

Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método

Recibido: 7 de mayo de 2012. Aceptado en versión final: 24 de septiembre de 2012.

Javier Enrique Thomas Bohórquez*

Resumen. Una de las tristes improntas de nuestro tiempo es la ocurrencia, cada vez más frecuente, de los denominados “desastres naturales”; empero, tanto la literatura especializada como el peso mismo de la realidad están demostrando que éstas, verdaderamente, están definidas por carencias económicas, sociales, políticas e institucionales, que establecen altas exposiciones y vulnerabilidades, que devienen luego, trágicamente, en altas pérdidas humanas y materiales. Reconociendo las dificultades en identificar, caracterizar, medir y evaluar la vulnerabilidad ante amenazas naturales, por cuanto las variables que la definen son diversas, de naturaleza distinta y por tanto de compleja compatibilización y articulación; este trabajo presenta los resultados de un Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicado a un con-

junto de variables medidas directamente en campo, en la ciudad portuaria de Manzanillo, que permitió construir un indicador compuesto que mide los diferenciados niveles de vulnerabilidad social de la población ante amenazas por sismos, tsunamis, inundaciones y eventos hidrometeorológicos extremos. Las conclusiones de este trabajo, en la misma dirección de aquéllos desarrollados internacional y localmente, validan la aplicación de este tipo de metodologías para el análisis y síntesis de las variables que definen la vulnerabilidad social ante amenazas naturales.

Palabras clave: Vulnerabilidad social, amenazas naturales, ACP, Manzanillo, gestión del riesgo.

Social vulnerability assessment of natural hazards in Manzanillo (Colima). A methodological contribution

Abstract. One of the main features of our time is the frequent occurrence of the so-called “natural disasters”, however, both the specialized literature as well as reality demonstrates, such disasters are truly defined by economic, social, political and institutional hardships, which promote high exposures and vulnerabilities that tragically produce significant human and material losses. This paper shows the results of a Principal Component Analysis (PCA) applied to a set of variables measured directly in field in the port city of Manzanillo that allowed the construction of a composite

indicator that measures the different levels of the inhabitants’ social vulnerability to hazards by earthquakes, tsunamis, floods and extreme hydro-meteorological events. The conclusions of this work, concordant with those developed at the international and local levels, validate the application of such methodologies for the analysis and synthesis of the variables that define social vulnerability to natural hazards.

Key words: Social vulnerability, natural hazards, PCA, Manzanillo, risk management.

*Departamento de Geografía, Universidad del Valle, Ciudad Universitaria Meléndez, Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia.
E-mail: jenthobo@univalle.edu.co

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad social ante amenazas naturales se entiende como el nivel específico de exposición y fragilidad que sufren los grupos humanos asentados en un lugar ante ciertos eventos peligrosos, en función de un conjunto de factores socioeconómicos, institucionales, psicológicos y culturales. Este tipo de vulnerabilidad es mayor en los estratos más pobres de los países en desarrollo (y dentro de ellos se consideran más vulnerables los grupos de niños, mujeres y ancianos), por cuanto su capacidad de preparación, respuesta y recuperación ante eventos perturbadores es muy reducida.

Reconociendo la multiplicidad de las variables que definen la vulnerabilidad social y la dificultad para medirlas e integrarlas, se han hecho esfuerzos por construir indicadores, que sin perder de vista la especificidad de aquello que se mide, permitan a la vez valoraciones combinadas que evidencien, en mejor medida, el comportamiento complejo de las variables involucradas; es así como el PNUD (2002) ha propuesto el “Índice de vulnerabilidad social” (IVS).¹ Éste da razón de las circunstancias que afectan a grupos de población, limitando sus capacidades para valerse por sí mismos; los factores asociados a la vulnerabilidad social son expresados como indicadores demográficos y se presentan en una escala de 0 a 100, en donde el mayor valor de la distribución representa la mayor vulnerabilidad social y viceversa (Reyes, 2000). Es reconocido que la vulnerabilidad social acentúa el efecto de los denominados “desastres” en el proceso de desarrollo, por cuanto el grado de vulnerabilidad social determina la capacidad para anticipar y recuperarse del impacto de las catástrofes naturales (Blaikie *et al.*, 1996; CEPAL y BID, 2000). Así pues, tanto la pobreza como los desastres se ven amplificados por la existencia de vulnerabilidad social como dimensión del riesgo.

¹ El IVS es un indicador planteado para identificar las principales variables que hacen a las poblaciones más vulnerables, y, a la vez, promover acciones integrales en favor de ellas. Se calcula a partir de la siguiente fórmula: $IVS = \text{Analfabetismo} + \text{Desnutrición crónica} + \text{Incidencia de la pobreza} + \text{Riesgo de mortalidad infantil} + \text{Etnicidad}$. Todos los valores están expresados como proporción relativa de la población total.

Álvarez y Cadena (2006) presentan un trabajo ilustrativo sobre el índice de vulnerabilidad social en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Incluso, la CEPAL y el BID (2000) tratan de ir más allá, y proponen indicadores que permitan tomar decisiones futuras alrededor de asignación de recursos financieros y de capital humano, así como evaluar la gestión administrativa asociada a los desastres. Con este objetivo, en el 2005 se realizó un trabajo en doce países de América Latina: Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, México, Perú, República Dominicana y Trinidad y Tobago; en ellos se aplicaron cuatro indicadores que permitieran dar razón, para dichos países en particular y para la región, del impacto potencial de las amenazas naturales, de los elementos esenciales de la vulnerabilidad y de la capacidad para la gestión de riesgos. Éstos son: Índice de déficit por desastre (IDD),² Índice de desastres locales (IDL),³ Índice de vulnerabilidad prevalente (IVP),⁴ e Índice de gestión de riesgos (IGR),⁵ (BID, 2005).

Específicamente, frente a la aplicación de metodologías para evaluar la vulnerabilidad vía ACP, se tienen los trabajos de Cutter y Finch (2008) y Chardon (2002).

