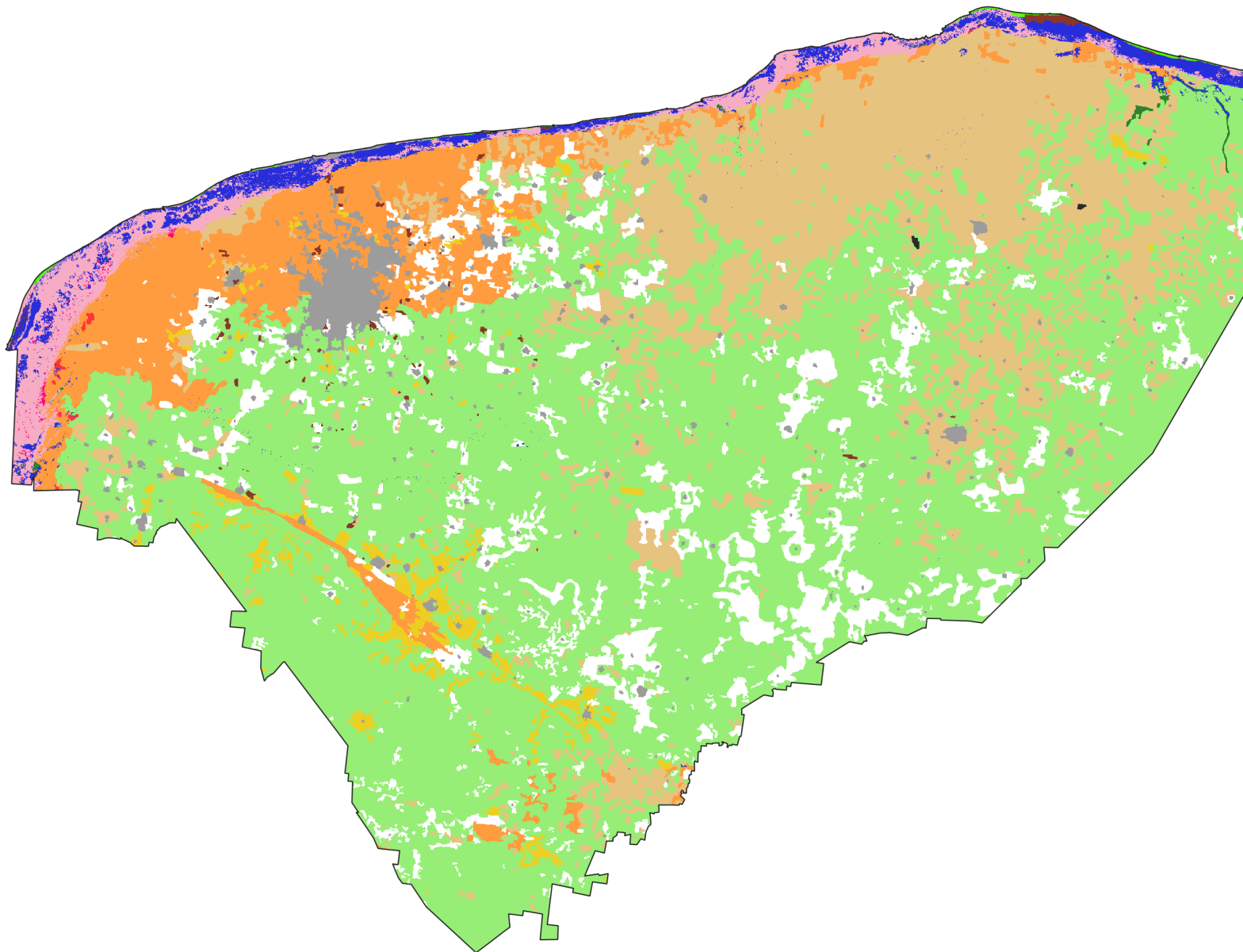




MANUAL

Generación de índices de vulnerabilidad para estudios socioambientales



Laboratorio
Nacional
de Ciencias
de la Sostenibilidad



MANUAL

Generación de índices de vulnerabilidad para estudios socioambientales

AUTORES:

ELVIRA TATIANA MERINO BENÍTEZ

ILEANA ANGÉLICA GRAVE AGUILAR

LUIS ANTONIO BOJÓRQUEZ TAPIA



MANUAL: GENERACIÓN DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD PARA ESTUDIOS SOCIOAMBIENTALES

Responsable del proyecto:
Luis Antonio Bojórquez Tapia

Autores:
Elvira Tatiana Merino Benítez
Ileana Angélica Grave Aguilar
Luis Antonio Bojórquez Tapia

Edición:
Esmeralda Osejo Brito

Diseño y maquetación:
Elizabeth Ortiz Caballero

Citar el documento como:
Merino-Benítez, T., I. Grave y L. A. Bojórquez-Tapia. 2021. *Manual: Generación de índices de vulnerabilidad para estudios socioambientales*. México: UNAM.

