueden poner en peligro obras civiles cercanas al volcán, lo cual no es el caso de área estudiada pero si puede haber daño por las finas partículas que pueden afectar los campos agrícolas y con ellos la producción y subsistencia de algunas familias. El polvo fino puede incrementar los cuadros de asma y generar problemas respiratorios en la población. Pero no solo eso, las cenizas y los gases tóxicos que las acompañan son capaces de contaminar las aguas y los pastos produciendo la muerte a los animales domésticos y al ser humano si es que las fuentes de agua potable se contaminan también. Sin embargo, el daño más grave que se podría esperar hoy día, por la caída de cenizas volcánicas, podría ser el desperfecto de carros y equipos modernos como las computadoras, lo cual podría interrumpir el funcionamiento del comercio, la industria y muchas otras actividades del ser humano(Ver foto 8).



**Foto 8.** Emisión de cenizas del Volcán Irazú en 1963.

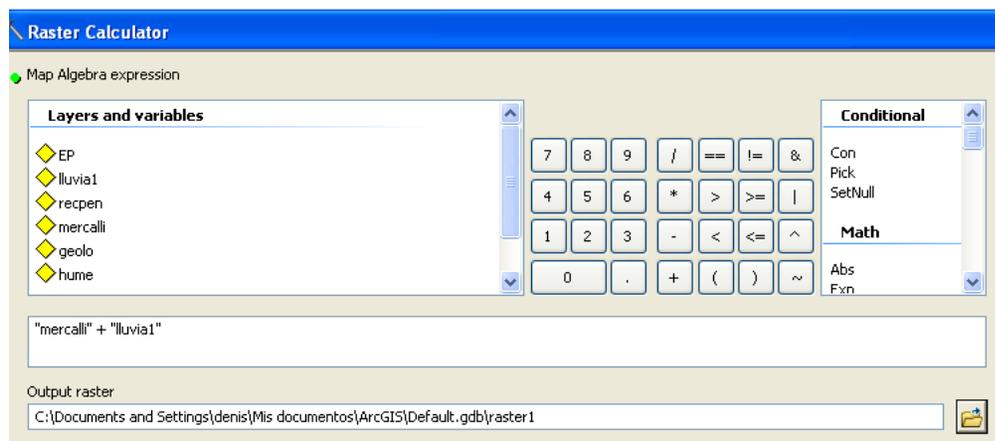
**Fuente:** [www.cartagovirtual.com](http://www.cartagovirtual.com)

Para el caso de los deslizamientos, se determinó a partir de la elaboración de un mapa geomorfológico (Ver mapa 6) y la metodología Mora-Varhson-Mora. Esta metodología permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad a deslizamiento de la región estudiada y de los fenómenos que influyen mayormente esta condición (Mora, et al., 1992). En aquellos lugares donde se detectó deslizamiento, ya sea en el mapa geomorfológico como por la metodología Mora-Varhson-Mora, únicamente se contabilizará una vez. En la metodología Mora-Varhson-Mora se consideraron como área deslizamiento los lugares que quedaron en las dos categorías superiores.



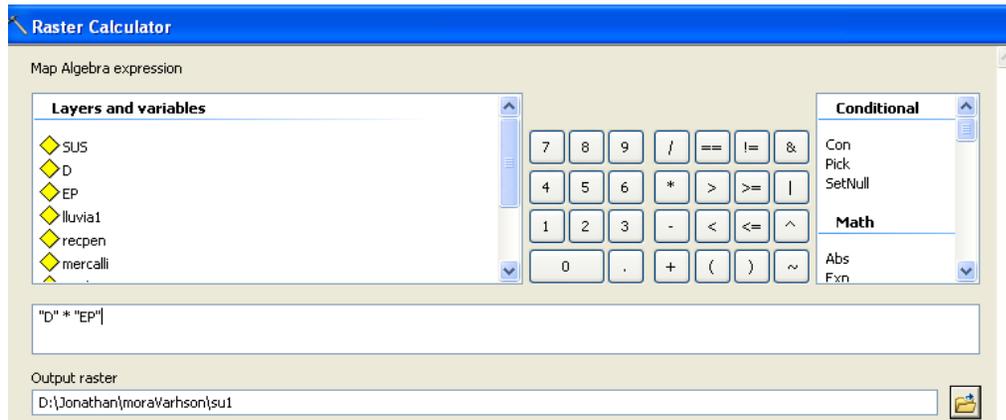
**Figura: 5** Cálculo de las variables pasivas

En las figuras 5, 6 y 7 se muestra el cruce de las variables utilizadas en la metodología de Mora-Varhson-Mora a través de la extensión *spatial analyst tools* y la opción *map Algebra - raster calculator* de *Arc Gis 10.x*. En la figura 3 se muestra el cálculo para la obtención de los elementos pasivos que surgen de la multiplicación del valor del parámetro de susceptibilidad litológica (“geolo” en figura 3), valor del parámetro de humedad del terreno (“hume” en figura 3) y el valor del parámetro de la pendiente (“recpen” en la figura 3). Para la variable humedad se presentaron las categorías 2 y 3, la susceptibilidad litológica las categorías 2, 3,4 y para las pendientes, el cantón de Santo Domingo se dan todas las categorías según las propuestas por la metodología de Mora-Varhson-Mora y ya comentadas en la sección de la metodología.



**Figura: 6** Cálculo de las variables activas

Para el factor de disparo se sumaron los parámetros de disparo por sismicidad (“Mercalli” en la figura 6) y el factor de disparo por lluvia (“Lluvia1” en la figura 4). El parámetro por sismicidad presenta una categoría de 7. Para la capa de lluvias extremas dio la categoría de 2 para todo el cantón. Por último, se realiza una suma entre las variables pasivas y las variables activas.



**Figura: 7** Obtención de la susceptibilidad

Los deslizamientos, como todos los movimientos en masa, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser disparados por lluvias, sismos y actividad humana. (Mora, 1992).

Entre los lugares con susceptibilidad a deslizamiento en el cantón de Santo Domingo están todos aquellos lugares concernientes a los cañones de los ríos como son los cañones de los ríos Virilla, Tibás, Bermúdez, Pará y Paracito. (Ver Mapa 7)

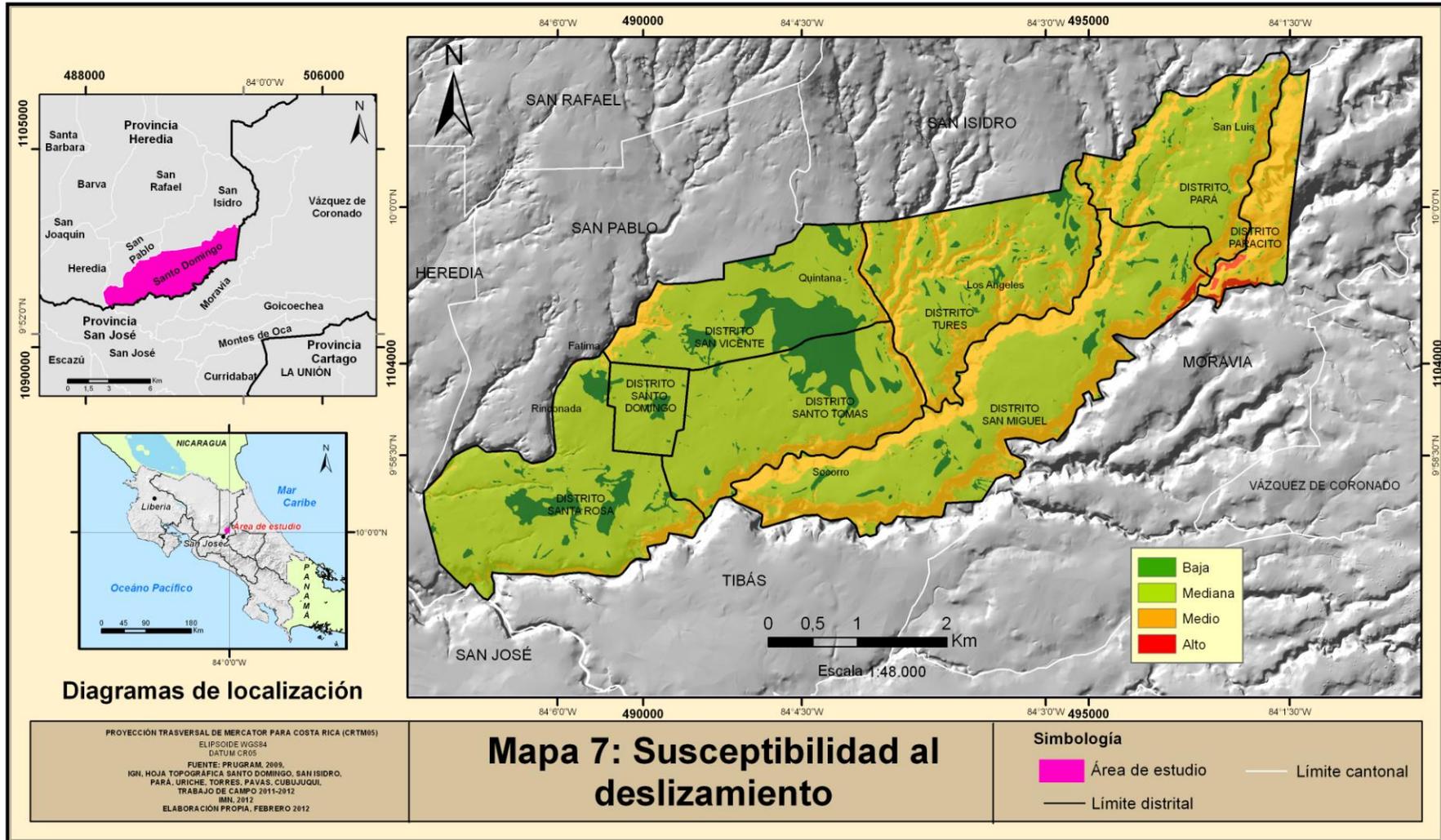
La foto 9 muestra dos zonas con proceso de deslizamiento, a la izquierda se observan terrazas, misma que se construyeron para la estabilización del deslizamiento presentado en la zona en julio del 2008. En la parte derecha de la imagen se aprecia un cultivo de tomate mismo que vino a sustituir los cultivos de café en varios sitios de la zona. La fuerte pendiente presentada en la zona y el cambio de uso de la tierra por cultivo que da menor cobertura vegetal al suelo puede llegar a provocar deslizamientos de diferentes magnitudes.



**Foto 9:** Sector de Barrio Socorro, a la izquierda terrazas, a la derecha cultivo de tomate.

Entre los sectores que requieren mayor atención por la alta susceptibilidad visualizada en el mapa 7, son las comunidades de Fátima y Monte Carmelo aledañas a la primera, y la comunidad que se encuentra en San Miguel Sur camino a Los Ángeles. Estas comunidades, además de estar en zonas de alta susceptibilidad, son lugares de una considerable densidad habitacional.

Otro de los sitios afectados por deslizamientos es el Sector de calle El Raicero (Ver Foto 10), en dicho sector en la actualidad se encuentra cultivado por café por lo cual no se convierte en una amenaza para alguna infraestructura, pero si podría llegar a presentarse un problema a nivel de la vía que comunica San Miguel Sur con Moravia o que se llegue a construir en el sitio sin estudios adecuados.





**Foto 10:** Sector de calle El Raicero, camino a la Isla de Moravia, San Miguel de Santo Domingo. Las líneas en rojo muestran la dirección del deslizamiento.

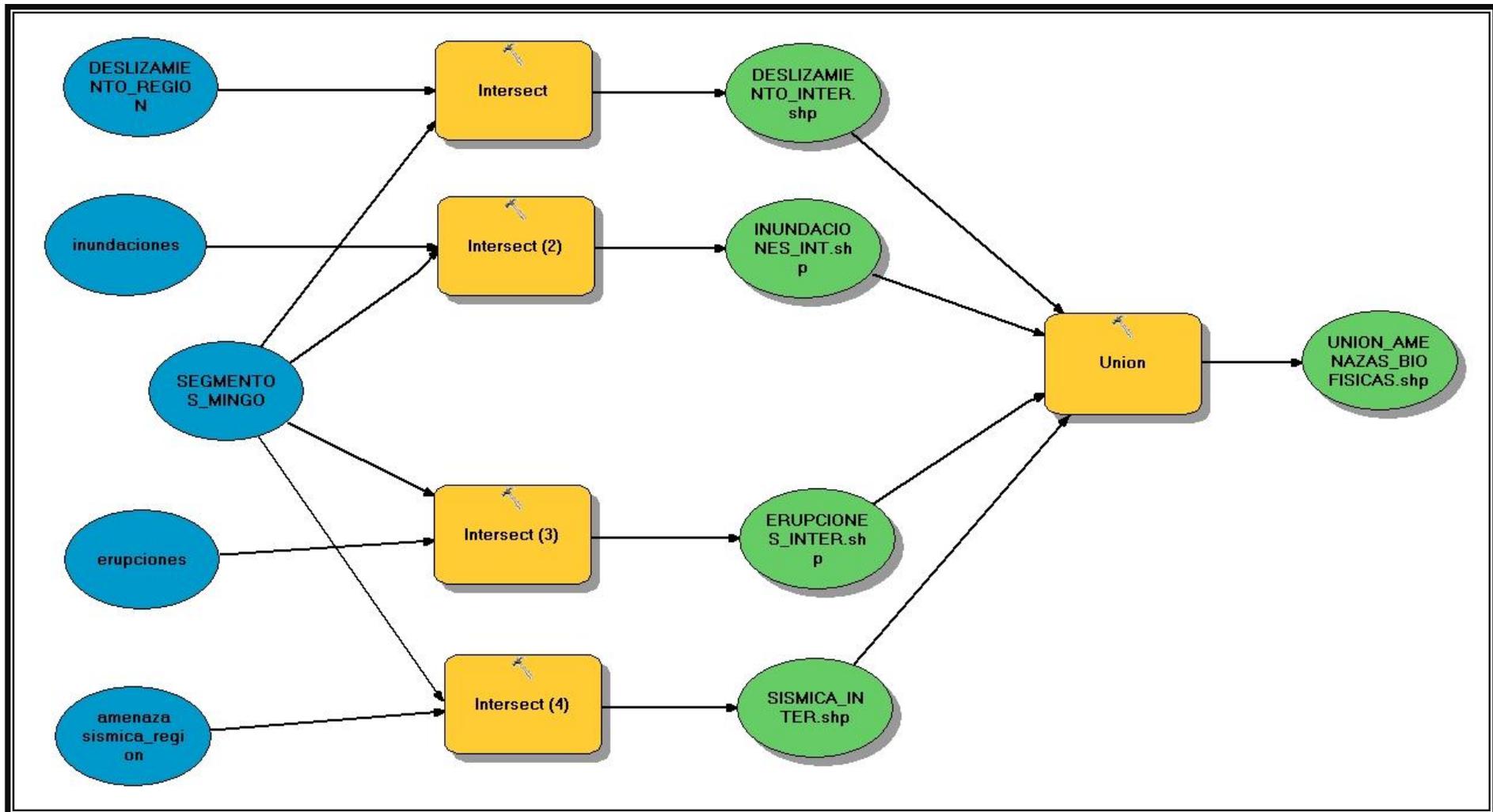
Otra zona que presenta una alta susceptibilidad es en el distrito de Paracito, principalmente en la zona conocida como la presa, en el mapa 7 se observa como este sector es el que tiene la mayor clasificación de susceptibilidad por deslizamiento con una clasificación de alto.