Cutter y Finch (2008) centran su trabajo alrededor del comportamiento espacio-temporal de la vulnerabilidad social en Estados Unidos, desde 1960 hasta el tiempo presente. Ellos construyeron un “Índice de vulnerabilidad Social (SoVI)”, que, basado en el perfil socio-económico y demográfico de los diversos condados, proporciona un nivel comparativo de medida de la vulnerabilidad social a amenazas naturales. Las variables que

² IDD = Riesgo del país en términos macroeconómicos y financieros para hacer frente a los eventos.

³ IDL = Riesgo social y ambiental derivado de eventos frecuentes que afectan a la población local.

⁴ IVP = Exposición en áreas propensas, fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social.

⁵ IGR = Desempeño de la gestión de riesgos del país, organización, capacidad, desarrollo y acción institucional para reducir la vulnerabilidad, prepararse y recuperarse con eficiencia.

incorporaron, como factores de vulnerabilidad social de la población estadounidense, fueron el nivel socioeconómico (tasas de pobreza e índice de escolaridad media), la edad (grupos etarios), empleo y género, grado de desarrollo del ambiente construido (haciendo alusión a la complejidad de las interacciones físicas, dadas por las interacciones antrópicas entre los individuos que residen en una misma área), raza-etnicidad y nivel de ruralidad. En general, el estudio demostró que pueden cuantificarse aspectos de la vulnerabilidad social, en orden a contribuir a una comprensión del riesgo ante amenazas naturales. Aunque experimental, los resultados de la metodología detallaron procesos que pueden emprenderse para capturar y medir algunas de las complejidades relacionadas con la vulnerabilidad social.

Igualmente, Chardon (2002), usando también el ACP, realiza una valoración e interpretación de los factores que hacen vulnerables a las comunidades ante amenazas naturales en la ciudad de Manizales (Colombia), y levanta, a escala urbana, una cartografía que muestra el comportamiento espacial de ella; al final los resultados permiten establecer una tipología de barrios más y menos vulnerables. El trabajo establece dos grandes grupos de variables que definen la vulnerabilidad; de una parte están los *factores naturales, en los que se incorporan las experiencias pasadas, los procesos erosivos, la pendiente, la intensidad del sismo de 1979, los rellenos, las zonas inundables y los trabajos de corrección geotécnica*; y, como factores socioeconómicos, *los barrios subnormales y las zonas por reubicar, el nivel socioeconómico, la densidad neta, la organización comunitaria, materiales y puestos de socorro, nivel de accesibilidad, las zonas educativas y la ubicación de las estaciones de gasolina y gas*. Se aprecia la gran diversidad y heterogeneidad en los indicadores usados para alimentar el modelo y la dificultad de armar categorías homogéneas de clasificación, que permitan configurar metodológicamente paquetes de variables relacionables y comparables entre sí.

Es precisamente en la dirección trazada por estos trabajos que se pretende aportar, en la definición de una metodología para la evaluación de vulnerabilidad social, que no solo integre variables

cuantitativas y cualitativas en la obtención de un indicador validado estadísticamente, y, replicable a situaciones homólogas en otras partes del mundo, sino, en generar información detallada, que permita a los tomadores de decisiones locales, diseñar estrategias de intervención territorial y sectorial en la reducción estratégica de vulnerabilidades y riesgos.

Finalmente y antes de presentar los aspectos relevantes del ACP y su implementación en la investigación, resulta oportuno hacer referencia a ciertos aspectos metodológicos previos.

Con base en los criterios de población, dinámicas urbanas, tipos de amenazas naturales existentes (magnitudes históricas presentadas, frecuencia, áreas afectadas, población afectada), procesos de interacción y articulación ciudad-puerto-ciudad, tipos de carga movilizadora y estructura institucional existente en el municipio frente al tema de Gestión del Riesgo, se eligió a Manzanillo como objeto de estudio de la investigación.

Para obtener la información primaria que alimentara el modelo estadístico, se aplicaron 143 encuestas (véase anexo), en igual número de viviendas, seleccionadas con base en un muestreo aleatorio simple. Previamente, sobre la cartografía de INEGI (1:25 000) se superpuso una malla de 299 cuadrículas (cada una de 1.56 km²), numeradas secuencialmente y de allí se seleccionaron de forma aleatoria (con base en una tabla de números aleatorios) las 103 que iban a ser muestreadas en campo. La unidad de muestreo fue la vivienda y en ésta se tomó, independientemente de su nivel de escolaridad, a la persona mayor de 15 años que atendió al encuestador.

Como quiera que la información obtenida pretende ser útil en procesos de planificación territorial y gestión del riesgo, la evaluación de vulnerabilidad se hizo inicialmente para cada una de las amenazas presentes y luego se integró como valor generalizado de vulnerabilidad; es decir, se obtuvieron indicadores particularizados de vulnerabilidades por amenazas y uno global; de modo tal que sea posible diseñar escenarios de intervención por vulnerabilidades específicas y por su nivel general.

EL ACP CUALITATIVO Y SU PROCESO

El análisis de componentes principales es una técnica de análisis multivariado que pretende generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos, reducir la dimensionalidad del problema que se esté estudiando, y eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información. Al ser las componentes principales, variables nuevas generadas como combinaciones lineales (sumas ponderadas) de las variables originales, es posible utilizar las componentes principales en lugar de las variables originales.

La primera componente principal puede ser usada en lugar del conjunto completo de variables ya que ésta proporciona una representación más clara de los datos y es la que explica la mayor cantidad de la variación total del sistema (Balanta y Melchor, 2005).

Con base en los resultados de Thomas (2008) y reconociendo los aportes de Cutter y Finch (2008), Chardon (2002) y Wilches (1993), se seleccionaron doce variables (Cuadro 1) que evalúan condiciones específicas de exposición y que, luego integradas, definen indicadores válidos para medir y ponderar niveles específicos de vulnerabilidad social de una población ante un evento determinado. Estas variables se agruparon en cuatro grupos a saber: nivel de exposición por localización poblacional (NELP), nivel de exposición por condiciones socio-económicas (NESC), nivel de exposición por empatía con la amenaza (NEEA) y nivel de exposición por organización institucional frente a la amenaza (NEOI). El grupo llamado NELP pretende establecer el grado de exposición de la población y de sus actividades, por localización, composición y concentración. El NESC identifica aquellas condiciones socioeconómicas de la población, que resultan fundamentales en la creación de circunstancias proclives a la vulnerabilidad ante amenazas naturales. Por su parte, el denominado NEEA involucra aquellos indicadores que pueden determinar un nivel orgánico de conocimiento de la amenaza: funcionamiento de sus dinámicas, tipos y periodos de sus manifestaciones, así como, sus posibles impactos. Finalmente, en el grupo NEOI, se tienen los indicadores que miden

el nivel de aprehensión del problema, entendido como la seguridad de estar expuesto a la ocurrencia de un desastre, por parte tanto del Estado como de las organizaciones comunitarias que tengan representatividad.

