

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Tirado Picado, V. R. & Blandon Chavarria, L. C. (2023). Modelo para la determinación de la vulnerabilidad social y riesgo por inundaciones en la unidad hidrológica Chinandega-León (Nicaragua) como estrategia de adaptación al cambio climático. *Project, Design and Management*, 5(2), 7-21. doi: 10.35992/pdm.5vi2.1372.

MODELO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL Y RIESGO POR INUNDACIONES EN LA UNIDAD HIDROLÓGICA CHINANDEGA-LEÓN (NICARAGUA) COMO ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Victor Rogelio Tirado Picado

Universidad Americana (Nicaragua)

victornica2001@yahoo.com · <https://orcid.org/0000-0002-7907-0006>

Liseth Carolina Blandon Chavarria

Universidad Autónoma de Nicaragua (Nicaragua)

lizzblandon@gmail.com · <https://orcid.org/0000-0003-4125-0332>

Resumen: El principal objetivo del presente trabajo de investigación, es promover el intercambio científico en temas de la agenda regional y el desarrollo socioeconómico de la región centroamericana, facilitando un resultado por medio de un modelo novedoso de manera práctica, generando nuevas ideas y conocimientos que permita la mejora continua, para enfrentar los nuevos retos y desafíos relacionados con el cambio climático y la gestión integral del riesgo de desastre. Como objetivos específicos, el artículo muestra las bases conceptuales, la metodología empleada, los resultados y conclusiones de un modelo empleado para la determinación de la vulnerabilidad social y riesgo por inundaciones en la unidad hidrológica Chinandega-León, como una estrategia de adaptación al cambio climático, Nicaragua. Como conclusión, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles 11 y 13, se evidenció que el modelo propuesto en este trabajo de investigación, aporta a los conocimientos científicos para la planificación local, regional y nacional que involucran la mitigación ante el cambio climático, la adaptación y la resiliencia ante desastres. Se enfatiza el aporte como el manejo de la vulnerabilidad social como una variable de mayor importancia, ya que es donde se sustenta la armonización del agente pasivo (sociedad) con el agente activo (medio natural). Por otro lado, se obtuvo la cuantificación de la vulnerabilidad social y el riesgo como variables, y que son directamente proporcionales. Las variables que inciden en la disminución de la vulnerabilidad, son las que están relacionadas llamadas variables de adaptación al cambio climático, la resiliencia (armonización) y la preparación social.

Palabras clave: Riesgo, cambio climático, modelo, vulnerabilidad social, inundación, amenaza.

MODEL FOR DETERMINING SOCIAL VULNERABILITY AND FLOOD RISK IN THE CHINANDEGA-LEÓN HYDROLOGICAL UNIT (NICARAGUA) AS A STRATEGY FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

Abstract. The main interest of this research work is to promote scientific exchange on issues of the regional agenda and the socioeconomic development of the Central American region, facilitating a result through a novel model in a practical way, generating new ideas and knowledge that allows the continuous improvement, to face the new challenges and challenges related to climate change and comprehensive disaster risk management. The article shows the conceptual bases, the methodology used, the results and conclusions of a model used to determine social vulnerability and risk of flooding in the Chinandega-León hydrological unit, as a strategy for adaptation to climate change, Nicaragua. As a conclusion in the framework of SDGs 11 and 13, it was evidenced that the proposed model is this research work, it contributes to scientific knowledge for local, regional and national planning that involves mitigation of climate change, adaptation and adaptation. disaster resilience. It is emphasized that the management of social vulnerability was made as a variable of greater importance, since it is where the harmonization of the passive agent (society) with the active agent (natural environment) is based. On the other hand, the quantification of social vulnerability and risk as variables, and that they are directly proportional, is demonstrated. The variables that affect the reduction of vulnerability are those that are related to climate change adaptation variables, resilience (harmonization) and social preparedness.

Keywords: Risk, Climate change, model, social vulnerability, flood, threat

Introducción

De acuerdo al Centro Nacional de Datos Climatológicos de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional (Centro Nacional de Datos Climatológicos, 1999):

El Huracán Mitch se encuentra entre los cinco huracanes más fuertes registrados en el Atlántico en términos de sus vientos sostenidos, presión barométrica y duración. El Huracán Mitch fue también una de las peores tormentas en el Atlántico en términos de pérdida de vida humana y propiedades. El número de muertos que se estimó en toda la región fue más de 9,000; miles de personas fueron reportadas como desaparecidas. Las pérdidas económicas en toda la región se estimaron en más de \$7.5 billones (Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, 1999) (Smith, et al., 2002, p. 1).

El Sistema Nacional para la Prevención Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), en el año 2019 desarrolló el proyecto “Análisis e Incorporación de la Gestión del Riesgo de Desastres en la Planificación Municipal en Nicaragua” adicional a ello se elaboraron las Guías de los planes municipales de gestión integral del riesgo (PMGIR). “La metodología tiene como objetivo orientar y definir los procedimientos mínimos requeridos para el Análisis y la Gestión del Riesgo de Desastres a nivel municipal y para la elaboración de los Planes Municipales de Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PMGIR), con el fin de asegurar su inserción en el plan de desarrollo municipal (PDM), incorporando medidas de prevención y mitigación ante desastres, propuestas de Ordenamiento Territorial y Zonificación” (SINAPRED, 2019, pp. 34-39).

En el año 2011, El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales en conjunto con la Dirección General de Cambio Climático, desarrollaron el área en estudio (unidad Hidrológica León-Chinandega) talleres vinculados al proyecto:

Proyecto de Reducción de Riesgos y Vulnerabilidad ante Inundaciones y Sequías en la Cuenca del Río Estero Real. El proyecto tuvo como objetivo reducir los riesgos de sequías e inundaciones generadas por el cambio climático en la cuenca del río Estero Real. Aunque toda Nicaragua enfrenta los impactos severos de fenómenos naturales extremos, en la región seleccionada se combinan las sequías y las inundaciones (Marena, 2011, pp. 6-7).