Este documento se realizó con apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) **1V100118** *Análisis integrado de sistemas socio-ambientales acoplados: desarrollo de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad costera*.



Licencia Creative Commons: Atribución-NoComercial-CompartirIgual (el usuario puede compartir y modificar el contenido sin fines comerciales, siempre y cuando se haga referencia explícita a la fuente original).

Índice

1. GUÍA DE USO	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. METODOLOGÍA.....	8
4. EJEMPLO.....	8
4.1 DEFINICIÓN DE ZONA DE ESTUDIO Y UNIDAD DE ANÁLISIS.....	8
4.2 MODELACIÓN MULTICRITERIO	9
4.3 NORMALIZACIÓN	12
4.4 SÍNTESIS	15
5. REFERENCIAS	18
6. APÉNDICE: CASO ESPECIAL.....	20

1. Guía de uso

En este manual, aprenderás a desarrollar un índice de vulnerabilidad en cuatro pasos: definición de zona de estudio y unidad de análisis, modelación multicriterio, funciones de valor y síntesis. A lo largo del manual:

- Aprenderás que existen diferentes marcos teóricos para estudiar la vulnerabilidad.
- Entenderás la aplicación de la modelación multicriterio (particularmente, el Proceso Analítico Jerárquico), las funciones de valor, la ley de Weber-Fechner y la combinación lineal ponderada.
- Podrás sumergirte en el ejemplo del *índice de vulnerabilidad socioeconómica de pescadores ribereños de Yucatán* para comprender la metodología seleccionada, gracias a la experiencia dada por el proyecto “Análisis integrado de sistemas socioambientales acoplados: desarrollo de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad costera”.



DEFINICIÓN



ATENCIÓN



HERRAMIENTA



RECUERDA



TIP

2. Introducción

Los análisis de vulnerabilidad son estudios que se valen de múltiples herramientas para comprender de la mejor manera posible la susceptibilidad de segmentos sociales ante los impactos adversos de diversas amenazas (Bukvic et al. 2020). En lo general, estos análisis determinan la predisposición de los sistemas socioambientales a perder elementos valiosos a causa de un conjunto de amenazas específicas o factores forzantes (Eakin y Bojórquez-Tapia 2008).

Una de las herramientas que se pueden usar en estos estudios son los índices de vulnerabilidad. Los índices de vulnerabilidad dan soporte técnico-científico a la toma de decisiones (i.e., ordenamiento territorial, y cambios o interrupciones de políticas públicas). No obstante, la complejidad de las decisiones crece exponencialmente al considerar diferentes escenarios donde los intereses son diferentes, los hechos son inciertos, los valores debatibles, las implicaciones ambiguas y los riesgos altos (Munda 2004). Por lo tanto, desarrollar índices de vulnerabilidad requiere de teorías y técnicas robustas que permitan obtener la mejor representación posible de una realidad compleja de manera rigurosa, transparente y sistemática.



Un índice es una expresión numérica que relaciona dos o más variables, las cuales corresponden a indicadores (en el caso que presentaremos, de vulnerabilidad). Generalmente, los índices integran conjuntos de conceptos complejos representados por diferentes tipos de datos. Estas expresiones numéricas, entonces, sirven para sintetizar información heterogénea de manera coherente y operable (Rogers 2016).

Respecto a las teorías, de acuerdo con Eakin y Luers (2006), existen tres perspectivas principales para la construcción de índices de vulnerabilidad: riesgo, ecología política y resiliencia ecológica. La primera enfatiza el papel de las amenazas biofísicas como factores determinantes de la vulnerabilidad de una región. La segunda plantea que la vulnerabilidad está diferenciada social, política y económicamente. La tercera se enfoca en entender en qué grado un sistema puede absorber perturbaciones sin perder sus características propias.

Estas tres perspectivas presentan diferencias teóricas y metodológicas. Sin embargo, las tres coinciden en que, dada la complejidad intrínseca de los sistemas de estudio —denominados sistemas socioambientales—, analizar la vulnerabilidad implica la consideración de dimensiones múltiples y contextos de alta incertidumbre (Eakin y Luers 2006).

Por lo general, dada la complejidad y multidimensionalidad de los análisis de vulnerabilidad, existe muy poca información cuantitativa, por lo que es necesario obtener datos mediante de diversos métodos cuali-

tativos. Por esta razón, típicamente, las técnicas que se usan para desarrollar los índices de vulnerabilidad son las denominadas “técnicas de decisiones grupales” (por ejemplo, las consultas a expertos). Estos procedimientos permiten la integración de múltiples perspectivas bajo la premisa de que la mejor representación posible de una realidad compleja es producto de un proceso basado en acuerdos colectivos (García 2006).