No obstante, una de las mayores dificultades para la construcción de indicadores de vulnerabilidad, es la presencia de datos tipo cualitativo, pues impiden la aplicación de algunas técnicas estadísticas multivariadas. Este problema se puede resolver si se cuantifican o valoran las categorías de las variables cualitativas. Para resolver este impase se empleó la técnica de análisis de componentes principales cualitativo (PRINQUAL), para realizar la transformación y construcción del indicador. Esta es una técnica utilizada y validada en los trabajos de Castaño y Moreno (1994), Vélez *et al.* (1999), Darwin *et al.* (1999), Castaño (2005), Bustamante (2006), y Ocampo y Foronda (2007).

Por tanto, para aplicar las técnicas de análisis multivariado ACP se hizo necesario inicialmente transformar las variables seleccionadas, de cualitativas a cuantitativas, para la construcción del indicador de vulnerabilidad. Dada la naturaleza de los datos colectados, de las doce variables definidas se consideraron diez, las cualitativas, para esta transformación.

Para iniciar el procedimiento, se utilizó el método de transformación de máxima varianza total (MTV). Este método, basado en Young *et al.* (1978) intenta maximizar la suma de los primeros r valores propios de la matriz de covarianzas. Este procedimiento transforma las variables, de forma tal que (en el sentido de los mínimos cuadrados) sean lo más parecidas posible a combinaciones lineales de las primeras r componentes principales. En cada iteración el algoritmo MTV alterna el análisis de componentes principales clásico (Hotelling, 1933) con escalonamiento óptimo.

Además, el procedimiento de transformación de variables contempla cinco métodos de transformación, cada transformación impone diferentes conjuntos de restricciones sobre los nuevos valores de las variables cualitativas. En teoría, la más utilizada es la función MONOTONE, sin embargo, por problemas asociados a la variable, *respuesta de la comunidad ante eventos anteriores*, que tiene

Cuadro 1. Definición y categorización de las variables que intervienen en la vulnerabilidad social

VARIABLE	DEFINICIÓN	CATEGORÍAS	FUENTE DE INFORMACIÓN	APORTE A LA VULNERABILIDAD
Población dependiente (PD).	Porcentaje de personas dependientes o con requerimientos especiales.	Valor cuantitativo.	Primaria	Demandas alimenticias y/o médicas especiales, restricciones por movilidad y/o baja resiliencia.
Grado de concentración de la población (CP).	Número de habitantes por m ² .	Valor cuantitativo.	Primaria	Complejidad creciente en la satisfacción de necesidades y demandas sociales y procesos de respuesta y evacuación.
Actividad antrópica instalada (AA).	Uso del suelo asignado.	(1) residencial, (2) industrial, (3) comercial, (4) residencial/comercio, (5) residencial/industria.	Primaria	Influye en los niveles de pérdidas, daños y afecciones económicas y sociales.
Ingresos (IFD).	Ingresos familiares diarios en dólares (\$ US).	(3) alto < 25, (2) medio >25<10, (1) bajo <=10.	Primaria	Incide en la capacidad de preparación, respuesta y ajuste ante eventos amenazantes.
Nivel de escolaridad (NE).	Máximo nivel de estudios realizados por cualquier habitante del predio.	(3) alto: universidad, (2) medio: bachillerato, (1) bajo: primaria o menos.	Primaria	Influye en la sensibilidad y los niveles de concientización frente al tema.
Informalidad de la vivienda (IV).	Existencia de servicios básicos domiciliarios. Tipo de vivienda y materiales utilizados para su construcción.	(4) alta, (3) media, (2) baja, (1) nula.	Primaria	Generación de condiciones propicias en la atenuación o incremento de la vulnerabilidad ante amenazas naturales.
Informalidad del barrio (IB).	Tipo y presencia de servicios básicos comunitarios existentes.	(4) alta, (3) media, (2) baja, (1) nula.	Primaria	Generación de condiciones propicias en la atenuación o incremento de la vulnerabilidad ante amenazas naturales.
Conocimiento del individuo (CA).	Conocimiento de la dinámica natural que involucra la amenaza.	(4) amplio, (3) suficiente, (2) incipiente, (1) nulo.	Primaria	Incide fuertemente en la decisión de localización y en las formas de apropiación, habitación y explotación de la naturaleza.
Percepción del individuo (PA).	Percepción de la amenaza natural.	(3) no amenazante, (2) indiferente, (1) amenazante.	Primaria	De ella depende el nivel de relajación y preparación que el individuo, la familia y la comunidad desarrollen para afrontar, resistir y superar el evento amenazante.
Conocimiento histórico (CH).	Conocimiento de cómo otras comunidades se han enfrentado a eventos similares.	(4) amplio, (3) suficiente, (2) incipiente, (1) nulo.	Primaria	Determinan en buena medida, las respuestas inmediatas y mediatas que se tomen frente a la posibilidad de ocurrencia de un evento determinado y durante el evento mismo.
Existencia de planes de prevención (PPC).	Existencia de planes, programas y proyectos gubernamentales y no gubernamentales de prevención y contingencia de desastres.	(3) suficiente, (2) incipiente, (1) inexistente.	Primaria	Dan razón del nivel de alcance institucional y social del asunto, reflejado en acciones sistemáticas, coherentes y con cohesión social, de preparación ante la probable ocurrencia de eventos amenazantes.
Respuesta de la comunidad (RHC).	Respuesta de la comunidad ante eventos anteriores, iguales o similares.	(2) apropiada, (1) no apropiada.	Primaria	Permite conocer cómo la comunidad, durante el evento mismo y los instantes inmediatamente posteriores a él, reacciona y qué tan efectiva o adecuada ha sido esta respuesta.

