

Análisis de Riesgo en la Cuenca del Lago de Maracaibo en su Ámbito Venezolano, mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfico

Geog. José A. De Sá Rodríguez M.

Geog. Nacary C. Gutierrez G.

Ing. MSc. Rafael A. Rebolledo W.

Geog. Dra. Maria G. Camargo M.

El objetivo principal de este trabajo es determinar niveles de riesgo para cuatro eventos naturales: inundación, sismo, movimientos de masas e incendios, para la cuenca del Lago de Maracaibo en su Ámbito Venezolano a escala 1:250.000. Este área es de gran interés estratégico en cuanto a lo económico, militar, social y político, ya que es la segunda cuenca hidrográfica mas grande de Venezuela y posee una importante gama de recursos físico naturales con los que cuenta la nación.

1. Localización y Delimitación

La cuenca hidrográfica del Lago de Maracaibo, se localiza al occidente de Venezuela, y al este de la República de Colombia. Se encuentra rodeada por tres divisorias de aguas que originan un gran drenaje y que finalizan en el Lago de Maracaibo, las cuales son: la Sierra de Perijá, la Cordillera Andina y la Serranía de Ciruma.

Astronómicamente se ubica entre los 70° 30' y 73° 24' de longitud oeste, y entre los 8° 22' y los 11° 51' de latitud norte. Para efectos de este estudio se seleccionó el área que corresponde al territorio venezolano que se ubica entre los 7° 28' y 11° 54' de latitud norte y los 70° 00' y 73° 28' de longitud oeste.

2. Conceptualización

Se puede definir al riesgo, como la interacción entre la amenaza o peligrosidad y los objetos que están expuestos a la misma (personas, edificios, etc.), así como el grado de destrucción que dichos objetos pueden experimentar (Bonachea, 2006: 59).

Definiendo a la amenaza, como la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias de un fenómeno de origen natural, generalmente de carácter sorpresivo, de evolución rápida y de relativa severidad, que se concentra durante un determinado periodo de tiempo y en un lugar, afectando a un componente o a la totalidad del sistema territorial expuesto (Horcajada, et al, 2000:138)

Vulnerabilidad, como el factor intrínseco de un individuo, región, o comunidad que pone en evidencia su incapacidad o limitante para soportar, asumir o asimilar eventos naturales o humanos peligrosos – amenazas – y para recuperarse de ellos. (Villamizar, 2006).

3. Metodología

Para efectos práctico, la determinación del Riesgo se divide en tres módulos de forma sistemática como se muestra en la Figura 1.

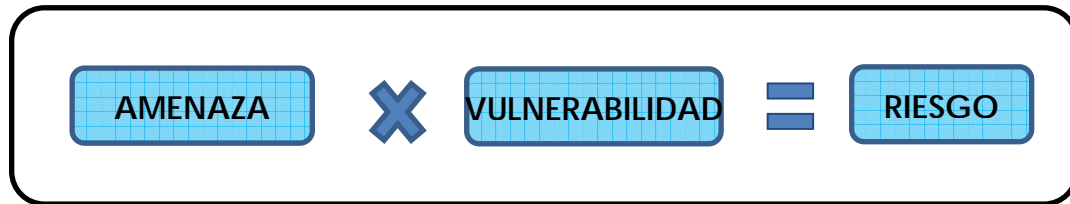


Figura 1. Formula del Riesgo.

- *Módulo 1: Amenaza*

Este módulo trata del análisis espacial multivariado con valoración geoestadística para la determinación de condiciones de amenaza, entendiendo a la amenaza como la probabilidad de ocurrencia, entre un periodo específico de tiempo en un área específica, de un potencial peligro ante un fenómeno natural (UNDRO, Citado por Bonachea, 2006).

- ✓ Inventarios de registro de eventos naturales

La elaboración de los inventarios consistió básicamente en la recopilación de información documental histórica para cuatro eventos de carácter natural: incendio, movimiento de masas, inundaciones y sismos (Figura 2), el cual fue obtenido a través del Inventario Nacional de Riesgo de FUNVISIS.

Para la representación espacial de los inventarios se hace de la siguiente manera: para el caso de los sismos, se realizó, mediante la digitalización de las coordenadas del epicentro del mismo. Para el caso de los incendios y movimientos de masa, la representación cartográfica de sus respectivos inventarios, se efectuó mediante la asociación al centro poblado más cercano, obteniendo así una cobertura de puntos para cada inventario.

El inventario de inundaciones se representa en dos coberturas, debido a que una parte del mismo está asociado a centros poblados (puntos), y otra a ríos y quebradas (líneas), donde se utiliza la capa de centros poblados e hidrografía respectivamente para elaborar la representación.

Una vez obtenida la información de los cuatro inventarios representada espacialmente, se procede a aplicarle un buffer a cada cobertura para representar su respectiva área de influencia. Para el caso de las coberturas puntuales, el buffer es de 10 metros de radio y para las lineales es de 50 metros de radio.

