



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

TALLER CONVERSATORIO

MAPAS DE VULNERABILIDAD COSTERA, CONTEMPLANDO EL COMPONENTE GEOLÓGICO, IMPORTANTES EN LA GESTIÓN DE RESILIENCIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

PROGRAMA ADELANTE 2

EXPERIENCIAS DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA – SERVICIO GEOLÓGICO DE CUBA EN LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD COSTERA ANTE EL ASCENSO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

11 DE MARZO DE 2025



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS

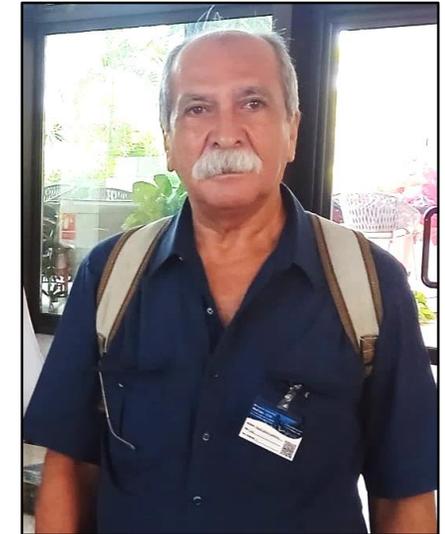


CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY



Roberto Alfonso Denis Valle
Ingeniero geólogo. Investigador agregado

Miguel Cabrera Castellanos Ingeniero en Geología
marina. Investigador auxiliar



Roxana Raymarú Rodríguez Fernández.
Licenciada en Geografía. Especialista A



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

A lo largo de la historia de nuestro planeta han ocurrido múltiples cambios climáticos, siendo los más documentados los acontecidos durante los últimos 2,5 millones de años, donde se alternaron las llamadas glaciaciones o períodos glaciales, caracterizados por notables descensos de la temperatura global y la expansión continental de los casquetes polares con intervalos mucho más cálidos, denominados interglaciares o períodos interglaciales,

Las causas más aceptadas actualmente, como origen de estos cambios, están dadas por procesos y eventos naturales como las variaciones cíclicas en la órbita terrestre, en la inclinación y oscilación del eje de rotación del planeta; así como la circulación, a escala global, de las corrientes oceánicas, además de otros factores, considerados desencadenantes, como la radiación solar, las erupciones volcánicas y la actividad humana o antrópica.



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

Una de las manifestaciones del llamado Cambio Climático es la aceleración, a partir de la segunda mitad del pasado siglo, del ritmo del aumento de las temperaturas, conocida como “Calentamiento global”. La mayoría de los criterios científicos atribuyen a las acciones antrópicas, específicamente la emisión de gases de efecto invernadero, un peso considerable en este fenómeno.

Al Calentamiento global se le atribuyen un conjunto de consecuencias negativas como el incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos adversos (huracanes, tormentas y otras perturbaciones ciclónicas, sequías, etc); también daños a la bioesfera y el incremento de las tasas anuales de elevación del nivel medio relativo del mar con las consecuentes afectaciones a las zonas costeras, áreas vitales para el desarrollo socioeconómico de cualquier nación por su ubicación, características y la existencia en ellas de importantes asentamientos humanos, así como de recursos naturales necesarios en diversas actividades.



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

En la actualidad nos encontramos en condiciones interglaciales con temperaturas cálidas no experimentadas desde hace 125 000 años; esta situación incluye la elevación gradual y continua del nivel del mar, en correspondencia con una etapa de transgresión marina posterior a la última glaciación, concluida unos 12000 años atrás.

Se estima que entre 1901 y 2018, el NMM aumentó entre 15 y 25 cm, como promedio mundial (IPCC, 2021). Datos de mediciones de radar satelital revelan un valor de 7,5 cm entre los años 1993 y 2017, lo cual indica una aceleración de la tasa anual. Las proyecciones para este siglo y los modelos en los que se basan varían. El Sexto Informe de Evaluación del IPCC, del 2021, se refiere a 3 escenarios según la reducción o aumento de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, con ascensos del NMM estimados para el año 2100 de 28-55 cm, 44-76 y 63-101 cm, respectivamente.