Fuente: elaboración propia.

solamente dos categorías, no fue posible emplearla. Después de realizar varias pruebas, la que mejor se ajustó a los datos existentes fue la UNTIE;⁶ ésta conserva el orden de las categorías.

Una vez transformados los datos, se analizó una posible correlación para todas las variables. Los resultados (Cuadro 2) mostraron cuatro grupos de variables significativas; dos con altas correlaciones, positivas y negativas, y dos con bajas correlaciones, positivas y negativas, de tal forma: grupo 1, de alta correlación positiva (superior al 86%, de color terracota oscuro en la matriz); grupo 2, con una alta correlación negativa (superior al 98% de color terracota claro en la matriz); grupo 3, de baja correlación positiva (inferior al 9% de color azul claro en la matriz); y, grupo 4, con baja correlación negativa (inferior al 8% de color azul oscuro en la matriz). Por explicitar solo algunas correlaciones, podría decirse que las variables IB (informalidad del barrio) e IV (informalidad de la vivienda) que presentan la más alta correlación (0.990), sugieren que hay mayor probabilidad de tener una vivienda informal en un barrio informal y que, a su vez, éste propicia ciertas condiciones de informalidad

de la vivienda. Las variables, IV (informalidad de la vivienda) y NE (nivel de escolaridad), que presentan la más alta correlación negativa (-0.991), al igual que IB (informalidad del barrio) y NE (nivel de escolaridad), apuntan a que, a mayor nivel de escolaridad que tengan los integrantes de un núcleo familiar tendrán mayores oportunidades de escoger el barrio y el tipo de vivienda en la cual viven, es decir, que la vivienda y el barrio no sean informales. Las variables menos correlacionadas con las demás, son población dependiente y concentración de la población, lo cual hace pensar que muestran, por sí mismas, información no compartidas con otras variables.

Luego se realizó una estimación de un indicador parcial para cada grupo, de acuerdo con las variables que los definen, y se construyeron con ellos unos subindicadores, empleando el ACP. Cada uno de estos subindicadores se define como el primer componente principal; es decir, se construye una combinación lineal de las diferentes variables cuantificadas determinantes de cada grupo, mediante un sistema de ponderaciones que refleja la importancia relativa de cada una de esas variables en el componente. Para

Cuadro 2. Matriz de correlación

	PD	CP	AA	IFD	NE	IV	IB	CA	PA	CH	PPC	RHC
PD	1											
CP	0,019	1										
AA	-0,161	0,122	1									
IFD	-0,080	0,063	0,872	1								
NE	0,064	-0,149	0,227	0,522	1							
IV	-0,077	0,183	-0,177	-0,478	-0,991	1						
IB	-0,076	0,165	-0,194	-0,478	-0,991	0,990	1					
CA	-0,171	0,109	0,988	0,859	0,230	-0,178	-0,194	1				
PA	0,092	-0,170	0,067	0,381	0,980	-0,985	-0,986	0,068	1			
CH	-0,198	0,198	0,862	0,605	-0,281	0,333	0,319	0,861	-0,436	1		
PPC	-0,189	0,135	0,977	0,807	0,056	-0,005	-0,019	0,976	-0,107	0,938	1	
RHC	-0,186	0,169	0,946	0,745	-0,080	0,132	0,118	0,944	-0,243	0,978	0,988	1

⁶ La transformación UNTIE emplea la transformación primaria de mínimos cuadrados de Kruskal y Shepard (1974) para valorar variables ordinales. La valoración final conserva el orden y la pertenencia a la categoría.

evaluar el poder explicativo de la primera componente, como indicador representativo del concepto común en cada grupo, se estudia la magnitud del valor propio asociado; es decir, que éste sea mayor a 1. Esto sería indicio de que las variables están midiendo el mismo concepto (Cuadro 3). Una vez obtenidos los subindicadores se procede, de la misma manera descrita, para construir el indicador global que refleja las ponderaciones que cada indicador parcial tiene dentro de éste.

Con estos valores se obtuvo el Índice Final de Vulnerabilidad Social ante amenazas naturales (IVSA), para ponderarlos y obtener los resultados por cada unidad de análisis de campo (vivienda):

$$\text{IVSA} = 0.982 \text{ NELS} + 0.322 \text{ NESD} + 0.927 \text{ NEEA} + 0.994 \text{ NEOI}$$

RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos al aplicar el IVSA a los datos transformados de las encuestas aplicadas en campo, están entre 1 y 18, con un rango de 17; ya que la diferencia entre estos límites es grande, se podría decir que hay una gran variabilidad en las condiciones de estos predios en la ciudad portuaria de Manzanillo. No obstante, también muestran que en la ciudad no existe una marcada alta vulnerabilidad de los predios ante eventos potencialmente destructores y antes que eso, una relativa homogeneidad espacial de los datos muestra situaciones de cierta uniformidad que en primera instancia no son claramente identificables.

Como quiera que se tomen como categorías para la valoración de la vulnerabilidad, las clases

alta, media y baja, se definen intervalos y rangos para los diferentes niveles de vulnerabilidad en la zona en estudio de Manzanillo (Cuadro 4).

La aplicación del modelo para Manzanillo muestra que, a pesar de las diferencias de localización, físicas, económicas, sociales y culturales, existentes de predio a predio, no hay una gran polarización en las condiciones de vulnerabilidad de la población ante eventos potencialmente destructores. De hecho, exactamente la mitad de la población encuestada presenta una baja vulnerabilidad y casi una cuarta parte de ella (23.5% –cifra tampoco despreciable o insignificante–), una alta vulnerabilidad.

