

MATRICES Y MAPAS DE RIESGOS NATURALES EN EL DEPARTAMENTO SANTA LUCÍA (SAN JUAN – ARGENTINA)

José Ernesto Torres
Universidad Nacional de San Juan
jtorres@ffha.unsj.edu.ar

RESUMEN

El estudio de los riesgos ambientales se ha convertido en un tema de creciente interés por parte de investigadores de diversas disciplinas. La Geografía no es ajena a esta inquietud y ha desarrollado una gran variedad de propuestas para su conocimiento. En este trabajo, se propone estudiar los riesgos, a través de una matriz y su correspondiente expresión cartográfica. El objetivo es determinar áreas de riesgo identificando los ángulos de vulnerabilidad de mayor peso en cada una. Las matrices originales de datos contienen información referida a las amenazas, medida en escala ordinal y a los indicadores de vulnerabilidad medidos en escala de intervalo. A través de métodos multivariantes se propone clasificar las unidades espaciales de manera de generar áreas de riesgo y apreciar su distribución espacial. El área de estudio es el departamento Santa Lucía en la provincia de San Juan (Argentina) y las unidades espaciales de análisis son los radios censales. Las fuentes de información están representadas por informes técnicos sobre amenazas realizados por instituciones provinciales y por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. El resultado final es una matriz de riesgo y su correspondiente mapa de riesgo global que permiten realizar un análisis espacial, de manera tal, con el fin de proponer acciones de mitigación. Se han encontrado áreas de riesgo alto en los que la vulnerabilidad económica y educativa tiene mayor influencia.

PALABRAS CLAVE: amenazas, vulnerabilidad, riesgos, distribución espacial,

1. INTRODUCCIÓN

La Geografía de los Riesgos sirve de marco a este trabajo que tiene como objetivo la determinación de áreas de riesgo tomando como base diferentes ángulos de la vulnerabilidad. Este enfoque de la Geografía se propone buscar elementos para determinar el nivel de riesgo de un lugar con el fin de lograr fundamentos de base científica que le permitan al hombre enfrentar las amenazas y reducir sus impactos.

El trabajo se encuadra en el área de análisis de riesgos y se tratan sus dos componentes. Por un lado la amenaza, a partir de los estudios técnicos realizados por los organismos especializados. Por otro lado, la vulnerabilidad, a partir de la consideración de una serie de variables obtenidas del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 y que son reducidas a factores a través de un análisis multivariante. El resultado es una matriz de riesgo que contiene información categorizada acerca del grado de riesgo y de sus componentes y que permite, además, su representación cartográfica. El trabajo se desarrolla en el departamento Santa Lucía ubicado en la provincia de San Juan (Argentina) y las unidades espaciales de análisis considerados son los radios censales.

2. MARCO TEÓRICO

El estudio de los riesgos ambientales requiere precisiones en relación a los conceptos de riesgo, peligro y vulnerabilidad. Para Susana Aneas el riesgo es “...*la probabilidad de ocurrencia de un peligro*” (Aneas, 2010: 10). En el mismo sentido Ayala Carcedo define el riesgo natural como “... *la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes.*” (Ayala Carcedo, 1993: 10). En el año 2004 las Naciones Unidas definieron al riesgo como la “*probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro del ambiente) resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad*” (Naciones Unidas, 2004: 5). En definitiva el concepto de riesgo está asociado al de probabilidad de los resultados que pueden acontecer a partir de un determinado fenómeno natural o antrópico.

Se entiende por peligro a la ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico que tiene como consecuencia la producción de daños en las personas o sus pertenencias. De tal manera un “...*peligro es un evento capaz de causar pérdidas de gravedad en donde se produzca. El peligro implica la existencia del hombre que valora qué es un daño y qué no*” (Aneas, 2000: 3). La misma autora completa la definición anterior diciendo que un peligro es “...*la ocurrencia o amenaza de ocurrencia de un acontecimiento natural o antrópico. Esta definición de peligro se refiere al fenómeno tanto en acto como en potencia*” (Aneas, 2000: 4).

El concepto de vulnerabilidad cobra significación importante en el estudio de los riesgos. Las definiciones y las clasificaciones son variadas, pero existen coincidencias en que el grado de vulnerabilidad tiene que ver con la sociedad misma, es decir con su organización social, económica, cultural, etc. Siguiendo la línea de trabajo de la Dra. Susana Aneas, se hará referencia a la vulnerabilidad global, entendida como “... *el conjunto de características comunes o básicas que le impiden a una población evitar los daños ocasionados por cualquier peligro.*” (Aneas, 2012: 15).

Gustavo Wilches-Chaux se refiere también a la expresión vulnerabilidad global, a la que considera como un sistema dinámico “... *que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el "bloqueo" o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente "desastre"*”. (Wilches-Chaux, 1989: 12). En tal sentido, y a los fines de su estudio considera diferentes ángulos para abordar la vulnerabilidad global. Ellos son: vulnerabilidad natural, vulnerabilidad física, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad social, vulnerabilidad política, vulnerabilidad técnica, vulnerabilidad ideológica, vulnerabilidad cultural, vulnerabilidad educativa, vulnerabilidad ecológica y vulnerabilidad institucional. En función de las variables aportadas por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, se trabaja con las siguientes vulnerabilidades:

a) Vulnerabilidad física: incluye dos aspectos, el primero se refiere a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y el segundo a las deficiencias de sus estructuras físicas para absorber los efectos de esos riesgos.

b) Vulnerabilidad económica: la experiencia latinoamericana demuestra que “...*los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esa misma razón, los más vulnerables frente a los riesgos naturales*” (Wilches-Chaux, 1989: 16). Incluye, para estudios a nivel local, variables tales como desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud.

c) Vulnerabilidad social: “...*se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad.*” (Wilches-Chaux, 1989: 16). Se incluye además en este ángulo variables referidas a la salud vinculadas con programas regulares de vacunación y control de epidemias, saneamiento ambiental, suministro de agua corriente, programas de nutrición infantil, etc.

d) Vulnerabilidad educativa: esta vulnerabilidad se vincula con la falta de contenidos que se dan en las escuelas, relacionados con los riesgos ambientales con los que conviven. Al respecto Wilches-Chaux (1989) considera que la educación debe contribuir al procesamiento de información con el propósito explícito de reducir la vulnerabilidad.

La reducción de riesgos de desastres es una prioridad en el mundo actual. Así lo establece el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. En relación a la vulnerabilidad se establece que *“La información existente indica que, en todos los países, el grado de exposición de las personas y los bienes ha aumentado con más rapidez de lo que ha disminuido la vulnerabilidad, lo que ha generado nuevos riesgos y un incremento constante de las pérdidas relacionadas con los desastres...”* (MARCO DE SENDAI PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, 2015: 10).

3. OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es determinar las áreas de riesgo en el departamento Santa Lucía de la provincia de San Juan (Argentina). Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y explicar las amenazas naturales que más afectan a la población.
- Seleccionar variables que expliquen la vulnerabilidad en función de sus diferentes ángulos.
- Reducir información a través del cálculo de índices y métodos multivariantes.
- Diseñar e interpretar matrices y mapas que muestren la distribución espacial de las amenazas, de la vulnerabilidad y de los riesgos.