- ✓ Ajuste de variables

Dada las características del estudio, todas las coberturas de las variables tienen que ser de forma bidimensional (polígono o región), y tienen que cubrir toda la superficie de la cuenca,

por tal motivo, las variables deben reajustarse a dichas condiciones, como se describen a continuación:

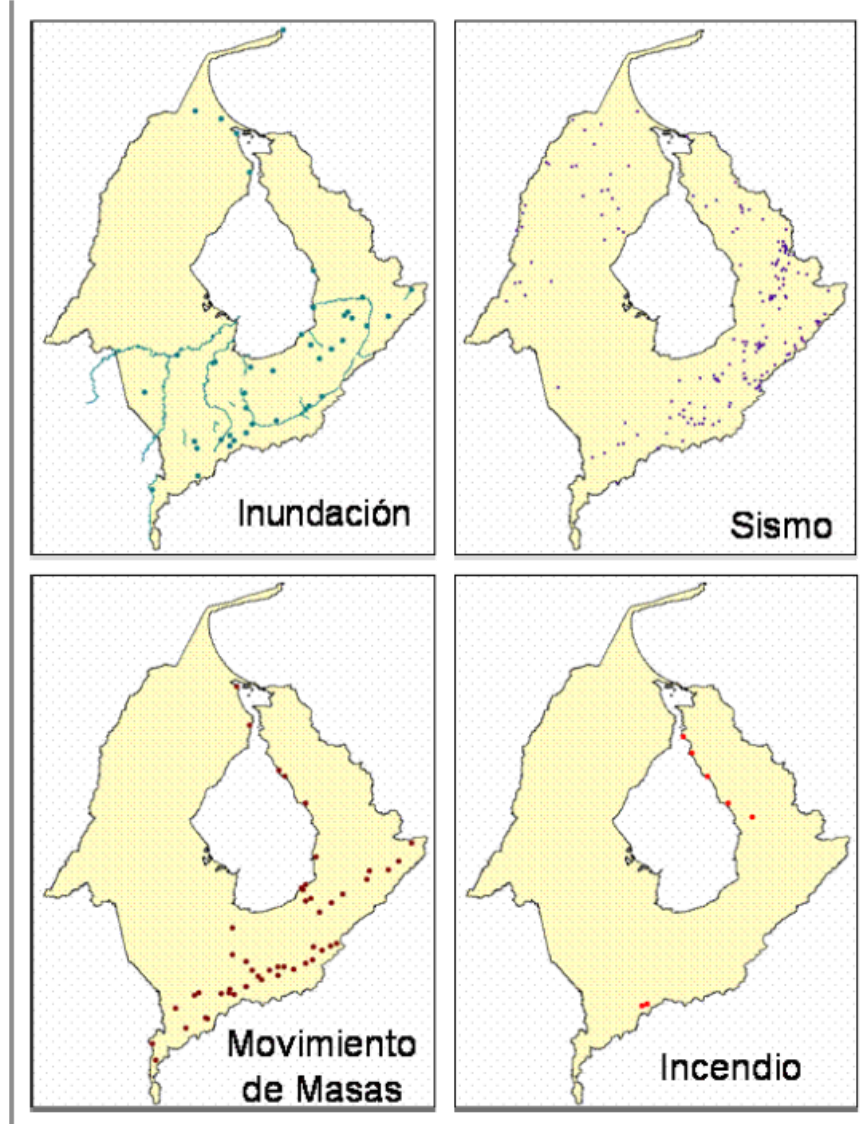


Figura 2. Distribución espacial de los registros de inventarios.

- Vialidad: A la cobertura de vialidad (lineal) se le aplica un buffer de 250 metros de radio a tipo de vía, para determinar el área de su influencia, posteriormente se le unió con la capa de área de estudio y así obtener una cobertura que abarque todo el área de estudio, diferenciando así las área de influencia de la vialidad y aquellas donde no existe influencia. En el caso donde las áreas de influencia de dos o más tipos de vía se solapaban se le asignó una nueva característica dentro del atributo, llamada "mixto". El mismo procedimiento se aplica para las variables hidrografía y estructuras geológicas (fallas).
- Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE): Todos los Abrae's deben unirse en una misma cobertura como una "región" debido a que los

diferentes Abrae's se solapan en algunas ocasiones, posteriormente se debe unir con la cobertura de área de estudio y obtener todas aquellas áreas que no corresponden con alguna Abrae's.

- Cada una del resto de las variables, deben cubrir la totalidad de la superficie del área de estudio.
- El análisis multivariado con valoración geoestadística, presenta una limitante para considerar variables continuas, por tal motivo no se consideraron las variables climáticas y las altitudinales. Para solventar este problema, se tomó la variable vegetación, la cual es de tipo discreta, y esta indirectamente relacionada con el clima y la altitud.

Dentro de cada variable se toma en consideración uno o más atributos, como se muestra en la Tabla 1.

| Variable | Atributo |
|-------------------------|-----------------------|
| Geología | Contacto |
| | Edad absoluta |
| | Edad relativa |
| | Espesor |
| | Litología |
| Estructuras | Influencia de falla |
| Geomorfología | Morfodinámica |
| | Relieve |
| Vegetación Y Uso | Categoría de uso |
| | Tipo de uso |
| | Altura de dosel |
| | Densidad vegetal |
| | Formación vegetal |
| | Grado de intervención |
| | Tipo de vegetación |
| Vialidad | Vialidad |
| Hidrografía | Hidrografía |
| Abrae | Tipo |

Tabla 1. Variables y atributos de la amenaza.

- ✓ Cruce de variable e inventarios

Consiste en la intersección de cada una de las variables con cada uno de los inventarios, para así obtener coberturas con atributos de la base de datos de los inventarios y de las variables.

- ✓ Valoración estadística

Consiste en la construcción de tablas de contingencia, mediante la comparación del tamaño de la superficie que ocupa cada variable según cada clase; y el tamaño de la superficie que ocupa la intersección de la variable con el inventario por cada clase, obteniendo así el porcentaje de ocurrencia (porcentaje de superficie de cada clase en la intersección con respecto al total de superficie de la intersección), y el porcentaje de la no ocurrencia (porcentaje de la diferencia de la superficie por cada clase de la variable, con la superficie de ocurrencia por cada clase).