Al comparar el Índice Final de Vulnerabilidad Social ante amenazas naturales (IVSA) con los valores obtenidos en cada predio, es posible determinar los niveles de vulnerabilidad de éstos, y construir una cartografía de vulnerabilidad social. El procedimiento utilizado para obtener este mapa de vulnerabilidad fue: primero, con los valores de IVSA, resultantes de la aplicación del ACP a la información obtenida de las encuestas de campo (103) se obtuvieron, a través de interpolación espacial (método del vecino más próximo), los valores faltantes del IVSA de las áreas no encuestadas en campo (Figura 1a); en este momento se obtuvo un primer mapa que representa, según clases, los diferentes niveles de vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (IVSA), luego se rasterizó, con base en la definición del centroide (Figura 1b), se hizo nuevamente una interpolación, se vectorizó (Figura 1c) y finalmente se obtuvieron los polígonos que representan las diferentes áreas de vulnerabilidad ante amenazas naturales (Figura 2). Este último mapa representa, más acorde con la realidad, el comportamiento espacial de la vulnerabilidad y se

Cuadro 3. Primera componente principal de cada grupo

GRUPO	PRIMERA COMPONENTE PRINCIPAL
NELS=	0.615PD + 0.438CP + 0.789AA
NESD=	0.989IFD + 0.989NE + 0.980IV + 0.980IB
NEEA=	0.886CA + 0.398PA + 0.998CH
NEOI=	0.997PPC + 0.997RHC

Cuadro 4. Niveles de vulnerabilidad final para las zonas estudiadas

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO IVSA
Alta	12≤
Media	12> 15≤
Baja	15>

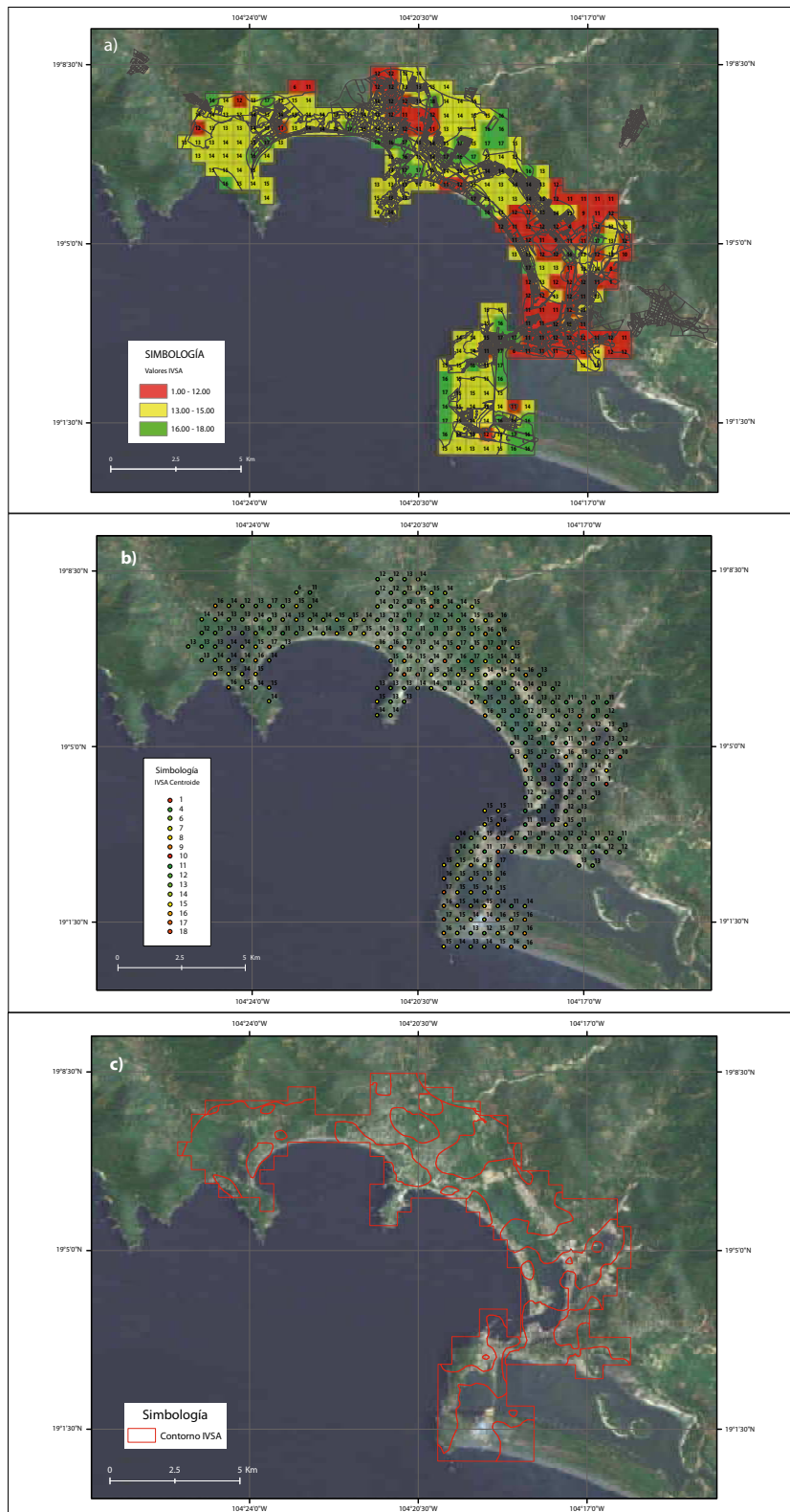
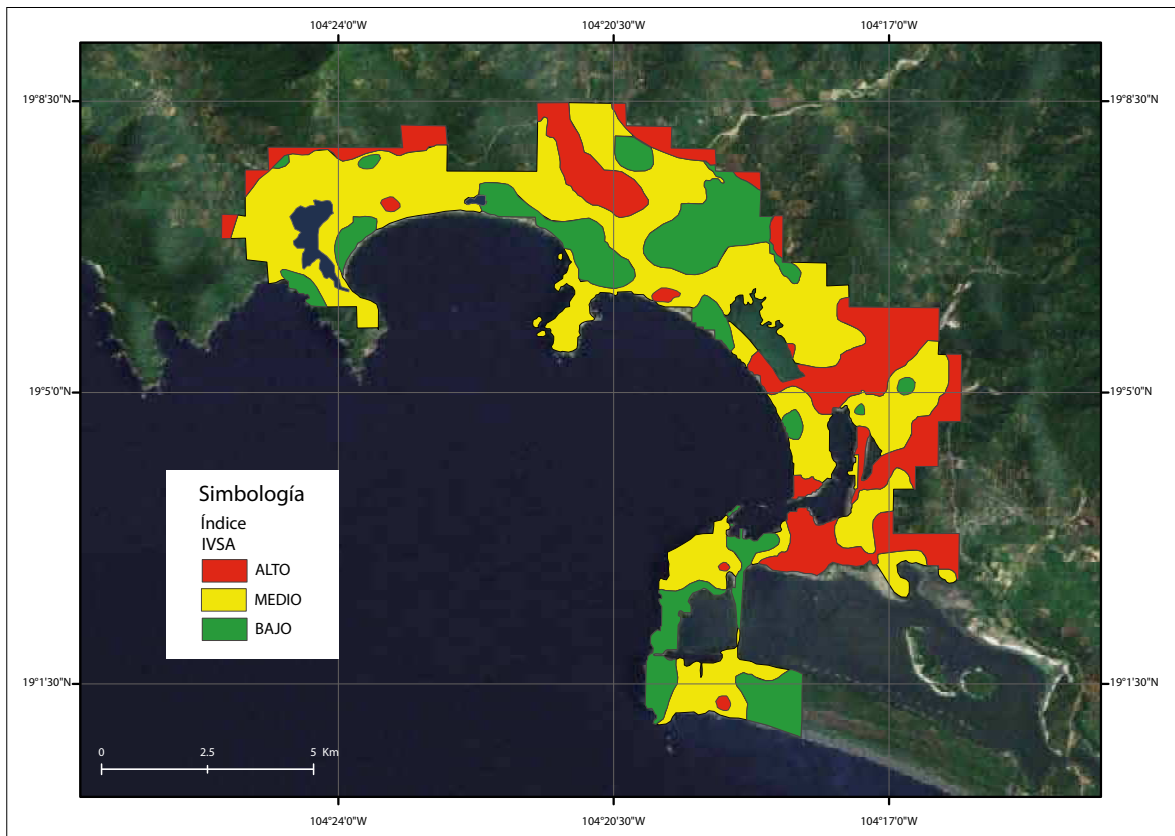