Por otra parte, SINAPRED de Nicaragua cuenta con manual de gestión de riesgo, el tema se aborda desde el punto de vista de la gestión, prevención y preparativos para las emergencias. Existen publicaciones sobre la transversalización del cambio climático en Nicaragua (PENUD, 2010), sin embargo, no se aborda la cuantificación del riesgo y vulnerabilidad social desde el punto de vista de un modelo en la determinación de la vulnerabilidad social y riesgo por inundaciones en la unidad Hidrológica Chinandega-león, como una estrategia de adaptación al cambio climático en Nicaragua.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles 11 y 13, ciudades y comunidades sostenible, y acción por el clima respectivamente, se desarrolló un modelo para la determinación de la vulnerabilidad social y riesgo por inundaciones en la unidad hidrológica Chinandega-Leon, como estrategia de adaptación al cambio climático en Nicaragua. El trabajo se desarrolló de manera integral, que incluye los elementos del riesgo como la amenaza y vulnerabilidad social. El modelo es una herramienta que permite fortalecer y contribuir a los planes y programas para la mitigación a desastres por inundación; el mismo está basado en el desarrollo matemático cuantitativo y datos cualitativos obtenidos in situ, utilizando matrices para la recopilación de la información y, posterior tratamiento de los datos a través de la estadística descriptiva.

Por otra parte, los resultados se muestran en tablas y mapas a escala de cuenca; en los cuales se evidencia la correlación de los elementos del riesgo con la vulnerabilidad, y, la amenaza con el riesgo.

Método

Marco Teórico

La gestión de riesgos a desastres y en particular el modelo propuesto en este artículo, se enmarcan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11, 13, puesto que contribuyen a aumentar los conocimientos científicos indispensables en la planificación nacional que involucren mitigación ante el cambio climático, la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres. El modelo propuesto es una herramienta matemática que puede ser empleada en territorios que carecen de información proveniente de satélites u otras fuentes. Al emplear el modelo se obtendrán valores en puntos porcentuales sobre la vulnerabilidad y riesgo a partir de la amenaza por inundación.

Como base legal, el trabajo está sustentado bajo la ley 337 de Nicaragua, “Ley creadora del Sistema Nacional para la prevención, mitigación y atención a desastres. La Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER) de Honduras. La ley 109-96 “Ley de Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres” en Guatemala. La ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres (Decreto No 777) en El Salvador.

Según Tirado, V., & Ugarte, A. (2019). Proponen la siguiente ecuación del riesgo, $R = (\ln(V) + A) * V$ ecuación 1, donde $\ln(V) \geq 1$. Sobre esta base, se construyeron las correlaciones entre los elementos con la vulnerabilidad, la amenaza con el riesgo, los intervalos

de los elementos y escalas cualitativa y cuantitativa, y se incorporó sistemas de información geográfica para el análisis espacial (cartografías de vulnerabilidad, amenazas y riesgo) por inundación, que da como resultado el modelo propuesto.

La amenaza, es considerado como un elemento del medio ambiente peligrosos al hombre, estas se originan por magnitudes de fuerzas externas, está referido a todos los fenómenos de origen natural, y a los antrópicos. Una amenaza puede ser incidente en menor grado a mayor, o de mayor grado a menor, según la vulnerabilidad social del territorio que se está estudiando, por tanto, la vulnerabilidad según (Pizarro, 2001), “define como la inseguridad e indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida a consecuencia del impacto provocado por algún tipo de evento económico social de carácter traumático” (p.15)

Por otra parte, la vulnerabilidad representa la exposición, susceptibilidad, resiliencia y preparación que experimentan las comunidades, familias e individuos de un territorio local. La exposición se considera como el grado en que los bienes tangibles y/o las personas de una comunidad pueden ser afectados por una amenaza natural. La susceptibilidad, considerado como elemento del riesgo, y es referido al grado de predisposición ante un evento. La resiliencia, considerada como un elemento del riesgo, se refiere a la capacidad que tienen las comunidades, las familias e individuos de sobreponerse y adaptarse a momentos críticos generados por un evento natural o antrópico. Finalmente, la preparación, un elemento y está referido a los planes de prevención y preparativos ante emergencias.

Tipo de Investigación

El presente trabajo es diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo y cuantitativo (mixto), puesto que este es el mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

El enfoque cuantitativo:

Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo frecuente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una serie de datos (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 2014, p. 5).

Del enfoque mixto, se tomará la técnica de formato de encuesta para describir el comportamiento de las comunidades ante una eventual amenaza por inundación.

Tiempo de ejecución

El desarrollo de la investigación, para cumplir los objetivos propuestos, se realizó en 4 meses, de enero a abril del 2021. En los dos primeros meses se dedicó a recolectar información primaria, aplicación del instrumento encuestas a 11 comunidades identificadas, de igual manera a conseguir información sobre precipitación. El tercer mes se desarrolló el análisis, interpretación y análisis de los resultados, y el cuarto mes se realizó el informe final de la investigación.

Técnicas y Métodos de Recolección de Datos

Fuentes Primarias

Observación in situ: visita de campo a cuatro comunidades, verificación de la huella hídrica de los ríos.

Aplicación del instrumento: formato diseñado para levantar información de la condición de riesgo, vulnerabilidad y amenazas.

Archivos: de Autoridad Nacional del Agua (ANA), Nicaragua, e Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), dirección de recursos hídricos.

Universo

De manera general, son las comunidades que se encuentran dentro de la delimitación de la unidad hidrográfica León-Chinandega.