Dentro de las técnicas de decisiones grupales, el Proceso Analítico Jerárquico, o AHP por sus siglas en inglés (Saaty 1987), sobresale por su capacidad para capturar el conocimiento experto mediante reglas mentales simples: comparaciones pareadas (en las que se priorizan elementos de dos en dos) por medio de variables lingüísticas fáciles de entender (términos o predicados que se usan en el lenguaje cotidiano). En el AHP, esta capacidad natural del ser humano de elegir entre dos alternativas a la vez se transforma en una escala de cociente matemáticamente correcta.

En el ejemplo que exploraremos en este manual, se parte de la premisa de que la vulnerabilidad es resultado de las características intrínsecas de las unidades de análisis que determinan los impactos diferenciales de estresores socioambientales (Eakin y Luers 2006; Soares and Gutierrez-Montes 2011). Por lo tanto, se enmarca en la perspectiva de la ecología política. Desde dicha perspectiva, la vulnerabilidad está determinada por la exposición, la *susceptibilidad* y la *capacidad adaptativa* de una unidad de análisis (por ejemplo, una localidad, hogar, comunidad o grupo social).



La *exposición* se refiere a qué tan propensa es una unidad de observación a sufrir daños por una amenaza.

La *susceptibilidad* se refiere a las características intrínsecas de las unidades de observación que determinan el grado de afectación ante una amenaza.

La *capacidad adaptativa* se refiere a la habilidad de recuperación o respuesta ante una amenaza. La vulnerabilidad, entonces, se define como el estado de una persona u hogar en términos de su capacidad de anticipar, sobrellevar, resistir y recuperarse de una amenaza (Eakin y Luers 2006).



Si quieres aprender más sobre las comparaciones pareadas y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como técnica de modelación multicriterio, ve el manual *Proceso Analítico Jerárquico (AHP)*.

3. Metodología



El punto clave para desarrollar cualquier índice de vulnerabilidad es contestar cuatro preguntas:

- ¿Quién es vulnerable?
- ¿Dónde?
- ¿Cuándo?
- ¿Ante qué es vulnerable?

La construcción —o síntesis— de un índice conlleva la combinación de indicadores transformados, normalizados y priorizados (Tate 2013). Comúnmente, esto se realiza por medio de la combinación de pesos de importancia (que representan las preferencias de los tomadores de decisiones), obtenidos mediante análisis multicriterio, y datos normalizados en una escala en común; por ejemplo, en una escala de valor. La metodología que se enseña en este manual **muestra cómo obtener dicha información en cuatro sencillos pasos:**

1. Definición de zona de estudio y unidad de análisis
2. Modelación multicriterio
3. Funciones de valor
4. Síntesis

A continuación, verás un ejemplo de cómo hacer esto.

4. Ejemplo

4.1 DEFINICIÓN DE ZONA DE ESTUDIO Y UNIDAD DE ANÁLISIS

Nuestro ejemplo consiste en el desarrollo de un índice de vulnerabilidad costera a partir de una serie de datos hipotéticos basados en la experiencia adquirida en el proyecto “Análisis integrado de sistemas socioambientales acoplados: desarrollo de capacidades para la evaluación de la vulnerabilidad costera”.

El primer paso es definir la zona de estudio y la o las unidades de análisis. Para este ejemplo las hemos definido de la siguiente manera:

La zona de estudio es el territorio comprendido a lo largo de la costa del Estado de Yucatán, con 3 Km de ancho de plataforma continental a partir de la línea litoral. Esta área se eligió por ser la más representativa de las características biofísicas y socioeconómicas de la zona costera de Yucatán.

Las localidades costeras son las unidades de análisis. El ejemplo que aquí se presenta considera cuatro localidades —Sisal, San Felipe, Santa Clara y El Cuyo—, las cuales han sido identificadas en la literatura como parte de las principales localidades que practican la pesca ribereña o de pequeña escala (Guerrero and Pelcastre 2017; Salas et al. 2006; Urrea 2016).



La pesca de pequeña escala se define como “la extracción, almacenamiento, transporte o venta de productos pesqueros como materia prima (i.e. especies biológicas de cuerpos de agua oceánicos sin procesamiento industrial o culinario) con embarcaciones de madera y fibra de vidrio, que generalmente ejerce esfuerzo pesquero de los 5 a 35 metros de profundidad” (Guerrero y Pelcastre 2017; Salas et al. 2006; Urrea 2016).

Finalmente, es importante enfatizar que se busca representar la repercusión que los factores económicos (ingreso de los hogares) y sociales (bienestar y calidad de los bienes y servicios pesqueros) tienen sobre los hogares de pescadores de pequeña escala, es decir, se busca representar la vulnerabilidad socio-económica de los pescadores ribereños de Yucatán.