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

La elevación del nivel del mar constituye un potencial peligro ambiental para las zonas costeras. Entre las principales consecuencias, constatadas internacionalmente, se cuentan:

- Retroceso generalizado de la línea de costa que conlleva pérdida gradual y continua, por inundación permanente o por erosión costera, del territorio emergido con afectaciones a los ecosistemas e infraestructura socio-económica.
- Incremento del alcance y de los daños de las penetraciones marinas asociadas a eventos meteorológicos extremos.
- Incremento de las magnitudes y tasas de la erosión costera.
- Mayor alcance e influencia de las mareas.
- Avance de la intrusión marina en aguas subterráneas y superficiales; así como incremento progresivo de la salinización de los suelos aledaños a la zona costera. En consecuencia: perjuicios para la agricultura y la disponibilidad de agua dulce.



MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

Desde la estructuración en el año 2008 del Macroproyecto “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100” dirigido por el Grupo de Evaluación de Riesgos de la AMA del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el IGP – SGC ha estado incorporado a este estudio multidisciplinario, ejecutando una de las doce investigaciones insertadas.

Su contribución a la conformación de los mencionados escenarios de peligro y vulnerabilidad se expresa en dos líneas investigativas:

- Caracterización geólogo – geomorfológica de la zona costera y análisis de la tendencia y magnitud de los procesos que en ella ocurren.
- Estimación y cartografía a escala 1:50 000 del Índice de Vulnerabilidad ante el ascenso del nivel medio del mar, de la zona costera.



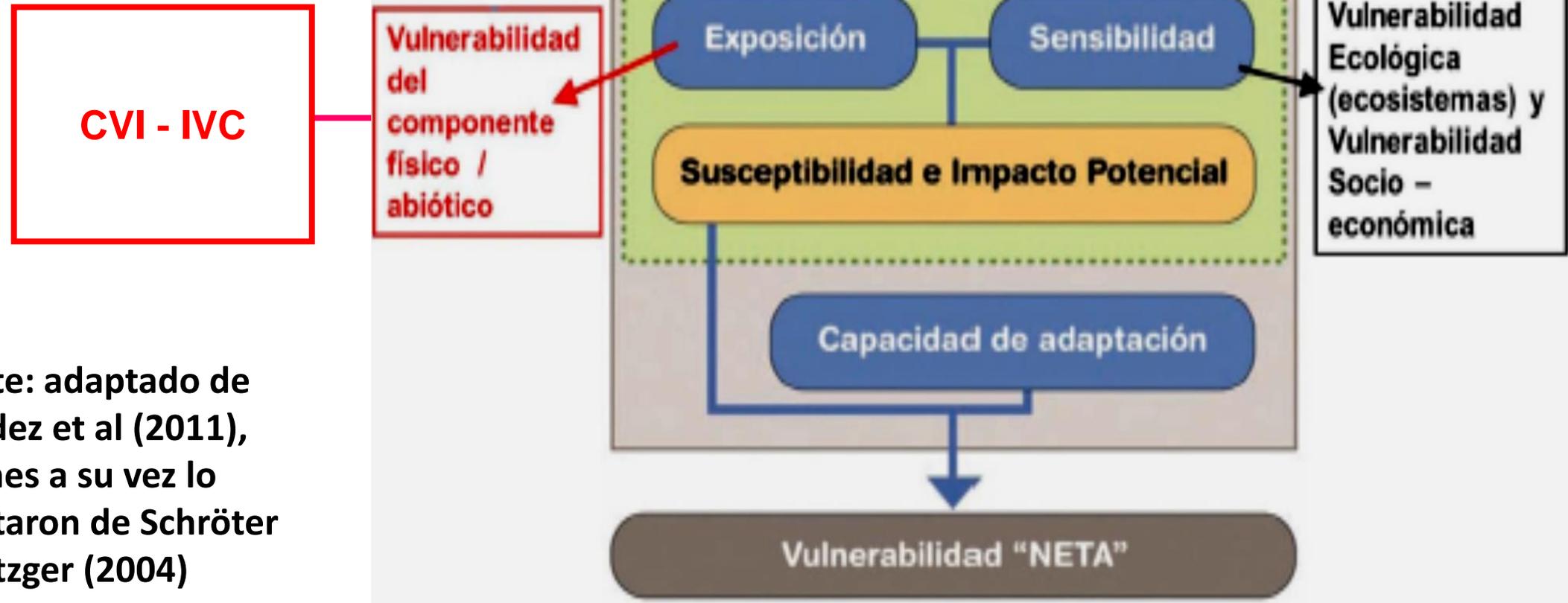
MINISTERIO DE
AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE
GEOLOGÍA Y MINAS