Figura 1. a) Interpolación para la obtención de valores de IVSA faltantes en Manzanillo y sus distintas clases obtenidas. b) IVSA. Creación del centroide para el raster en Manzanillo. c) IVSA. Vectorización y creación de polígonos para Manzanillo.

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Mapa de índices de vulnerabilidad Manzanillo (IVSA).

convierte en un instrumento de análisis territorial y planificación territorial.

Al revisar la Figura 2, se aprecia que el comportamiento espacial de la vulnerabilidad en Manzanillo es consistente con las conclusiones obtenidas a partir del análisis estadístico y de lo observado en los recorridos de campo. Efectivamente, no se identifica una polarización de las condiciones de vulnerabilidad en la ciudad; la mayor parte de ésta presenta un nivel medio y el comportamiento espacial de las categorías extremas es coherente con la información recopilada en campo. Es decir, los niveles de generalización implícitos en la representación cartográfica, no generan sesgos o deformaciones significativas de la información y, por tanto, éstos son válidos en la explicación del fenómeno.

En cuanto al comportamiento espacial de las zonas más vulnerables, se reconoce un gradiente

de vulnerabilidad tangencial a la línea de costa y no paralelo a ella; las razones están, sin duda, asociadas a los procesos de ocupación, los usos del suelo y las dinámicas urbanas que han establecido que las áreas a lo largo de la línea de costa hayan sido ocupadas por grandes hoteles e infraestructura turística (Figura 3), en tanto que las zonas de ladera, algunas no consolidadas, albergan las comunidades más pobres (Figura 4). En otros términos, la renta diferencial del suelo, asociado a cualidades paisajísticas y de disfrute y ocio, define que el índice de la vulnerabilidad de la población ante amenazas naturales, se vaya incrementando a medida que se distancia de la playa. Las áreas de Loma de la Cruz, San Isidro, Indeco y Loma Alta, son un ejemplo de ello.

Esta situación resulta interesante a más de favorable, ya que las mayores amenazas de la ciudad



Figura 3. Mosaico de ocupación hotelera a lo largo de la línea de costa. Fotos: Javier Enrique Thomas Bohórquez.

están asociadas a su condición de puerto y golpean, por tanto, lateralmente la costa; es decir, en general, las áreas más expuestas no son las más vulnerables.

La mayor área continua la representa la del Valle de las Garzas, donde se evidencia un mayor nivel de vulnerabilidad, posiblemente asociado a factores del grupo NEEA, en donde la percepción y escolaridad juegan un papel importante.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En síntesis, de acuerdo con los estudios de Cutter y Finch (2008), en Estados Unidos de América; Álvarez y Cadena (2006), para los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); Dwyer *et al.*

(2004), del grupo de Geoscience de Australia y los de Cardona (2007) y Chardon (2002), para el caso colombiano; se ha observado que la metodología de ACP, a pesar de ciertas restricciones, es una de las más útiles para este tipo de estudios y la que logra acercarse a un enfoque más holístico y objetivo en la valoración de vulnerabilidad ante amenazas naturales. Sin embargo, siguiendo los trabajos de Castaño y Moreno (1994) y de Gamboa *et al.* (2005), en los resultados presentados aquí, se hizo un aporte adicional a los anteriores, al incorporar en la metodología, por tratarse también de variables cualitativas, el procedimiento PRINQUAL (Análisis de Componentes Principales Cualitativo).

La metodología permite establecer también la correlación entre las condiciones socioeconómicas de los habitantes y sus niveles de exposición ante



Figura 4. Mosaico de gradiente de informalidad de la vivienda. Nótese cómo las condiciones de formalidad van disminuyendo con la pendiente. Fotos: Javier Enrique Thomas Bohórquez.

amenazas naturales (con su consecuente vulnerabilidad); es posible entonces, para aquellos que hagan uso de esta metodología, como hecho concomitante a su aplicación, hacer un seguimiento del comportamiento espacial no solo de la vulnerabilidad sino de los factores que “predisponen” a las comunidades a exponerse ante eventos amenazantes, identificar procesos de concentración y/o dispersión e incluso, si se dispone de los históricos, de tendencias futuras. Ello sin duda, aportaría significativamente en los procesos de planificación urbana y ordenamiento del territorio.