4.2 MODELACIÓN MULTICRITERIO

El segundo paso es la modelación multicriterio. Continuando con nuestro ejemplo, ahora veremos la forma de obtener los pesos de cada criterio —en este caso, subcriterio— que será evaluado en las unidades de análisis. El método que se presenta para la selección y ponderación de dichos criterios es la modelación multicriterio mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) descrito por Saaty, 1987.

En este ejemplo, la estructura general (modelo) del AHP (Figura 1) que utilizaremos consiste en tres niveles jerárquicos:

1. La meta, definida como “Clasificar por orden de importancia los factores socioeconómicos que mejor se asocian a la vulnerabilidad de los hogares de pescadores de pequeña escala de Yucatán”.
2. Los criterios de decisión que representan factores socioeconómicos.
3. Los subcriterios asociados a cada criterio superior.

Los elementos que componen el modelo multicriterio están definidos como se muestra en las Tablas 1- 3:

Criterio	Definición
Económicos	Elementos que afectan el ingreso económico de los hogares por medio de la pesca.
Sociales	Elementos que afectan el bienestar de los individuos y la calidad de los bienes y servicios pesqueros.

Tabla 1. Criterios. © LANCIS.

Subcriterio	Definición
Precio	Valor crematístico de productos pesqueros en el mercado nacional.
Mercado	Demanda de productos pesqueros a nivel internacional, nacional o local.
Empleo	Posibilidad de emplearse en la pesca.

Tabla 2. Subcriterios del criterio Económicos. © LANCIS.

Subcriterio	Definición
Procesos	Posibilidad de ingresar a la cadena de valor, es decir, a la infraestructura (ej., hielo para almacenamiento), herramientas de producción, y venta legal.
Seguridad	Protección de las zonas de pesca con vigilancia ante pesca ilegal.
Zonas	Posibilidad de ingresar a zonas marítimas e interiores para la obtención de productos pesqueros (dependiente de acuerdos de cooperativas e insumos, ej., combustible)".

Tabla 3. Subcriterios del criterio Sociales. © LANCIS.

Para obtener las opiniones de los expertos, las preguntas planteadas para las comparaciones pareadas se estructuran en torno al enunciado “con respecto a”. Para nuestro ejemplo, las preguntas son:

- “Con respecto a la meta, ¿qué tanto más importante son los factores Económicos con respecto a los factores Sociales?”
- “Con respecto a los factores económicos, ¿qué tanto más importante es Precio con respecto a Empleo?”

A partir de las comparaciones pareadas se obtienen los pesos de cada elemento del modelo multicriterio (pesos locales), como se muestra en los números morados de la Figura 1:

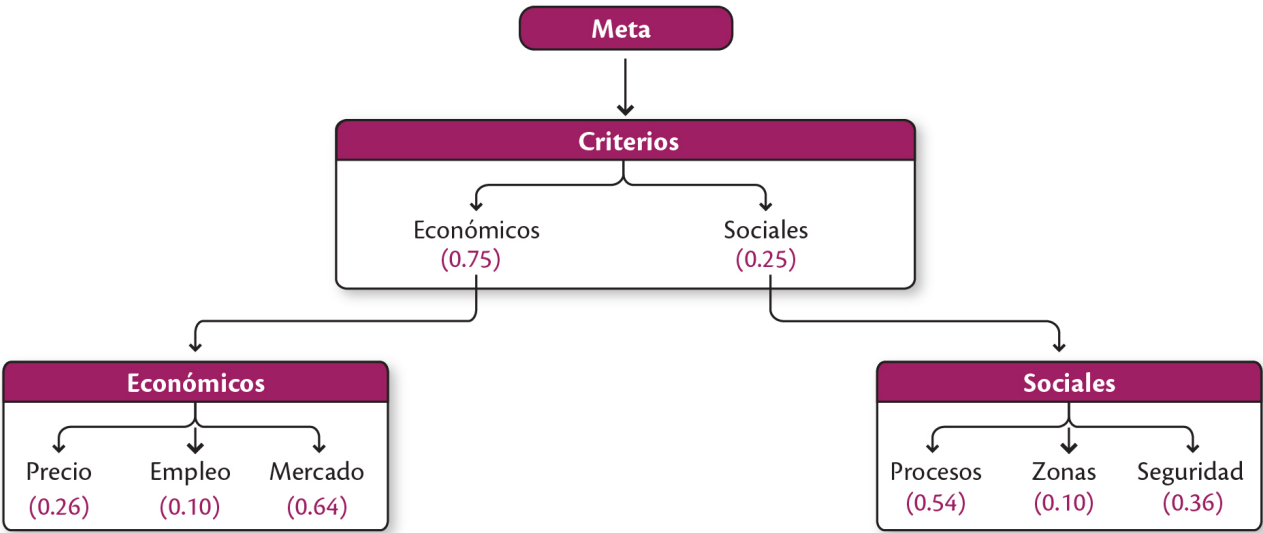


Figura 1. Modelo multicriterio basado en el ejemplo desarrollado, en el que se muestran los tres niveles jerárquicos determinados para representar los factores socioeconómicos que determinan la vulnerabilidad de las localidades costeras. Los pesos locales de importancia relativa se muestran entre paréntesis de color morado. © LANCIS.