CZECH
GEOLOGICAL
SURVEY

De la variedad de métodos, herramientas, indicadores e índices, utilizados en los estudios de vulnerabilidad (tanto global como de alguno de sus componentes y específicamente ante la elevación del nivel medio del mar) de la zona costera, uno de los más aceptados a nivel internacional es la estimación del Índice de Vulnerabilidad Costera conocido como IVC o CVI (del inglés (Coastal Vulnerability Index), desarrollado inicialmente por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (Gornitz 1990 y Gornitz et al. 1994, 1997; Hammar-Klose y Thieler, 1999, 2001; Pendleton et al. 2005, 2010, entre otros) y posteriormente adoptado y adaptado por investigadores de distintas nacionalidades como Argentina (Kokot et al., 2004; Fernández et al., 2018); Grecia (Doukakis, 2005; Vandarakis et al., 2021); Australia (Abuodha y Woodroffe, 2007); España (Ojeda et al., 2009; Méndez et al., 2011; Talavera, E., 2011; Martí, M., 2011; Ibarra et al., 2020); Colombia (Rangel-Buitrago y Posada, 2013; García – Echavarría, 2021), entre muchos otros.



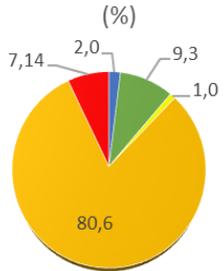
Fuente: adaptado de Méndez et al (2011), quienes a su vez lo adaptaron de Schröter y Metzger (2004)

$$CVI = \sqrt{\frac{(a*b*c*d*e*f)}{6}}$$

Fuente: Denis et al., (2024). País: Cuba	VALOR DE EXPOSICIÓN DE LAS VARIABLES				
	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Variable	1	2	3	4	5
a- Tipos de costa	Acantilada	Terraza	Desembocadura de río	Playa y Baja de manglar	Playa con acantilado y Antropizada
b- Tasa de cambio de la superficie terrestre costera ((m ² /km ²)/año)	> 1000	1000 a 0	-1) a -1000	-1001) a -2000	< -2000
c-Pendiente costera (%)	>5º (>8,75%)	3º a 5º (5,26 - 8,75%)	1º a 2,99º (1,76% - 5,25%)	0,5º a 0,99º (0,88% - 1,75%)	<0,5º (<0,88%)
d-Resistencia potencial a la abrasión	Muy resistente (rocas ígneas y metamórficas; grandes estructuras de hormigón)	Resistente (rocas carbonatado – silíceas – dolomíticas, recristalizadas; estructuras medianas de hormigón);	Moderadamente resistente (rocas efusivo – sedimentarias y carbonatadas; pequeñas estructuras de hormigón)	Poco resistente (rocas terrígenas; estructuras antrópicas ligeras de madera; relleno antrópico)	No resistente (sedimentos no litificados)
e-Elevación estimada del nivel medio del mar 2050 (cm)	<28	28,1 - 29	29,1 – 29,3	29,31 – 29,5	>29,5
f- Elevación promedio de la pleamar (cm)	<14	14,1 - 28	28,01 - 42	42,01 - 56	>56