Población

Está configurada como población en estudio aquellas que pertenecen a 11 las comunidades en estudio.

Muestra

Considera como muestra, a las familias que se le aplicara el instrumento, formato de las condiciones físicas (riesgo, vulnerabilidad y amenazas). De acuerdo a (López, 2004) rescatado de (CFR.:MATA et al, 1997) se hace uso de la siguiente ecuación para determinar la muestra:

$$m = \frac{N}{(N-1)*K^2+1} \text{ ecuación 2}$$

Donde:

m = muestra

N = población o universo

K= margen de error para el estudio se utilizo el 5% expresado en decimales

Criterios de Inclusión

Todas las familias pertenecientes a las comunidades en estudio.

Todas las familias que están en riesgo.

Criterios de exclusión

Todas las familias que no pertenecen a las comunidades en estudio.

Todas las familias que no están en riesgo.

Método

En la etapa 1: Se identificó la amenaza por inundación a partir de los fenómenos meteorológicos, se escoge los años de ocurrencia del evento, para ello, se obtiene información de la estación hidrometeorológica de Chinandega código 64018 suministrado por Instituto Nicaragüense de estudios territoriales (INETER), en este caso el factor a estudiar es la precipitación.

Tabla 1*Huracanes que afectaron parcialmente y totalmente la unidad hidrológica León-Chinandega*

Año	Huracanes	Precipitaciones en milímetros												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1971	Irene	1.9	0.0	0.0	0.0	200.8	175.8	173.7	265.1	627.2	385.6	124.7	1.2	1956.0
1974	Fifi	0.2	0.0	0.0	2.0	163.3	421.7	128.0	213.2	898.6	268.7	5.8	0.0	2101.5
1982	Alleta	6.9	1.8	0.4	0.0	1,685.7	129.2	94.2	15.3	359.2	163.8	9.7	1.6	2467.8
1988	Joan	0.0	0.0	6.1	1.3	216.4	382.3	285.0	734.2	378.0	389.0	49.7	0.9	2442.9
1993	Gert	17.0	0.0	0.0	125.3	458.7	483.0	57.8	226.9	789.7	238.1	9.4	0.3	2406.2
1998	Mitch	0.0	0.0	8.4	24.0	74.2	225.2	393.2	399.8	438.3	1,985.5	229.2	2.9	3780.7
2005	Stan	0.0	0.0	38.7	39.0	187.2	286.6	302.5	272.8	482.4	732.5	34.1	1.9	2377.7
2008	Felix	0.5	6.4	1.8	47.2	440.3	218.2	159.2	470.5	391.9	429.6	9.9	0.1	2175.6
2009	Ida	4.9	0.0	0.0	0.0	180.8	429.3	77.8	105.8	381.7	209.3	135.7	33.4	1558.7
2020	Eta e Iota	0.0	0.0	0.0	0.0	323.4	430.0	165.2	427.2	345.9	300.5	313.5	0.0	2305.7

Nota. Tabla resumen a partir de datos de INETER (2021)

Para la amenaza por inundación, se trabaja con el promedio de la precipitación de los datos totales de los meses en el año por cada evento (huracán), luego se divide entre 10 para obtener la magnitud en centímetros posteriormente se selecciona el mayor de los eventos para dividirlo entre cada uno y normalizar.

En la Etapa 2: Se determinó la resiliencia, preparación, nivel de exposición y susceptibilidad; para ello se aplicaron instrumentos encuestas para comprobar la percepción del riesgo, los instrumentos o encuestas permitieron la recolección de información de campo, como: datos generales; descripción del factor (resiliencia, preparación, exposición y susceptibilidad); población expuesta, y grupos vulnerables.

Con la ecuación 1, se calculó la vulnerabilidad social y el riesgo por cada evento en la línea de tiempo establecida.

En la última Etapa, se elaboraron correlaciones y gráficas con Microsoft Excel, y mapas de la unidad hidrológica Chinandega-León a partir del Software QGis (software libre) en donde se muestran espacialmente el comportamiento de las variables en estudio.

Resultados

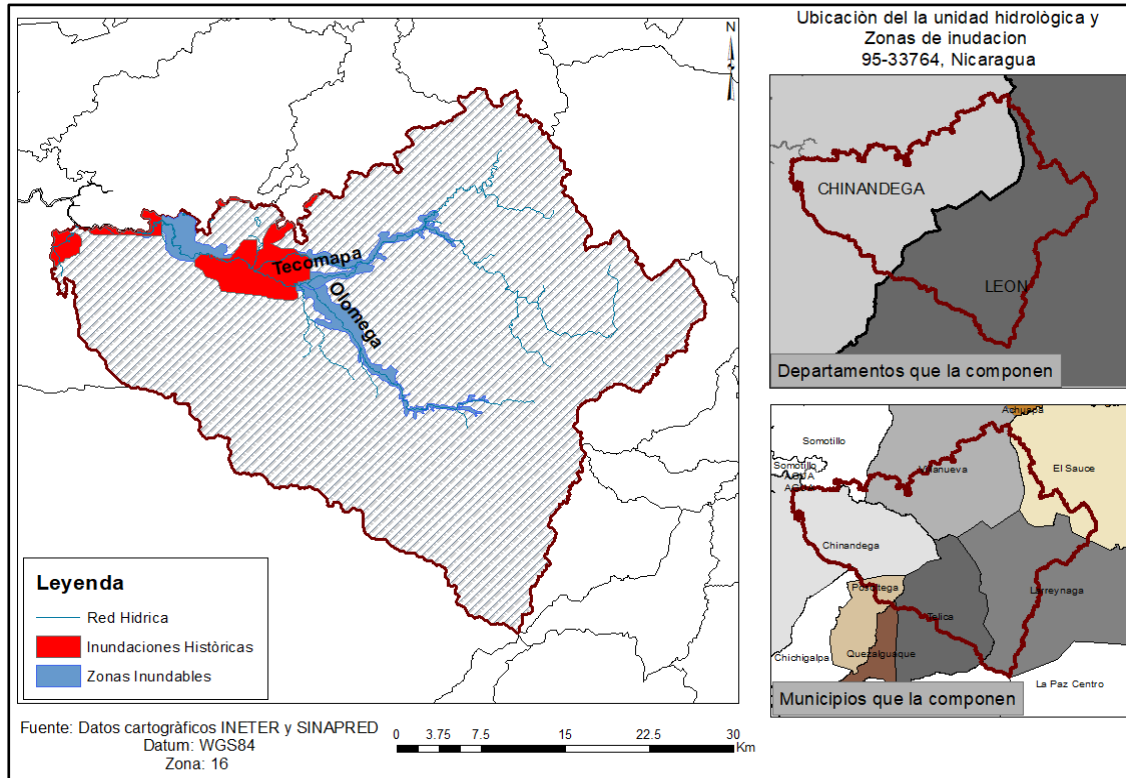
El área en estudio corresponde a la unidad hidrológica León-Chinandega, de acuerdo a datos proporcionados por INETER y SINAPRED, esta zona ha sido una de las afectadas por inundaciones con tres eventos por década.

