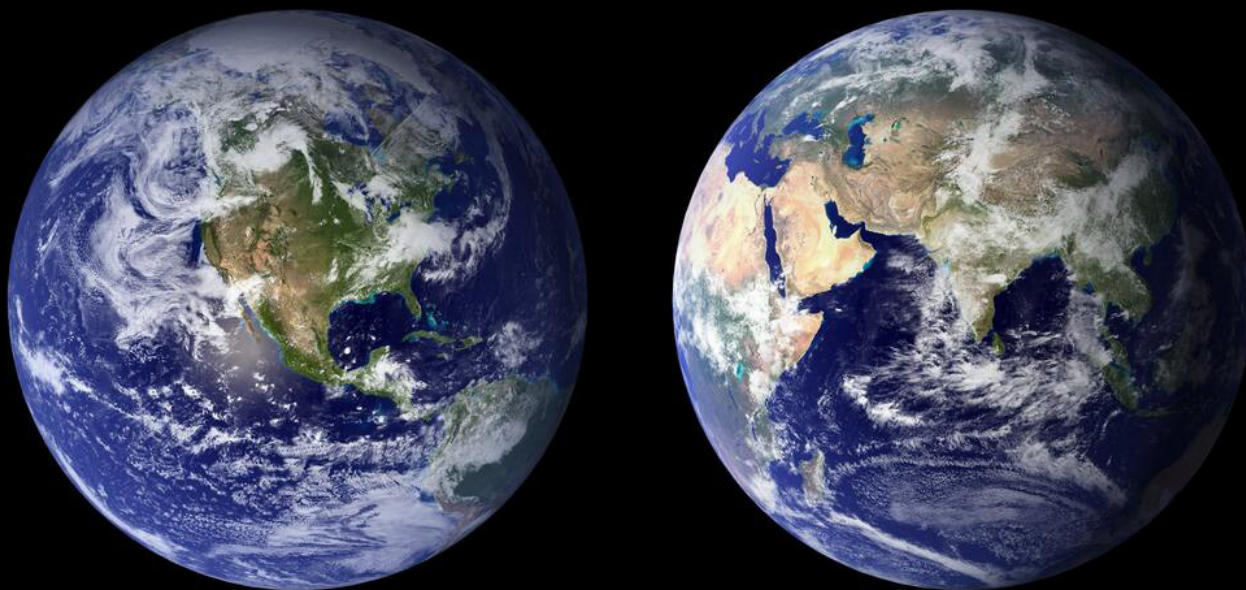


VOLUMEN 25. ENERO – DICIEMBRE 2025

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. CUBA

INSTITUTO DE GEOFÍSICA Y ASTRONOMÍA



www.iga.cu/cte

TABLA DE CONTENIDO / CONTENTS

Percepción de riesgo ante incendios forestales en la localidad Molina, Pinar del Río | Risk Perception of Wildfires in the Molina Locality, Pinar del Río. **Autores:** Elizabet Godefoy Núñez y Madelin Delisle Goite. **Páginas 1 - 18.**

Propuesta de términos del griego y latín antiguo para la taxonomía de grutas y cuevas kársticas de Cuba (Taxonomía de Cuevas) | Proposed of Greek and ancient Latin terms for taxonomy of karstic caves and grottoes in Cuba (Cave taxonomy). **Autores:** Efrén Jaimez-Salgado y Divaldo Antonio Gutiérrez-Calvache. **Páginas 19 - 32.**

Consecuencias del impacto de asteroides y cometas con la Tierra y posibles medidas de mitigación | Consequences of the impact of asteroids and comets with the Earth and possible mitigation measures **Autor:** Francisco González Veitía. **Páginas 33 - 44.**

Última actualización institucional del registro de meteoritos de Cuba, según Instituto de Geofísica y Astronomía | Last institutional actualization of the Cuban meteorites register from Astronomical and Geophysical Institute. **Autores:** Efrén José Jaimez-Salgado, Francisco González-Veitía y Ramsés Zaldívar-Estrada. **Páginas 45 - 51.**

Playas del Este en la era del cambio climático: retos y oportunidades del desarrollo local | Playas del Este in the era of climate change: challenges and opportunities for local development. **Autores:** Alexander Sierra-Bouzas y Bárbara I. Garea-Moreda. **Páginas 52 - 65.**

Cayo Largo: ciclo de vida, retos climáticos y oportunidades para el desarrollo local sostenible | Cayo Largo: life cycle, climate challenges and opportunities for sustainable local development. **Autores:** Alexander Sierra-Bouzas y Bárbara I. Garea-Moreda. **Páginas 66 - 81.**

Índice Integrado de Peligro por Ciclones Tropicales: Sinergias entre trayectorias históricas, eventos ENOS y ciclos solares | Integrated Tropical Cyclone Hazard Index: Synergies between historical tracks, ENSO events, and solar cycles. **Autorres:** Leyani Izquierdo Barrera y Jorge Olivera Acosta. **Páginas 82 - 101.**

Ciclo de vida turístico y riesgo climático en destinos de sol y playa: el caso de Santa Lucía, Camagüey | Tourism Life Cycle and Climate Risk in Sun-and-Beach Destinations: The Case of Santa Lucía, Camagüey. **Autores:** Alexander Sierra-Bouzas y Bárbara I. Garea-Moreda. **Páginas 102 - 114.**

Percepción de riesgo ante incendios forestales en la localidad Molina, Pinar del Río

Elizabet Godefroy Núñez^(1*), Madelin Delisle Goite⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geofísica y Astronomía, La Habana, Cuba.