4. METODOLOGÍA

La metodología propuesta toma en consideración la idea de que el riesgo se interpreta como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. En función de ello y tomando como unidades espaciales de análisis los radios censales, se identifican las amenazas que tienen mayor probabilidad de afectar a los habitantes de Santa Lucía. Luego de explicar sus características se procede a diseñar la matriz de riesgos que incluye en sus primeras columnas a las amenazas con variables ordinales categorizadas, en función de la exposición y del grado de peligrosidad, tomando en consideración una

escala de cinco categorías que va de Muy Baja a Muy Alta, correspondiéndole los valores 1 a 5 respectivamente. Las columnas correspondientes a las amenazas, se cierran con el índice global de amenazas, que resulta de promediar los valores de cada una de ellas.

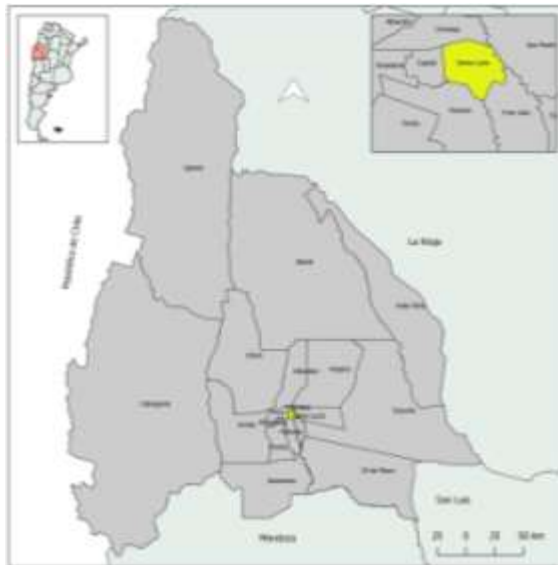
La vulnerabilidad se trabaja a partir de los datos proporcionados por el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Las variables censales se seleccionan en función de cuatro ángulos de vulnerabilidad, de acuerdo al planteo de Gustavo Wilches-Chaux. Ellas son: vulnerabilidad física, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad social y vulnerabilidad educativa. Tales variables se operacionalizan y se obtienen diferentes indicadores. Con el propósito de explicar la vulnerabilidad, se recurre a un análisis factorial. Su aplicación permite reducir los datos y encontrar grupos homogéneos de variables, además de extraer mayor información, sobre todo en este caso en que los indicadores se caracterizan por su gran variabilidad. Como resultado se obtiene la matriz de calificaciones factoriales, que muestra el peso o intensidad de cada factor en cada uno de los radios censales. Se calcula como medida global el índice de vulnerabilidad. Los valores obtenidos son categorizados e incorporados a la matriz de riesgos.

Ésta última se completa con los valores categorizados de riesgo correspondientes a cada amenaza y cada factor de vulnerabilidad. Se cierra con el índice global de riesgos.

5. EL ÁREA DE ESTUDIO

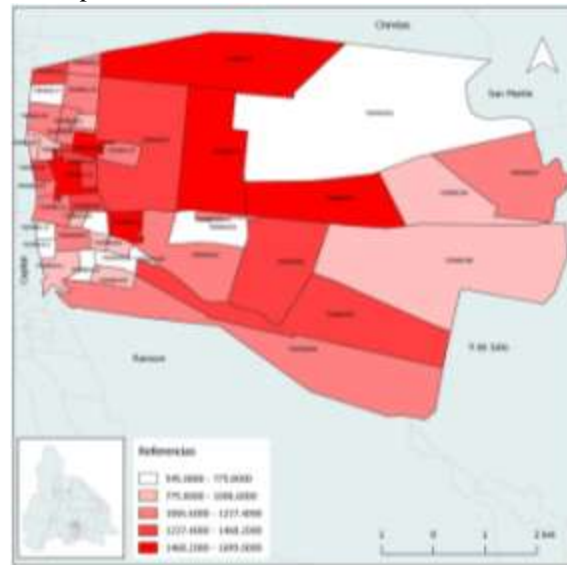
El área de estudio corresponde al departamento Santa Lucía localizado en la Provincia de San Juan (Argentina). Se ubica al este del departamento Capital e integra junto a éste, parte del Aglomerado Urbano del Gran San Juan. Presenta una reducida superficie de 45 Km², en cuya extensión predomina un paisaje humanizado, en el que contrastan espacios destinados al uso residencial con espacios agrícolas (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

Figura 2. Población por radio censal en el departamento Santa Lucía. Año 2010



Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

La Figura 2 muestra la distribución espacial de la población por radios censales. Puede advertirse que los más poblados se ubican en el sector occidental del departamento, en contacto con Capital, aunque a la vez presenta espacios dispersos con baja población.

6. AMENAZAS NATURALES

Los sismos y la revenición son las amenazas naturales que tienen mayor impacto en la vida de los habitantes de Santa Lucía. Aunque, la segunda es menos conocida o percibida, dado que afecta mayormente a la población de las zonas rurales.

Los sismos son un peligro natural que tiene su origen en el interior de la corteza terrestre. Los daños que pueden causar, dependen de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno relacionado con el nivel de sismicidad de cada zona, del poder destructivo del terremoto vinculado a su magnitud, profundidad y duración y del grado de vulnerabilidad de la población, es decir, de la situación socioeconómica y cultural del grupo afectado.

La revenición es un proceso que consiste en el ascenso por capilaridad de la humedad intersticial de los suelos, dada la escasa profundidad del nivel freático. Su presencia, cercana a la superficie significa que el suelo tiene problemas de drenaje y no puede proveer las condiciones adecuadas de aireación y profundidad en el desarrollo

radicular de los cultivos. La revenición tiene como consecuencia la progresiva degradación del suelo, produciendo su anegamiento y posterior salinización. Esto se traduce en una disminución de los rendimientos de los cultivos o en algunas áreas la imposibilidad de cultivar. Es típica de las zonas bajo riego, con drenaje insuficiente o sin drenaje.

La revenición también produce daños en las viviendas, que al ser construidas en su mayoría con adobes, son carcomidas en su base por el ascenso de la humedad en forma constante. A ello hay que sumarle el perjuicio que produce en la salud y la calidad de vida de los habitantes. Se ha observado una alta correspondencia con la presencia de enfermedades broncopulmonares, en especial en los niños.

En la matriz de riesgos los valores correspondientes a las amenazas naturales se asignan sobre la base de los estudios realizados por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La amenaza sísmica, se analiza, considerando la exposición sísmica que se mide en función de la distancia de la fuente o falla al sitio, de la frecuencia de ocurrencia de los terremotos y de la atenuación del movimiento sísmico desde la fuente al sitio. En el caso del departamento Santa Lucía, ubicado en el Valle de Tulum, tiene como principal fuente sísmica la falla de la Precordillera. En función de ello, le corresponde una exposición sísmica alta en su mitad occidental y exposición sísmica media en su mitad oriental.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, señala que en el Valle del Tulum hay aproximadamente 55.000 hectáreas con napas de agua subterránea, que se encuentran a menos de 2 metros de la superficie. El departamento Santa Lucía se localiza en la zona distal del abanico aluvial del río San Juan, área de descarga natural del río, donde las aguas subterráneas surgen espontáneamente. Se trata de áreas de escasas pendientes por lo cual el drenaje natural está impedido y el agua suele acumularse.