Los pesos de este ejemplo son hipotéticos. Para hacer un índice robusto y transparente, es importante que las comparaciones pareadas estén justificadas con información o conocimiento experto. Para obtener dicha justificación se recomienda consultar literatura especializada y construir el modelo multicriterio junto con expertos en el tema y en la zona de estudio.

Una vez obtenidos los pesos locales, se tiene que calcular el peso global de cada subcriterio, el cual será evaluado en las unidades de análisis. Este peso global se obtiene multiplicando el peso local del subcriterio por el peso local del criterio al que está asociado. Dicho cálculo se muestra a continuación:

Mercado: $(0.75) (0.64) = 0.48$

Precio: $(0.75) (0.26) = 0.20$

Procesos: $(0.25) (0.54) = 0.14$

Zonas: $(0.25) (0.36) = 0.09$

Empleo: $(0.75) (0.10) = 0.08$

Seguridad: $(0.25) (0.10) = 0.03$



Observa que, en este ejemplo, tanto la suma de los pesos locales en cada nivel como la suma de los pesos globales son iguales a 1. Siempre debe ser así. En caso de que la suma dé un número diferente a 1, es necesario dividir cada peso entre la suma de todos los pesos.

4.3 NORMALIZACIÓN

El tercer paso es la normalización de los valores de los subcriterios a través de funciones de valor; por lo tanto, es necesario definir el estado ideal (más deseable) de las unidades de análisis (en este caso, las localidades) y el estado anti-ideal (menos deseable) con relación a la meta del modelo multicriterio (“Clasificar por orden de importancia los factores socioeconómicos que mejor se asocian a la vulnerabilidad de los hogares de pescadores de pequeña escala de Yucatán”). Dada la meta, el estado ideal es *vulnerabilidad nula* y el estado anti-ideal es *vulnerabilidad máxima*.



Las funciones de valor son expresiones matemáticas que se utilizan para transformar (normalizar) los valores de un elemento de decisión (subcriterio) a una escala de medición de 0 a 1. En esta escala, 0 representa el estado anti-ideal (menos deseable) y 1 el estado ideal (más deseable). La normalización permite identificar la connotación del valor; es decir, el significado indirecto que cada actor le asigna de manera subjetiva al subcriterio (por ejemplo, la precipitación de 100 mm es escasa, la temperatura de 3 °C es ideal para conservar los alimentos y la cobertura de bosque de pino es estética). Si quieres aprender más sobre las funciones de valor, ve el manual *Funciones de valor para generación de índices en estudios socioambientales*.

Para este ejercicio, 0 representa el *estado anti-ideal* y 1 representa el estado ideal.

A continuación, se presenta la transformación de la escala natural de dos de los subcriterios de nuestro ejemplo (Empleo y Seguridad) a una escala de valor. Estos ejemplos se eligieron con el objetivo de representar los distintos métodos a seguir en función de los datos disponibles (la normalización de cada subcriterio depende de la naturaleza de los datos).

Subcriterio Seguridad

Localidad	Categoría
San Felipe	Muy mala
Santa Clara	Mala
Sisal	Buena
El Cuyo	Regular

Tabla 4. Subcriterio Seguridad. © LANCIS.

El subcriterio *Seguridad* se evaluó a partir de cuestionarios de percepción (Tabla 4). La evaluación corresponde a una escala discreta de cuatro categorías (Buena, Regular, Mala, Muy Mala). La función de valor relaciona las categorías de seguridad con una escala discreta de 4 valores que van del 0 al 1 (Figura 2). Los valores normalizados del subcriterio *Seguridad* se sintetizan en la Tabla 5.