✓ Determinación de variables vinculantes

Se determina la correlación (r), entre la ocurrencia y la no ocurrencia dentro de cada contingencia para determinar las variables que son efectivamente vinculantes, partiendo de la hipótesis de que un comportamiento similar en las curvas de ocurrencia y no ocurrencia, indicaría que cualquier posibilidad de vinculación es aparente y debida a circunstancias de mayoría preponderante en la distribución espacial de una clase respecto a las demás (Rebolledo, 2003). Así de forma práctica se estableció un umbral de $r \leq 0.70$ como buen indicativo de diferenciación (mejor vinculación efectiva) entre las curvas de ocurrencia y no ocurrencia (Figura 3).

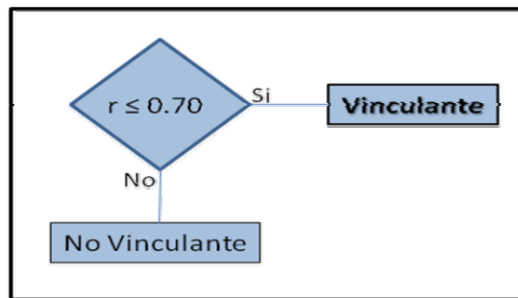


Figura 3. Criterio de selección de variables vinculantes.

Una vez determinadas las variables con vinculación efectiva para cada evento natural, se identificaron las clases críticas, de las mismas, tomando en consideración todas las clases, cuya ocurrencia sea mayor al umbral interno de la variable vinculante, dicho umbral se calculó de la diferencia entre la ocurrencia máxima y la desviación estándar de la ocurrencia (Figura 4). El peso que tiene cada clase crítica de cada variable con vinculación efectiva, es igual a la proporción de ocurrencia que obtuvo dicha clase (Tablas 2, 3, 4 y 5).

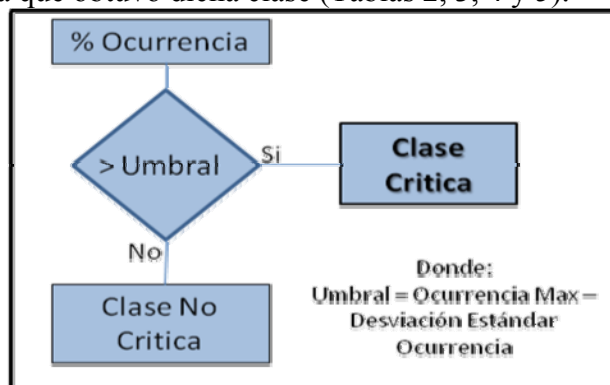


Figura 4. Criterio de selección de clases críticas.

XII ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA
 "Caminando en una América Latina en transformación"

| Variable | Atributo | Clase | Peso |
|---------------------------------------|-----------------------|--|-------|
| Geomorfología | Proceso Morfodinámico | Inundación por desborde de ríos | 0,52 |
| | Tipo de Relieve | Llanura con predominio de bancos y napas | 0,52 |
| Influencia de Hidrografía | Influencia | Si (Dentro) | 0,98 |
| Vegetación y Uso | Formación Vegetal* | Mixta | |
| | | Otras | |
| | Tipo de Vegetación | Cuerpos de agua | 0,22 |
| | | Sabana arbolada con bosque de galería. | 0,25 |
| ABRAE | Significado | Reserva Hidráulica (RNH Reserva Nacional Hidráulica) | 0,36 |
| * No se considera por estar solapados | | | Total |
| | | | 2,85 |

Tabla 2. Resumen de variables vinculantes y clases críticas para inundación

| Variable | Atributo | Clase | Peso |
|---------------------------------------|-------------------------|--|------|
| Formaciones Geológicas | Contacto Geológico* | Formación Mucuchachi | |
| | | Formaciones Pauji y Trujillo | |
| | | Piedemontes, colinas y montañas | |
| | Edad Geológica Relativa | EOCENO | 0,18 |
| | | PRECAMBRICO TARDIO | 0,19 |
| | | RECIENTE | 0,16 |
| | Espesor | Sin Información | 0,29 |
| | Litología | Arenas, limos y arcillas | 0,16 |
| | | Areniscas, limolitas y lutitas intercaladas con algunas capas de calizas en la parte inferior. las areniscas son duras de grano fino y bien estratificadas | 0,15 |
| | | Gneises y esquistos de grano medio a grueso, anfibolitas y gneises anfibolíticos, esquistos cuarzo-moscobiticos-feldepaticos, biotíticos y cuarzita | 0,19 |
| | Localización* | Ampliamente distribuido en los andes venezolanos | |
| | | Norte de Cabimas, y zonas montañosas al este de Ciudad Ojeda, Mene Grande y Betijoque | |
| | | Valles aluviales y depresiones recientes | |
| | Sección* | Sierra Misoa | |
| | | Sin información | |
| Sin Información | | | |
| Valles y depresiones | | | |
| Geomorfología | Tipo de Relieve | Sistemas de crestas y vigas relativamente angosta e irregulares | |
| | | Viga | 0,16 |
| * No se considera por estar solapados | | Total | 1,49 |