En el mapa número 1, se muestran las inundaciones históricas y las zonas inundables en las cuales se ven involucrados los municipios Somotillo, Villanueva, Chinandega, Telica y La Reynaga que corresponden específicamente a las comunidades de: Apancauca, Aquespalada,

Matapalo, Lourdes, El Bonete, Las Grietas, Ojo de agua, La Sirena, El Piñuelar, Glilao y Mocoren.

Figura 1

Zonas de inundación históricas y actuales en la unidad hidrológica León-Chinandega



En la tabla 2, se muestran los resultados del promedio de los diferentes eventos de la amenaza en mm, cm y normalizados. Los elementos como la exposición, la susceptibilidad, la resiliencia (armonización) y la preparación social, son obtenidos a partir de datos de campo como puntaje porcentual, se observa el cálculo de la vulnerabilidad y el riesgo.

Tabla 2

Cálculo de la vulnerabilidad y riesgo en la unidad hidrológica León-Chinandega

Elementos	Amenaza	Evento									
		Irene	Fifi	Alleta	Joan	Gert	Mitch	Stan	Felix	Ida	Eta, iota
			175.1		203.5	200.5	315.0	198.1	181.3	129.8	
	mm	163.0	3	205.65	8	2	6	4	0	9	192.14
	cm	16.3	17.51	20.57	20.36	20.05	31.51	19.81	18.13	12.99	19.21
	Normalizado	0.52	0.56	0.65	0.65	0.64	1.00	0.63	0.58	0.41	0.61
Exposición		0.80	0.79	0.78	0.72	0.70	0.69	0.65	0.63	0.60	0.55
Susceptibilidad		0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Resiliencia		0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
Preparación Social		0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
Vulnerabilidad		0.67	0.64	0.61	0.55	0.52	0.49	0.40	0.33	0.27	0.21
Riesgo		10.71	10.98	12.34	10.85	10.02	15.18	7.47	5.57	3.11	3.68

Tabla 3

Intervalos de los elementos y escala cualitativa y cuantitativa

Elementos	Descripción del Factor				
	Promedio	Desviación	Intervalos		
Exposición			≤ 0.61	$0.61 > y \leq 0.78$	$0.78 >$
	0.69	0.08	BAJA	MEDIO	ALTA
Susceptibilidad			≤ 0.63	$0.63 > y \leq 0.80$	$0.80 >$
	0.72	0.09	BAJA	MEDIO	ALTA
Resiliencia			≤ 0.50	$0.50 > y \leq 0.62$	$0.62 >$
	0.59	0.09	BAJA	MEDIO	ALTA
Preparación			≤ 0.45	$0.45 > y \leq 0.62$	$0.62 >$
	0.54	0.09	BAJA	MEDIO	ALTA
Vulnerabilidad			≤ 0.31	$0.31 > y \leq 0.63$	$0.63 >$
	0.47	0.16	BAJA	MEDIO	ALTA