Los sectores con menor profundidad de la napa freática en el departamento Santa Lucía se localizan al este, donde la napa varía entre 1 y 1,50 metros de profundidad, razón por la cual han avanzado los espacios incultos. En estas áreas predominan los tipos de suelos de Serie Mitre, Belgrano y Fluvial, caracterizados por su capacidad de infiltración y drenaje mediocre o mala.

La observación directa y la proporcionada por fotografías aéreas e imágenes de satélite, permite apreciar un notable proceso de revenición y posterior salinización de

los suelos, tanto en el área cultivada del departamento, como en los alrededores. No sólo se ven afectadas las áreas agropecuarias, sino también las viviendas y diversas construcciones, en las que se observa humedad en sus cimientos, sobre todo en las zonas residenciales ubicadas al norte, centro y sudeste del área. Las calles que no están asfaltadas están húmedas y con una costra de sal, al igual que los terrenos incultos aledaños, en especial hacia el sudeste. En los terrenos incultos la vegetación natural que invade es halófito, característica de área con abundante humedad. En definitiva, la zona oriental del departamento es más propensa a la revenición, por lo que se la califica con amenaza alta, mientras que la zona occidental presenta amenaza media.

7. LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se trabaja considerando las dimensiones e indicadores presentados en la Tabla 1. Los datos son extraídos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Las variables fueron escogidas de acuerdo a los ángulos de vulnerabilidad propuestos de Wilches-Chaux.

La matriz de datos originales se muestra en la Tabla 2. Puede advertirse importantes diferencias, pero se debe tener en cuenta que hay indicadores cuya unidad de medida son hogares y otros cuya unidad de medida son personas.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Dimensión	Variable	Subvariable	Indicadores de vulnerabilidad	Código
Vulnerabilidad física	Tipo de Vivienda	1 Casa Tipo A	Número de hogares vulnerables por tipo de viviendas (casa Tipo B, Rancho, Casilla, pieza en inquilinato, pieza en hotel familiar o pensión, local no construido para habitación)	TIPVIV
		2 Casa Tipo B		
		3 Rancho		
		4 Casilla		
		5 Departamento		
		6 Pieza en inquilinato		
		7 Pieza en hotel familiar o pensión		
		8 Local no construido para habitación		
		9 Vivienda móvil		
Vulnerabilidad económica	Hacinamiento	1 Hasta 0.50 personas por cuarto	Número de hogares vulnerables por hacinamiento (más de 2 personas por cuarto)	HACIN
		2 0.51 - 0.99 personas por cuarto		
		3 1.00 - 1.49 personas por cuarto		
		4 1.50 - 1.99 personas por cuarto		
		5 2.00 - 3.00 personas por cuarto		
		6 Más de 3.00 personas por cuarto		
	Condición de actividad de las personas mayores de 18 años	1 Ocupado	Personas mayores de 18 años vulnerables por desocupación	DESOC
		2 Desocupado		
		3 Inactivo		
	Condición de actividad de las personas mayores de 65 años	1 Ocupado	Personas mayores de 65 años vulnerables por inactividad (jubilados y pensionados)	INAC
		2 Desocupado		
		3 Inactivo		
Vulnerabilidad social	Procedencia del agua para beber y cocinar	1 Red Pública	Número de hogares vulnerables por procedencia del agua para beber y cocinar de perforación con bomba motor, perforación con bomba manual, pozo, transporte por cistena o agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia	PROAGUA
		2 Perforación con bomba a motor		
		3 Perforación con bomba manual		
		4 Pozo		
		5 Transporte por cisterna		
		6 Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia		
	Desagüe del inodoro	1 A red pública (cloaca)	Número de hogares vulnerables por desagüe del inodoro a cámara séptica y pozo ciego, sólo a pozo ciego, a hoyo, excavación en la tierra, etc.	DESINO
		2 A cámara séptica y pozo ciego		
		3 Sólo a pozo ciego		
		4 A hoyo, excavación en la tierra, etc.		
Vulnerabilidad educativa	Máximo nivel educativo alcanzado por la población mayor de 18 años	1 Inicial	Número de personas vulnerables por máximo nivel de estudios alcanzado (inicial, primario incompleto, primario completo, secundario incompleto,	MAXEST
		2 Primario completo		
		3 Primario incompleto		
		4 Secundario completo		
		5 Secundario incompleto		
		6 Superior no universitario completo		
		7 Superior no universitario incompleto		
		8 Universitario completo		
		9 Universitario incompleto		
	Máximo nivel educativo alcanzado por los jefes de hogar	1 Inicial	Número de jefes de hogar vulnerables por máximo nivel de estudios alcanzado (inicial, primario incompleto, primario completo, secundario incompleto)	MAXESTJ
		2 Primario completo		
		3 Primario incompleto		
		4 Secundario completo		
		5 Secundario incompleto		
		6 Superior no universitario completo		
		7 Superior no universitario incompleto		
		8 Universitario completo		
		9 Universitario incompleto		

La Tabla 3 muestra los resultados de las medidas descriptivas. Se advierte la elevada dispersión de los datos, a través del coeficiente de variación. La variable procedencia del agua para beber y cocinar presenta la mayor heterogeneidad, mientras que las variables referidas a máximo nivel de estudios son más homogéneas, en comparación con el resto.

Tabla 2. Matriz de Datos Originales

Radios	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad económica				Vulnerabilidad social		Vulnerabilidad educativa	
	VIVDEF	HACIN	DESOC	INAC	PROAGUA	DESINO	MAXEST	MAXESTJ	
700980101	78	99	46	56	5	267	311	233	
700980102	9	103	54	9	2	187	226	175	
700980103	22	72	38	68	7	195	247	173	
700980104	30	47	41	53	17	172	187	165	
700980105	50	48	53	94	2	176	327	218	
700980106	47	105	101	82	0	375	403	315	
700980107	64	98	50	74	0	291	337	249	
700980108	12	32	38	63	0	55	223	179	
700980109	33	53	26	164	0	56	262	226	
700980110	28	87	43	77	0	100	300	221	
700980111	7	35	41	161	0	2	272	174	
700980112	26	50	17	80	1	45	174	156	
700980113	0	11	12	122	0	21	79	86	
700980114	36	68	38	46	1	189	240	176	
700980115	8	33	25	59	4	46	198	152	
700980116	36	85	117	80	16	71	393	276	
700980117	27	36	15	47	2	114	133	106	
700980118	60	80	39	103	0	275	293	229	
700980201	150	166	47	49	26	310	324	260	
700980202	68	40	15	35	30	172	195	135	
700980203	148	115	40	45	21	229	279	202	
700980204	67	64	19	41	25	180	245	161	
700980205	142	114	55	100	26	342	434	304	
700980206	72	83	45	79	4	175	379	258	
700980207	44	50	46	81	5	239	238	190	
700980301	15	45	46	61	10	40	231	183	
700980302	34	32	29	51	2	79	201	163	
700980303	36	35	19	42	2	45	168	120	
700980304	60	72	46	122	0	46	315	244	
700980305	79	104	44	63	17	133	314	249	
700980306	103	77	22	77	57	242	269	215	
700980307	85	66	14	86	17	177	281	226	
700980308	79	87	48	45	19	262	256	201	
700980401	15	40	31	191	0	63	217	170	
700980402	0	3	20	58	1	3	56	47	
700980403	13	27	24	84	43	38	137	127	
700980404	9	26	8	132	1	21	204	178	
700980405	21	33	26	86	0	40	158	133	
700980406	7	22	20	65	4	46	130	118	
700980407	5	8	22	32	10	19	69	63	
700980408	9	16	9	44	0	33	62	49	
700980409	9	15	8	46	0	6	63	45	
700980410	33	12	8	33	1	30	51	49	
700980411	16	25	23	62	1	41	149	107	
700980412	3	24	11	73	0	15	99	75	