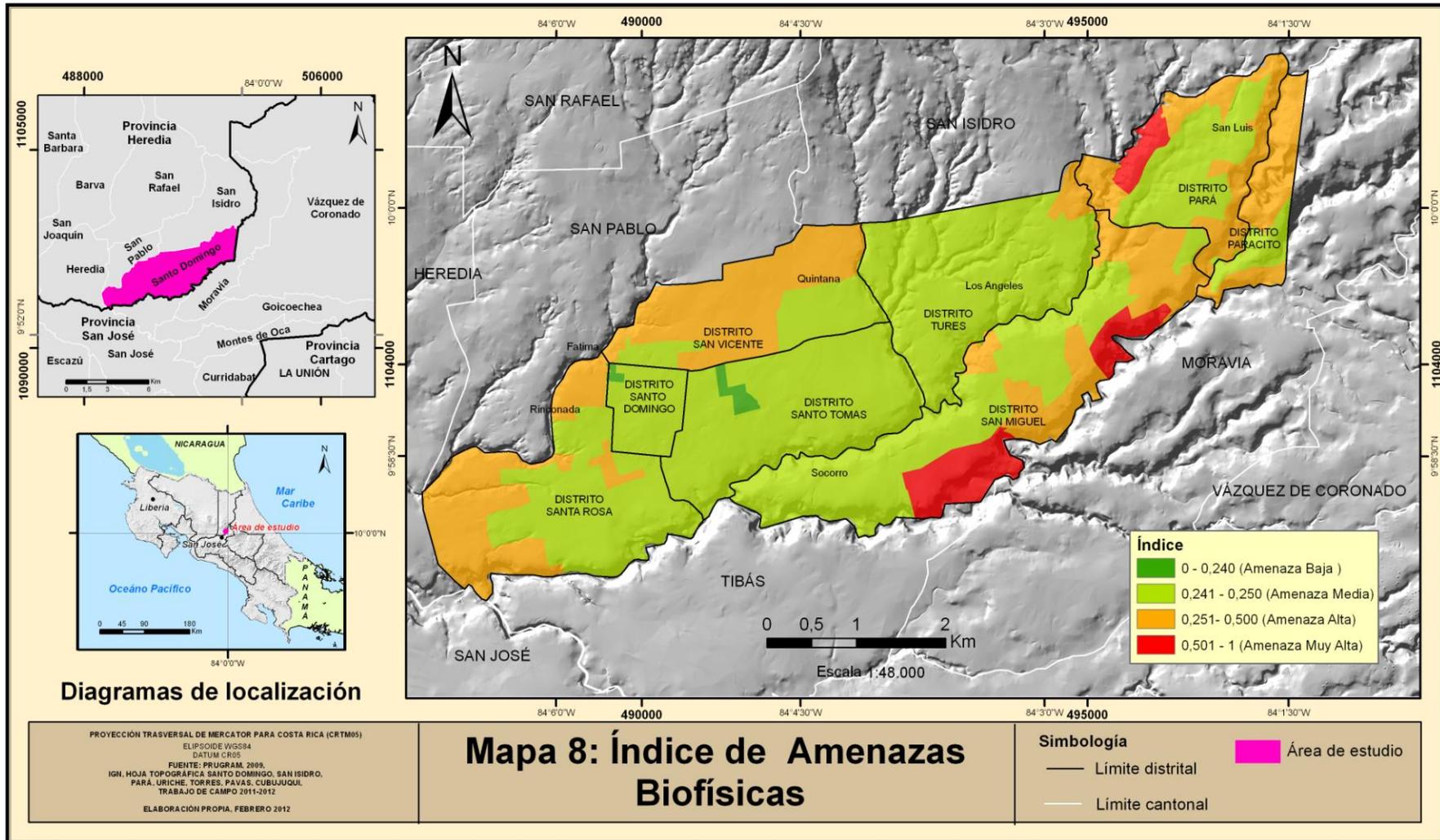
Luego de tener todas las variables biofísicas se procede a realizar el cruce respectivo para obtener un índice que va de 0 a 1. Para realizar este proceso se utilizó el geoprocésamiento denominado *intersect* que viene con el programa *Arc Gis 10x* y modelado con la herramienta de *Model Builder*. Cada variable biofísica es interceptada con la capa de segmentos censales con el fin de obtener la densidad de amenazas biofísicas por segmento censal (Ver figura 8).

El mapa 8 muestra el índice por amenaza biofísica, se observa como las áreas que se encuentran cerca de los cañones de los ríos son los que presentan las categorías más altas de amenazas, mientras que los lugares con menor amenaza biofísicas son las que se encuentran en el centro del cantón que coinciden con la meseta topográfica visualizada en el mapa geomorfológico (Ver mapa 5).

Existen algunos lugares que son relativamente planos, pero que presentan un nivel alto en el índice de amenaza biofísica producto de desfuegos, alcantarillas obstruidas como son en el sector de la Quintana y en el centro del distrito de Santa Rosa que ante eventos máximos de precipitación pueden llegar a generar grandes problemas.

**Figura 8:** Modelado para obtener el mapa de amenazas biofísicas utilizando la herramienta de *model Builder*.





#### **IV.1.2 Amenazas tecnológicas**

Una amenaza tecnológica “es una situación potencial dentro de una actividad, tarea u obra realizada por el ser humano, asociada con el manejo de materiales peligrosos y procesos industriales, que puede ocasionar daños al ser humano, al medio ambiente y a la infraestructura.” (DPAE, 2012. pp 1).

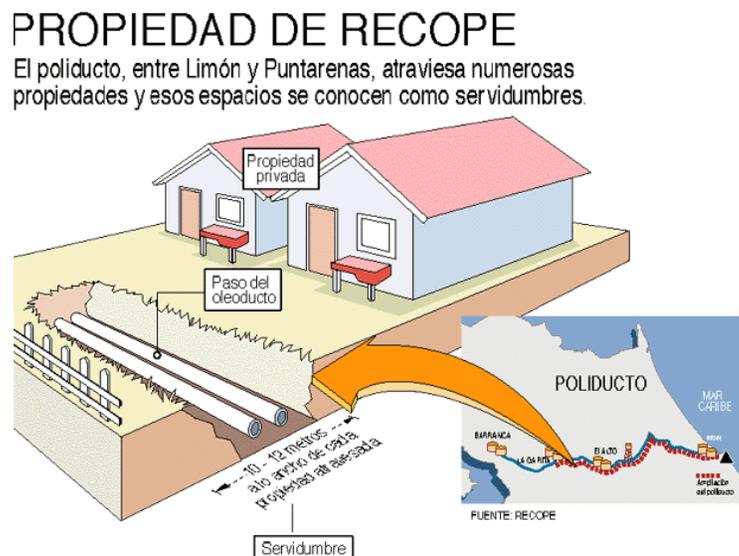
Entre las causas más representativas que generan amenaza tecnológica en las áreas urbanas, están las siguientes (DPAE, 2012):

- Localización de sustancias inflamables o combustibles cerca de fuentes de calor.
- Fuga de gases (cloro, propano, oxígeno y amoníaco) por deterioro de las válvulas de los cilindros, tanques de almacenamiento y camiones cisterna.
- Fugas de gas propano por deterioro de las mangueras en los camiones cisterna.
- Fallas humanas por parte de los conductores, en el transporte de materiales peligrosos (gasolina, gas propano y sustancias corrosivas).
- Procedimientos inseguros para el trasiego de sustancias peligrosas.
- Filtraciones en tanques de almacenamiento y tuberías subterráneas (generalmente gasolina).
- Ruptura de tuberías de conducción de gas natural por trabajos en vía pública.
- Operación incorrecta y mantenimiento deficiente de calderas.
- Deterioro de envases de sustancias peligrosas durante el transporte.
- Incompatibilidad (reacciones químicas) entre materiales peligrosos por falta de almacenamiento seguro.
- Manejo inseguro de pólvora (incluyendo fabricación, venta y uso).

Para el caso del índice de las amenazas tecnológicas se utilizaron, las variables de estaciones de servicio (gasolineras), la línea de tren, zonas industriales y el poliducto de RECOPE (Ver mapa 9). En el cantón existen tres estaciones de servicio ubicadas en el

distrito central y dos en distrito de Santa Rosa; para el caso de la línea del tren tiene una longitud de 1,5 km dentro del cantón, pasando únicamente por el distrito de Santa Rosa, presentando el cruce con la ruta nacional 103, la de mayor atención por la gran cantidad de camiones que van y vienen de la zona industrial de La Valencia. Las zonas de uso industrial igualmente se concentran en el distrito de Santa Rosa donde existen gran cantidad de industrias relacionadas con el sector alimentario.

El poliducto se extiende a través de 233 kilómetros desde Limón hasta Puntarenas, en unos puntos por debajo de la tierra y en otros por encima, abarca 8 km del cantón de Santo Domingo, pasando por los distritos de Santo Tomás, San Miguel y Santa Rosa. En algunos sitios el poliducto pasa por lugares de considerable densidad de viviendas, algunas de ellas irrespetando la servidumbre establecida por RECOPE, la cual varía de 10 a 12 metros (Ver figura 9), como en el sector del plantel de MOPT donde la construcción de algunas de las viviendas está muy cerca del poliducto (Ver foto 11).



**Figura 9:** Servidumbre para el paso del poliducto  
Fuente: La Nación, 14 de Julio 2000.



**Foto 11:** Casas muy cerca del el del MOPT, distrito de Santa Rosa

Cerca de barrio El Socorro, en San Miguel de Santo Domingo de Heredia, el ducto corre paralelo a la carretera Braulio Carrillo, que va a Guápiles. “Allí tuvo que enterrarse en una calle paralela que está siete metros por encima del nivel de la vía principal. Javier Abarca, director del plan en RECOPE, reconoció que en caso de que se construyan más carriles en la vía, la Refinadora tendrá que clausurar ese tramo del poliducto y construir uno nuevo por una ruta alterna”. (La Nación, 2006)

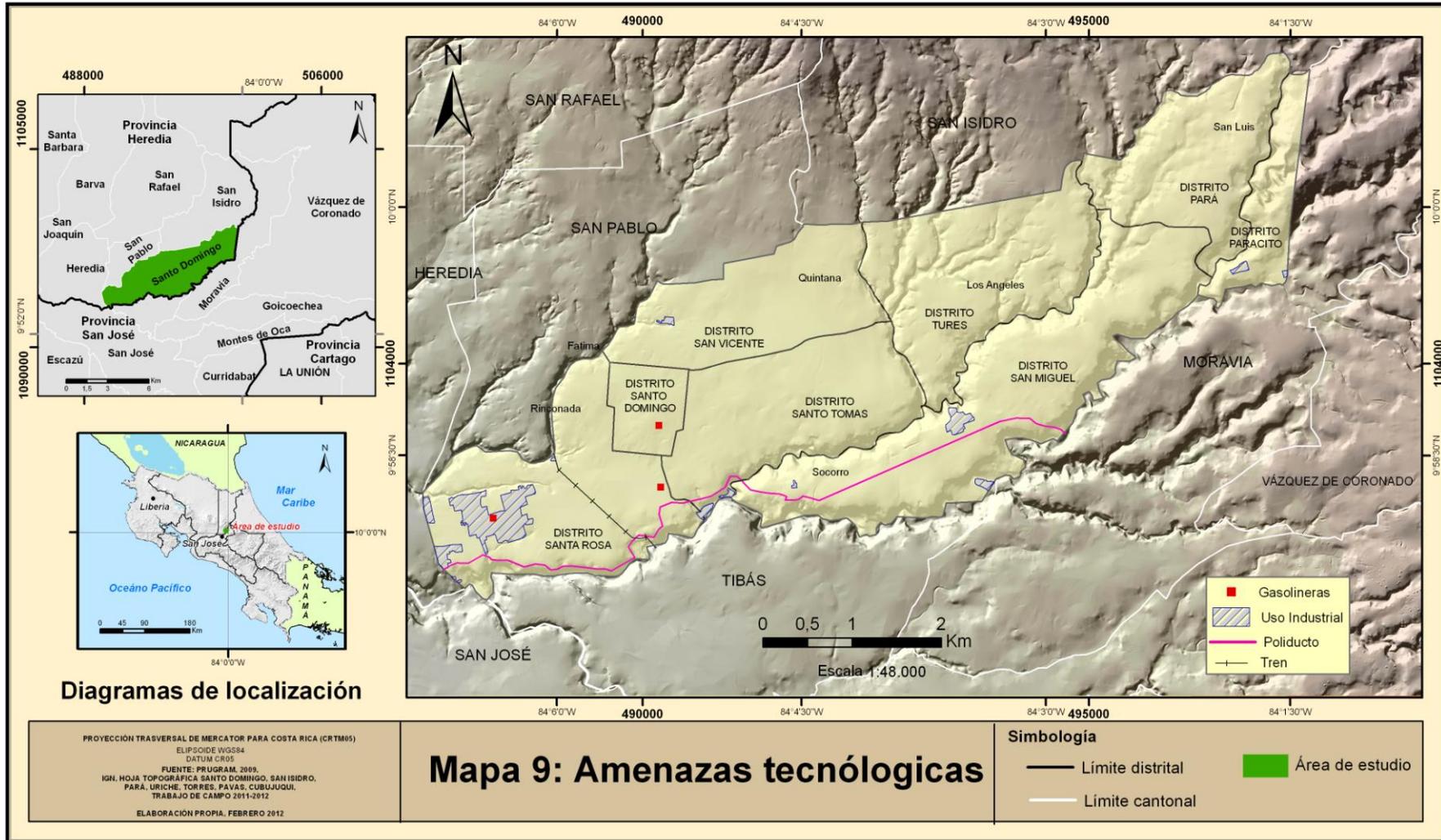
Luego de tener todas las variables de amenazas tecnológicas se procede a realizar el cruce respectivo para obtener un índice con valores de 0 a 1. Para realizar este proceso se utilizó el geoprocésamiento denominado *intersect* que viene con el programa *Arc Gis 10x* y modelado con la herramienta de *Model Builder*. Cada variable tecnológica es interceptada con la capa de segmentos censales, con el fin de obtener la densidad de amenazas tecnológica por segmento censal (Ver figura 10).

El mapa 10 muestra el índice por amenaza tecnológica; se observa como un segmento correspondiente al distrito de Santa Rosa es el que presenta mayor amenaza tecnológica, lo anterior se debe a que en el sitio hay presencia de amenaza por el poliducto, estación de

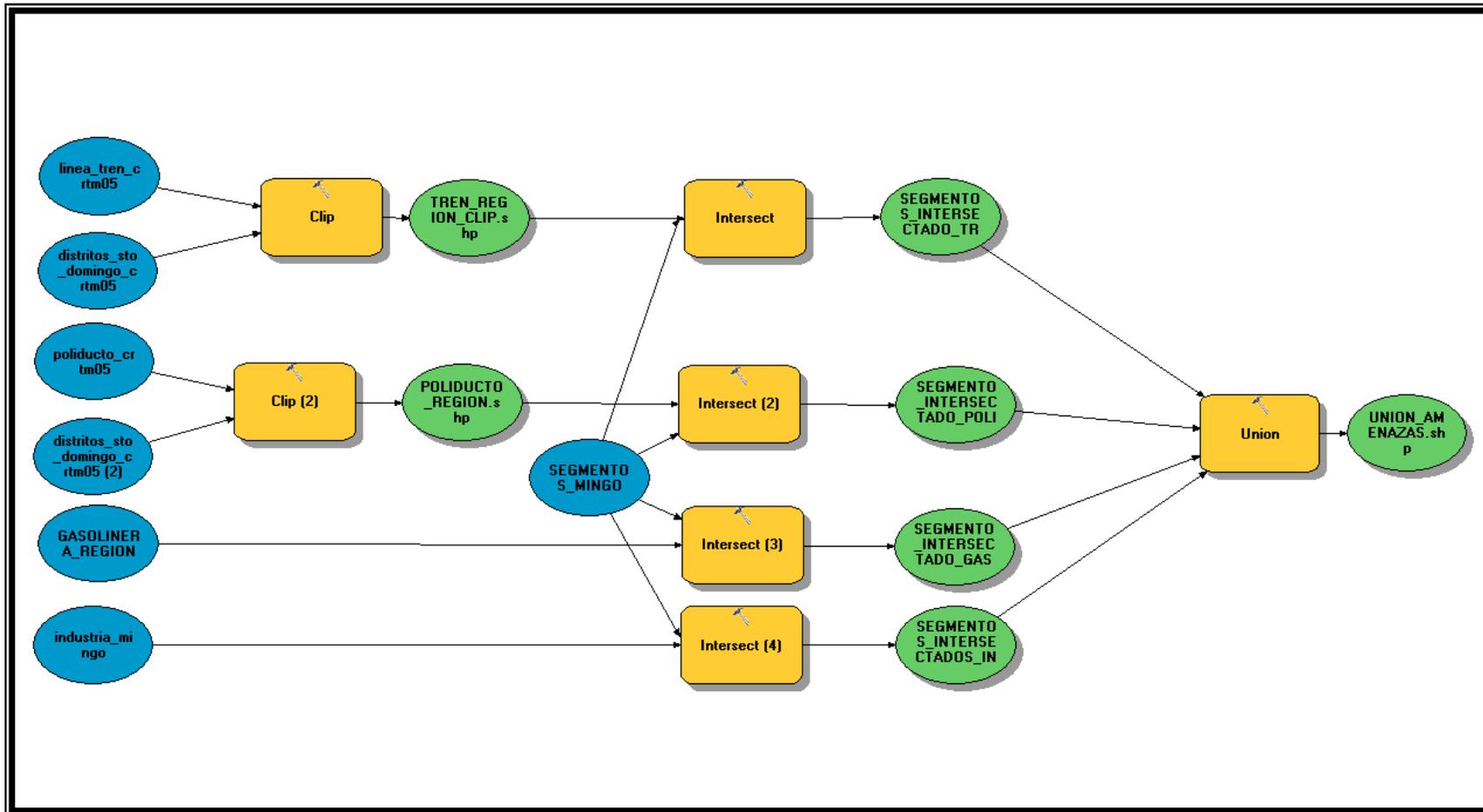
servicio y la zona industrial que es el tajo para la extracción y preparación del asfalto perteneciente al MOPT.