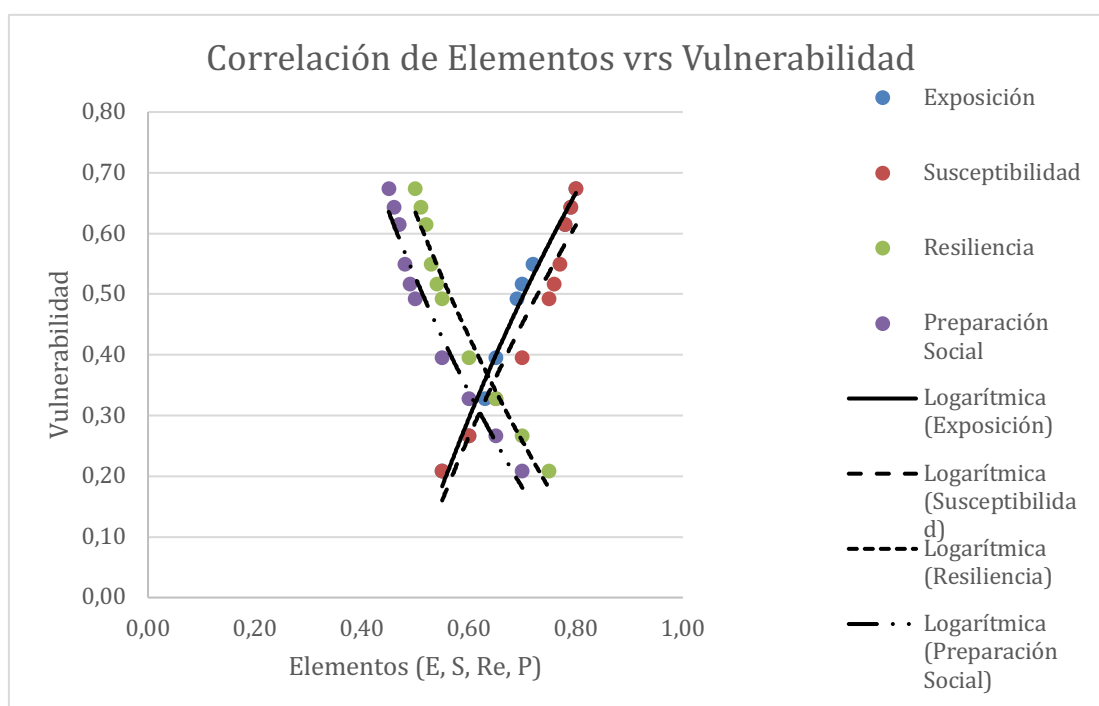
Para cada elemento, a partir de los descriptores estadísticos como el promedio y la desviación estándar, se deduce los intervalos de los factores, se observa los intervalos de B=BAJA color verde; M=MEDIO color amarillo; y A=ALTA color rojo, para los elementos EXPOSICIÓN, SUSCEPTIBILIDAD Y VULNERABILIDAD; en el caso de B=BAJO color rojo; M=MEDIO color amarillo; y A=ALTA color verde, para los elementos de RESILIENCIA y PREPARACIÓN SOCIAL.

Tabla 4
Intervalos para la amenazas, riesgo y escala cualitativa y cuantitativa

	Promedio	Desviación	Descripción del Factor		
			Intervalos		
Amenaza	19.64	4.77	≤ 14.87 BAJA	$14.87 < y \leq 24.41$ MEDIO	$24.41 >$ ALTA
Riesgo	8.99	3.91	≤ 5.08 BAJA	$5.08 < y \leq 12.90$ MEDIO	$12.90 >$ ALTA

En relación a los elementos AMENAZA y RIESGO, con los descriptores estadísticos, el promedio y la desviación estándar, se deduce los intervalos de los factores, se observa los intervalos B=BAJA color verde; M=MEDIA color amarillo; y A=ALTA color rojo para ambos elementos. Existe una relación directamente proporcional.

Figura 2
Correlación de los elementos vs. Vulnerabilidad



La gráfica representa la correlación de los elementos con la vulnerabilidad, es decir, por cada elemento estudiado del análisis del entorno y socio-ambiental en forma de puntuación porcentual, se ubica en el eje de las X como una variable independiente para encontrar la vulnerabilidad en el eje de las Y como variable dependiente, por tanto, se escriben las siguientes expresiones y correlación:

Tabla 5

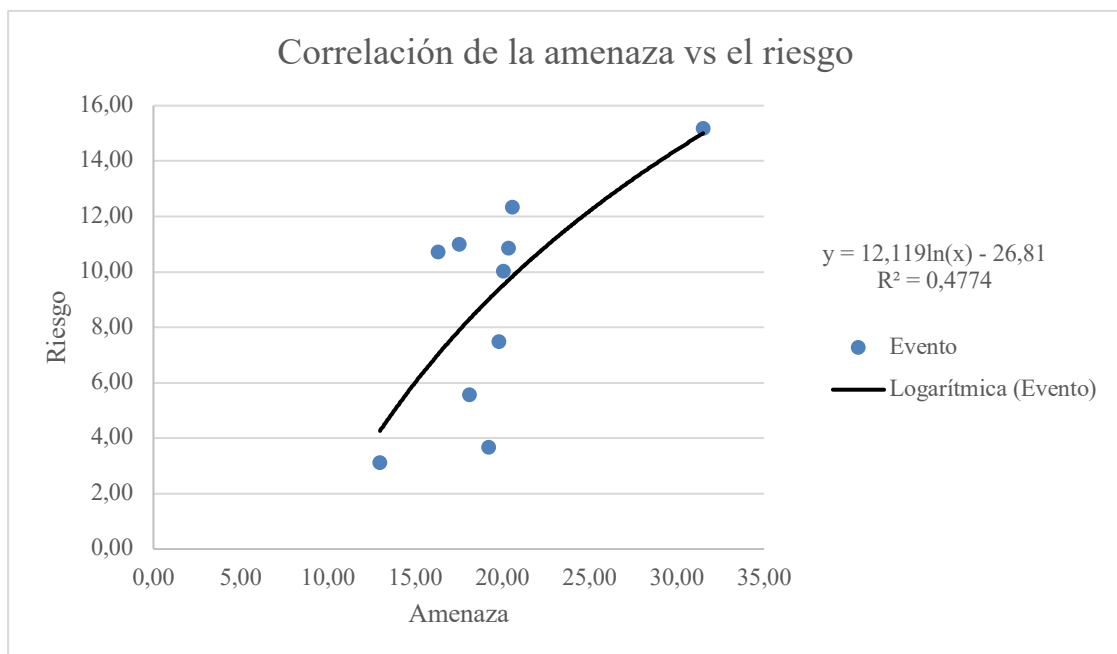
Resultados, se muestra la correlación entre los distintos elementos y la vulnerabilidad

Elementos	Ecuación	Correlación
Exposición	$y = 1.2906\ln(x) + 0.9548$	$R^2 = 0.983$
Susceptibilidad	$y = 1.2103\ln(x) + 0.8836$	$R^2 = 0.9293$
Resiliencia	$y = -1.121\ln(x) - 0.1427$	$R^2 = 0.9664$
Preparación	$y = -1.029\ln(x) - 0.1863$	$R^2 = 0.9678$

La siguiente gráfica, representa la correlación entre la AMENAZA y el RIESGO, logrando una ecuación que más se ajusta al modelo. Para el evento de inundaciones localizadas en el eje X como una variable independiente, se intercepta la curva y se proyecta hacia la izquierda, determinando el riesgo en el eje Y como una variable dependiente.