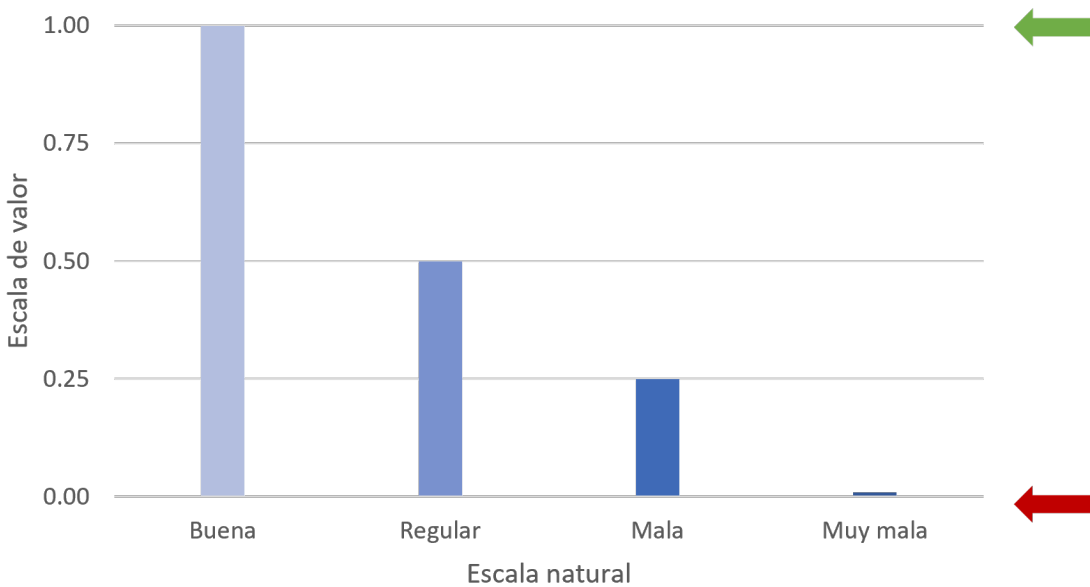


Figura 2. Función de valor para el subcriterio Seguridad. La flecha roja indica el estado anti-ideal de vulnerabilidad máxima y la verde el estado ideal de vulnerabilidad nula. © LANCIS.

Localidad	Escala natural	Escala de valor
San Felipe	Muy mala	0.00
Santa Clara	Mala	0.25
Sisal	Buena	1.00
El Cuyo	Regular	0.50

Tabla 5. Valores normalizados del subcriterio Seguridad. © LANCIS.



La función de valor se define según la naturaleza de los subcriterios y el significado que el actor busca representar. La definición de una función de valor para cierto subcriterio implica la transformación de la magnitud del subcriterio en su escala natural a una escala de valor o lingüística.



La relación entre el valor en la escala natural y la escala de valor está definida por el significado que el experto busca representar. En este ejemplo, seguridad buena está asociado con baja vulnerabilidad, seguridad *regular* con vulnerabilidad moderada y seguridad *mala* y *muy mala* con gran vulnerabilidad.

Subcriterio Empleo

Localidad	Número de pescadores
San Felipe	562
Santa Clara	251
Sisal	426
El Cuyo	691

Tabla 6. Subcriterio Empleo. © LANCIS.



Ante un escenario en el que un incremento en el número de pescadores se traduce en mayor explotación del recurso y mayor exposición de las localidades pesqueras, se tiene que un mayor número de pescadores significa mayor vulnerabilidad. Por lo tanto, a mayor número de pescadores, la función de valor tiende a 0.

A través de la función de valor (Figura 3) se asocia la escala natural del subcriterio Empleo (Tabla 6) con el grado de vulnerabilidad correspondiente para cada localidad y se obtiene el valor en una escala lingüística (Tabla 7).

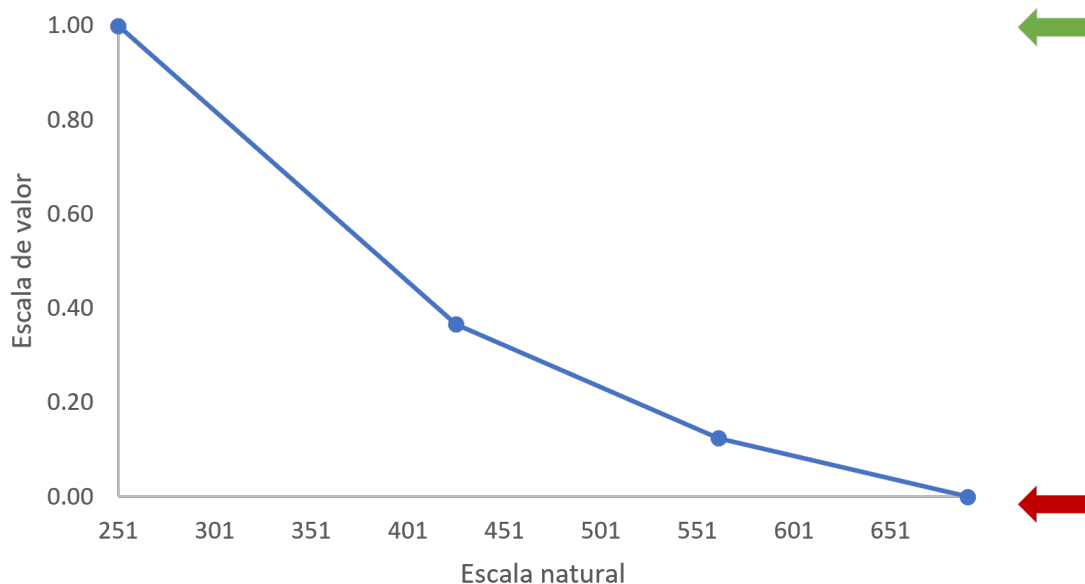


Figura 3. Función de valor para el subcriterio Empleo (convexa decreciente). La flecha roja indica el estado anti-ideal de vulnerabilidad máxima y la verde el estado ideal de vulnerabilidad nula. © LANCIS.