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

Tabla 3. Medidas descriptivas

Indicadores	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación
VIVDEF	42,11	38,78	92,10
HACIN	56,51	35,80	63,34
DESOC	34,20	21,82	63,81
INAC	73,80	36,65	49,67
PROAGUA	8,42	12,69	150,62
DESINO	125,84	104,98	83,42
MAXEST	225,09	98,42	43,73
MAXESTJ	172,91	69,58	40,24

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

Tabla 4. Matriz de correlación

	VIVDEF	HACIN	DESOC	INAC	PROAGUA	DESINO	MAXEST	MAXESTJ
VIVDEF	1	0,79	0,28	-0,10	0,55	0,75	0,64	0,63
HACIN	0,79	1	0,62	-0,07	0,32	0,81	0,82	0,83
DESOC	0,28	0,62	1	0,1	0,0	0,5	0,8	0,7
INAC	-0,10	-0,07	0,06	1	-0,18	-0,16	0,26	0,29
PROAGUA	0,55	0,32	0,04	-0,18	1	0,35	0,20	0,22
DESINO	0,75	0,81	0,50	-0,16	0,35	1	0,69	0,70
MAXEST	0,64	0,82	0,76	0,26	0,20	0,69	1	0,98
MAXESTJ	0,63	0,83	0,74	0,29	0,22	0,70	0,98	1

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

La matriz de correlaciones que da lugar al análisis factorial se muestra en la Tabla 4. Se advierte que existen correlaciones muy bajas en algunos casos, lo cual dificultaría la aplicación del análisis factorial. No obstante, las pruebas de validación, arrojan resultados favorables. Ellas son:

- Sólo en 13 casos el valor de las correlaciones presentan valores no significativos al nivel 0,05.
- El determinante de la matriz de correlación da un resultado cercano a cero ($\det=0,0014$), lo cual indica que las variables de la matriz están linealmente relacionadas.
- La medida de adecuación muestral (KMO) alcanza un valor de 0,77 superando al valor de 0,75 aconsejado por Kaiser-Meyer-Olkin para una buena aplicación del método (Tabla 5).
- Con un nivel de significación de 0,05, la prueba de Bartlett indica que se rechaza la hipótesis nula que plantea que la matriz de correlaciones es igual a la matriz identidad (Tabla 5).
- La Tabla 6 indica que las comunalidades son altas en todos los casos, salvo en la variable “Número de hogares vulnerables por procedencia del agua para beber y cocinar”. En este caso, dado que las demás pruebas habilitan la aplicación del método, dada su importancia se decide conservarla.

Tabla 5. KMO y Prueba de Esfericidad de Bartlett

KMO		0,7753097
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado	358,679836
	gl	28
	Sig.	0,0000

Tabla 6. Comunalidades

	Inicial	Extracción
VIVDEF	0,818	0,999
HACIN	0,864	0,898
DESOC	0,723	0,774
INAC	0,505	0,713
PROAGUA	0,383	0,429
DESINO	0,714	0,740
MAXEST	0,965	0,976

MAXESTJ	0,968	0,993
---------	-------	-------

Se procede seguidamente a la extracción de factores. Para ello se utiliza el método de mínimos cuadrados generalizados, ya que es el que mejor se ajusta a los datos. La Tabla 7 muestra que es posible considerar los tres primeros, dado que explican el 88,15 % de la varianza de las variables originales. Este valor supera a los sugeridos de 75 o el 80 %.

Tabla 7. Extracción de factores: varianza total explicada

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,68	58,46	58,46	3,67	45,84	45,84
2	1,51	18,86	77,33	1,94	24,21	70,05
3	0,87	10,82	88,15	0,77	9,58	79,63
4	0,49	6,13	94,28			
5	0,22	2,72	96,99			
6	0,12	1,46	98,45			
7	0,11	1,32	99,78			
8	0,02	0,22	100			

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

Habiendo determinado el número de factores se calcula la matriz de carga factorial. Dado que la matriz obtenida no es adecuada para la interpretación de los factores se realiza un procedimiento de rotación. Se aplica una rotación oblicua Promax ya que ofrece los mejores resultados. La matriz de carga factorial obtenida se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Matriz de carga factorial

Indicadores	Factor		
	1	2	3
VIVDEF		0,999	
HACIN	0,876		
DESOC	0,804		
INAC			0,837
PROAGUA		0,553	
DESINO		0,758	
MAXEST	0,967		
MAXESTJ	0,971		

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

Sobre la base de la matriz de carga factorial y teniendo en cuenta los ángulos de vulnerabilidad propuestos por Wilches-Chaux se asigna un nombre a cada uno de los factores:

- Factor 1: Vulnerabilidad educativa y económica. Las variables de mayor peso tienen que ver con el nivel de estudios de la población mayor de 18 años y de los jefes/jefas de hogar. Además se destacan el hacinamiento y la desocupación de personas mayores de 18 años.
- Factor 2: Vulnerabilidad física y social. Las variables de peso son el tipo de vivienda, el desagüe del inodoro y la procedencia del agua para beber y cocinar.
- Factor 3: Vulnerabilidad económica asociada a población pasiva definitiva. La única variable que se destaca es el número de personas inactivas mayores de 65 años que reciben jubilación o pensión.

Habiendo detectado los factores, a través del análisis factorial, se calcula la matriz de calificaciones factoriales, que muestra el peso o intensidad de cada factor en cada uno de los radios censales (Tabla 9).