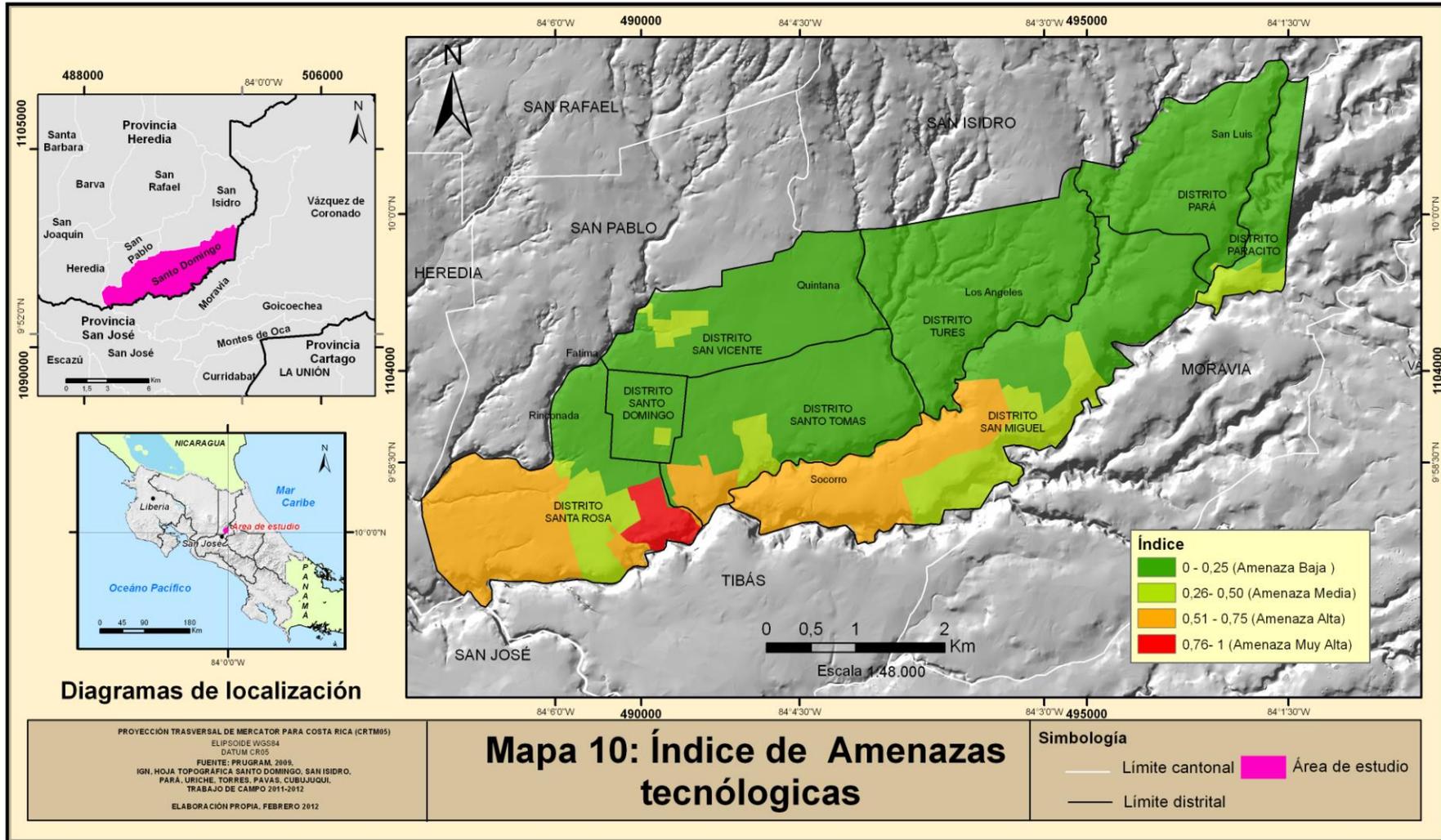
Otro sector de similar magnitud como el sector anterior, es toda la parte oeste del distrito de Santa Rosa y tiene como causa principal la cantidad de área que se usa en ese sector como industria, sin embargo, algunos segmentos de la zona se ven influenciados por la estación de servicio, la línea de tren que pasa por el lugar y el poliducto de RECOPE.

En el caso del distrito de San Vicente, el índice marca bajo, ya que en ese lugar únicamente se identificó una zona industrial que hace referencia a las instalaciones de La Viguie, donde preparan productos para la industria alimenticia.



**Figura 10:** Modelado para obtener el mapa de amenazas tecnológicas utilizando la herramienta de *model Builder*.

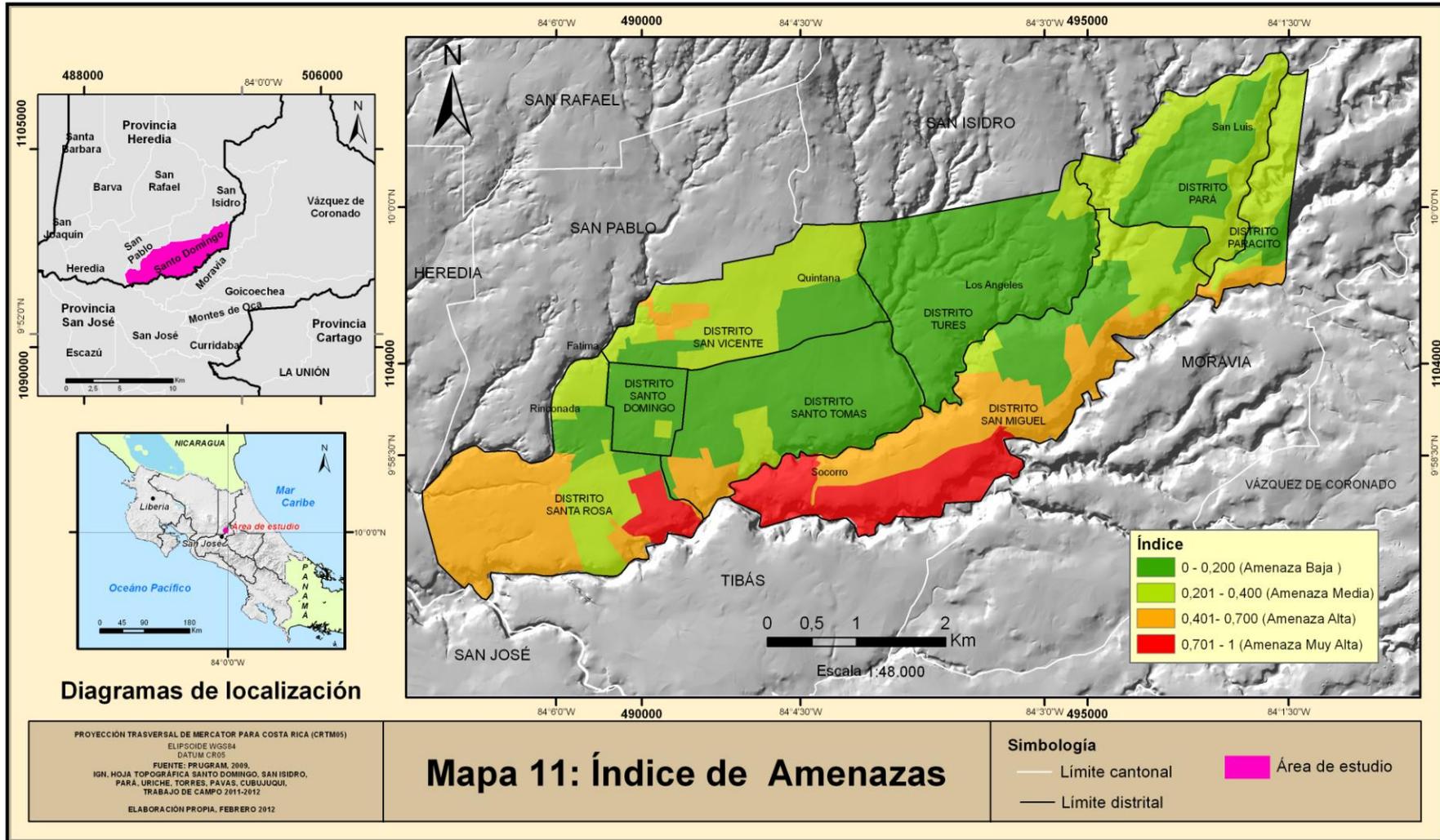




El mapa 11 hace referencia al mapa integrado de amenazas biofísicas y las tecnológicas, el mapa es el resultado de la convolución de ambos tipo de amenazas. Para su realización se efectúa una sumatoria de cada uno de los índices de amenazas en cada segmento censal, luego se estandarizan estos puntajes al dividir el valor de cada segmento entre el máximo valor presentado en los segmentos censales para crear un índice que varía de 0 a 1.

Los lugares de mayor amenaza se dan cerca de los cañones de los ríos Tibás y Virilla al sur del cantón de Santo Domingo. Esto es producto de varios factores, uno de ellos es que por ahí pasa el poliducto, también es una zona de alta susceptibilidad a deslizamientos, existe algunos puntos que esta como zona de inundación y como área de uso industrial lo que trae consigo un alto valor en el índice de amenaza.

La zona suroeste del cantón presenta una amenaza alta, entre los factores que están ejerciendo más peso es el hecho de ser un lugar de uso industrial, además de contar con una gasolinera y pasar la línea del tren por la zona, por lo que se puede decir que son las amenazas tecnológicas las están dando más peso para que la zona tenga la clase de alta amenaza.



### **IV.1.3 Vulnerabilidad global**

Los componentes de la vulnerabilidad global abordados en la presente investigación son: vulnerabilidad política, técnica, económica, educativa e institucional. Cada tipo de vulnerabilidad va estar conformada por una serie de variables que tendrán igual peso al momento de obtener el mapa integral de vulnerabilidad.

#### *Vulnerabilidad Física*

Entre los componentes del índice de vulnerabilidad se encuentra la vulnerabilidad física, la cual se refiere a la “localización de la población en zona de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo (condiciones ambientales y de los ecosistemas, localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo)” (Wilches, 1989).

Entre las variables que la conforman están los asentamientos expuestos, los cuales para Santo Domingo son Barrio Fátima, Rincón de Ricardo, Santa Rosa (línea del tren), La Presa en Paracito, Quizarco y casas en San Miguel Sur. Los segmentos que presentan estos sitios van a tener un valor de 0,9 mientras que los demás segmentos tienen un valor de 0, por no presentar comunidades expuestas.

La otra variable dentro de la vulnerabilidad física es la resistencia de estructuras, para la cual se utilizó la variable del censo 2000 denominada estado de la vivienda, en la cual se obtuvo un porcentaje de viviendas en mal estado y luego se obtiene el índice para cada uno de los segmentos de 0 a 1. También para la vulnerabilidad física se utiliza el parámetro de infraestructura destinada a emergencia como son la Cruz Roja, Bomberos y CNE, los cuales para el caso de Santo Domingo tienen presencia, por lo que todos los segmentos van a tener un índice bajo. Como último parámetro es lo referente a la

accesibilidad a la comunidad, lo cual es muy buena para todas las comunidades del cantón, igualmente todos los segmentos van a tener un 0,1.

### *Vulnerabilidad Social*

La Vulnerabilidad social es otro de los componentes y se define como aquella que produce “un grado deficiente de organización y cohesión interna de la sociedad bajo riesgo, que limita su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastres” (Wilches, 1989).

Entre las variables de la vulnerabilidad social está la población total y el total de viviendas, en ambas la vulnerabilidad aumenta como crece la cantidad. La organización comunal se desprende del número de asociaciones por distrito, los datos se obtienen del índice de desarrollo social elaborado por MIDEPLAN en el 2007, luego de obtener el índice se tiene que realizar una reclasificación donde los valores más altos se convierten en los más bajos, lo anterior se debe a que entre mayor sea el número de asociaciones comunales menor será la vulnerabilidad.

Para el caso de las variables llamadas ubicación y tipo de servicios de salud e instituciones presentes en la zona, al contar el cantón con instituciones como el MEP, CCSS, AyA, ICE, Ministerio de Salud, MINAET, MAG y los servicios de salud como son los EBAIS y clínicas, se puede llegar a la conclusión de tener una adecuada cobertura institucional, por lo tanto para ambas variables van a tener un valor de 0,1 para cada uno de los segmentos del área en estudio.

El género es un factor fundamental en el riesgo de desastre y en la implementación de la reducción del riesgo de desastre. Por lo anterior, se utilizaron las variables de población femenina y participación de la mujer en gestión de riesgos.

El género es un principio organizador central en todas las sociedades y, por lo tanto, las mujeres y los hombres son diferentes cuando están en riesgo de desastre. “En todos los campos -el hogar, el trabajo o en el barrio- el género da forma a las capacidades y recursos de las personas para minimizar el daño, adaptarse a los peligros y responder a los desastres. Después de los últimos desastres, es evidente que quienes están en especial desventaja son las mujeres de bajos ingresos y las que están marginadas, la capacidad física, la edad, la casta o algún estigma social. Sin embargo, a nivel de organizaciones de base, las mujeres están a menudo mejor posicionadas para gestionar el riesgo, debido a su papel como usuarios y administradores de los recursos ambientales, como fuente del sustento económico, así como proveedores de cuidados y trabajadores comunales. Por estos motivos, es necesario identificar y utilizar información diferenciada por género, para asegurar que las estrategias de reducción de riesgos estén correctamente dirigidas a los grupos más vulnerables y se apliquen de manera efectiva a través de los roles tanto de las mujeres como los hombres.” (Words into Action, 2007)

La variable de población femenina se obtuvo de datos del censo del 2000 y básicamente el segmento que presenta mayor población femenina es la que va a tener mayor vulnerabilidad en esta variable. En la participación de la mujer en gestión de riesgos es poco, lo anterior producto de que la organización en el tema de gestión de riesgo es casi nula por lo que todos los segmentos censales del cantón van a tener un índice de 0,9.