Tabla 3. Resumen de variables vinculantes y clases críticas para sismo



XII ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA
 "Caminando en una América Latina en transformación"

| Variable | Atributo | Clase | Peso | |
|---------------------------------------|--------------------|--|-------|------|
| Vegetación y Uso | Tipo de Vegetación | Sin vegetación | 0,50 | |
| | Formación Vegetal | Sin vegetación | | |
| | Categoría de uso | Agrícola | 0,31 | |
| | | Urbano | 0,38 | |
| Tipo de Uso* | Centro poblado | | | |
| Influencia de Hidrografía | Influencia | Si (dentro) | 0,62 | |
| Geomorfología | Tipo de Relieve | Colinas con pendientes moderadamente onduladas | 0,15 | |
| | | Valle entre montañas, abarcando las vertientes bajas fuertemente onduladas | 0,13 | |
| * No se considera por estar solapados | | | Total | 2,08 |

Tabla 4. Resumen de variables vinculantes y clases críticas para movimiento de masas

| Variable | Atributo | Clase | Peso | |
|---------------------------------------|-----------------------|--|------------|------|
| Geomorfología | Proceso Morfodinámico | Casi estables | 0,5 | |
| | | Llanura de explayamiento | 0,17 | |
| | | Loma (9-16% de pendientes) | 0,17 | |
| | | Mesa con sectores planos y ligeramente ondulados | 0,17 | |
| | | Mesa plana | 0,17 | |
| | | Terraza | 0,17 | |
| | | Valle entre montañas, abarcando las vertientes bajas fuertemente onduladas | 0,17 | |
| | | Influencia de Hidrografía | Influencia | Si |
| Vegetación y Uso | Categoría de Uso | Urbano | 0,86 | |
| | Tipo de Uso* | Centros poblados | | |
| | Forma vegetal* | Sin Vegeta | 0,86 | |
| | Tipo de vegetación | Sin Vegeta | | |
| Influencia de Vialidad | Clase | Carretera Pavimentada | 0,73 | |
| ABRAE | Significado | Área Crítica con Prioridad de Tratamiento | 0,43 | |
| | | No Abrae | 0,57 | |
| * No se considera por estar solapados | | | Total | 5,48 |

Tabla 5. Resumen de variables vinculantes y clases críticas para incendio

✓ **Análisis espacial para la determinación de las amenazas**

En resumen cada tipo de evento (movimiento de masas, inundaciones, incendio y sismo) tiene un grupo de variables vinculantes con condiciones críticas que se tienen a su vez un peso o ponderación diferente.

Seguidamente se seleccionan cada una de estas clases, se extraen de la base original, para así unir todas las coberturas resultantes, sumar sus correspondientes ponderaciones y obtener la



Amenaza Total (AT) en sus respectivas coberturas de amenazas. Se tomó como indicador de la amenaza al Índice de Amenaza (IA), para cada evento (IA), el cual se calculó de la siguiente manera:

$$IA = \frac{AT}{\sum Pesos}$$

Donde:

- IA : Índice de Amenaza
- AT: Amenaza Total

El índice de amenaza, es un indicador que va desde 0 hasta 1, donde el 0 indica que no existe ninguna condición de amenaza, y el 1 indica que se dan todas las condiciones. La amenaza fue clasificada en cinco rangos.

- *Módulo 2: Vulnerabilidad*

Coburn et al. (Citado por Bonachea, 2006), definen la vulnerabilidad como el grado de pérdida causado en un elemento determinado (o serie de elementos) resultante de una amenaza dada con un nivel de gravedad también definido.

La vulnerabilidad se determina a través de la evaluación de los aspectos físicos y socioeconómicos, los cuales son operacionalizados, para así evaluarla a través de una valoración cuali-cuantitativa. Las cualidades vulnerables evaluadas bajo este criterio son las siguientes:

- ✓ Operacionalización de la vulnerabilidad

Por medio de esta sistematización, se definen las variables e indicadores a estimar para medir los dos tipos de vulnerabilidad: socioeconómica y física (Tabla 6).

La vulnerabilidad física es evaluada en dos aspectos, la exposición de la población, y la respuesta de las viviendas ante cualquier amenaza.

Por otra parte la vulnerabilidad socioeconómica, se evaluó en cinco aspectos: la funcionalidad del grupo humano expuesto, disponibilidad de servicios en la vivienda, valoración por uso, disponibilidad de lugares con asistencia de población masiva, y valoración económica.

Cada una de las variables de vulnerabilidad fue definida de la siguiente manera:

XII ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA

"Caminando en una América Latina en transformación"

| TIPO | ASPECTO | SUB ASPECTO | VARIABLE | NIVEL 3 | NIVEL 2 | NIVEL 1 |
|----------------|---------------------|---|--|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| FISICA | EXPOSICION | | Exposición de amenaza | > 406 | 159 - 405 | <158 |
| | RESPUESTA | | Tipo de construcción | Informal > 70 % | 30% <Informal< 70% | Informal < 30 % |
| | | | Materiales de constr. techo | Pesados > 70 % | 30% <Pesados < 70% | Pesados < 30 % |
| | | | Materiales de constr. Paredes | Pesados > 70 % | 30% <Pesados < 70% | Pesados < 30 % |
| SOCIOECONOMICA | FUNCIONALIDAD | Funcionalidad del Grupo humano expuesto | Composición por sexos del grupo humano expuesto | > 70 % mujeres | ambos | > 70 % hombres |
| | | | Composición etarea del grupo humano expuesto | 70 % > 70 años y menores de 4 años | ambos | 70 % > de 5 años y menores de 69 |
| | | | Composición por condiciones de minusvalía de grupo humano expuesto | > 70 % minusválido | ambos | < 70 % minusválido |
| | | | Composición por nivel de instrucción | >70% no alcanzan el 2° nivel | ambos | >70% educados al menos al 2° nivel |
| | Función de servicio | | Viv. con abastecimiento de agua por tubería | > 70 % | entre 30 y 70 | < 30 % |
| | | | Viv. que cocinan con gas | > 70 % | entre 30 y 70 | < 30 % |
| | | | Viviendas que tiene electricidad | > 70 % | entre 30 y 70 | < 30 % |
| | | | Aeropuertos | más de uno | al menos uno | ninguno |
| | VALORACION | Por uso | Tipo de uso Predominante | Urbano, comercial o industrial | Rural agrícola | Minero, sin uso aparente |
| | | Colectiva | Centros de salud | más de uno | al menos uno | ninguno |
| | | | Centros educativos | > 40 mil | 40 mil - 10 mil | < 10 mil |
| | | | Centros productivos (Industrias tipo I) | > 10 | 10 - 1 | 0 |
| | | | Centros policiales y Penitenciarios | uno o mas | | ninguno |
| | | | Centros religiosos | Más de cinco | uno a cinco | ninguno |
| Económica | Industrial | más de 25 | Entre 5 y 25 | menos de 5 | | |