Tabla 9. Matriz de calificaciones factoriales

Radios	Factor 1	Factor 2	Factor 3
700980101	4,638	4,070	0,060
700980102	1,481	0,855	-1,396
700980103	0,861	0,480	-0,097
700980104	-0,256	0,022	-0,738
700980105	2,561	1,354	1,168
700980106	9,128	5,963	1,649
700980107	5,158	3,951	0,712
700980108	-1,573	-2,074	0,033
700980109	0,220	-0,871	2,638
700980110	1,929	0,799	0,753
700980111	-1,117	-2,532	2,502
700980112	-2,479	-2,206	-0,018
700980113	-6,001	-5,430	0,297
700980114	0,747	0,501	-0,558
700980115	-2,725	-2,615	-0,382
700980116	6,488	3,535	1,679
700980117	-3,575	-2,591	-1,291
700980118	3,517	2,617	1,097
700980201	8,633	9,018	-0,322
700980202	-0,944	0,903	-1,575
700980203	5,165	6,120	-0,729
700980204	0,620	1,851	-1,079
700980205	9,618	8,935	1,556
700980206	4,527	3,431	1,117
700980207	1,450	0,944	0,259
700980301	-0,722	-1,176	-0,020
700980302	-1,819	-1,616	-0,530
700980303	-3,279	-2,454	-1,108
700980304	2,423	1,095	2,018
700980305	4,220	3,879	0,356
700980306	3,731	5,481	-0,296
700980307	2,030	2,599	0,476
700980308	3,613	3,815	-0,677
700980401	-1,291	-2,403	2,829
700980402	-6,996	-5,880	-1,410
700980403	-3,089	-1,700	-0,539
700980404	-3,074	-3,252	1,442
700980405	-3,156	-3,009	0,014
700980406	-4,317	-3,727	-0,693
700980407	-6,186	-4,787	-1,974
700980408	-6,697	-5,228	-1,800
700980409	-6,991	-5,495	-1,744
700980410	-6,589	-4,725	-2,130
700980411	-4,050	-3,521	-0,722
700980412	-5,833	-4,925	-0,827

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

8. MATRIZ DE RIESGOS Y SU EXPRESIÓN CARTOGRÁFICA

La matriz de riesgo (Tabla 10) se conforma de la siguiente manera:

- a) En la columna 1 se presentan las unidades espaciales: radios censales del departamento Santa Lucía.
- b) En las columnas 2 y 3 se presentan las amenazas sísmica y de reventamiento categorizadas según los estudios realizados por los organismos pertinentes. La columna 4 muestra el índice global de amenazas.
- c) Las columnas 4 a 7 señalan la situación de la vulnerabilidad. En las tres primeras se muestran los valores categorizados de la matriz de carga factorial. Se asignan cinco categorías: Muy Baja (menos de -1,50), Baja (de -1,50 a -0,50), Media (de -0,50 a 0,50), Alta (de 0,50 a 1,50) y Muy Alta (mayor a 1,50). La columna final muestra el índice global de vulnerabilidad.

Tabla 10. Matriz de riesgos

Rádios	Amenazas		Índice global de amenazas	Vulnerabilidad			Índice global de vulnerabilidad	Riesgo sísmico			Índice global de riesgo sísmico	Riesgo de revenición			Índice global de riesgo de revenición	Índice global de riesgo
	Sísmica	Revenición		Factor 1	Factor 2	Factor 3		Factor 1	Factor 2	Factor 3		Factor 1	Factor 2	Factor 3		
700980101	4	3	3,5	5	5	3	4,33	20	20	12	17,33	15	15	9	13	15,17
700980102	4	3	3,5	5	3	1	3	20	12	4	12	15	9	3	9	10,5
700980103	4	3	3,5	4	3	3	3,33	16	12	12	13,33	12	9	9	10	11,67
700980104	4	3	3,5	3	3	2	2,67	12	12	8	10,67	9	9	6	8	9,33
700980105	4	3	3,5	5	3	4	4	20	12	16	16	15	9	12	12	14
700980106	4	3	3,5	5	4	4	4,33	20	16	16	17,33	15	12	12	13	15,17
700980107	4	3	3,5	5	4	3	4	20	16	12	16	15	12	9	12	14
700980108	4	3	3,5	2	1	3	2	8	4	12	8	6	3	9	6	7
700980109	4	3	3,5	3	2	5	3,33	12	8	20	13,33	9	6	15	10	11,67
700980110	4	3	3,5	5	2	3	3,33	20	8	12	13,33	15	6	9	10	11,67
700980111	4	3	3,5	2	1	5	2,67	8	4	20	10,67	6	3	15	8	9,33
700980112	4	3	3,5	1	2	3	2	4	8	12	8	3	6	9	6	7
700980113	4	3	3,5	1	1	4	2	4	4	16	8	3	3	12	6	7
700980114	4	3	3,5	4	3	2	3	16	12	8	12	12	9	6	9	10,5
700980115	4	3	3,5	1	1	3	1,67	4	4	12	6,67	3	3	9	5	5,83
700980116	4	3	3,5	5	3	4	4	20	12	16	16	15	9	12	12	14
700980117	4	3	3,5	1	2	2	1,67	4	8	8	6,67	3	6	6	5	5,83
700980118	4	3	3,5	5	4	4	4,33	20	16	16	17,33	15	12	12	13	15,17
700980201	4	3	3,5	5	5	2	4	20	20	8	16	15	15	6	12	14
700980202	3	4	3,5	2	5	2	3	6	15	6	9	8	20	8	12	10,5
700980203	3	4	3,5	5	5	2	4	15	15	6	12	20	20	8	16	14
700980204	3	4	3,5	3	5	2	3,33	9	15	6	10	12	20	8	13,33	11,67
700980205	3	4	3,5	5	5	4	4,67	15	15	12	14	20	20	16	18,67	16,33
700980206	4	3	3,5	5	4	4	4,33	20	16	16	17,33	15	12	12	13	15,17
700980207	4	3	3,5	5	3	3	3,67	20	12	12	14,67	15	9	9	11	12,83
700980301	4	3	3,5	2	2	3	2,33	8	8	12	9,33	6	6	9	7	8,17
700980302	4	3	3,5	1	3	3	2,33	4	12	12	9,33	3	9	9	7	8,17
700980303	4	3	3,5	1	2	2	1,67	4	8	8	6,67	3	6	6	5	5,83
700980304	4	3	3,5	5	3	5	4,33	20	12	20	17,33	15	9	15	13	15,17
700980305	3	4	3,5	5	5	3	4,33	15	15	9	13	20	20	12	17,33	15,17
700980306	3	4	3,5	5	5	3	4,33	15	15	9	13	20	20	12	17,33	15,17
700980307	3	4	3,5	5	5	3	4,33	15	15	9	13	20	20	12	17,33	15,17
700980308	3	4	3,5	5	5	2	4	15	15	6	12	20	20	8	16	14
700980401	4	3	3,5	2	1	5	2,67	8	4	20	10,67	6	3	15	8	9,33
700980402	4	3	3,5	1	1	2	1,33	4	4	8	5,33	3	3	6	4	4,67
700980403	4	3	3,5	1	4	3	2,67	4	16	12	10,67	3	12	9	8	9,33
700980404	4	3	3,5	1	1	5	2,33	4	4	20	9,33	3	3	15	7	8,17
700980405	4	3	3,5	1	1	3	1,67	4	4	12	6,67	3	3	9	5	5,83
700980406	4	3	3,5	1	1	3	1,67	4	4	12	6,67	3	3	9	5	5,83
700980407	4	3	3,5	1	1	2	1,33	4	4	8	5,33	3	3	6	4	4,67
700980408	4	3	3,5	1	1	2	1,33	4	4	8	5,33	3	3	6	4	4,67
700980409	4	3	3,5	1	1	2	1,33	4	4	8	5,33	3	3	6	4	4,67
700980410	4	3	3,5	1	1	1	1	4	4	4	4	3	3	3	3	3,5
700980411	4	3	3,5	1	1	3	1,67	4	4	12	6,67	3	3	9	5	5,83
700980412	4	3	3,5	1	1	3	1,67	4	4	12	6,67	3	3	9	5	5,83