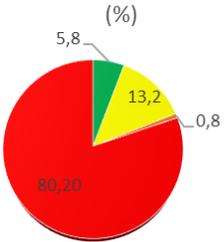


ÍNDICE DE TIPOS DE COSTAS (%)



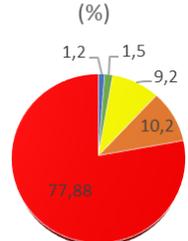
■ Muy bajo ■ Bajo ■ Moderado ■ Alto ■ Muy alto

ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (%)



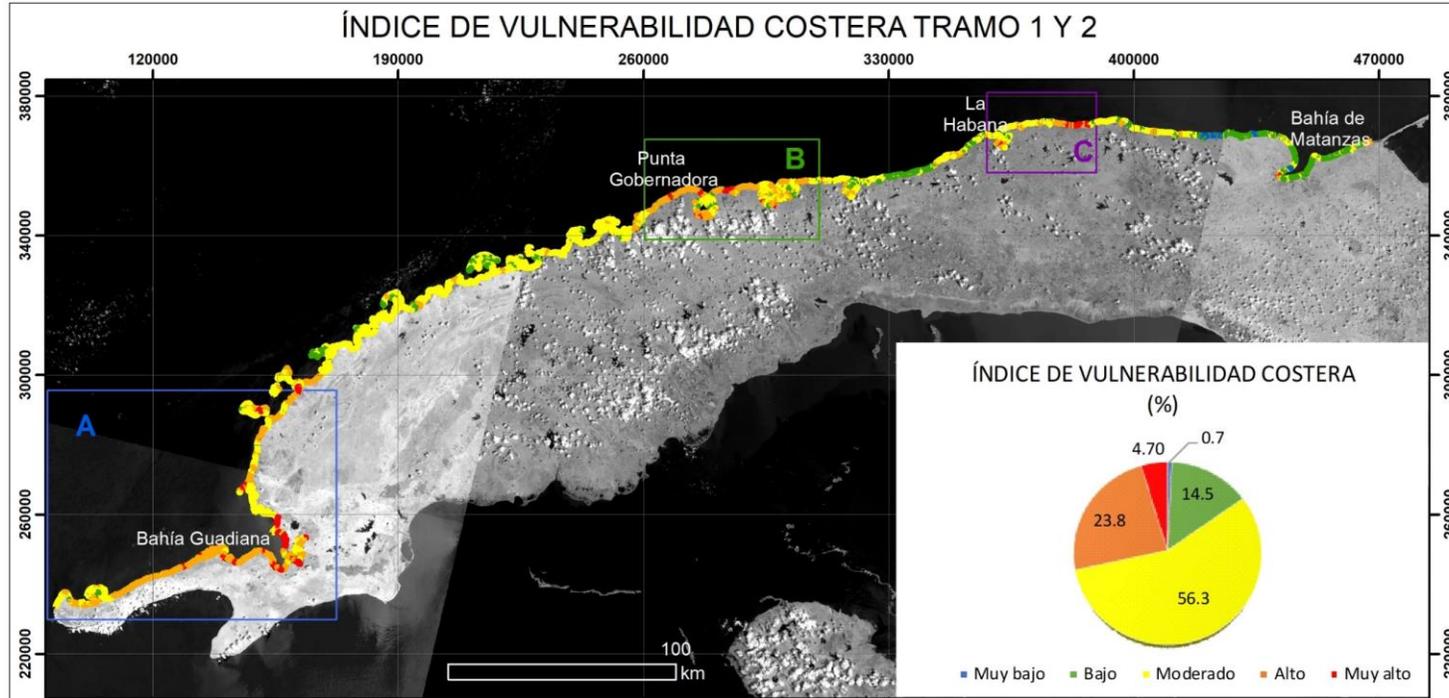
■ Bajo ■ Moderado ■ Alto ■ Muy alto

ÍNDICE DE PENDIENTES COSTERAS (%)