Tabla 6. Operacionalización de la vulnerabilidad.

Fuente: Rebolledo (2003).



- **Exposición de amenaza**
Se considera el número de unidades espaciales que presentan amenaza de cualquier tipo dentro del municipio.

- **Tipo de Construcción**
Se consideró el porcentaje de viviendas que son de tipo formal e informal. Donde las formales están conformadas por quintas, casas, apartamentos en edificio, apartamento en casa y casa en vecindario, por su parte las construcciones informales están conformadas por los ranchos.

- **Materiales de construcción predominante en el techo**
Se le asignó dos categorías a esta variable, Materiales pesados y materiales livianos; donde la platabanda y la teja son materiales pesados; y las laminas asfálticas, laminas metálicas (zinc y similares), Asbesto, y las palmas y otros, conforman los materiales livianos.

- **Materiales de construcción predominante en las paredes**
Materiales pesados; bloque o ladrillo frisado, bloque o ladrillo sin frisar y concreto. Materiales livianos; madera aserrada, fórmica, fibra de vidrio, adobe, tapia o bahareque frisado, palmas, tablas, entre otras.

- **Composición por sexos del grupo humano expuesto**
Está representada en el porcentaje de hombre y mujeres que habitan cada municipio.

- **Composición etarea del grupo humano expuesto**
Se clasificaron en tres grandes grupos: entre 0 y 4; entre 5 y 69; y mayores a 70 años cumplidos.

- **Composición por condiciones de minusvalía de grupo humano expuesto**
Las condiciones de minusvalía esta conformadas por las siguientes discapacidades: ceguera, sordera, retardo, discapacidad de extremidad superior e inferior, y otras.

- **Composición por nivel de instrucción**
A esta variable se le estableció una única categoría; porcentaje de personas que alcanza al menos el segundo nivel de educación, donde se incluye los niveles media, técnico medio, técnico superior y universitaria.

- **Viviendas con abastecimiento de agua por tubería**
Se considera las viviendas que tienen abastecimiento de agua por acueductos o tuberías, y los pozos con tubería o bomba.

- **Viviendas que cocinan con gas**
Se consideran el porcentaje de vivienda que cocinan con gas.

- **Viviendas que tienen electricidad**
Esta variable mide el porcentaje de viviendas dentro del municipio que tienen servicio de electricidad.

- Aeropuertos
Mide el número de aeropuertos dentro del municipio.
 - Tipo de Uso
Se estableció tres clases de grupos donde se clasifican de la siguiente manera: urbano, comercial o industrial; rural agrícola; y como tercer grupo el minero y sin uso aparente. Esta variable mide el tipo de uso predominante en el municipio.
 - Centros de Salud
Mide la cantidad de centros de salud dentro del municipio.
 - Centros Educativos
Estima la cantidad de centros educativos existente en el municipio a partir de la cantidad de estudiantes que se encuentran en el municipio.
 - Centros productivos
Mide el número de industrias tipo 1 (industrias con más de 100 empleados).
 - Centros policiales y penitenciarios
Mide el número de penitenciarias y centros policiales dentro del municipio.
 - Centros religiosos
Evalúa la cantidad de centros religiosos que se encuentran el municipio.
 - Valoración Industrial
Mide la cantidad de industrias de todos los tipos, dentro del municipio.
- ✓ Levantamiento y estimación de las variables

El levantamiento de la información fue obtenida principalmente del Censo 2001 y del Sistema Integrado para Indicadores Sociales de Venezuela (SISOV), todo esto tomando al municipio como unidad base de levantamiento. Para la estimación de la vulnerabilidad, se le asignó una de tres niveles a cada variable, donde 3 corresponde a una vulnerabilidad alta, 2 a vulnerabilidad media y 1 a vulnerabilidad baja (Tabla 19).

- ✓ Análisis espacial

Para la estimación de la vulnerabilidad, se unieron todas las variables, sumando sus respectivos niveles de vulnerabilidad, obteniendo así la Vulnerabilidad Total (Vtot). Se tomó como indicador de la vulnerabilidad al Índice de Vulnerabilidad total (IVTot), el cual se calculó de la siguiente manera:

$$IVTot = \frac{Vtot/3}{N^{\circ} Variables}$$

Donde:

- IVTot: Índice de Vulnerabilidad total
- Vtot: Vulnerabilidad Total
-

El Índice de Vulnerabilidad Total (IVTot), es un indicador que va desde 0 hasta 1, donde el 0 indica que el municipio no presenta ninguna condición de vulnerabilidad, y el 1 indica que en el municipio se dan todas las condiciones.