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Elaboración propia

- d) Las columnas siguientes muestran el riesgo sísmico y el riesgo de revenición, para cada factor de vulnerabilidad. Se calcula como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Los resultados son categorizados de la siguiente manera: Riesgo Muy Bajo (0 – 5), Riesgo Bajo (5 – 10), Riesgo Medio (10 – 15), Riesgo Alto (15 – 20) y Riesgo Muy Alto (20 -25). Se incluyen además el índice global

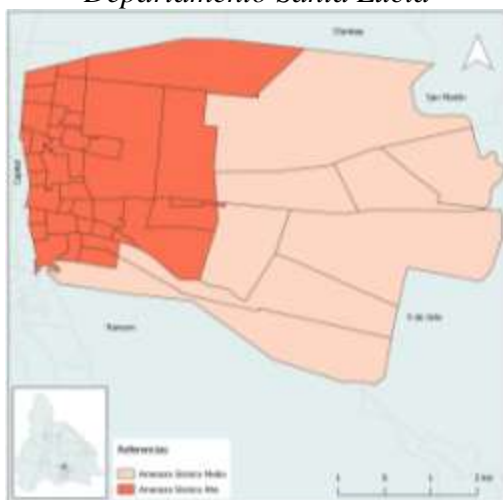
de riesgo sísmico, el índice global de riesgo de revenición y el índice global de riesgo que muestra la situación media para cada unidad espacial.

La Tabla 10 muestra la matriz de riesgos obtenida. Los colores muestran la intensidad de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo para cada radio censal. A simple vista se puede observar una diversidad de situaciones, aunque en líneas generales pueden apreciarse mejores condiciones en aquellos radios pertenecientes a las fracción censal 4, que tiene más contacto con el departamento Capital. Las líneas remarcadas permiten diferenciar cinco situaciones.

En función de la matriz de riesgo se construyen los sucesivos mapas que muestran la expresión cartográfica de las amenazas, la vulnerabilidad y los riesgos. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos:

- Distribución espacial de la amenaza sísmica (Figura 3): se observa que el área oeste del departamento presenta una amenaza sísmica alta, correspondiente a grado 4 en la matriz de riesgos, en oposición a la mitad oriental, que presenta amenaza sísmica media (grado 3).

Figura 3. Amenaza sísmica en el Departamento Santa Lucía



Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica. Elaboración propia

Figura 4. Amenaza de revenición en el departamento Santa Lucía

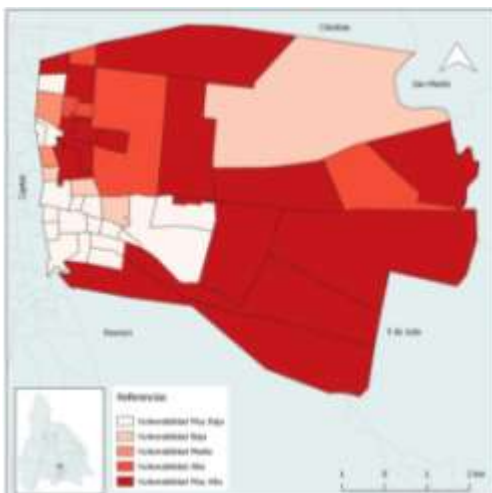


Fuente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Elaboración propia

- Distribución espacial de la amenaza de revenición (Figura 4): en este caso el sector oriental del departamento presenta amenaza alta (grado 4), mientras que el oriental amenaza media (grado 3).
- Distribución espacial de la vulnerabilidad educativa y económica (Figura 5): se observa un predominio de vulnerabilidad muy alta concentrada en los ángulos

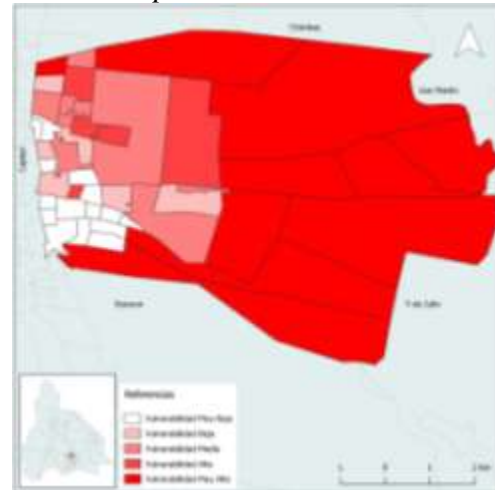
Noroeste y Sur y Sudeste del departamento. En ambos casos se observa un mayor volumen de población. Hay un sector, hacia el Suroeste (en general coincidente con la fracción censal 4 y parte de la 3), en el que prevalecen condiciones de vulnerabilidad muy baja.

Figura 5. Vulnerabilidad educativa y económica en el departamento Santa Lucía



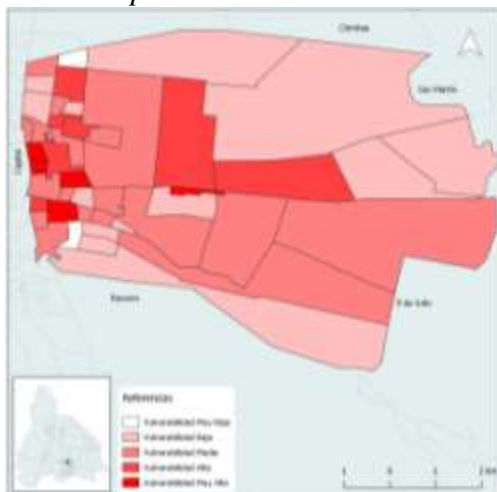
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 6. Vulnerabilidad física y social en el departamento Santa Lucía



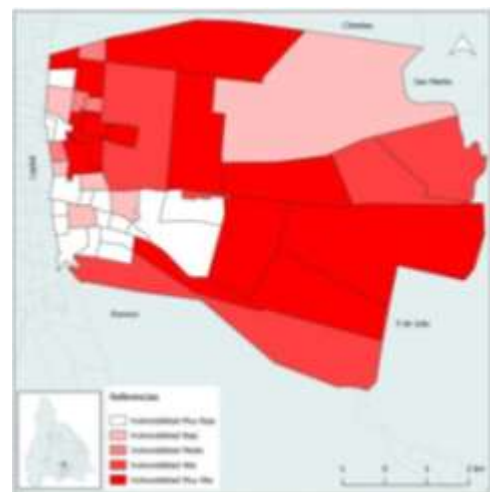
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 7. Vulnerabilidad económica asociada a población pasiva definitiva en el departamento Santa Lucía



Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 8. Vulnerabilidad global en el departamento Santa Lucía

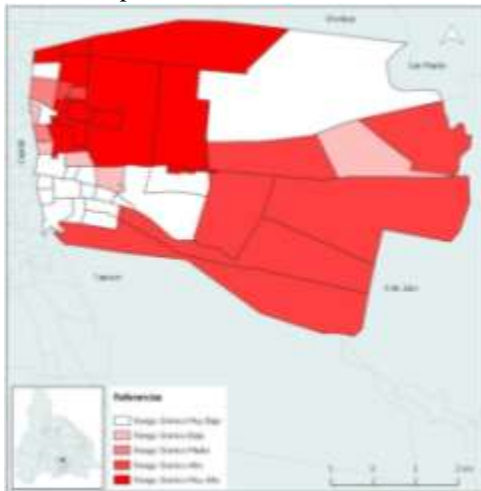


Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

- Distribución espacial de la vulnerabilidad física y social (Figura 6). Prácticamente los casos de vulnerabilidad alta a muy alta ocupan toda la superficie departamental. La vulnerabilidad muy baja coincide en parte con el área de vulnerabilidad educativa y económica.