Figura 3

Correlación de la amenaza vs. el riesgo



A partir de la gráfica de correlación, se obtiene la ecuación de tendencia deducida, teniendo una relación con la ecuación 1, quedando de la siguiente manera:

Ecuación adaptada	Ecuación deducida
$R = (\ln(V) + A) * V$	$y = a * \ln(x) - b$

Donde:

y = riesgo, adimensional

x = amenaza, adimensional

a, b = multiplicadores 12.119, y 26.81 respectivamente

Aplicación de las magnitudes de los elementos del riesgo a mapas espaciales:

Figura 4

Resultados espaciales en la unidad hidrológica del grado de exposición y susceptibilidad a cuatro eventos: Mitch, IDA, Iota y Eta

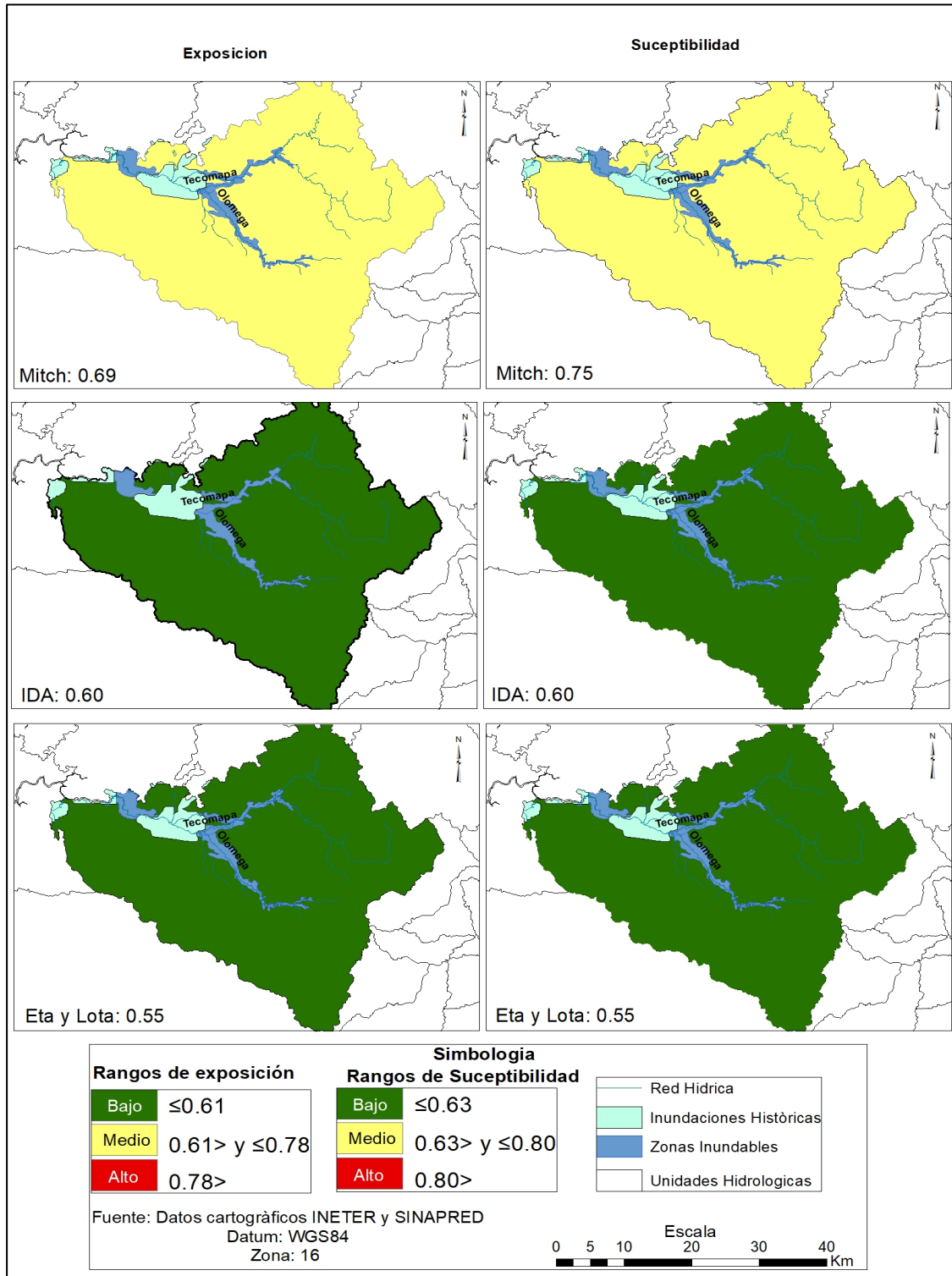


Figura 5

Resultados espaciales en la unidad hidrológica del grado de resiliencia y preparación social frente a cuatro eventos: Mitch, IDA, Iota y Eta