Las variables definidas dentro del grupo denominado Nivel de Exposición por Localización Poblacional (NELP), a pesar de tener bajos niveles de correlación con las otras variables definidas en el

estudio, son de importancia significativa por cuanto son las que definen inicialmente la exposición ante un evento natural potencialmente destructor y, por tanto, se sugiere incluirlas en valoraciones futuras. Es decir, a pesar de no mostrar niveles significativos de correlación estadística con las otras variables, conceptualmente, son el punto de partida para la exposición de las comunidades, ya que la decisión inicial de localizarse en X o Y punto, es la que los expone o no a eventos y situaciones amenazantes.

De otra parte, los resultados obtenidos en Manzanillo evidencian la validez de la metodología de análisis de componentes principales (ACP) para la evaluación de la vulnerabilidad social en áreas urbanas. Efectivamente, el Índice Final de Vulnerabilidad Social ante amenazas naturales (IVSA),

aunque no alcanza el valor estadístico óptimo del 85%, si expresa o captura, en un 73%, la inercia y la variabilidad total de los datos, lo que le confiere un importante poder explicativo; máxime cuando estas valoraciones se hacen regularmente, a través de procesos subjetivos, no sistematizados, ni convalidados. Efectivamente, al contrastar los resultados finales con las encuestas aplicadas, se observa un alto nivel de coincidencia entre los valores, que evidencian la alta capacidad interpretativa de la metodología. Ésta, antes que ser una metodología rígida, permite incorporar, suprimir, modificar o ajustar las variables de acuerdo con el contexto particular o con las situaciones requeridas, y desarrollar el mismo proceso metodológico esbozado, sin perder su validez.

Es posible concluir entonces que los resultados obtenidos validan la metodología en su doble dimensión; en su capacidad, coherente y pertinente, de transformación, análisis y síntesis de datos, y como instrumento veraz y objetivo de interpretación de la realidad.

La investigación demostró también que las situaciones de vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo, se originan en la compleja combinación de elementos estructurales (condiciones socioeconómicas) y no estructurales (localización, educación, cultura), que a pesar de actuar con pesos e incidencias distintas en los resultados finales, se expresan concatenada y correlacionadamente entre sí. Igualmente se corroboró que a pesar del carácter específico de la vulnerabilidad social ante cada amenaza, en particular, es posible, con alto nivel de significancia, construir indicadores generales para medirla. Indicadores que, por supuesto, deben ser posteriormente seleccionados y ajustados en cada contexto espacial respectivo.

Finalmente, se espera que este trabajo motive la realización de investigaciones futuras para áreas urbanas, donde metodologías como ésta aporten herramientas potentes de análisis y procesamiento de datos y en donde se pueda hacer, con equipos interdisciplinarios y mayores recursos, seguimiento espacial de las vulnerabilidades ante amenazas naturales y, con base en ellas, tener ciudades mejor planificadas, pero, por sobre todo, más “dignas y seguras” y con poblaciones más conscientes de su

papel, tanto en la generación, como en la prevención y reducción de condiciones de vulnerabilidad.

REFERENCIAS

- Álvarez, A. y E. Cadena (2006), *Índice de vulnerabilidad social en los países de la OCDE*, Universidad Autónoma de Madrid, Working Paper 1.
- Balanta, E. y M. Melchor (2005), *Construcción de un indicador de condiciones de vida de la cuenca hidrográfica Nima Amaime, a través de métodos de análisis multivariado*, tesis de Grado, Programa de Estadística, Universidad del Valle, Colombia.
- Blaikie, P., T. Canon, I. Davis y B. Wisner (1996), *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*, La Red, Bogotá.
- BIS (2000), *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos*, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C.
- Bustamante, J. (2006), *Factores que inciden en la cobertura del sistema pensional en Colombia*, Archivos de Economía, No. 312, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- CEPAL y BID (2000), *La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres: un tema del desarrollo*, documento de trabajo.
- Cardona, O. (2007), *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos, una actualización a 2007*, Programa para América Latina y el Caribe, Informe resumido, BID, Washington D.C.
- Castaño, E. (2005), *Evolución de las condiciones de vida y reestimación del indicador de calidad de vida para la ciudad de Medellín*, Centro de Estudios de Opinión, Universidad de Antioquia.
- Castaño, E. y H. Moreno (1994), “Selección y cuantificación de variables del sistema de selección de beneficiarios, SISBEN”, *Planeación y Desarrollo XXV* (junio), ed. especial.
- Chardon, A. (2002), *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales. El ejemplo andino de Manizales, Colombia*, Editorial Centro de Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Cutter, S. and C. Finch (2008), *Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards*, Department of Geography, University of South Carolina.
- Darwin, C., L. Gamboa y J. González (1999), *ICV: hacia una medida de estándar de vida*, Coyuntura Social 21, Noviembre, Fedesarrollo, Bogotá.

- Dwyer, A., C. Zoppou, O. Nilesen, S. Day and S. Roberts (2004), *Quantifying social vulnerability: a methodology for identifying those at risk to natural hazards*, Geoscience Australia, Australian Government.
- Gamboa, F., J. Guerra y F. Jaramillo (2005), *Cambios en calidad de vida en Colombia durante 1997-2003: otra aproximación*, Serie Documentos de Economía, no. 78, septiembre, Universidad del Rosario.
- Hotelling, H. (1933), "Analysis of complex statistical variables into principal components", *Journal of Educational Psychology*, no. 24, pp. 498-520.
- Kruskal, J. and R. Shepard (1974), *A nonmetric variety of linear factor analysis*. *Psychometrika*, pp. 123-157.
- Ocampo, M. y C. Foronda (2007), *Estudio de la calidad de vida en Bolivia: metodología y medición*, Investigación y Desarrollo No. 7, 2007, Universidad privada Boliviana.
- PNUD (2002), *Strengthening capacities on disaster reduction and recovery, the role of UNDP*, DRU-BCPR.
- Reyes, S. (2000), Índice de vulnerabilidad Social. *Informe* (Proyecto ECU-094/017), Quito.
- Thomas, J. (2008), *Propuesta metodológica para la evaluación de vulnerabilidad social ante amenazas naturales*, tesis de Grado, Maestría en Desarrollo sustentable, Universidad del Valle, Colombia.
- Vélez, C., E. Castaño y R. Deutsch (1999), *Una interpretación económica del Sistema de Focalización de Programas Sociales: el caso Sisben en Colombia*, Coyuntura Social No. 21, Noviembre, Fedesarrollo, Bogotá.
- Wilches, G. (1993), *La vulnerabilidad global. Los desastres no son naturales*, LA RED, Colombia, Tercer mundo editores.
- Young, E., Y. Takane and J. Leeuw (1978), "The principal components of mixed measurement level multivariate data: an alternating least squares method with optimal scaling features", *Psychometrika*, no. 43, pp. 279-281.