Localidad	Escala natural	Escala de valor
San Felipe	562	0.20
Santa Clara	251	1.00
Sisal	426	0.48
El Cuyo	691	0.00

Tabla 7. Valores normalizados del Subcriterio Empleo. © LANCIS.

4.4 SÍNTESIS

El cuarto y último paso es la síntesis del índice de vulnerabilidad (Tabla 8). Esta síntesis involucra la combinación lineal ponderada (CLP) de los subcriterios o atributos de cada unidad de análisis (cada localidad, en este caso), mediante la siguiente ecuación:

$$V^k = \sum_j^J w_j x_j^k \quad (1)$$

donde w_j es el peso de importancia del j -ésimo subcriterio y x_j^k es la magnitud normalizada de dicho subcriterio en la unidad de análisis k .

Subcriterio							
Localidad	Empleo (0.08)	Mercado (0.48)	Precio (0.20)	Procesos (0.14)	Seguridad (0.03)	Zonas (0.09)	CLP
Santa clara	1.00	0.00	0.87	0.00	0.25	0.00	0.26
Sisal	0.37	0.50	0.00	0.53	1.00	0.00	0.37
El Cuyo	0.00	1.00	0.67	0.69	0.50	0.00	0.73
San Felipe	0.12	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.92

Tabla 8. Síntesis del índice de vulnerabilidad. © LANCIS.

El valor de la combinación lineal ponderada puede ser categorizado con la ley de Weber-Fechner (Bojórquez-Tapia et al. 2009) para definir una escala lingüística. A continuación, se presenta el procedimiento para obtener una escala de vulnerabilidad con tres categorías: Baja, Moderada y Alta (Tabla 9).

La ley de Weber-Fechner, está basada en los procesos estímulo-respuesta estudiados por la psicofísica, donde los puntos de corte se obtienen a través de la fórmula

$$e_i = x_{min} + (1+\varepsilon)^v e_o, i = 1, \dots, 3$$

donde

$$e_o = \frac{e_v}{(1+\varepsilon)^v}$$

para x_{min} el valor mínimo del banco de datos, $v=3$ el número de clases o categorías, $(1+\varepsilon)$ el factor de progresión (f.p. = 2) y e_v la diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo.

Por lo tanto, los intervalos para una escala de vulnerabilidad entre 0.26 y 0.92 (Tabla 9) están dados por

$$e_1 = 0.92 + (2^1 (-0.082)) = 0.76$$

$$e_2 = 0.92 + (2^2 (-0.082)) = 0.59$$

$$e_3 = 0.92 + (2^3 (-0.082)) = 0.26$$

donde

$$e_o = \frac{0.26-0.92}{2^3} = -0.082$$

Categoría	Intervalo numérico
Alta	[0.26, 0.59]
Moderada	[0.59, 0.76)
Baja	[0.76, 0.92)

Tabla 9. Categorías de vulnerabilidad para la escala lingüística. © LANCIS.



Nota que la categoría Alta tiene mayor rango de valores que las categorías Moderada y Baja. Esto depende de los cortes establecidos mediante los parámetros de la ley de Weber-Fechner. Para fines de medir la vulnerabilidad, una justificación razonable para usar estos rangos es que resulta menos dañino sobreestimar la vulnerabilidad que subestimarla.

La Tabla 10 muestra el resultado de vulnerabilidad socioeconómica para cada localidad. Este resultado nos muestra que, en este ejemplo hipotético, San Felipe es la menos vulnerable de las cuatro localidades pesqueras evaluadas, mientras que Santa Clara es la más vulnerable. Esto constituye nuestro índice de vulnerabilidad costera.

Localidad	CLP	Categoría de vulnerabilidad
San Felipe	0.26	Alta
Santa Clara	0.73	Moderada
Sisal	0.37	Alta
El Cuyo	0.92	Baja

Tabla 10. Grado de vulnerabilidad para cada localidad. © LANCIS.