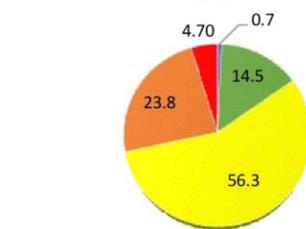


■ Muy bajo ■ Bajo ■ Moderado ■ Alto ■ Muy alto

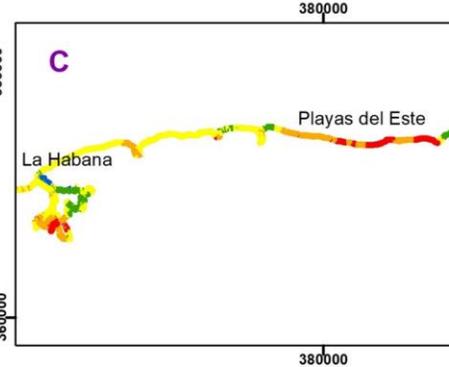
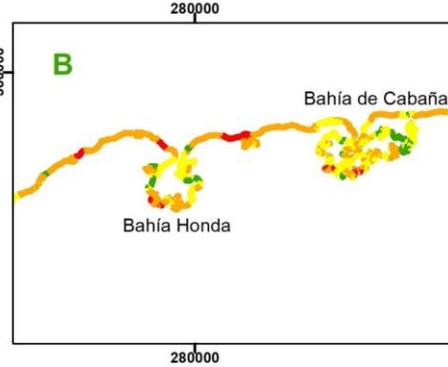
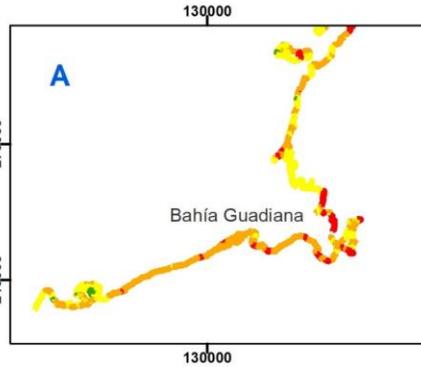
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA TRAMO 1 Y 2



ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (%)



■ Muy bajo ■ Bajo ■ Moderado ■ Alto ■ Muy alto

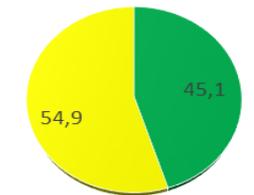


ÍNDICE NMM 2050 (%)



■ Moderado ■ Alto ■ Muy alto

ÍNDICE ELEVACIÓN PROMEDIO DE L PLEAMAR (%)



■ Bajo ■ Moderado



CONCLUSIONES

- Las investigaciones geológicas y geomorfológicas, aplicadas a la caracterización de escenarios de potenciales afectaciones y desastres asociados a la elevación del nivel medio y relativo del mar, se integran eficazmente a la gestión de reducción del riesgo de desastres y de resiliencia respecto al Cambio Climático.
- En el marco de estudios multidisciplinarios, sus resultados además de proporcionar información (por sí mismos) para la toma de decisiones en la gestión costera, pueden integrarse a la posterior estimación de la Vulnerabilidad “neta” o total.
- Los impactos de los resultados de estos estudios pueden ser muy favorables en los órdenes científico, tecnológico, económico – social y medioambiental. Aportan información y criterios para la toma de decisiones en cuanto al Ordenamiento territorial y a la protección de recursos naturales, económicos y sociales, incluidos los humanos.



IGP

Instituto
de Geología
y Paleontología

Servicio Geológico de Cuba