Otras tres variables conforman el parámetro de la vulnerabilidad social como son el número de personas menores de 18 años, número de personas mayores de 64 años y la población discapacitada. Las personas catalogadas dentro de estas variables pueden sufrir limitaciones debido a su condición, lo cual dificultaría la capacidad de respuesta ante una amenaza provocando una mayor vulnerabilidad.

### *Vulnerabilidad Política*

La Vulnerabilidad política hace referencia a la “concentración de la toma de decisiones, centralismo en la organización gubernamental y la debilidad en la autonomía de los

ámbitos regionales, locales y comunitarios, lo que impide afrontar los problemas (Autonomía en el poder de decisión y de solucionar problemas)” la misma forma parte de los componentes del indicador de la vulnerabilidad (Wilches, 1989). Las que se utilizan en este componente son la participación comunitaria en decisiones, liderazgo, apoyo gubernamental a la comunidad, para el caso de estas tres variables presentan una vulnerabilidad alta ya que no hay participación de la comunidad (el índice para cada uno de los segmentos censales es de 0,9). Se percibe que aún la Alcaldía se ve influenciada por decisiones externas, no existe liderazgo, menos en el tema de gestión de riesgo y el apoyo a la comunidad es pobre de parte de gobierno local.

#### *Vulnerabilidad Técnica*

Por otra parte, se aplican otras variables que son referidas a la vulnerabilidad técnica, la cual se define como las “inadecuadas técnicas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizadas en áreas de riesgo (incapacidad de control y manejo de las tecnologías frente a los riesgos)” (Wilches, 1989). Las variables de este componente son equipos y obras para mitigar, y tecnologías de construcción. Para el caso de los equipos y obras de mitigación, se coloca un índice de 0,1 en aquellos segmentos donde se han realizado alguna construcción para mitigar algún problema como son la ampliación de un canal abierto en la Quintana, canal de concreto y block frente al Colegio Yurusty, el terraceo en Barrio el Socorro y en los demás segmento un índice de 0.9. Para la variable de tecnologías en construcción se obtiene del porcentaje de viviendas que está en condición de tugurio por segmento censal, siendo el segmento censal con mayor porcentaje el que presente mayor vulnerabilidad en este apartado.

#### *Vulnerabilidad Económica*

La Vulnerabilidad económica es una “relación indirecta entre los ingresos en los niveles nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos. Es decir, la pobreza aumenta el riesgo de desastre (vulnerabilidad de los sectores más deprimidos, desempleo, insuficiencia de ingresos, explotación, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a los servicios de educación, salud, ocio)” (Wilches, 1989). Las

variables utilizadas en el parámetro de vulnerabilidad económica son las personas sin seguro, estado de la vivienda, viviendas ocupadas por inquilinos y consumo eléctrico residencial. En las tres primeras variables, los datos están procesados a partir de información del censo del año 2000, mientras que el consumo eléctrico hace referencia al promedio mensual de consumo residencial a nivel distrital para el año de 1999, por lo que los segmentos censales para cada uno de los distritos presenta el mismo valor.

### *Vulnerabilidad Educativa*

La falta de “programas educativos que proporcionen información sobre el medio ambiente, sobre el entorno, los desequilibrios y las formas adecuadas de comportamiento individual o colectivo en caso de amenaza o de situación de desastre (conocimiento de las realidades locales y regionales para hacer frente a los problemas)” (Wilches, 1989) es lo que hace referencia a la vulnerabilidad educativa. El cálculo de este parámetro es por medio de la variable denominada educación en gestión de riesgos la cual es prácticamente nula en el cantón de Santo Domingo y la variable nivel medio de educación que se obtiene por medio de un promedio ponderado como se puede observar en el cuadro 11 y en la siguiente fórmula:

$$VEd_j = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij} * P_i}{Y_j} \right]$$

Sean:

$VEd_j$ = Variable educativa en el segmento j.

$X_{ij}$ = Personas con el nivel de instrucción i en el segmento j

$Y_j$  = Total de personas en el segmento censal j

$P_i$ = Ponderador de años de escolaridad

<b>Ponderador</b>	<b>Nivel de instrucción</b>	<b>Ponderador</b>	<b>Nivel de instrucción</b>
0	Ningún grado	10	Secundaria Técnica, 4to. año.
0	Kínder	11	Secundaria Académica, 5to. año.
1	Primaria, 1er. grado	11	Secundaria Técnica, 5to. año.
2	Primaria, 2do. grado	12	Secundaria Técnica, 6to. año.
3	Primaria, 3er. grado	12	Parauniversitaria, 1er. año.
4	Primaria, 4to. grado	13	Universitaria, 1er. año.
5	Primaria, 5to. grado	13	Parauniversitaria, 2do. año.
6	Primaria, 6to. grado	14	Universitaria, 2do. año.
7	Secundaria Académica, 1er. año.	14	Parauniversitaria, 3er. año.
7	Secundaria Técnica, 1er. año.	15	Universitaria, 3er. año.
8	Secundaria Académica, 2do. año.	16	Universitaria, 4to. año.
8	Secundaria Técnica, 2do. año.	17	Universitaria, 5to. año.
9	Secundaria Académica, 3er. año.	18	Universitaria, 6to. año.
9	Secundaria Técnica, 3er. año.	19	Universitaria, 7mo. año.
10	Secundaria Académica, 4to. año.	20	Universitaria, 8avo. año.

**Cuadro 11:** Nivel de instrucción

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEC, Censo 2000.

### *Vulnerabilidad Institucional*

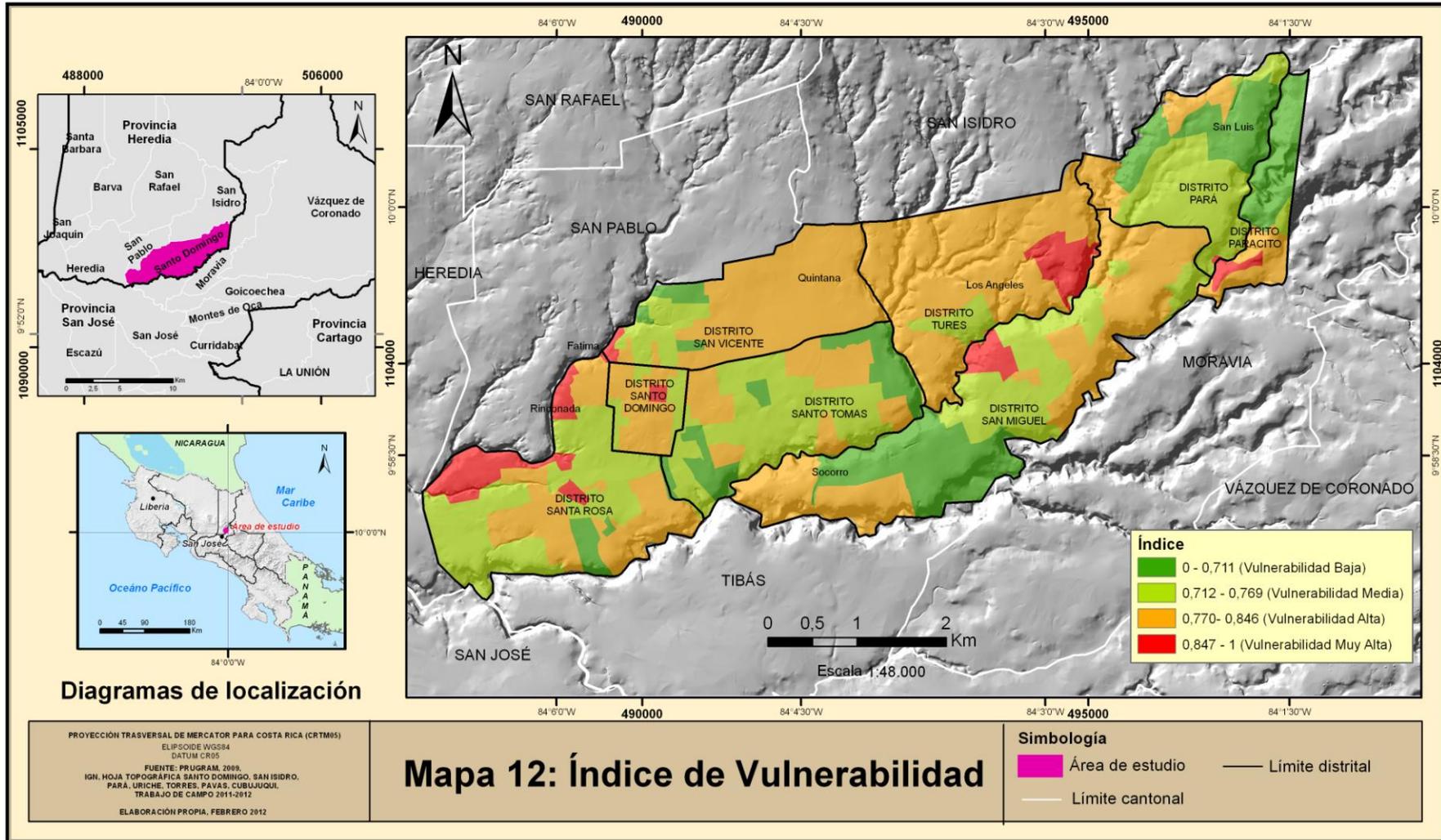
La Vulnerabilidad institucional se define como “la rigidez de las instituciones, en las cuales la burocracia, la prevalencia de la decisión política, el dominio de criterios personalistas, impiden respuestas adecuadas y ágiles a la realidad existentes y demoran el tratamiento de los riesgos o sus efectos.” (Wilches, 1989). Las tres variables en este parámetro son las Instituciones relacionadas con la prevención, la cual es buena ya que el

cantón cuenta con la dirección regional de Ministerio de Salud, CCSS, Bomberos y Cruz Roja. Mientras que lo referente a los planes de mitigación no hay, por no haber organización. La última variable son los cursos de capacitación de la cual se han hecho algunos en la Municipalidad de Santo Domingo, pero es insuficiente, por lo tanto va a tener un puntaje de 0,9 para todo el cantón.

#### *Vulnerabilidad resultante en Santo Domingo*

De acuerdo con los análisis y estimaciones, los sitios donde se presenta mayor grado de vulnerabilidad son aquellos lugares concernientes a las comunidades de la Rinconada, Fátima, Barrio San Martín en el distrito de Santa Rosa (Ver mapa 12), así como el centro del mismo distrito. Estos lugares tienen la particularidad de ser sitios de una considerable densidad habitacional, por lo cual hay que prestar bastante atención en cuanto a la presentación de un evento que puede ocasionar daños al lugar.

Otros tres sitios presentan también una muy alta vulnerabilidad, como es el sector de Los Ángeles, propiamente en el caserío denominado Los Zamora (Ver mapa 12), sitio que se caracteriza por presentar familias que viven en condición de precarismo, en tugurios o que cumplen ambas condiciones, lo cual dificultaría la respuesta ante un evento desastroso. Otro lugar que presenta esta condición de vulnerabilidad es el sector de San Miguel Sur, específicamente la comunidad que se encuentra camino a Los Ángeles. Por último, se encuentra la comunidad que se ubica en el distrito de Paracito, sobre todo aquellas viviendas que se ubican en el lugar conocido como la presa.



#### **IV.1.4 Índice integral de riesgo**

El índice integral de riesgo está conformado por el índice de vulnerabilidad global y el índice de amenaza. De la convolución de los dos mapas anteriores surge un mapa del cual se pueden desprender varios patrones espaciales que es de importancia comentar.

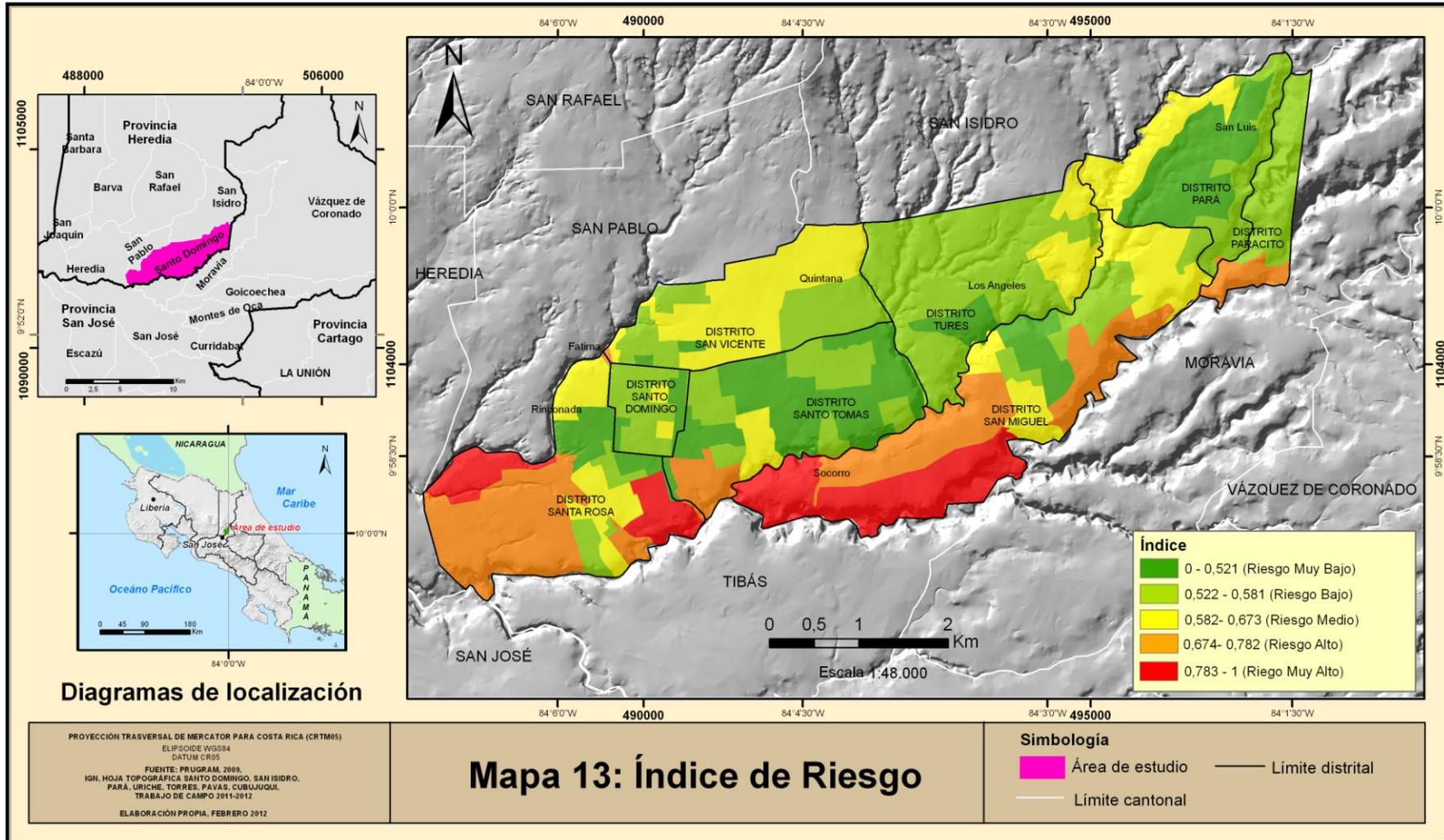
Entre los patrones espaciales que se pueden identificar en el mapa 13, está el hecho de que las zonas que presentan un mayor riesgo, están tanto en la parte sur como la suroeste. Para el caso de la parte sur, coincide en buena parte con el patrón espacial dado con las zonas de amenaza más alta. En el sector suroeste, que viene a ser la parte de la zona industrial del cantón, se da entre un riesgo alto a muy alto, siendo la variable de vulnerabilidad la que da bastante peso para que zona se comporte de esta forma.