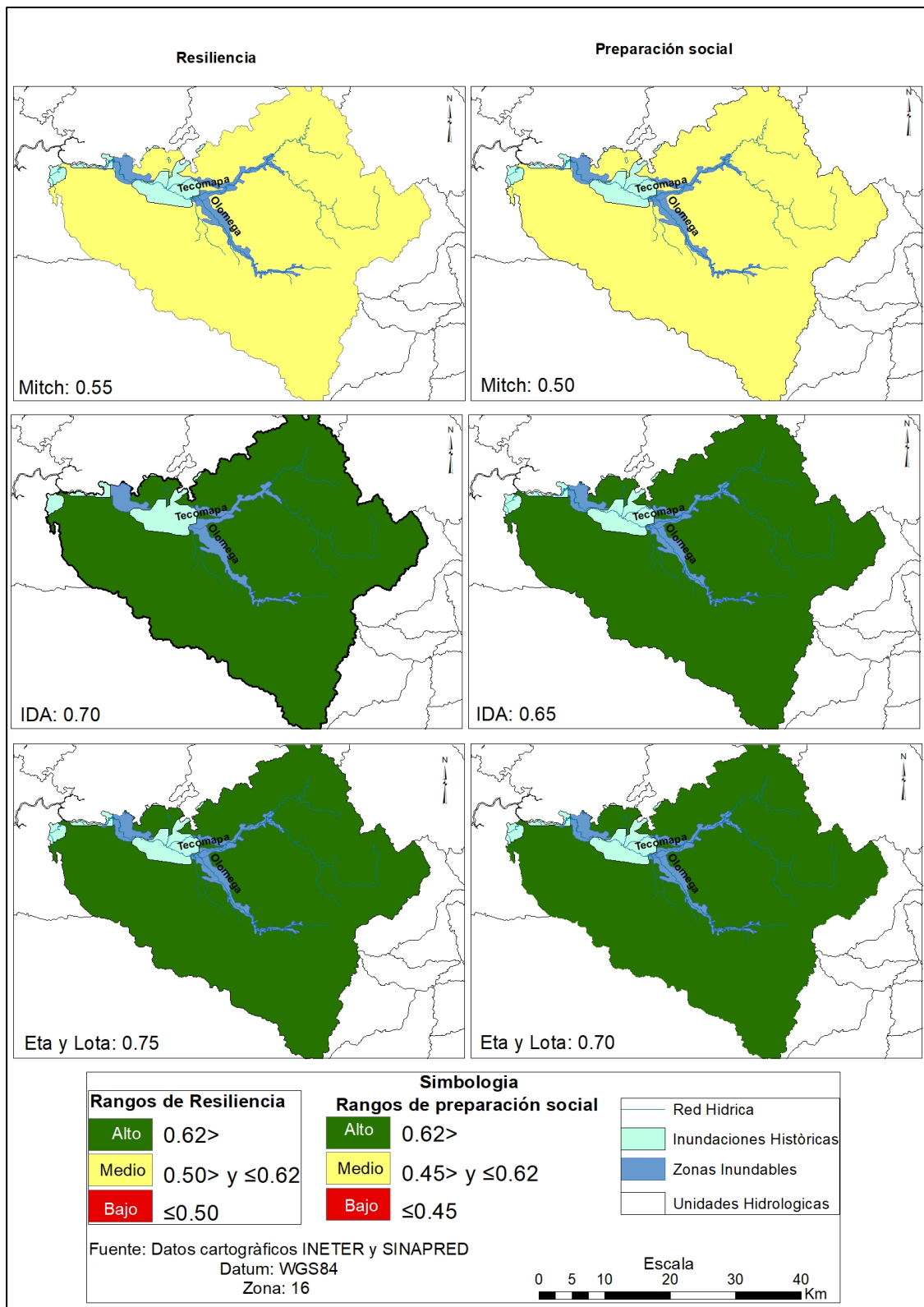
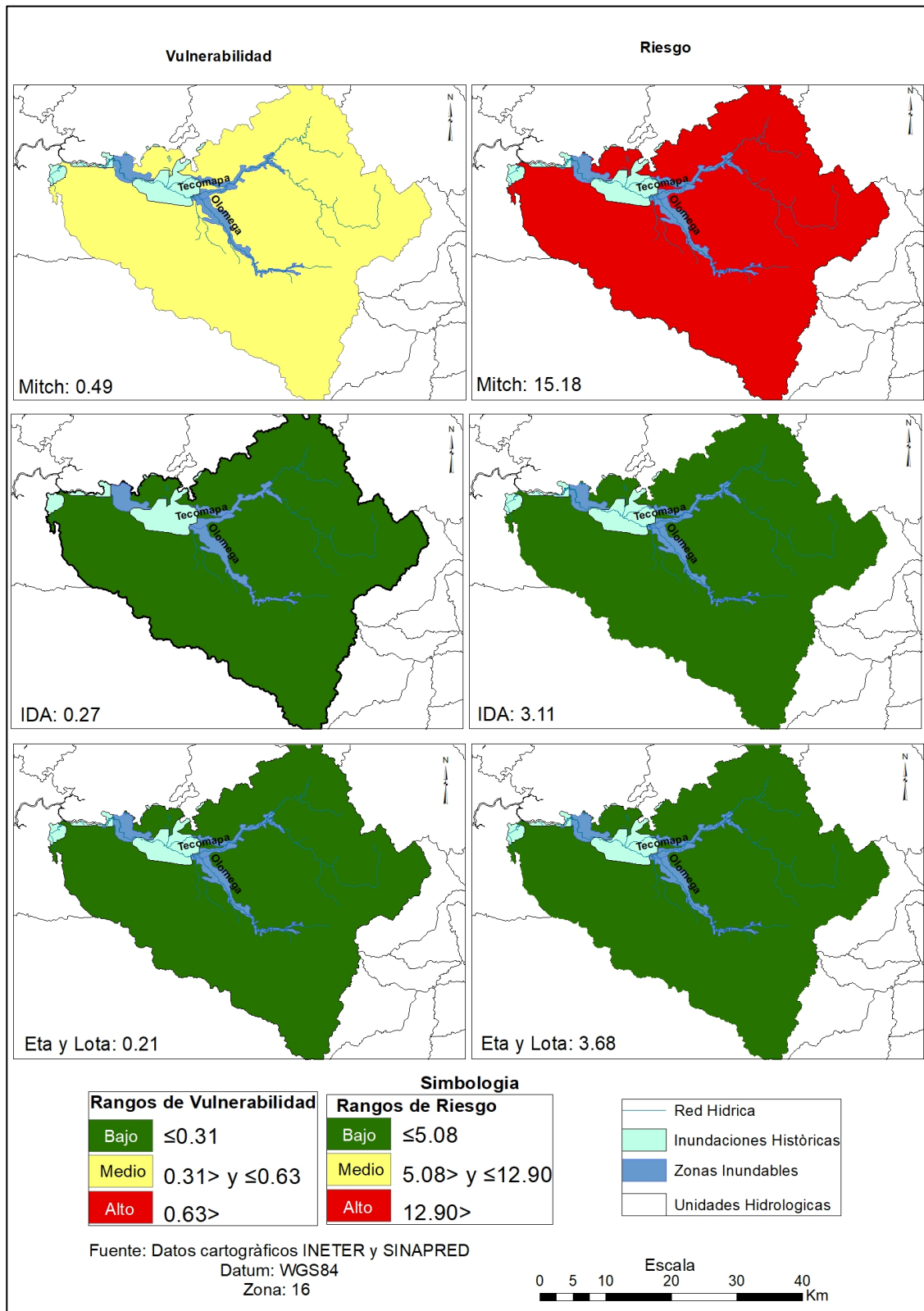