- *Modulo 3: Riesgo*

Ahamdanech et al (2003:63) plantea que el riesgo se obtiene de relacionar la *amenaza*, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la *vulnerabilidad* de los elementos expuestos; como consecuencia de esto, los cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo. Esquemáticamente hablando, el riesgo se podría obtener por la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$
$$\text{IR} = \text{IA} * \text{IVtot}$$

Donde:

- IR: Índice de Riesgo
- IA: Índice de Amenaza
- IVtot: Índice de Vulnerabilidad Total

Por tanto, el riesgo es un producto de la vulnerabilidad y la amenaza. Para la estimación de cada riesgo (por movimiento de masas, inundación, sismo e incendio), se unió la vulnerabilidad, con cada una de las amenazas, para así multiplicar el Índice de Vulnerabilidad Total (IVtot) por el Índice de Amenaza (IA), obteniendo así el Índice de Riesgo (IR).

4. Resultados

A continuación, se explicarán los diferentes tipos de riesgo: por inundación, sismo, movimientos de masas e incendio; los cuales son producto de la multiplicación de sus respectivas amenazas con la vulnerabilidad total, desarrollado anteriormente, en cada uno de los 74 municipios, de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

- Riesgo por inundación

El riesgo por inundación, posee un Índice de Riesgo por Inundación (Irinu), que varía de 0 a 0.63, que comparándolo con los índices de Amenaza (0 y 0.92), es considerablemente bajo, esto debido a que los mayores índices de vulnerabilidad se ubicaron entre los 0.77 y 0.49 (Figura 6).

Los mayores índices de riesgo por inundación, varían entre 0.45 y 0.63, se registran principalmente en las áreas de influencia de los ríos Apón y Palmar, en sus partes más bajas hasta desembocar en el Lago de Maracaibo, así como el río Zulia en su sección media y baja integrándose con el río Catatumbo y el río negro, y por último, los principales tributarios del río Escalante, todos ubicados entre la costa occidental del Lago de Maracaibo y la zona sur occidental.

Una segunda categoría de riesgo por inundación con Irinu, que van de 0.19 a 0.44, se localizan en las cercanías, de la mayoría de los cursos de agua presentes en la cuenca, y en gran parte de la sub cuenca del río Catatumbo, así como, en las partes bajas de las cuencas de los ríos Chama y Escalante en la zona sur del Lago de Maracaibo.

Y un tercer grupo, el cual cubre más del 50% del área de estudio, el cual posee un índice de riesgo por inundación, menor a 0.18, lo cual indica, muy bajo riesgo, esto debido, a que estas zonas, no se ven afectadas por la cercanía de alguna quebrada o río, posiblemente porque estos ríos o quebradas no son caudalosos o bien porque las características del relieve disminuyen este tipo de riesgo.

- Riesgo por sismo

En general, se puede decir que en la cuenca del Lago de Maracaibo, los Índices de Riesgo por Sismo (Irsis), resultaron por debajo de 0.42, lo cual podría denominarse como bajo riesgo por sismo. Se diferenciaron dos grupos para el análisis: uno con índice entre 0.26 a 0.42, y un segundo grupo con índice de riesgo por sismo menor a 0.25 (Figura 7).

Los Irsis, que varían entre 0.26 a 0.42, están localizados en la cordillera de Los Andes a lo largo de la vertiente norte de la Sierra Nevada, abarcando el eje transandino en su parte norte y central, en una pequeña porción del municipio Carache, Urdaneta y Monte Carmelo del estado Trujillo, así como, en el estado Mérida en parte de los municipios Miranda, Rangel, Justo Briceño, Libertador, Andrés Bello, Obispo Ramos de Lora, Alberto Adriani, entre otros, y del estado Táchira una porción del municipio Jáuregui, todos estos caracterizados por encontrarse en la cordillera de Los Andes, por la cual pasa la falla de Boconó.

El segundo y último grupo, con índice de riesgo por sismo menor a 0.25, es el que representa la mayor proporción de superficie de la Cuenca del Lago de Maracaibo, en todas sus secciones, disminuyendo este tipo de riesgo en la cuenca, por ser el menos predominante.

- Riesgo por movimiento de masas

Los principales riesgos por Movimiento de Masas, dieron índices menores a 0.60, que quizás pueden ser considerados entre medios y bajos; para el análisis de este riesgo de dividió en dos partes, la primera donde se encuentran los índices que van entre 0.59 a 0.34, y una segunda parte que va del índice 0.33 hasta 0 (Figura 8).

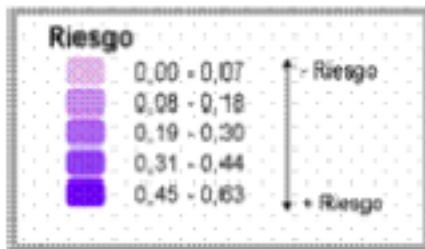
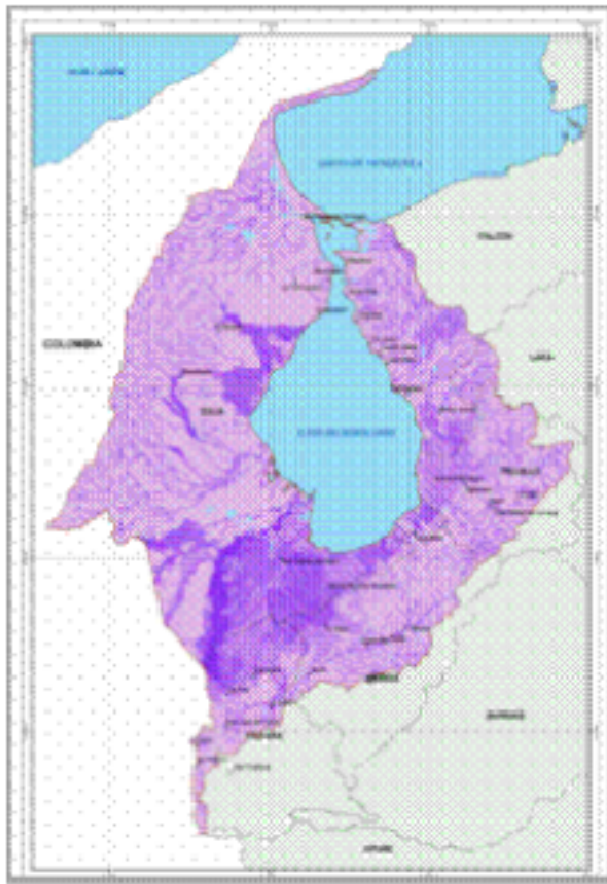