Otro de los sectores que presenta un alto riesgo es el sector que corresponde a San Miguel Norte y la parte sur del distrito de Paracito; en el primer sector tanto para el índice de vulnerabilidad como el de amenaza tiene la categoría de alta, lo que determina que en el índice de riesgo también tenga un índice alto, el segundo sector presenta un comportamiento mixto en donde para el mapa de vulnerabilidad se dan las dos categorías más altas mientras en el mapa de amenazas únicamente la clasificación de alta.

Al noreste de la comunidad de Los Ángeles se encuentra el poblado de Los Zamora, el cual presentó una muy alta vulnerabilidad por estar sus pobladores en condiciones que no son las idóneas para habitar, lo que los hace muy vulnerables, sin embargo, a no tener una amenaza latente como la de una inundación o deslizamiento en el mapa de riesgo, se visualiza como de riesgo bajo.

Por otra parte, la comunidad de Fátima se encuentra en una categoría de riesgo alto, a pesar de ser un lugar de pequeña extensión, es una zona que ha sido afectado en un par de ocasiones por inundaciones. En la actualidad, este barrio se encuentra en proceso de reubicación.

Es a partir del mapa de riesgo integrado, que las autoridades a nivel de instituciones de emergencia como de gobierno local pueden tomar acciones correctivas como de mitigación ante eventos que produzcan desastres.



## **V. Capítulo. Conclusiones y recomendaciones**

### **V.1 Conclusiones**

La composición de diferentes fuentes de información en un SIG permite descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos, que ayuda a los planificadores a evaluar el impacto de las amenazas en actividades de desarrollos existentes y propuestas. El uso de un SIG puede ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, referente a usos de tierra existentes y potenciales.

Entre las aplicaciones con la herramienta están, no sólo generar mapas, sino llegar a establecer las zonificaciones de áreas susceptibles y amenazadas, por ejemplo, aquellas áreas afectadas por procesos de remoción en masa como los deslizamientos.

La información geográfica, con su componente espacial y al mismo tiempo temporal, ha permitido la realización de estos tipos de estudios. Se vuelve esencial para cada uno de los análisis la información geográfica, acompañada del análisis espacial que permite una serie de comparaciones, relaciones, localizaciones y asociaciones de los diferentes datos que se están manipulando, para cada una de las investigaciones que se quiera llevar a cabo.

La presente investigación trata de la aplicación de técnicas a un estudio de caso; sin embargo, es una aplicación limitada por los recursos disponibles y el alcance, pero lo relevante es la incursión de los Sistemas de Información Geográfica en este campo y el esfuerzo por situar la importancia del aporte geográfico, para la cual se desprende una serie de conclusiones específicas:

- Se logra implementar una metodología que puede ser utilizada en diferentes partes del país, sin sufrir considerables cambios en cuanto al tipo de información requerida en cada una de las etapas.
- Se logró ilustrar cómo, a través de los Sistemas de Información Geográfica, se puede facilitar el entendimiento de las diferentes relaciones que se dan en el área en estudio; en este caso, cómo un conjunto de variables de índole sociodemográfica se pueden cruzar con variables de amenazas (biofísicas y tecnológicas) para la obtención de patrones espaciales que permiten identificar fenómenos homogéneos.
- Los patrones espaciales identificados y los geoprocесamientos realizados mediante los SIG, sirven de base para la formulación de una serie de planteamientos, que permiten orientar los esfuerzos de las instituciones encargadas en el manejo y la atención del riesgo de desastre.
- Herramientas de análisis SIG como el *model builder* del programa *Arc GIS* permite que procesos complejos que pueden tomar gran cantidad de tiempo en procesar datos, se logren en menor tiempo, con la ventaja además de poder manejar un estándar en el geoprocесamiento.
- Las zonas que presentan un mayor riesgo, están tanto en la parte sur como la suroeste del cantón de Santo Domingo. Para el caso de la parte sur coincide en buena parte con el patrón espacial dado con las zonas de amenaza más alta. En el sector suroeste, que viene a ser la parte de la zona industrial del cantón, se da entre un riesgo alto a muy alto, siendo la variable de vulnerabilidad la que da bastante peso para que zona se comporte de esta forma. Otro de los sectores que presenta un alto riesgo es el sector que corresponde a San Miguel Norte y la parte sur del distrito de Paracito.

- La susceptibilidad por deslizamiento obtenida a partir de la metodología de Mora-Vahrson -Mora permitió identificar las comunidades que se encuentran con amenaza de deslizamiento, entre las cuales se puede mencionar las comunidades de Fátima y Monte Carmelo, y la comunidad que se encuentra en San Miguel Sur camino a Los Ángeles. Estas comunidades además de estar en zonas de alta susceptibilidad, son lugares de una considerable densidad habitacional.

## **V.2 Recomendaciones**

Es importante explorar otras herramientas en cuanto a programas SIG se trata. En la actualidad cada día surgen programas SIG de uso libre, algunos inclusive orientados a la gestión del riesgo de desastre como el CAPRA (según los autores, CAPRA es parecido a un SIG pero no es uno de ellos), lo que produce que este tipo de estudios esté al alcance de la sociedad, sin invertir muchos recursos económicos, al mismo tiempo que se obtiene un beneficio expedito luego de realizar la inversión.

Es conveniente aplicar la metodología en otros sectores del país, sean estos con características rurales o urbanas, y que al mismo tiempo se realice comparaciones entre sí, como una forma de verificación.

Para el caso de la determinación de los deslizamientos, es conveniente que se realicen muestreos de espesor de suelo, así como incorporar la geomorfología al estudio de susceptibilidad por deslizamientos.

En el caso de la vulnerabilidad económica, es conveniente explorar nuevas variables que fortalezcan dicho indicador, y de esta manera tener una mayor aproximación de la situación económica de las comunidades estudiadas.

En lo referente a las amenazas biofísicas, es recomendable integrar la variable de tornados, ya que los mismos han afectado al cantón de Santo Domingo en varias ocasiones, destruyendo de forma parcial las viviendas.

Para el caso de la amenaza por el poliducto, se recomienda generar un *buffer* que sea representativo del área de influencia de una explosión del mismo.

Es importante que a nivel de gobierno local, se consideren realizar estudios específicos para conocer con mayor precisión el potencial de las amenazas, por ejemplo: el potencial de deslizamiento en Barrio Fátima-Monte Carmelo. Además, a nivel de las inundaciones, evaluar todas aquellas casas que se encuentran dentro de las terrazas fluviales o que simplemente no respeten la distancia mínima entre el cauce y las construcciones.

## VI. Bibliografía

Ávalos, A (Martes 3 de marzo de 2009). Reabierto hoy puente de barrio Socorro, La Nación.

Báez, A. (2009). *El imaginario colectivo de las amenazas naturales en la cuenca alta del río La Vieja, provincia de Alajuela, Costa Rica*. Trabajo final de graduación, Maestría en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica.

Benito, M., Lindholm, C. , Camcho, E. , Climent, A. Marroquin, G., Molina, E. , Rojas, W. ,Escobar, J. , Talavera, E. , Alvarado, G., Tomas, Y.(2012) *A New Evaluation of Seismic Hazard for the Central America Region*. Bolletin of the seismological society of America, vol 102, N 2, pp 504-523.

Bankoff, G., Frerks, G., Hilhorst, D. (eds) (2004). *Mapping Vulnerability*. EARTHSCAN, London, 236 P.

Carvajal, P. (2007). *El Proceso de Gestión de las Políticas Públicas en Materia Ambiental en la Municipalidad de Santa Ana, durante el Período Febrero 2002 – Febrero 2007*. Tesis de Maestra, Maestría en Ciencias Políticas, Sistema de Estudios de Posgrado, 161 pags

CAPRA. (2012). *Software CAPRA*. Documento descargado el 20 de junio de 2012 desde <http://www.ecapra.org/es/software>

Collins et al. (2009): *Vulnerability to environmental hazards in the Ciudad Juarez (Mexico)–El Paso (USA) metropolis: A model for spatial risk assessment in transnational context*. Applied Geography 29 (2009) p. 448–461

DPAE. (2012). *Amenazas tecnológicas*. Bogota, Colombia. PDF.

ESRI [Software de SIG].(2011). *Manual de ayuda para Arc Gis 10.x* .

Feigenblatt H.(Viernes 14 de julio, 2000), *Recope en carreras por servidumbres*. La Nación.

Foschiatt A. *Vulnerabilidad global y pobreza: consideraciones conceptuales*. Descargado el 15 de febrero de 2012 desde <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/contenid/vulner1.htm>

Fernández, M. (2011). *Límite Tectónico Hipotético, Deformación y Sismotectónica del Sector Central de Costa Rica entre el Golfo de Nicoya y Limón*. Tesis Doctoral, Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica.

Hernández, F (jueves 3 de marzo de 2008). *Explosión deja dos heridos*. Al Día.

IFAM, (1985) *Atlas cantonal de Costa Rica*.

Lavell, Allan. *Desastres y Desarrollo: Hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un Desastre: El caso del Huracán Mitch en Centroamérica*. Capítulo publicado en Garita, N. y J. Nowalski. (2000). *Del Desastre al Desarrollo Sostenible: Huracán Mitch en Centroamérica*: BID- CIDHS.

Lavell, A. (2000). *Desastres durante una década: lecciones y avances conceptuales y prácticos en América Latina (1990-1999)*. LA RED.

Loaiza V. (Martes 12 de septiembre, 2006) *Setena endurece controles sobre poliducto de RECOPE*. La Nación.

Marcano A, Cartaya S. (2010). *La Gestión de Riesgos de Desastres y el Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG): Algunas Consideraciones*. PDF.

Mansilla, E. (1996). *Desastres Modelos para Armar*. LA RED, 229 P.

Maskrey A. (1998). *Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. La Red. PDF.

Maskrey, Andrew. *Vulnerabilidad y Mitigación de Desastres*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en Am. Latina. Descargado el 15 de febrero de 2012 desde <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap6.htm>.

Mora, R. (2011). *Análisis de la Vulnerabilidad Global en el Barrio Corazón de Jesús, La Uruca, San José*. Trabajo final de graduación, Maestría en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica.

Mora, R., Vahrson, W. & Mora, S. (1992). *Mapa de Amenaza de Deslizamientos, Valle Central, Costa Rica*. Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC).

Mora, R. (2004). *Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica*. Proyecto FUNDEVI 0960.

Mora R. (2012) *Fundamentos sobre deslizamientos*. Descargado desde [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:gZENGU2QxiUJ:www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf+&hl=es&gl=cr&pid=bl&srcid=ADGEESgpJFijdY4R6lWCyA2K90DbjBz-smYz0v2zRLeGHg7bpO9byoWq0xaKoEPi1sS6fnMCOjqrOcU-XA5O1TGQrKUsb2cyjSJint2hVAMQalMy9bsITMIxzISMxp94\\_5uSr-5urJ0X&sig=AHIEtbTnWcVU6jjrJYtSL-gH0S5EeYKUBA](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:gZENGU2QxiUJ:www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf+&hl=es&gl=cr&pid=bl&srcid=ADGEESgpJFijdY4R6lWCyA2K90DbjBz-smYz0v2zRLeGHg7bpO9byoWq0xaKoEPi1sS6fnMCOjqrOcU-XA5O1TGQrKUsb2cyjSJint2hVAMQalMy9bsITMIxzISMxp94_5uSr-5urJ0X&sig=AHIEtbTnWcVU6jjrJYtSL-gH0S5EeYKUBA)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2004). *Reducción de Riesgos de Desastres: Un Desafío para el Desarrollo*. Dirección de Prevención de Crisis y Recuperación. Publicaciones del PNUD sobre Reducción de Desastres. Descargado 16 de febrero desde <http://www.undp.org/bcpr/disred/espanol/index.htm>

Pimentel E. (2009). *Evaluación de tierras con fines de recuperación de tierras degradadas en la cuenca alta del río San Pedro, Panamá*. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Peraldo, G y Astorga A (2000). *La reducción del proceso de desastre en Geología de Costa Rica*. pp 241 – 248. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Rivas, Felipe y Carlos Alemán. (2000). *El reto de la integración regional y el desarrollo humano sostenible. Control Ciudadano, Centroamérica, Panamá y México*. Descargado el 17 de febrero del 2012 desde [www.socialwatch.org](http://www.socialwatch.org).

Reyes W, Jiménez F, Faustino J, Velásquez S. (2004). *Vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. PDF

RSN (2012). *Sismos históricos*. Descargado el 1 de julio desde <http://www.rsn.ucr.ac.cr/index.php/en/sismologia/sismos-historicos>

Salgado, R. (2005) *Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gilá, copán, Honduras*. Tesis de Maestría, Maestría en Educación para el Desarrollo y Conservación, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 152 p.

Wilches Chau, Gustavo. (1993) *La Vulnerabilidad Global*. In Maskrey, A. (ed.) *Los Desastres no son naturales*. La Red. Tercer Mundo Editores, Colombia. Descargado el 5 de marzo del 2012 desde <http://eird.org/gestion-del-riesgo/index.html>

Wilches-Chaux, Gustavo. (1989) *Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán.

Woodward-Clyde. (1993) *A preliminary evaluation of earthquake and volcanic hazards significant to the major populations centers of the Valle Central, Costa Rica*. Final Report prepared for Ret Corporation, San José, Costa Rica.

Words into Action. (2007). *A Guide for implementing the Hyogo Framework international Strategy for Disaster Reduction*. PDF.

## **Anexos**

## Anexo 1: Cálculo de la humedad

Estación	Clave	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	A Anual
SAN JOSE	84001	1970	23,6	2,4	69,8	208,4	202,8	232,7	339,2	343,7	416,9	233,2	99,7	107,8	2280,2
SAN JOSE	84001	1971	16,5	38,5	3,7	52,4	243,4	238,9	161,5	390,2	370,8	348,5	77,2	6,1	1947,7
SAN JOSE	84001	1972	90,5	0,2	4,7	21,1	239,9	199,2	110,4	188	191,1	277,7	79	89,8	1491,6
SAN JOSE	84001	1973	0,6	0,9	19,6	32,9	295	477,4	219,1	320,6	301,2	399,9	112	29,5	2208,7
SAN JOSE	84001	1974	1,8	0,9	0,3	47,8	356,1	450,3	237,9	304,6	398,4	348,8	29,2	61,1	2237,2
SAN JOSE	84001	1975	1,1	1	0	30,6	224,5	167,8	338,7	430,8	459,8	226,6	211,4	46	2138,3
SAN JOSE	84001	1976	7,7	0,4	0	44,4	206,4	317,8	157,5	206,8	304,9	275,6	133	3,8	1658,3
SAN JOSE	84001	1977	2,1	0	1,2	9,3	194,8	237,4	55,2	330,3	318,1	384,7	149,2	2,5	1684,8
SAN JOSE	84001	1978	5,6	5,3	2,6	28,9	280,3	217	207,7	148,1	389,2	224,8	126,2	34,7	1670,4
SAN JOSE	84001	1979	2,4	8,2	0	268	171,3	289,9	259,3	340,2	300,6	294,8	112,3	52,1	2099,1
SAN JOSE	84001	1980	18	24,7	1,6	7,6	309,5	241,7	198	364	477,4	219,3	217,5	93,5	2172,8
SAN JOSE	84001	1981	0	0	61,6	44,9	267,5	312,2	365,3	427,6	279,8	349,1	174,9	28,9	2311,8
SAN JOSE	84001	1982	2,3	13,3	4,7	37,3	275,3	303,6	158,3	43,4	281	445,6	58,7	2,8	1626,3
SAN JOSE	84001	1983	0	16,9	27,8	47,1	166	178,3	131,7	141,5	359,1	372,9	128,9	48	1618,2
SAN JOSE	84001	1984	10,6	23,3	1,6	4,4	249,7	188,1	315,9	419,4	420,9	229,5	78,3	11,5	1953,2
SAN JOSE	84001	1985	0	0	0	19,6	118,8	319,5	84,6	217,1	188,8	444,5	102,6	12,4	1507,9
SAN JOSE	84001	1986	0,9	0	10,6	2,7	238,3	184,4	86,7	152,1	225,9	266,5	62,8	16,5	1247,4
SAN JOSE	84001	1987	0,1	0	23,2	45	145,3	241,3	256,1	287,1	238	196,3	32,2	5,8	1470,4
SAN JOSE	84001	1988	14,4	0	0	16,5	249,7	334,9	199,5	619,7	299,2	453,4	88,9	14,3	2290,5
SAN JOSE	84001	1989	0,4	0,6	6,8	5,2	126,1	280,7	211,5	269,5	406,7	315,3	139,3	60,1	1822,2
SAN JOSE	84001	1990	11,4	0,2	6,3	9,4	116	144,4	221	214,5	286,6	322,6	197,2	68,9	1598,5
SAN JOSE	84001	1991	0	1,4	9,8	14	258,6	229,8	72,3	215,9	148,6	272,2	84,5	8,6	1315,7
SAN JOSE	84001	1992	0	27,4	0	84,5	139,5	356,5	165,1	159	337,1	273,7	69,3	28,2	1640,3
SAN JOSE	84001	1993	28,2	0,8	35,9	17,1	310	307,4	192	229,1	336,4	153,6	46,7	61,6	1718,8
SAN JOSE	84001	1994	5	1,5	4,3	98,4	155,5	166,1	92,5	196	193,5	333,2	251,8	22,7	1520,5
SAN JOSE	84001	1995	0	0	56,6	62,3	240,7	381,7	292,4	393,3	352,6	359,3	48,1	9,7	2196,7
			9,35385	6,4577	13,57	48,454	222,35	269,19	197,28	282,8	318,6	308,5	111,96	35,65	1824,135
PROMEDIO MENSUAL	84001		9,4	6,5	13,6	48,5	222,3	269,2	197,3	282,8	318,6	308,5	112	35,7	

HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	1	2	1	2	2	2	0	0	
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1950	0	0	18,8	63,5	299,9	438,1	190,4	460,8	461,8	363,8	177,9	91,1	2566,1
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1951	5,5	0	0	153,4	205	362,4	182,3	123	371,6	428,8	78,4	8,2	1918,6
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1952	0,8	0,2	93,3	86,3	365	201,2	140,9	36,1	376,7	399,7	84,3	63	1847,5
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1953	11	0	0,8	110,7	418,5	532,4	170,3	144,7	293,1	321,7	90,2	119,4	2212,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1954	0,2	0	62	102,2	363,7	382,3	259,3	336,3	339,5	436,1	181	10,1	2472,7
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1955	21,4	0	0	2,9	220,2	291,2	423,7	358,6	486,4	527	150,3	55,1	2536,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1956	12,6	60,8	0	57,6	344,2	379,9	239,7	364,7	293,2	405,6	109,7	15,4	2283,4
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1957	0	7,5	5,4	5,7	306,9	205,8	198,4	110,9	432,3	334,7	69,1	2,3	1679
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1958	1,1	7,5	63,6	8,2	209,4	281	161,7	201,4	241,7	347,5	219,6	1,1	1743,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1959	9,1	2	59	113,9	315,5	250,3	110	201,1	190,1	452,9	188,7	0,6	1893,2
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1960	8,4	50,7	6,9	117,3	461,3	206,1	253,1	234,3	352,6	647,4	194,6	15,9	2548,6
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1961	0	10,7	17,8	33,9	347,6	168,7	216,5	119	552,1	251,7	190,4	75,8	1984,2
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1962	4,8	0	36,8	167,4	267,8	334	227,5	191,8	404,4	434,8	137,7	58,3	2265,3
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1963	13,2	11,7	6,7	87,3	153,4	255,4	218,8	187,4	514,4	300,6	183,7	2,5	1935,1
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1964	0	19,4	20,3	33,3	92,5	376,3	335,3	269,9	442,5	400,5	70,9	29,3	2090,2
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1965	5,2	20,1	68,5	0,7	292,9	254,8	164	210,3	421,5	390,5	213,4	31,2	2073,1
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1966	25,9	21,4	0	74,9	349,2	287,3	351,6	376,9	253	370,4	52,3	79,6	2242,5
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1967	3	1	23,5	148	52,4	427,7	161,1	185,5	364,6	475,4	104,1	30,1	1976,4
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1968	0	75	0,5	29,7	380,1	375,8	163,5	303,1	404,5	448,5	288,1	1	2469,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1969	97,9	0	1,1	134,5	290,8	276	89,8	441	329,8	380,6	397	31,9	2470,4
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1970	8,1	0	111,6	167,6	380,1	167,7	404,9	319,6	564,7	341	97,1	64,8	2627,2
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1971	4,9	58	12,5	123,3	243,2	286,7	149,3	400,6	478,7	414,7	142,7	4	2318,6
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1972	80,6	1,5	10,2	102,2	281,9	119,8	124,4	217,2	342,8	283,2	165,4	125,6	1854,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1973	22,8	1,1	10,8	131,1	288,1	506,8	131,9	308,3	265,3	416,4	113,9	83,3	2279,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1974	3,3	1,7	42,2	16,3	226,6	253,7	105	33,6	377,9	337,5	28,4	24,6	1450,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1975	0	0	0,2	15,5	351	352,3	242,4	610,6	379	532,9	245,8	28,1	2757,8
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1976	0	0	0	119,8	209,4	304,5	146	16,4	135,1	406,7	148,2	4,4	1490,5
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1977	0	0	0,2	55,6	76,7	163,8	8,4	253,9	63,4	156,1	170,5	75,8	1024,4
SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1978	0	14,3	84,6	243,6	314,8	43,4	203	125,6	498,1	333,3	133,5	22,1	2016,3

SAN JOAQUIN DE FLORES	84015	1980	16,9	26,8	12,4	42,2	367,6	0,2	212,1	442	419,9	215,2	216,6	57,5	2029,4
PROMEDIO MENSUAL			11,9	13	25,7	85	282,5	282,9	199,5	252,8	368,4	385,2	154,8	40,4	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	2	2	1	2	2	2	1	0	
DESAMPARADOS	84022	1970	0	0	70,9	239,2	235,1	164,7	243,9	324,7	411,5	292,6	190	140	2312,6
DESAMPARADOS	84022	1973	0	0	0	14,8	271,6	439,7	212,7	367,5	329,7	368,8	0	0	2004,8
DESAMPARADOS	84022	1977	0	0	12,1	0	196,9	206,8	43	319,5	325	285,1	179,1	0	1567,5
DESAMPARADOS	84022	1978	0	9,3	23,8	9,9	327,1	313,7	168,9	168,1	396,9	313,2	147,5	36,4	1914,8
DESAMPARADOS	84022	1979	0	0	0	253,5	159,3	223,7	215,7	355,2	293,2	325	107,8	15	1948,4
DESAMPARADOS	84022	1980	0	0	0	2,9	364,5	189	187,7	233,6	397,6	157,5	161,3	97,9	1792
DESAMPARADOS	84022	1981	0	0	0	30,5	321	355,2	286,4	424,1	267,1	315,7	221,8	8,3	2230,1
DESAMPARADOS	84022	1982	6,7	0	0	33,4	350,5	397,3	137,6	44,8	375,5	339,3	32	0	1717,1
DESAMPARADOS	84022	1983	0	48,3	7,9	4,9	168,1	214,4	157,2	211,8	325,1	469,6	213,9	8,7	1829,9
DESAMPARADOS	84022	1984	30,9	88	5,8	33,8	150,9	269	268,4	210,8	518,3	271,3	165,6	4,7	2017,5
DESAMPARADOS	84022	1985	0	1,5	0	3,5	79,3	330,4	161,8	323,1	284,1	456,1	126,3	23,4	1789,5
DESAMPARADOS	84022	1988	0	0	4,9	25,2	235,1	327,4	353,3	296,6	286,5	332,5	54,1	2,7	1918,3
DESAMPARADOS	84022	1990	0	0	0	1,2	81,2	168,2	170,9	102,9	238,9	382,2	213	73,9	1432,4
DESAMPARADOS	84022	1991	0	0	0	0	290,1	177,7	95,6	126,8	231,8	334,9	34,2	0	1291,1
DESAMPARADOS	84022	1993	22,5	0	42	21	309,7	229,1	112,5	281	317,4	158	102,7	80,5	1676,4
DESAMPARADOS	84022	1994	0	0	0	27,3	177,2	122,3	53,9	230,4	73,9	329,2	185,2	12	1211,4
DESAMPARADOS	84022	1996	19,8	63,7	0	17,6	442,4	299,2	205,3	277,2	372,4	280,4	128,4	6,7	2113,1
DESAMPARADOS	84022	1997	0	0	0	138,4	211,3	278,7	23,9	66,7	319,1	290,3	289,2	0	1617,6
DESAMPARADOS	84022	1998	0	31	0	0	95,9	245,2	345,7	269,3	510,3	494,8	174	149	2315,2
DESAMPARADOS	84022	1999	3,3	24,7	4,8	157,7	498,2	306,7	13,8	380,2	511,1	441,5	81,9	75,9	2499,8
DESAMPARADOS	84022	2000	7,6	12,8	0	38,6	294,1	298	126,1	108,1	415,2	266,2	107,2	22,4	1696,3
PROMEDIO MENSUAL	84022		4,3	13,3	8,2	50,2	250,5	264,6	170,7	243,9	342,9	328,8	138,8	36,1	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	2	2	1	1	2	2	1	0	
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1971	155,2	69,6	39,9	205,7	172,6	161,1	326,3	249,1	304,1	347,8	113,7	36,2	2181,3
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1972	193,2	154,2	29,7	112,7	340,5	251,7	114,3	278,8	219,2	350,8	151,6	235,3	2432
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1973	150	59	5,4	25,8	292,7	231,3	228,1	387,4	257,9	410,6	233,9	396,7	2678,8

SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1974	88,7	86,8	28,9	86,9	132,7	407,2	207,4	315,5	374,7	179,7	171,8	389,2	2469,5
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1975	53,8	8,7	63,1	18,9	132,6	164,8	214,4	291,3	480	269,3	445,2	398,2	2540,3
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1976	148,8	65,8	13,3	66,2	259	397,4	409,9	167,6	265,1	239,1	455,1	151,9	2639,2
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1978	60,7	172,4	69,7	13	179,8	182,1	348,3	237,5	315,5	208,4	253,7	202,7	2243,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1979	41,5	57,1	22,1	308,2	247,7	357,6	151,9	329,6	293,9	406,4	194,2	209,8	2620
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1980	120,4	158,7	26,5	76,8	347	371,1	227,9	348,9	326,3	229,5	232,9	344,9	2810,9
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1981	207,3	124,6	61,5	144,6	220,1	399,6	169,2	396,1	261,4	429,4	531,3	174,1	3119,2
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1982	63,9	24,5	31	48,5	413,3	337,9	341	153,5	333,6	633,4	147,4	83,1	2611,1
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1983	101,5	33,5	107,7	47,7	206,5	141,6	182,6	148,8	313,8	447,6	220,2	94	2045,5
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1984	252,5	198,1	71,4	37,5	284	205,3	275,1	334	585,5	240,6	227,1	251,2	2962,3
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1985	60,1	115,9	24,6	71,5	125,5	256,7	259,4	299,8	271,2	244,6	232,7	91	2053
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1986	188,3	37,8	371,2	45,2	281,9	248,5	181,2	145,1	191	278	105,5	67,3	2141
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1987	147,7	56,9	53,3	143	189,6	230,2	260,3	396	208,6	417,1	144,4	107,4	2354,5
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1988	283,1	73,3	126,1	30,4	373,1	294,9	207,7	519,4	451,7	432,7	85,5	198,6	3076,5
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1989	52,9	114,7	74	62,6	204,1	229,9	241,1	214,7	285	249,3	200,2	192,8	2121,3
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1990	61,5	10,1	91,4	26,2	249,7	188,4	179,6	207	305	361	241,8	227,1	2148,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1991	11,3	72,5	25,7	84,4	260,8	220,8	193,9	255,3	158,9	283,1	265,5	64,6	1896,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1992	31,9	63,8	46,1	103,3	113,4	166,8	252,4	184,1	351,5	281,7	123,4	163,4	1881,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1993	196,3	70,2	126,8	156,3	228,1	228,7	283,8	253,5	291	214,9	155,1	197,4	2402,1
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1994	81,9	16,1	37,6	125,3	283,4	124,2	159,2	263,4	147,6	326,8	263,6	158,7	1987,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1995	55,7	107,2	64,6	78,9	243,1	392,2	221,9	296,1	398,4	471,5	107,5	35,7	2472,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1997	93,2	139	44,9	196,2	268,5	330,8	145,8	213,9	256,4	366,2	333,6	165,3	2553,8
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1998	10,4	21,6	165,6	30,5	169,1	301,1	391,8	228,7	505	461,7	288,5	341,6	2915,6
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	1999	81,8	160,3	127,5	318,4	375,7	224,9	208,3	301,5	520	486,1	287,5	281,5	3373,5
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	2000	224,2	136,9	7,9	99,6	237,5	253,3	178,4	121	307,9	169,7	206,8	126,4	2069,6
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	2001	184,4	27,8	42,5	73,4	188,9	155,8	149,3	183,5	292,8	199,4	236,8	216	1950,6
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	2002	146,7	18,6	21	13,7	211,2	214	169,8	325,2	321,3	390,3	503,4	15,1	2350,3
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	2003	116,5	14,9	45	91,1	241,3	556,2	176,7	99,8	310,7	438,7	222,6	280,9	2594,4
SAN JOSECITO DE HEREDIA	84046	2005	533,7	102	178	101,6	276,1	435,2	248,2	282	299,7	450,2	261,8	108,6	3277,1
PROMEDIO MENSUAL	84046		131,2	80,4	70,1	95,1	242,2	270,7	228,3	263,4	318,9	341,1	238,9	187,7	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	1	0	0	0	1	2	1	2	2	2	1	