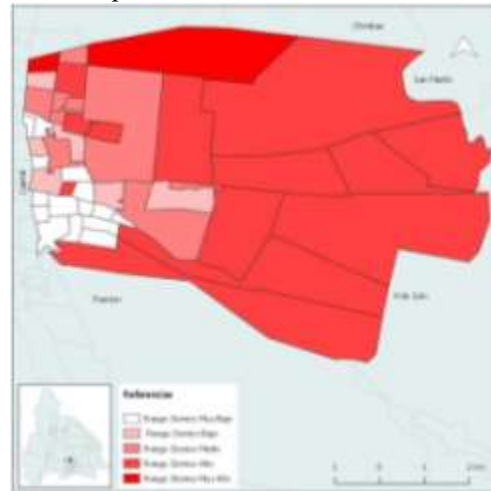
- Distribución espacial de la vulnerabilidad económica asociada a población pasiva definitiva (Figura 7): los casos de vulnerabilidad muy alta disminuyen, limitándose a algunos radios en el centro y centro oeste del departamento. De igual modo disminuyen los casos de vulnerabilidad muy baja. Predominan las vulnerabilidades medias a bajas.
- Distribución espacial del índice global de vulnerabilidad (Figura 8): se advierte que la mayor parte de la superficie departamental presenta condiciones de vulnerabilidad global altas a muy altas, con excepción del sector suroeste, caracterizado por su menor volumen poblacional. Los radios que tienen contacto con Capital presentan las mejores condiciones, como así también los ubicados al suroeste.
- Distribución espacial del riesgo sísmico según vulnerabilidad educativa y económica (Figura 9): se observa, en general, una situación opuesta dado que prevalecen condiciones de riesgo sísmico muy alto en los ángulos noroeste y sureste del departamento, frente a situaciones de riesgo sísmico muy bajo en los ángulos suroeste y noreste.
- Distribución espacial del riesgo sísmico según vulnerabilidad física y social (Figura 10): la mayor parte del departamento presenta situaciones que van de riesgo sísmico alto a muy alto, con excepción del sector que se ubica en hacia el centro oeste y suroeste de la superficie departamental.
- Distribución espacial del riesgo sísmico según vulnerabilidad económica asociada a población pasiva (Figura 11): en este caso el riesgo muy alto se registra en una serie de radios ubicados en la zona más poblada al oeste del departamento, cercanos al límite con Capital.
- Distribución espacial del índice global de riesgo sísmico (Figura 12): según este índice prevalecen condiciones de riesgo sísmico medio a muy alto. El área más favorecida corresponde al sector suroeste (parte de la fracción 4) y la zona central en contacto con el departamento Capital.
- Distribución espacial del riesgo de revenición según vulnerabilidad educativa y económica (Figura 13): se distingue un área continua con riesgo de revenición muy bajo en el sector suroeste del departamento. Además se observan algunos radios con riesgo de revenición muy bajo en el noroeste, en el límite con Capital. En el resto de la superficie predominan condiciones de riesgo muy alto.

Figura 9. Riesgo sísmico según Vulnerabilidad educativa y económica en el departamento Santa Lucía



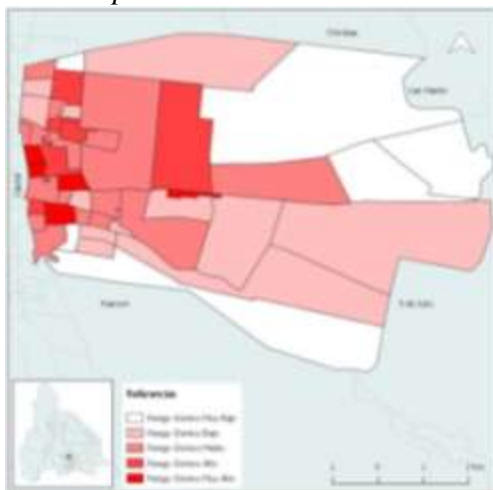
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 10. Riesgo sísmico según Vulnerabilidad física y social en el departamento Santa Lucía



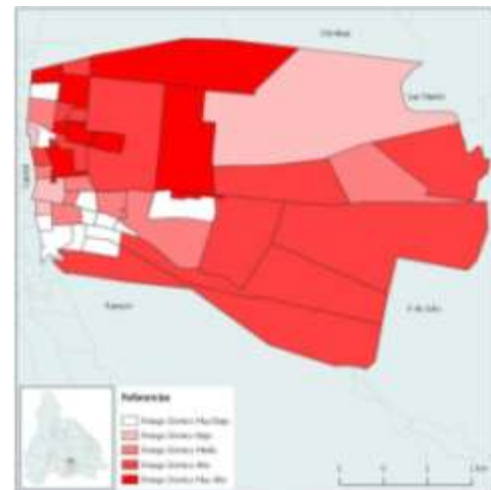
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 11. Riesgo sísmico según Vulnerabilidad económica asociada a población pasiva definitiva en el departamento Santa Lucía



Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 12. Índice global de riesgo sísmico en el departamento Santa Lucía

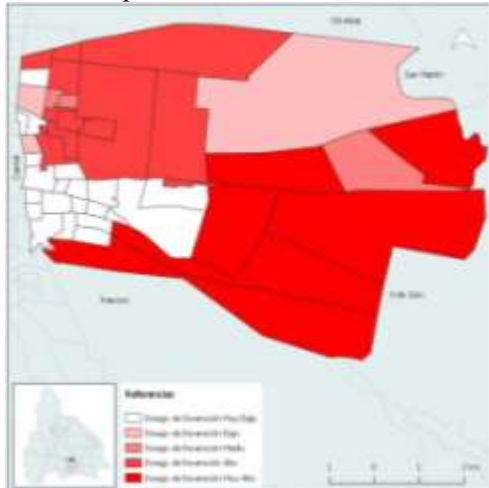


Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

- Distribución espacial del riesgo de revenición según vulnerabilidad física y social (Figura 14): en este caso se dan situaciones varias en el sector occidental, mientras que en el oriental predomina el riesgo muy alto.
- Distribución espacial del riesgo de revenición según vulnerabilidad económica asociada a población pasiva (Figura 15): se advierte una distribución irregular predominando los casos que van de medio a muy alto.

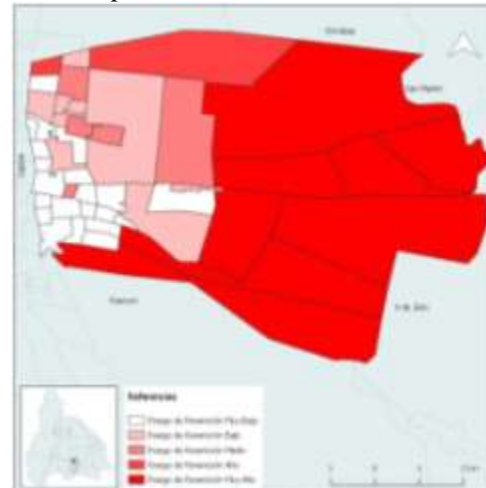
- Distribución espacial del índice global de riesgo de revenición (Figura 16): la situación más complicada se observa en el este del departamento, sobre todo en el ángulo sureste, en el que predominan actividades rurales.