Figura 6

Resultados espaciales en la unidad hidrológica del grado de vulnerabilidad y riesgo frente a cuatro eventos: Mitch, IDA, Iota y Eta



Con el desarrollo del modelo, se logra mapificar los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento (encuesta). A partir de las magnitudes cuantificadas de los elementos del riesgo como son: vulnerabilidad, preparación, exposición y susceptibilidad, se generan los mapas espaciales a cuatro eventos máximos, modelando el alcance que podría generar una inundación en las comunidades estudiadas.

Discusión y conclusiones

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles 11 y 13, se evidenció que el modelo propuesto en este artículo, aporta a los conocimientos científicos para la planificación local, regional y nacional que involucran la mitigación ante el cambio climático, la adaptación y la resiliencia ante los desastres. Es importante enfatizar que se hizo el manejo de la vulnerabilidad social como una variable de mayor importancia, ya que es donde se sustenta la armonización del agente pasivo (sociedad) con el agente activo (medio natural).

Mediante el modelo matemático, se logró demostrar la cuantificación de la vulnerabilidad social y el riesgo como variables, y que son variables directamente proporcionales. Las variables que inciden en la disminución de la vulnerabilidad, son las que están relacionadas llamadas variables de adaptación al cambio climático, la resiliencia (armonización) y la preparación social.

De manera específica, de acuerdo a los resultados, se evidencian hallazgos muy importantes, como: la generación de mapas vectoriales a partir de la aplicación de los instrumentos encuestas, y la cuantificación de los indicadores para obtener una ecuación deducida del riesgo como una tendencia relacionada entre los diferentes elementos del riesgo.

Recomendaciones

El modelo propuesto se puede aplicar a distintas escalas espaciales, desde regional, cuenca, municipal y local, incorporándolo como una estrategia en la determinación de la vulnerabilidad social y el riesgo a desastres en cualquier parte de la región centroamericana.

El modelo matemático desarrollado en el presente trabajo, puede ser adaptado a otros eventos naturales y antrópicos como: huracanes, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, deslizamiento, tornado, marejada, incendio forestal, contaminación ambiental, conflicto bélico, terrorismo, sobrepoblación, problemas sociales, drogas, inseguridad, marginalidad y pobreza.

La representación espacial de los resultados mediante mapas, se pueden utilizar en talleres comunitarios vinculados al tema Cambio Climático y Gestión Integral del Riesgo de desastre en el área en estudio desarrollado por los tomadores de decisiones.

Referencias

- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- López, P. L. (2004). Población Muestra y Muestreo. *Punto Cero*, 69-74.
- MARENA. (2011). *Taller de Inicio del Proyecto de Reducción de Riesgos y Vulnerabilidad ante Inundaciones y Sequías en la Cuenca del Río Ester*. UNDP Climate Change

- Adaptation. https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/downloads/nicaragua_inception_report.pdf
- Pizarro, R. (2001). *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4762/S0102116_es.pdf
- PNUD. (2010). *Transversalización del cambio climático en Nicaragua*. https://seors.unfccc.int/applications/seors/attachments/get_attachment?code=1OLX8MZP3554A08WN81THE0MVZG0PDCZ
- SINAPRED. (2019). *Guía del método para la elaboración de los planes municipales de gestión integral de riesgo (PMGIR)*. SINAPRED. https://www.sinapred.gob.ni/images/aprendamos_de_prevenicion/guia_para_elaboracion_pmgir.pdf
- Smith, M., Phillips, J., & Spahr, N. (2002). *Huracan Mitch: caudal de creciente en tramos de ríos seleccionados en Honduras*. USGS. <https://pubs.usgs.gov/wri/2001/4266s/report.pdf>
- Tirado, V., & Ugarte, A. (2019). Preparation of Papers for International Journal of Engineering Research and Applications: A new vision of the calculation of risk of disasters, applied to conditions of Nicaragua. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 8(7), 68-76. <https://www.theijes.com/papers/vol8-issue7/Series-1/J0807016876.pdf>

Fecha de recepción: 09/06/2022
Fecha de revisión: 27/03/2023
Fecha de aceptación: 20/05/2023