TELEGRAFO, BARVA	84058	1968	0,1	67,6	12,5	39,7	390,9	348,1	182	265,1	651,6	442,6	347,8	2,8	2750,8
TELEGRAFO, BARVA	84058	1970	10,9	0,9	115,2	113,5	375	205,3	267,6	252,7	525,3	319	101,4	83,2	2370
TELEGRAFO, BARVA	84058	1971	7,9	56,6	16,7	169,8	252,7	240,3	141,7	355,6	584,1	421	188,3	1,1	2435,8
TELEGRAFO, BARVA	84058	1972	72,5	0,7	13,5	150	319,1	165,4	136,4	205,7	351,3	349,5	165,4	137,9	2067,4
TELEGRAFO, BARVA	84058	1973	17,4	0	5,2	102,6	279,2	522,8	269	359,8	348,4	432,2	81,4	40,7	2458,7
TELEGRAFO, BARVA	84058	1974	7,5	19,4	23,6	99,3	330,8	363,9	169,4	172,1	473,8	428,1	10,6	25,5	2124
TELEGRAFO, BARVA	84058	1976	5,5	0	5,2	55,5	74,4	36,5	170,9	163,2	242,8	507	121,2	13,7	1395,9
TELEGRAFO, BARVA	84058	1977	0	0	0,3	54,1	221,7	306,8	77,1	365,1	433,7	307,8	243,3	3,8	2013,7
TELEGRAFO, BARVA	84058	1978	0	18	106	167,9	296,6	229,9	271,4	255,8	387,9	428,2	159,9	79,3	2400,9
TELEGRAFO, BARVA	84058	1979	0,5	0	0	347,8	412,3	250,7	149	322,6	377,8	449,5	129,4	54,6	2494,2
TELEGRAFO, BARVA	84058	1980	23,2	30,4	0,8	62,1	415,5	401,9	186,8	354,4	472,3	164,4	295,2	42,3	2449,3
TELEGRAFO, BARVA	84058	1981	22,9	0	28,6	119	307,8	444	254	513	349,4	398,9	80	15	2532,6
TELEGRAFO, BARVA	84058	1982	35,6	36,6	0,8	141,8	386,4	193,5	199,3	29,3	375,7	363,5	51,5	100	1914
TELEGRAFO, BARVA	84058	1983	0	38,5	39,6	31,3	189,4	333	218,8	119,7	211,6	539,9	279,5	15,6	2016,9
TELEGRAFO, BARVA	84058	1984	32,6	41,1	76	114,7	398,6	135,3	13,4	219,3	365,5	79,4	57,5	8,8	1542,2
TELEGRAFO, BARVA	84058	1986	4,2	40,2	10,6	5,9	112,6	128,7	32,6	66,6	284,1	394,7	73,7	1,7	1155,6
TELEGRAFO, BARVA	84058	1987	0,3	0	35,8	40,5	54,2	0	87,7	225	126,4	99,3	30,6	2,5	702,3
PROMEDIO MENSUAL			14,1824	20,588	28,85	106,79	283,36	253,3	166,3	249,7	386	360,3	142,16	36,971	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	0	2	2	1	1	2	2	1	
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1976	4,4	0	0,6	82,1	257,6	276	93,9	135,1	142,2	202,6	162	7,3	1363,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1977	0	0	0	39,4	171,4	206,3	27,9	215,2	356,8	126,7	152,4	1	1297,1
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1978	0	14,7	66,1	53,1	160,8	186,2	290	103,5	310,4	265,5	127,8	35,2	1613,3
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1979	0,4	0,7	0	185,1	130,6	273,1	139,4	213,6	299,9	317,2	85,3	24,1	1669,4
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1980	17,3	0,4	23,6	35,2	382,7	273,1	130,5	252,1	411,3	174,1	195,6	41,4	1937,3
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1981	14,4	0	41,2	60,6	363,8	290,9	232,8	366,2	274,8	482	95,8	10,1	2232,6
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1982	12,8	9,5	0,2	56,2	303,9	193,5	232,1	31	352,4	270,6	71,2	27,8	1561,2
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1983	31,5	7,1	25,4	25,7	154,4	238,9	189,8	212,5	341,5	414	249,5	20	1910,3
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1984	15,5	7,1	38,4	145	327,3	185	204,8	227,8	338,9	225,3	108,4	4,2	1827,7
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1985	0	0	2,3	77,8	134,5	290,2	250,5	238	233,1	315,5	51,3	4,3	1597,5

AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1986	0,1	37	2,5	6,7	233,6	216,7	35,5	131,4	159,1	281	44,8	14,1	1162,5
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1987	0	0,4	7,8	36,5	199,9	333,8	207,2	217,3	176,9	202,4	74,7	5,3	1462,2
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1988	0,6	0	34,9	61,8	325,9	248,3	176,1	411,1	277,5	472,2	74,6	8,8	2091,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1989	0,1	1,4	7,1	28,3	102	303,1	145,3	270,6	361,5	299,8	118,1	31,5	1668,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1990	0,2	3	7,9	62,8	143,1	183	210,8	168,6	201	327,3	179,4	56,8	1543,9
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1991	0	0	37,6	62,6	181,6	271,8	71,8	151,5	273,2	259	65	28,7	1402,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1992	0	102,3	1	59,8	104,4	384,2	259,2	165,1	278,9	284,8	192,5	6,6	1838,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1993	71,7	0	54,1	64,3	276,4	256,6	117,7	197,4	294,7	231,7	46,8	8,8	1620,2
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1994	1,2	7,6	7,4	34,2	249,5	117,3	87	191,1	184,2	295,5	167,8	14	1356,8
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1995	0,9	0	67,4	88,2	213,7	236,3	176,3	318,3	323,1	456,2	32,4	19,3	1932,1
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1996	100,9	6,3	1,8	28,4	425,1	185,7	221	206,3	401,4	208,7	171,8	2,5	1959,9
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1997	10,4	2,7	8,6	138,1	205,5	216,8	33	80,8	270,4	237,5	244,4	13,5	1461,7
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1998	0	49,6	2,2	18,4	125	276,5	260,9	351,4	354,5	393,6	177,5	61,7	2071,3
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	1999	4,5	54,1	2,3	133,4	306,6	281,7	155,5	257	350	306,5	82,2	62,4	1996,2
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2000	4,4	2,2	1	43,8	320,2	190,1	55,6	64,3	330,4	118,4	61,7	35,4	1227,5
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2001	23,2	0	8,1	20,9	189,8	127,9	115,2	125	172,9	249,8	50,9	46,5	1130,2
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2002	29,7	0,6	0	0	145,5	151,6	82,7	237,8	327,3	318	142,8	25,9	1461,9
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2003	1	1	18,7	117,9	278,9	387,4	74,6	213,8	362,7	270,6	205,3	84,5	2016,4
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2004	1,5	8	2,8	53,8	332,4	89,5	223,2	196,6	374,1	315,6	195	1,6	1794,1
AEROPUERTO TOBIAS BOLAÑOS	84074	2005	7,7	3,5	44,4	23,6	106	313,3	168,6	210,1	274,8	377,1	123	28,3	1680,4
PROMEDIO MENSUAL	84074		11,8	10,6	17,2	61,5	228,4	239,5	155,6	205,3	293,7	290	125	24,4	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	1	
SABANA NORTE	84096	1981	0,9	0,2	23,5	34,1	250,8	300,9	255,8	434,7	243,9	525,1	142,1	13,7	2225,7
SABANA NORTE	84096	1982	0,9	37,3	0,5	60	374,7	272,8	197,9	42,1	294,5	360,4	95,3	26	1762,4
SABANA NORTE	84096	1984	5,7	23,7	8	55,6	299,3	208,6	263,3	386,8	374,9	300,9	32,7	2,1	1961,6
SABANA NORTE	84096	1985	0	0	0	82	107	312	143	344	214	413	55,5	12	1682,5
SABANA NORTE	84096	1986	1	4	3	0	242	199,5	60	141,5	200,5	248,1	44,9	24	1168,5
SABANA NORTE	84096	1987	0	0	11	39,6	152	273,1	228,9	201,3	204,5	198,8	44,2	3,2	1356,6
SABANA NORTE	84096	1988	2,1	0,1	10,6	36,6	310	220,5	177,9	395,2	249,6	432,5	68,3	16,6	1920
SABANA NORTE	84096	1989	0	0,4	8,6	4,1	115,2	309,5	154,3	213,4	329,9	304,3	142,3	42	1624

SABANA NORTE	84096	1990	2,7	2	20,5	18,4	163	165,1	185,7	250,6	210	361,3	227,6	52,5	1659,4
SABANA NORTE	84096	1992	0	32,5	0	34,9	97,8	414,9	198,1	170,2	288,5	205,2	137,6	17,8	1597,5
SABANA NORTE	84096	1993	59,5	1,7	118,4	29,9	292,8	309,6	106,2	244,7	306,9	290	33	40,6	1833,3
SABANA NORTE	84096	1994	1,8	2,9	7,4	70	156,2	173,8	92	226,5	223	254,7	176	20	1404,3
SABANA NORTE	84096	1995	2,4	0,3	75,9	112,9	254,6	369,7	167,1	328,2	429,4	496,5	64,1	14,6	2315,7
SABANA NORTE	84096	1996	72,9	25,4	1,8	44,5	419,3	262,7	208,8	260	426,4	226	161,5	9	2118,3
SABANA NORTE	84096	1997	11	3	5,3	102,5	177	202,4	43,5	89,9	466,7	228,1	225	4,8	1559,2
SABANA NORTE	84096	1999	0	92,4	9,8	148,5	409,3	281,9	107,1	309,7	447,4	270,8	120,1	51,6	2248,6
SABANA NORTE	84096	2005	15,7	9,4	24,2	18,2	82	371,6	194,6	206	253,3	397,9	99,3	16,2	1688,4
PROMEDIO MENSUAL	84096		10,4	13,8	19,3	52,5	229,6	273,4	163,8	249,7	303,7	324,3	110	21,6	
HUMEDAD ESTACION MVM2002			0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	2	0	
Clave	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	A Anual	

## Anexo 2

**CALCULO DE PERIODOS DE RETORNO PARA LLUVIAS EXTREMAS,  
CON PERIODOS DE RECURRENCIA DE 10 A 1000 AÑOS.**  
(Diseño: Luis Guillermo Salazar Mondragón).

Fecha

07/03/1998

SERIE DE DATOS				Inserte los valores de las lluvias máximas (periodos de 24 Hr) Nota: el máximo valor alcanzado en un año de registro							
	Año	máxima precip. mes	(mm)								
1	1970		71,3	<b>Lluvias máximas</b>  <b>n &gt; 10 años</b>  <b>Tr = 100 años</b>  <b>(mm)</b>	<b>Lluvias máximas</b>  <b>n &lt; 10 años</b>  <b>Promedio (mm)</b>	<b>Calificativo</b>	<b>Valor del parámetro (LI)</b>				
2	1971		71,1								
3	1972		71								
4	1973		70,3								
5	1974		70								
6	1975		73,1								
7	1976		73								
8	1977		63					< 100	< 50	Muy bajo	1
9	1978		80,2					101-200	50-90	Bajo	2
10	1979		74,5					201-300	91-130	Medio	3
11	1980		83,2					301 -400	131-170	Alto	4
12	1981		74,6					> 400	> 170	muy alto	5
13	1982		61,2								
14	1983		89,6								
15	1984		51,8								
16	1985		81,9								

17	1986		43,4
18	1987		65,5
19	1988		71,4
20	1989		39,2
21	1990		70,4
22	1991		83
23	1992		70
24	1993		64,4
25	1994		80,9
26	1995		77,3

<b>Suma</b>	1825,3	kg =	$\frac{y - \mu}{\text{sigma n}}$
<b>Media (q)</b>	70,2038462		
<b>Desviación Standard (sigma q)</b>	11,3944818		
<b>D. S. Pob. (Sx)</b>	11,620137	y =	4,6002
<b>Número de datos</b>	26	$\mu =$	0,532059
<b>log q</b>	4,2514031	Sigma n =	1,096125
		k100 =	3,71138419

**Cálculo de la lluvia extrema para un periodo de 100 años.**

$$q = \text{valor medio} * kg * \text{sigma q}$$

$$q_{100} = 113,3306391 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$P(q > q_{100}) = 1 - e^{-e^{(G_n * (q_{100} - q) / S_x + \mu_n)}}$$

$\sigma_n (G_n) = 1,096125$   
 $q_{100} = 113,330639$   
 $q = 70,2038462$   
 $S_x = 11,620137$   
 $\mu_n = 0,532059$

$Y = G_n * (q_{100} - q) / S_x + \mu_n = 2,16449103$   
 $M = e^{-Y} = 0,11480835$   
 $N = e^{-M} = 0,89153699$

$P(q > q_{100}) = 10,8463012$  Probabilidad de ocurrencia del evento  
 $T = (1/P(q > q_{100})) = 9,21973286$  Tiempo de retorno

	Estación	Datos				MVM
84074	AEROPUERTO	21	521931,423	214684,548	130,934291	2
84058	BARBA	16			148,975714	2
84046	SAN JOCESITO	25			169,029054	2
84022	DESAMPARADOS	26			113,330639	2
84001	SAN JOSE	15			149,040976	2

### Anexo 3: Cálculo de la vulnerabilidad

Código de segmento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	Sumatoria	Índice de vulnerabilidad
40301001	0,66	0	0,30	0,09	0,14	0,73	0,71	0,51	0,55	0,36	0,21	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,36	0,65
40301002	0,57	0	0,31	0,11	0,12	0,66	0,68	0,44	0,67	0,13	0,19	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,81	0,67
40301003	0,58	0	0,07	0,00	0,00	0,62	0,62	0,35	1,00	0,20	0,19	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,56	0,66
40301004	0,68	0	0,34	0,00	0,03	0,62	0,64	0,35	0,76	0,27	0,51	0,33	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,01	0,68
40301005	0,63	0	0,32	0,00	0,00	0,64	0,72	0,49	0,93	0,12	0,28	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,01	0,68
40301006	0,51	0	0,31	0,00	0,05	0,51	0,48	0,29	0,69	0,18	0,28	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,17	0,64
40301007	0,78	0	0,39	0,04	0,09	0,89	0,97	0,65	0,95	0,31	0,51	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,53	0,77
40301008	0,69	0	0,46	0,00	0,00	0,64	0,64	0,32	0,67	0,36	0,02	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,66	0,66
40301009	0,53	0,08	0,20	0,46	0,35	0,59	0,64	0,44	0,62	0,24	0,37	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,52	0,71
40301010	0,64	0	0,40	0,15	0,15	0,64	0,71	0,48	0,60	0,45	0,30	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,47	0,71
40301011	0,67	0	0,25	0,00	0,03	0,77	0,79	0,52	0,60	0,43	0,63	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,70	0,72
40301012	0,64	0	0,23	0,05	0,07	0,60	0,64	0,42	0,57	0,37	0,19	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,80	0,67
40301013	0,60	0	0,35	0,05	0,11	0,55	0,59	0,25	0,74	0,25	0,51	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,88	0,68
40301014	0,55	0	0,53	0,06	0,09	0,52	0,52	0,38	0,62	0,34	0,28	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,76	0,67
40301015	0,69	0	0,40	0,05	0,03	0,64	0,66	0,37	0,76	0,45	0,26	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,24	0,70
40301016	0,66	0	0,53	0,10	0,08	0,64	0,69	0,36	1,00	0,23	0,37	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,59	0,72
40301017	0,69	0	0,43	0,05	0,03	0,70	0,65	0,47	0,79	0,39	0,16	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,28	0,70
40301018	0,70	0	0,28	0,09	0,13	0,70	0,75	0,49	0,38	0,23	0,12	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,80	0,67
40301019	0,50	0	0,17	0,00	0,00	0,50	0,54	0,35	0,43	0,20	0,05	0,40	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	10,62	0,60
40301020	0,76	0	0,41	0,04	0,06	0,77	0,80	0,57	0,69	0,22	0,14	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,46	0,71
40301021	0,64	0	0,25	0,10	0,11	0,68	0,69	0,48	0,55	0,33	0,37	0,53	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,20	0,69
40301022	0,54	0	0,38	0,06	0,08	0,64	0,59	0,39	0,74	0,46	0,30	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,13	0,69
40301023	0,51	0	0,17	0,06	0,04	0,55	0,55	0,30	0,62	0,28	0,14	0,47	0,87	0	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,17	0,64
40302001	0,65	0	0,18	0,00	0,00	0,68	0,70	0,66	0,14	0,17	0,05	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,75	0,67
40302002	0,69	0	0,18	0,00	0,03	0,74	0,77	0,58	0,48	0,55	0,14	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,68	0,72
40302003	0,68	0	0,30	0,00	0,00	0,66	0,67	0,61	0,29	0,20	0,12	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,04	0,69
40302004	0,63	0	0,23	0,00	0,00	0,73	0,76	0,65	0,26	0,28	0,14	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,20	0,69
40302005	0,72	0	0,17	0,12	0,31	1,00	1,00	0,86	0,55	0,76	0,35	0,60	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,56	0,83
40302006	0,80	0	0,42	0,61	0,97	0,98	0,90	0,93	0,21	1,00	1,00	0,73	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,9	17,57	1,00
40302007	0,73	0	0,29	0,00	0,00	0,81	0,74	0,58	0,52	0,39	0,40	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,98	0,74
40302008	0,80	0	0,11	0,00	0,00	0,93	0,85	0,65	0,33	0,37	0,21	0,33	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,71	0,72
40302009	0,70	0	0,28	0,18	0,27	0,84	0,81	0,69	0,38	0,20	0,19	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,06	0,74
40302010	0,70	0	0,15	0,00	0,16	0,86	0,82	0,63	0,33	0,29	0,26	0,33	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,65	0,72
40302011	0,77	0	0,42	0,00	0,09	0,74	0,75	0,50	0,45	0,31	0,23	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,80	0,73
40302012	0,70	0	0,18	0,00	0,00	0,79	0,80	0,55	0,48	0,27	0,12	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,39	0,71
40302013	0,57	0	0,24	0,11	0,25	0,61	0,57	0,57	0,12	0,28	0,07	0,53	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,05	0,69
40302014	0,69	0	0,36	0,09	0,10	0,69	0,67	0,50	0,33	0,20	0,16	0,40	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,32	0,70
40302015	0,65	0,06	0,25	0,16	0,12	0,60	0,56	0,54	0,29	0,27	0,30	0,47	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,9	13,28	0,76
40302016	0,44	0,00	0,16	0,00	0,00	0,41	0,40	0,30	0,21	0,06	0,05	0,33	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	10,49	0,60
40302017	0,62	0,00	0,34	0,10	0,19	0,72	0,70	0,50	0,76	0,59	0,23	0,47	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,35	0,76
40302018	0,45	0,18	0,69	0,41	0,74	0,60	0,53	0,67	0,17	0,88	0,44	0,73	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	13,81	0,79