Figura 6. Riesgo por Inundación

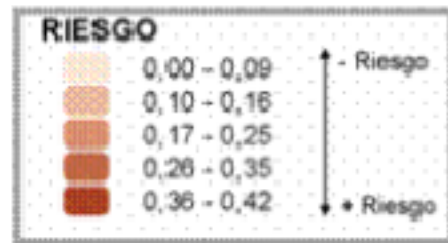
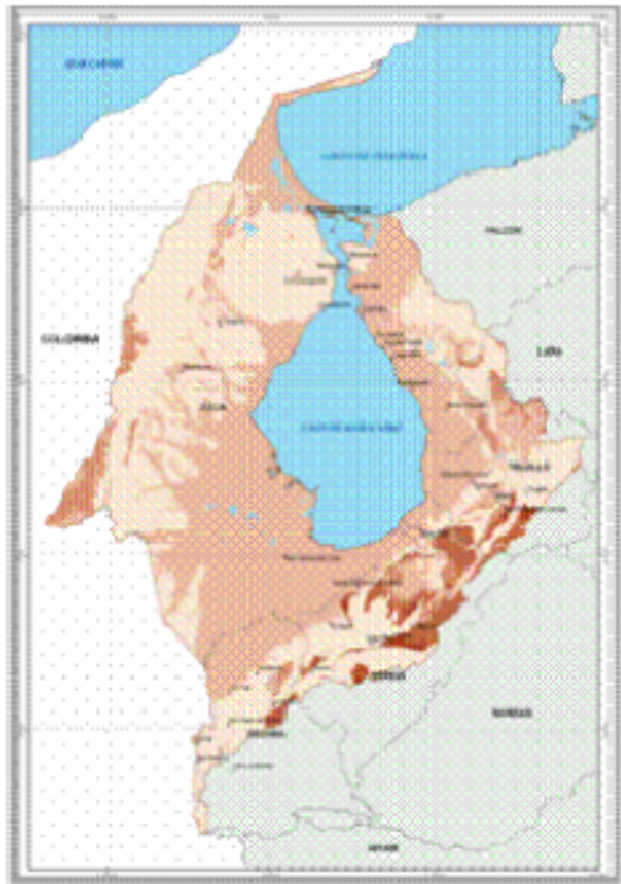


Figura 7. Riesgo por Sismo

La primera parte, donde se agruparon las áreas que tienen un índice de 0.59 a 0.34, se localizaron en los valles de los ríos Chama, Mocotíes, Táchira y Motatán en el eje transandino y en el sur del lago, así como en parte de los municipios Maracaibo y San Francisco como en los límites de Páez y Mara en la sección occidental de la Cuenca del Lago de Maracaibo, y en la sección oriental en su parte sur en el municipio Baralt, como se mencionó anteriormente, por ser un riesgo de medio a bajo, la ubicación de este primer grupo, es muy específica y en las que se producen diferentes tipos de movimiento de masas.

Por otra parte, el segundo grupo, con índices menores a 0.33, ocupan más del 50% de la Cuenca del Lago de Maracaibo, siendo este tipo de riesgo, poco predominante, quizás dado por las características geomorfológicas, de vegetación, hidrografía e intervención humana.

- Riesgo por incendio

Los riesgos por incendio, con los más altos índices que van de 0.30 a 0.52, están asociados a las inmediaciones de los principales centros poblados de la cuenca, ya en estas áreas es donde existe mayor intervención del hombre, como la actividad industrial, agrícola, de comercio, entre otras, esto es producto también, de que en estas áreas, es donde se localizan las más altas vulnerabilidades dentro de la cuenca, sin embargo, a pesar de ser áreas desarrolladas por el hombre, donde la existencia de la vegetación ha ido disminuyendo por intervención del mismo, es poco relevante este tipo de riesgo, debido a que el índice más elevado no llega a 1, el cual sería un alto riesgo ante incendio, sino por el contrario se aproxima a 0.60 hasta 0.30, siendo el índice que va de 0.29 en adelante el predominante de toda la cuenca abarcando más del 50% (Figura 9).