Figura 13. Riesgo de revenición según Vulnerabilidad educativa y económica en el departamento Santa Lucía



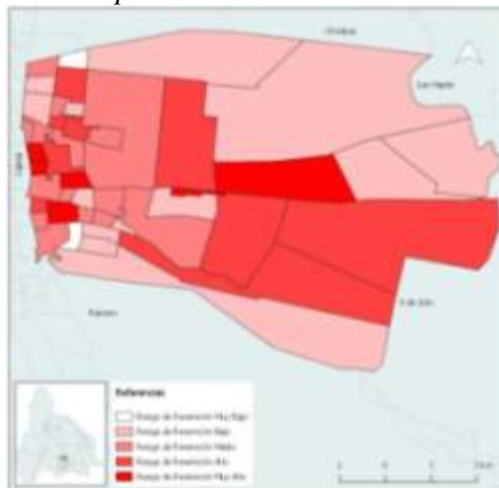
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 14. Riesgo de revenición según Vulnerabilidad física y social en el departamento Santa Lucía



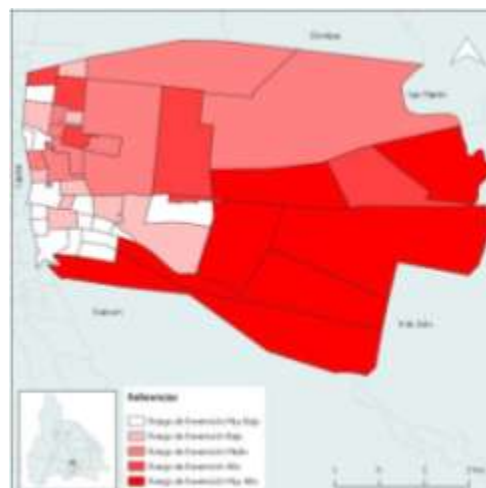
Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 15. Riesgo de revenición según Vulnerabilidad económica asociada a población pasiva definitiva en el departamento Santa Lucía



Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

Figura 16. Índice global de riesgo de revenición en el departamento Santa Lucía

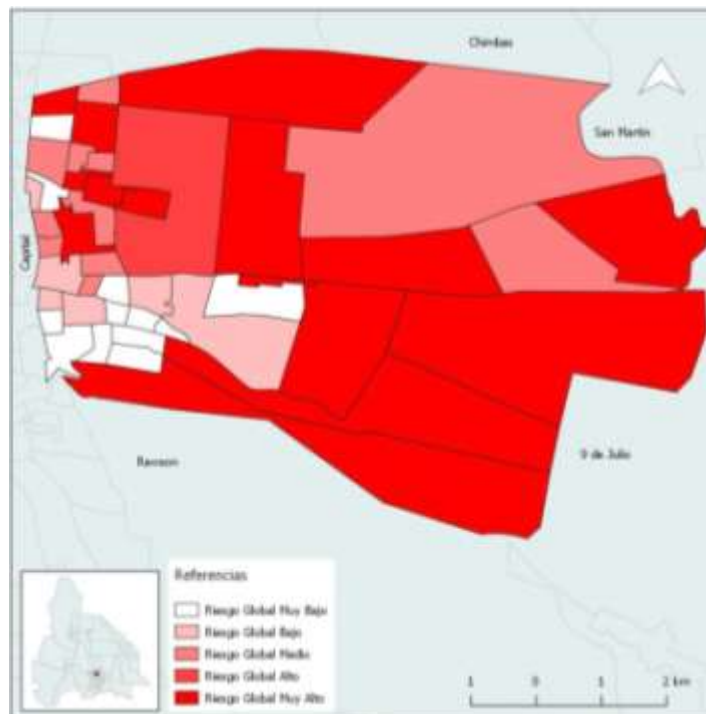


Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

- Distribución espacial del índice global de riesgo (Figura 17): sólo un sector del ángulo suroeste del departamento presenta condiciones de riesgo global bajo a muy bajo. En el resto del departamento, el riesgo va de medio a muy alto, con

algunas excepciones en el sector noroeste, en radios próximos a la capital provincial.

Figura 17. Riesgo global en Santa Lucía



Fuente: INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Elaboración propia

9. CONCLUSIONES

Una de las prioridades del mundo actual es la reducción de riesgos de desastres. Para ello, entre otras, el Marco de Sendai plantea la necesidad de comprenderlo. En tal sentido es necesario profundizar el conocimiento de las amenazas y de la vulnerabilidad.

Este trabajo se propuso como objetivos la determinación de áreas de riesgo en el departamento Santa Lucía, considerando como unidades de análisis a los radios censales de manera de obtener información más detallada. La información obtenida se sistematizó en una matriz de riesgo que sirvió de base para la representación cartográfica.

El estudio de las amenazas que más pueden afectar al departamento (sismos y revenición) señaló que en ambos casos la superficie departamental presenta un grado de amenaza que va entre media y alta. De manera tal que la amenaza global se presenta como alta.

En el caso de la vulnerabilidad, se plantean escenarios diversos, según el tipo de vulnerabilidad a considerar. No obstante, prevalecen aquellas situaciones que van de alta a muy alta. Sólo escapa, en líneas generales, el sector suroeste del departamento en el que predomina la vulnerabilidad baja.

En tal sentido, al analizar el riesgo, se observa que prevalecen las categorías alta y muy alta, con diferencias en función del tipo de vulnerabilidad. El índice global de riesgo indica que el sector suroeste es el que presenta una mejor situación.

En definitiva la matriz de riesgo obtenida y sus correspondientes expresiones cartográficas constituyen una herramienta que permite identificar áreas de riesgo. La tarea siguiente consiste en tomar cada una de las unidades espaciales, sobre todo las de riesgo muy alto, y realizar un estudio más detallado con datos más actuales acerca de la vulnerabilidad. Logrado este análisis será posible seguir con las acciones para la gestión de riesgos: reducción, manejo de eventos adversos y recuperación.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aneas, S. (2000) Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. *Revista Scripta Nova*. N° 60. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm>
- Aneas, S., Cattapan, S., Pellegrina, C., Torres, J. (2012) El hombre frente a los riesgos del ambiente. San Juan: EFU. Editorial Universidad Nacional de San Juan. San Juan.
- Ayala Carcedo, J. (2002). Riesgos Naturales, Barcelona, España: Ariel.
- Instituto Nacional de Prevención Sísmica (1982). Microzonificación sísmica del Valle Tulúm. Provincia de San Juan. Informe Técnico General. Volumen I – II y III.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (1977) Estudio de Suelos y Drenaje en el valle de Ullum- Zonda. Estación Experimental San Juan, Argentina.
- Naciones Unidas (2004) Estrategia internacional para la reducción de desastres. Ginebra.
- Naciones Unidas (2015) Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.
- Wilches-Chaux, G. (1989) Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis. Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán: SENA.