40302019	0,50	0,33	0,78	0,39	0,44	0,55	0,55	0,48	0,45	0,49	0,07	0,60	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,75	0,78
40302020	0,65	0	0,45	0,09	0,25	0,79	0,82	0,71	0,38	0,92	0,07	0,53	0,77	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,78	0,78
40303001	0,57	0	0,15	0,05	0,12	0,79	0,76	0,83	0,31	0,61	0,37	0,67	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,29	0,76
40303002	0,73	0	0,19	0,08	0,37	0,97	0,86	0,85	0,64	0,34	0,35	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,04	0,80
40303003	0,69	0	0,16	0,23	0,24	0,78	0,77	0,79	0,31	0,57	0,26	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,44	0,77
40303004	0,73	0	0,14	0,08	0,15	0,86	0,79	0,78	0,12	0,45	0,84	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,59	0,77
40303005	0,70	0	0,29	0,18	0,33	0,69	0,75	0,52	0,36	0,20	0,28	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,88	0,73
40303006	0,67	0	0,19	0,18	0,14	0,67	0,60	0,48	0,33	0,37	0,19	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,40	0,71
40303007	0,68	0,06	0,39	0,23	0,51	0,79	0,79	0,66	0,50	0,80	0,63	0,67	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	15,64	0,89	
40303008	0,80	0,00	0,28	0,34	0,34	0,93	0,91	0,74	0,83	0,57	0,42	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,73	0,84
40303009	0,64	0,00	0,23	0,05	0,11	0,75	0,76	0,72	0,31	0,46	0,19	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,85	0,73
40303010	0,66	0,00	0,43	0,38	0,35	0,72	0,65	0,64	0,38	0,46	0,23	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,56	0,77
40303011	0,62	0,07	0,20	0,54	0,51	0,73	0,71	0,67	0,45	0,39	0,40	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,93	0,79
40303012	0,67	0,00	0,32	0,33	0,28	0,72	0,62	0,66	0,45	0,33	0,16	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,13	0,75
40303013	0,67	0,00	0,29	0,14	0,34	0,70	0,70	0,56	0,38	0,22	0,47	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,03	0,74
40303014	0,67	0,00	0,17	0,41	0,51	0,75	0,77	0,73	0,38	0,36	0,28	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,68	0,78
40303015	0,56	0,14	0,14	0,33	0,58	0,68	0,63	0,64	0,21	0,35	0,49	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,42	0,76
40303016	0,51	0,08	0,22	0,26	0,19	0,53	0,55	0,43	0,24	0,10	0,40	0,47	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,02	0,68
40303017	0,80	0	0,26	0,16	0,27	0,89	0,93	0,71	0,64	0,57	0,19	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,06	0,80
40303018	0,64	0	0,29	0,00	0,04	0,75	0,65	0,67	0,40	0,33	0,02	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,37	0,70
40303019	0,56	0	0,46	0,22	0,21	0,67	0,70	0,59	0,14	0,28	0,30	0,53	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,72	0,72
40303020	0,53	0,08	0,40	0,29	0,48	0,64	0,62	0,61	0,26	0,18	0,16	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,11	0,69
40303021	0,67	0,00	0,48	0,09	0,27	0,74	0,75	0,63	0,17	0,61	0,19	0,67	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,32	0,76
40303022	0,43	0,19	0,58	0,15	0,38	0,47	0,44	0,42	0,12	0,23	0,02	0,60	0,95	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,07	0,69
40304001	0,52	0,15	0,38	0,35	0,44	0,66	0,66	0,66	0,19	0,52	0,30	0,60	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,79	0,79
40304002	0,70	0,06	0,22	0,17	0,22	0,86	0,90	0,75	0,43	0,73	0,93	0,60	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,92	0,85
40304003	0,74	0	0,33	0,13	0,25	0,85	0,80	0,82	0,21	0,54	0,60	0,60	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,23	0,81
40304004	0,92	0	0,45	0,17	0,43	0,99	0,87	1,00	0,29	0,71	0,70	0,67	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	16,45	0,94	
40304005	0,73	0	0,39	0,58	0,46	0,78	0,80	0,73	0,38	0,61	0,23	0,67	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,72	0,84
40304006	0,42	0	0,24	0,53	0,63	0,42	0,35	0,38	0,10	0,34	0,12	0,60	1,00	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,48	0,71
40305001	0,63	0	0,33	0,00	0,04	0,53	0,55	0,35	0,31	0,31	0,26	0,40	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,67	0,66
40305002	0,48	0	0,33	0,00	0,05	0,51	0,48	0,31	0,21	0,18	0,09	0,40	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,00	0,63
40305003	0,47	0	0,13	0,00	0,15	0,53	0,61	0,35	0,33	0,33	0,16	0,33	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,35	0,65
40305004	0,68	0	0,24	0,05	0,07	0,64	0,64	0,51	0,48	0,14	0,05	0,40	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,84	0,67
40305005	1,00	0	0,37	0,07	0,11	0,90	0,86	0,61	0,45	0,58	0,23	0,40	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,54	0,77
40305006	0,46	0	0,27	0,13	0,15	0,42	0,41	0,30	0,64	0,30	0,16	0,33	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,54	0,66
40305007	0,52	0	0,39	0,06	0,13	0,65	0,60	0,66	0,29	0,30	0,33	0,53	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,42	0,71
40305008	0,70	0	0,31	0,18	0,13	0,76	0,70	0,64	0,29	0,55	0,09	0,47	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,77	0,73
40305009	0,61	0,07	0,48	0,30	0,41	0,73	0,74	0,70	0,21	0,69	0,26	0,53	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,68	0,78
40305010	0,53	0,00	0,46	0,20	0,15	0,49	0,45	0,50	0,05	0,34	0,02	0,53	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,68	0,67
40305011	0,39	0,10	0,20	0,16	0,35	0,54	0,49	0,46	0,19	0,46	0,28	0,60	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,18	0,69
40305012	0,70	0,00	0,34	0,00	0,00	0,75	0,70	0,64	0,31	0,11	0,07	0,60	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,17	0,69
40305013	0,50	0,00	0,30	0,00	0,05	0,61	0,55	0,49	0,21	0,47	0,35	0,53	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,01	0,68
40305014	0,39	0,00	1,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,01	0,21	0,02	0,02	0,07	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	9,85	0,56
40305015	0,69	0,00	0,23	0,00	0,08	0,69	0,64	0,54	0,43	0,35	0,42	0,53	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,55	0,71
40305016	0,61	0,00	0,30	0,00	0,11	0,64	0,62	0,48	0,45	0,20	0,28	0,47	0,86	0,5	0,1															

40305019	0,52	0,08	0,34	0,20	0,20	0,44	0,43	0,31	0,24	0,08	0,12	0,40	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,31	0,64
40305020	0,53	0,00	0,33	0,00	0,00	0,48	0,51	0,35	0,24	0,20	0,35	0,47	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,41	0,65
40305021	0,49	0,00	0,33	0,25	0,23	0,46	0,46	0,34	0,33	0,18	0,47	0,47	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,96	0,68
40305022	0,70	0,06	0,25	0,26	0,23	0,74	0,75	0,62	0,40	0,46	0,09	0,60	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,11	0,75
40305023	0,42	0,10	0,44	0,16	0,29	0,46	0,42	0,38	0,36	0,39	0,12	0,67	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,15	0,69
40305024	0,65	0,00	0,05	0,05	0,32	0,85	0,87	0,82	0,31	0,63	0,16	0,67	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,33	0,76
40305025	0,55	0,00	0,07	0,22	0,24	0,75	0,67	0,85	0,10	0,82	0,70	0,73	0,86	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,66	0,78
40306001	0,83	0,00	0,55	0,19	0,62	0,93	0,86	0,81	0,55	0,78	0,30	0,60	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	15,91	0,91	
40306002	0,71	0,00	0,56	0,25	0,26	0,70	0,64	0,57	0,45	0,30	0,19	0,60	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,21	0,75
40306003	0,58	0,00	0,47	0,16	0,29	0,62	0,62	0,54	0,31	0,37	0,05	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,52	0,71
40306004	0,61	0,00	0,30	0,33	0,33	0,53	0,51	0,43	0,50	0,08	0,07	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,23	0,70
40306005	0,45	0,00	0,30	0,39	0,47	0,46	0,46	0,33	0,43	0,19	0,30	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,30	0,70
40306006	0,63	0,00	0,67	0,55	0,70	0,73	0,69	0,70	0,50	0,43	0,91	0,73	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	15,23	0,87
40306007	0,48	0,00	0,46	0,48	0,61	0,60	0,57	0,54	0,19	0,57	0,21	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,34	0,76
40306008	0,66	0,00	0,42	0,24	0,47	0,69	0,65	0,56	0,33	0,29	0,12	0,60	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,02	0,74
40306009	0,65	0,12	0,41	0,24	0,35	0,82	0,77	0,72	0,33	0,64	0,47	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	15,07	0,86	
40306010	0,52	0	0,17	0,00	0,09	0,65	0,62	0,44	0,52	0,27	0,19	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,99	0,68
40306011	0,48	0	0,38	0,07	0,15	0,58	0,63	0,48	0,40	0,36	0,00	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,04	0,69
40306012	0,76	0	0,28	0,00	0,07	0,66	0,67	0,54	0,24	0,36	0,12	0,33	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,02	0,68
40306013	0,46	0	0,35	0,20	0,29	0,54	0,52	0,46	0,31	0,49	0,14	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,28	0,70
40306014	0,52	0	0,24	0,06	0,08	0,64	0,64	0,50	0,38	0,53	0,23	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,34	0,70
40306015	0,51	0	0,34	0,24	0,27	0,56	0,54	0,40	0,55	0,27	0,28	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,47	0,71
40306016	0,59	0	0,33	0,22	0,40	0,62	0,67	0,54	0,36	0,39	0,28	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,90	0,73
40306017	0,61	0	0,46	0,26	0,40	0,66	0,61	0,50	0,36	0,35	0,21	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,06	0,74
40306018	0,61	0,332	0,41	0,99	0,85	0,74	0,71	0,66	0,52	0,54	0,16	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	15,18	0,86
40306019	0,38	0	0,62	0,24	0,60	0,43	0,38	0,33	0,31	0,22	0,40	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,55	0,71
40306020	0,76	0	0,38	0,04	0,31	0,85	0,81	0,74	0,55	0,40	0,60	0,60	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,02	0,80
40306021	0,43	0,3778	0,21	0,29	0,33	0,54	0,53	0,56	0,12	0,42	0,05	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,49	0,71
40306022	0,50	0	0,21	0,00	0,22	0,71	0,67	0,62	0,05	0,40	0,30	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,33	0,70
40306023	0,54	0	0,12	0,00	0,20	0,83	0,85	0,79	0,52	0,72	0,28	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,52	0,77
40306024	0,65	0,5	0,48	0,50	0,49	0,61	0,60	0,46	0,33	0,37	0,56	0,47	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,00	0,80
40306025	0,61	0	0,38	0,12	0,14	0,52	0,51	0,46	0,12	0,27	0,26	0,53	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,90	0,68
40306026	0,38	0	0,00	0,00	0,12	0,49	0,44	0,48	0,19	0,29	0,09	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,15	0,63
40306027	0,58	0,3484	0,30	0,31	0,65	0,70	0,68	0,81	0,12	0,51	0,28	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,94	0,79
40306028	0,49	0	0,03	0,00	0,00	0,37	0,37	0,38	0,05	0,34	0,14	0,67	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	10,81	0,62
40306029	0,40	0,6071	0,36	0,78	1,00	0,45	0,40	0,62	0,14	0,29	0,00	0,80	0,89	0,5	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,82	0,79
40307001	0,70	0	0,32	0,09	0,10	0,65	0,67	0,52	0,43	0,23	0,07	0,47	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,10	0,69
40307002	0,72	0	0,37	0,09	0,35	0,96	0,93	0,88	0,36	0,66	0,16	0,67	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,99	0,80
40307003	0,72	0	0,23	0,17	0,19	0,78	0,77	0,68	0,36	0,41	0,28	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,02	0,74
40307004	0,62	0	0,38	0,47	0,43	0,64	0,62	0,49	0,57	0,47	0,12	0,53	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,19	0,75
40307005	0,63	0	0,28	0,19	0,29	0,72	0,63	0,60	0,36	0,42	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,15	0,75	
40307006	0,67	0	0,24	0,19	0,21	0,81	0,77	0,80	0,31	0,54	0,12	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,10	0,75
40307007	0,28	0,7327	0,62	0,84	0,81	0,32	0,32	0,30	0,10	0,12	0,28	0,67	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,22	0,75
40307008	0,70	0	0,13	0,00	0,17	0,80	0,79	0,81	0,57	0,61	0,05	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,07	0,74
40307009	0,49	1	0,36	1,00	0,79	0,62	0,63	0,54	0,26	0,45	0,23	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	14,81	0,84
40307010	0,74	0	0,36	0,04	0,19	0,84	0,83	0,75	0,40	0,30	0,07	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,98	0,74
40307011	0,55	0	0,38	0,66	0,63	0,60	0,57	0,50	0,31	0,41	0,05	0,60	0,99	0,3	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,10	

40308002	0,50	0	0,24	0,13	0,10	0,51	0,48	0,42	0,31	0,25	0,00	0,53	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,71	0,67
40308003	0,64	0	0,39	0,48	0,55	0,74	0,72	0,68	0,40	0,42	0,07	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,95	0,79
40308004	0,64	0	0,23	0,10	0,26	0,69	0,62	0,52	0,36	0,31	0,37	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,95	0,74
40308005	0,37	0	0,21	0,16	0,18	0,48	0,48	0,44	0,24	0,20	0,02	0,53	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,56	0,66
40308006	0,39	0	0,47	0,17	0,13	0,38	0,41	0,25	0,33	0,18	0,21	0,53	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,71	0,67
40308007	0,53	0	0,28	0,18	0,18	0,59	0,51	0,44	0,40	0,23	0,09	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,29	0,70
40308008	0,56	0	0,31	0,22	0,24	0,68	0,64	0,62	0,29	0,17	0,19	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,75	0,73
40308009	0,53	0,0759	0,30	0,29	0,31	0,63	0,60	0,62	0,29	0,27	0,09	0,67	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,92	0,74
40308010	0,66	0	0,23	0,19	0,25	0,74	0,71	0,66	0,33	0,30	0,19	0,67	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	13,17	0,75
40308011	0,56	0	0,36	0,22	0,25	0,61	0,58	0,50	0,17	0,19	0,44	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,72	0,72
40308012	0,57	0	0,23	0,06	0,13	0,61	0,60	0,52	0,40	0,08	0,05	0,60	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	12,10	0,69
40308013	0,37	0,109	0,43	0,18	0,33	0,34	0,33	0,24	0,36	0,29	0,09	0,47	0,90	0,8	0,1	0,9	0,9	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,9	11,78	0,67