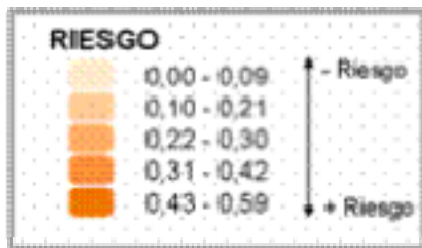
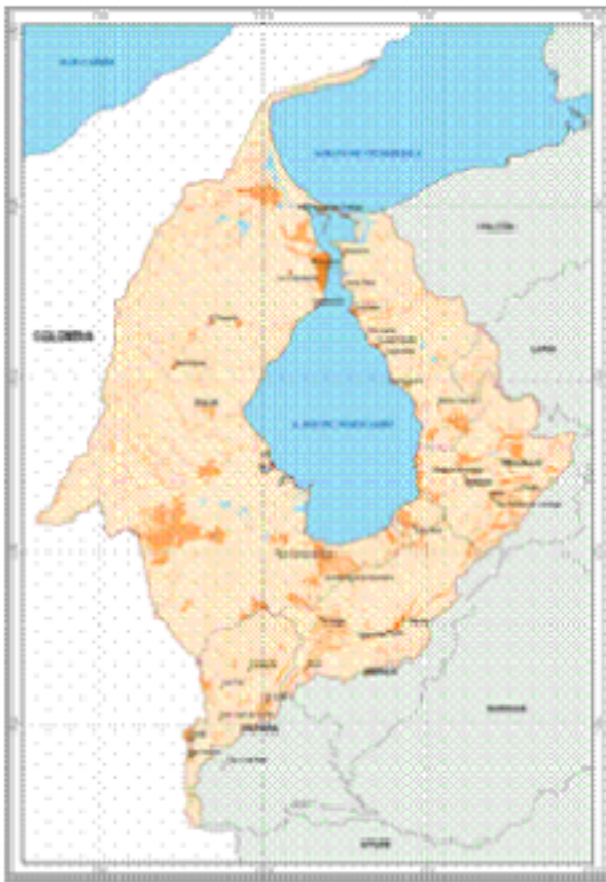


Figura 8. Riesgo por Movimiento de Masas

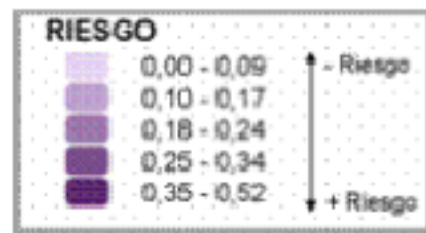
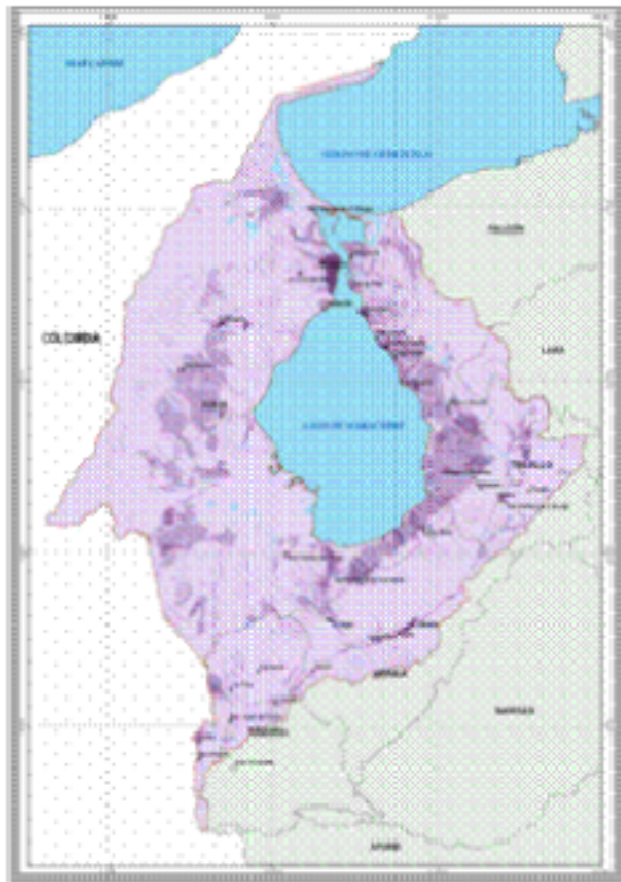


Figura 9. Riesgo por Incendio

5. Conclusiones:

Una vez culminadas las diferentes fases que conformaron el proceso de investigación orientado a la determinación de Riesgo por Inundación, Movimiento de Masas, Sismos e inundaciones en la Cuenca del Lago de Maracaibo, se formularon las siguientes conclusiones en cuanto a la implementación de la metodología:

- Para la obtención de óptimos resultados de amenazas, es importante que los inventarios sean confiables y precisos, ya que estos determinan los resultados finales de amenazas, riesgo y posteriormente los de potencial endógeno.
- El análisis Multivariado con Valoración Geoestadística para la determinación de amenaza, está limitada para trabajar con variables continuas, por tal motivo, se deben tomar variables discretas, que estén relacionada con las variables continuas omitidas.

6. Bibliografía:

- Ahamdanech, I.; Alonso, C.; Bosque, J.; Malpica, J.; Loeches, M.; Pérez, E.; Temiño, J. 2003. Un procedimiento para elaborar mapas de riesgos naturales aplicado a Honduras. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 23: 55-73.
- Bonachea, J. 2006. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Departamento de ciencias de la tierra y física de la materia condensada. Facultad de ciencias. Universidad de Cantabria, Santander; Tesis Doctoral, 356p.
- Horcajada, T.; Simancas, M.; Dorta, P. 2000. La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante sistemas de información geográfica. Propuesta metodológica y aplicación a la ordenación del territorio. *Boletín de la A. G. E.* 30: 135-154.
- Rebolledo, Rafael. GIS – Based landslide risk analyses for the Metropolitan area of San Salvador. Alemania. 2003.
- Villamizar, N. 2006. Los sistemas de información en la gestión de riesgos de origen antrópico. *Revista AHCIET: revista de telecomunicaciones*. Universidad de La Rioja. La Rioja. España. 107.