5. Referencias

- Bojórquez-Tapia, Luis A., Gustavo M. Cruz-Bello, Laura Luna-González, Lourdes Juárez y Mario A. Ortiz-Pérez. 2009. "V-DRASTIC: Using Visualization to Engage Policymakers in Groundwater Vulnerability Assessment." *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.05.005>.
- Bukvic, Anamaria, Guillaume Rohat, Alex Apotsos y Alex de Sherbinin. 2020. "A Systematic Review of Coastal Vulnerability Mapping." *Sustainability* 12 (7): 2822. <https://doi.org/10.3390/su12072822>.
- Eakin, Hallie y Luis A. Bojórquez-Tapia. 2008. "Insights into the Composition of Household Vulnerability from Multicriteria Decision Analysis." *Global Environmental Change*. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.09.001>
- Eakin, Hallie y Amy Lynd Luers. 2006. "Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems." *Annual Review of Environment and Resources* 31 (1): 365–94. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- García, Rolando. 2006. *Sistemas Complejos. Conceptos, Método y Fundamentación Epistemológica de La Investigación Interdisciplinaria*. 1st ed. Barcelona, España: Gedisa, S.A.
- Guerrero, José Manuel Crespo y Araceli Jiménez Pelcastre. 2017. "Organización e Impacto Territorial de La Actividad Pesquera Comercial Ribereña En La Reserva de La Biosfera Ría Celestún (México)." *Anales de Geografía de La Universidad Complutense* 37 (2): 297–324. <https://doi.org/10.5209/AGUC.57727>.
- Munda, Giuseppe. 2004. "Social Multi-Criteria Evaluation : Methodological Foundations and Operational Consequences" 158: 662–77. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00369-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00369-2).
- Rogers, Kerrylee. 2016. "Indicator-Based Assessment of Climate-Change Impacts on Coasts- a.Pdf."
- Saaty, R. W. 1987. "THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-WHAT AND HOW IT IS USED" 9 (3): 161–76.
- Salas, Silvia, Guadalupe Mexicano-Cintora y Miguel A Cabrera. 2006. *¿Hacia Donde van Las Pesquerías En Yucatán ? Tendencias, Retos y Perspectivas*.
- Soares, Denise e I. Gutierrez-Montes. 2011. "Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, costa de Yucatán." *Ciencia Ergo Sum* 18 (3): 249–63.

Tate, Eric. 2013. "Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index." *Annals of the Association of American Geographers* 103 (3): 526–43. <https://doi.org/10.1080/00045608.2012.700616>.

Urrea, Ulsía. 2016. "Sisal, Caso Paradigmático de Estudio: Prácticas de Vida y 'Basura.'" *Revista Antropologías Del Sur*, no. 5: 157–71.

6. Apéndice: caso especial

CASO ESPECIAL: SUBCRITERIO PRECIO

En ocasiones, existen diferentes componentes que forman parte de un subcriterio que hacen necesario generar un índice que funciona como un indicador para el subcriterio. En el caso del subcriterio Precio, se considera que es importante capturar el efecto del precio de las especies marinas más importantes en Yucatán. El proxy, o medida, de este subcriterio está determinado por el precio promedio anual, en 2014, de tres grupos de especies: escama (ciertas variedades de peces), pulpo y langosta. En aras de combinar los tres grupos y generar el indicador Precio, se asignó un peso y una función de valor para cada grupo (Tabla 11).



Bajo el escenario en el cual, a mayor precio de playa, mayor es el ingreso de los pescadores y menor es su susceptibilidad a cambios por factores externos (como el mercado internacional, los intermediarios, etc.), mayor precio significa menor vulnerabilidad.

Localidad	Subcriterio					
	Escama (0.11)		Pulpo (0.28)		Langosta (0.61)	
	Escala natural	Escala de valor	Escala natural	Escala de valor	Escala natural	Escala de valor
El Cuyo	28.17	0.00	33.02	0.00	251.79	1.00
Sisal	30.47	0.50	33.34	0.00	149.75	0.00
Santa Clara	33.36	1.00	34.79	0.25	163.58	0.50
San Felipe	32.18	1.00	39.17	1.00	167.69	0.50

Tabla 11. Evaluación del subcriterio Precio. En azul oscuro y entre paréntesis se muestran los pesos de importancia globales. © LANCIS.

La combinación de los precios (Tabla 12) de las tres especies, para cada localidad, se realiza con la combinación lineal ponderada (1) de los precios normalizados, de forma similar a la generación del índice de vulnerabilidad.

Localidad	Número de pescadores
Sisal	$(0.11) (0.50) + (0.28) (0.00) + (0.61) (0.00) = 0.06$
Santa Clara	$(0.11) (1.00) + (0.28) (0.25) + (0.61) (0.50) = 0.49$
El Cuyo	$(0.11) (0.00) + (0.28) (0.00) + (0.61) (1.00) = 0.61$
San Felipe	$(0.11) (1.00) + (0.28) (1.00) + (0.61) (0.50) = 0.70$

Tabla 12. Indicador Precio. © LANCIS.

Finalmente, el resultado de la CLP se normaliza entre 0 y 1 a través de la función

$$x' = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

para obtener el valor del indicador del indicador *Precio*:

Localidad	Valor normalizado
Sisal	0.00
Santa Clara	0.67
El Cuyo	0.86
San Felipe	1.00

Tabla 13. Indicador Precio. © LANCIS.