ANEXO



VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS NATURALES EN MANZANILLO.

Esta encuesta está diseñada para apoyar un trabajo de grado de Doctorado de la Universidad Nacional Autónoma de México, su objetivo es solamente académico.

I. IDENTIFICACIÓN.

Municipio. _____
 Colonia. _____
 Dirección. _____
 Vecindad. Sí _____ No _____
 Vivienda No. _____ de _____
 Código Postal. _____
 Número de cuadrícula en cartografía _____

II. ACERCA DE LA POBLACIÓN DE LA VIVIENDA.

1.

No total de Personas	No. Niños Menores de 10 años	No. Adultos mayores 75 años	No. Discapacitados	No. Mujeres embarazo	Máximo nivel de escolaridad alcanzado por alguien

No. Familias.	Ingresos diarios familia 1(\$ MXN)	Ingresos diarios familia 2(\$ MXN)	Ingresos diarios familia 3(\$ MXN)
	< 100	< 100	< 100
	100 – 200	100 – 200	100 – 200
	201 – 300	201 – 300	201 – 300
	> 300	> 300	> 300

III. ACERCA DE LOS USOS DEL SUELO.

2. Marque según el uso que se le esté dando al espacio habitado:

- a) Vivienda: Solo habitación ningún otro tipo de uso. _____
 b) Comercio: Edificación destinada al comercio y/o prestación de servicios (talleres mecánicos, tienda, restaurante). Indique cual _____
 c) Industria: Edificaciones destinados a la producción de bienes, mediante la transformación o extracción de recursos. (Talleres metal-mecánicos, de fundición, carpinterías) Indique cual _____
 d) Mixto Vivienda/Comercio: Edificación donde se combinan usos de vivienda y comercio. Indique cual _____
 f) Mixto Vivienda/Industria: Edificaciones donde se combinan usos de vivienda e industria. Indique cual _____

Encuesta No

IV. ACERCA DE LA VIVIENDA.

3. Tipo de vivienda:

Casa _____ Departamento _____

Programa de vivienda _____ Autoconstrucción _____

¿Construida con planos? Sí _____ No _____

¿Totalmente terminada? Si _____ No _____

¿Es usted propietario? Si _____ No _____

¿Tiene escrituras? Si _____ No _____

4. Material predominante de las paredes exteriores:

Bloque, ladrillo, piedra, etc.: _____

Material prefabricado: _____

Madera: _____

Lata, cartón u otro tipo de material desechable: _____

5. ¿Cuántos años hace que fue construida la estructura? Indique _____

6. ¿Después se le han hecho modificaciones o adecuaciones? Si _____ No _____
 No sabe _____ Indique cuál _____

7. ¿Mantenimiento o restauración? Si _____ No _____ No sabe _____ Indique cual _____

8- ¿Incorpora condiciones resistentes a sismos? Si _____ No _____ No sabe _____

9. ¿Cuántos pisos tiene la estructura? Indique _____

10. ¿Cuántos m² construidos tiene su vivienda? _____

11. La vivienda cuenta con servicios de:

Energía eléctrica Si _____ No _____

Acueducto Si _____ No _____

Alcantarillado Si _____ No _____

Teléfono Si _____ No _____

Gas Si _____ No _____

Cable Si _____ No _____

Internet Si _____ No _____

Ninguno _____

Si tienen todos los servicios, pase a la pregunta 15.

12. ¿Cómo obtiene la energía?

Redes conectadas al servicio público _____

Redes conectadas por particulares _____

No tienen el servicio _____

13. ¿Cómo obtiene el agua para consumo?

Por carrotaques _____

En pipas de agua _____

No tienen el servicio _____

14. ¿Cómo se evacuan las aguas negras?

Alcantarillado conectado a la vivienda _____

En fosa séptica _____

A caño o quebrada _____

A canal de aguas negras _____

A lotes o campo abierto _____

15. ¿El servicio de teléfono es?

Fijo _____

Celular _____

16. ¿El servicio de gas es?

Por red subterránea _____

Estacionario en cisternas _____

En cilindros _____

17. ¿Cuáles de los siguientes servicios hay en el barrio? Marque equis (x) si la hay.

- a) Camión, pesera o combi _____
- b) Servicio informal de transporte _____
- c) Centro o puesto salud _____
- d) CENDIs _____
- e) Mercado _____
- f) Tianguis _____
- g) Escuelas o colegios _____
- h) Vigilancia _____
- i) Parques infantiles _____
- j) Canchas deportivas _____
- k) Parques o zonas verdes _____

V. ACERCA DE LA AMENAZA.

18. ¿Conoce usted algún evento natural que ponga en amenaza su vivienda? Si _____ No _____

¿Cuál o cuáles? (Para el encuestador: mencione los eventos, en caso de no hacerlo el encuestado)

19. ¿Sabe qué lo produce(n) y como se manifiesta(n) este(os) evento(s)?

20. ¿Sabe cómo puede(n) afectar su vivienda y a usted y su familia?

21. ¿Se siente en peligro por ellos? Si _____ No _____

¿Cuánto? Mucho _____ Medianamente _____ Poco _____ ¿Por qué?

22. ¿Conoce usted qué hacen otras personas para enfrentarlos?

23. ¿En su comunidad qué han hecho en ocasiones anteriores?

24. ¿Conoce de planes de prevención de desastres aplicados en la localidad? Sí _____ No _____ hecho por quién? Municipalidad _____ Puerto _____ Otros _____ Indique o describa el programa

25. ¿Cree usted que han tenido algún éxito? Sí _____ No _____ ¿Cuál o en qué?

¡MUCHAS GRACIAS!