^(*) E-mail: egodefroy2010@gmail.com

Recibido: 8/10/2024	Aceptado: 22/2/2025
---------------------	---------------------

Resumen

Introducción: Los incendios forestales en zonas rurales de Pinar del Río provocan graves impactos socioeconómicos, lo que demanda estrategias de mitigación para reducir daños y fortalecer la resiliencia comunitaria.

Objetivo: Evaluar los niveles de percepción de riesgo (alta, media, baja) ante incendios forestales en la localidad Molina de Pinar del Río, y su asociación con factores sociodemográficos y prácticas preventivas.

Métodos: Estudio piloto cuantitativo mediante la aplicación de una encuesta que evaluó la percepción de riesgo, las causas de incendios y la participación en acciones preventivas.

Resultados: El 53,4% de los encuestados mostró una percepción media, con diferencias significativas por género (50% de los hombres frente al 28,2% de las mujeres en el nivel alto). Las actividades humanas representaron la principal causa, con mayor incidencia en las quemas agropecuarias (47%) y la negligencia (31%). Solo el 30% participó en actividades preventivas, aunque el 80% expresó confianza en las instituciones.

Conclusiones: La percepción de riesgo predominante resultó media, lo que indica la necesidad de intervenciones **dirigidas a la población**. Las propuestas incluyen talleres comunitarios y campañas educativas que fomenten una cultura de prevención y corresponsabilidad social.

Palabras clave: incendios forestales, percepción de riesgo, zonas rurales, prevención, Cuba.

Risk Perception of Wildfires in the Molina Locality, Pinar del Río

Abstract

Introduction: Wildfires in rural areas of Pinar del Río cause severe socioeconomic impacts, necessitating mitigation strategies to reduce damages and strengthen community resilience.

Objective: To assess risk perception levels (high, medium, low) regarding wildfires in the Molina locality of Pinar del Río and examine their association with sociodemographic factors and preventive practices.

Methods: A pilot quantitative study was conducted using a survey evaluating risk perception, wildfire causes, and participation in preventive measures.

Results: 53.4% of respondents exhibited medium risk perception, with significant gender disparities (50% of men vs. 28.2% of women in the high-risk category). Human activities were the primary cause, with agricultural burns (47%) and negligence (31%) being the most prevalent. Only 30% participated in preventive activities, though 80% expressed trust in local institutions.

Conclusions: Predominant risk perception was medium, highlighting the need for targeted community interventions. Proposed measures include community workshops and educational campaigns to foster a culture of prevention and shared social responsibility.

Keywords: wildfires, risk perception, rural areas, prevention, Cuba.

1. Introducción

Los incendios forestales se originan por causas naturales y antrópicas, aunque en la mayoría de los casos predominan aquellas relacionadas con actividades humanas, especialmente accidentes o negligencias en el uso del fuego (Benito et al., 2014). En Cuba, esta problemática adquiere especial relevancia: durante 2022 se registraron 329 incendios forestales, que afectaron aproximadamente 2 161.66 ha (Deny Extremera San Martín y Edilberto Carmona Tamayo, 2023).

Entre las regiones afectadas, destaca la provincia de Pinar del Río como epicentro nacional de incendios forestales. En 2020, se examinaron 99 eventos (1.269 ha afectadas), cifra que incrementó a 115 incendios (1.297,4 ha) en 2022, cifra superior a los registros de Isla de la Juventud, el municipio especial más impactado. Esta tendencia al ascenso persistió en enero de 2023, lo que consolida a la provincia más occidental del país como un área de alto riesgo. Además, entre 2017 y 2022, Pinar del Río, Artemisa e Isla de la Juventud concentraron el 45,19% de los incendios nacionales y evidencia una distribución geográfica heterogénea (Deny Extremera San Martín y Edilberto Carmona Tamayo, 2023).

Ante esta situación, Pinar del Río emergió como la región con mayor incidencia a nivel nacional, lo que motivó al Cuerpo de Guardabosques a analizar la percepción del riesgo entre los residentes del Consejo Popular "Molina", en el municipio de Guane (figura 1 y 2). Esta elección se fundamentó en la alta frecuencia de incendios forestales en la zona, asociada a factores climáticos provinciales que exacerbaban su vulnerabilidad ante estos eventos.

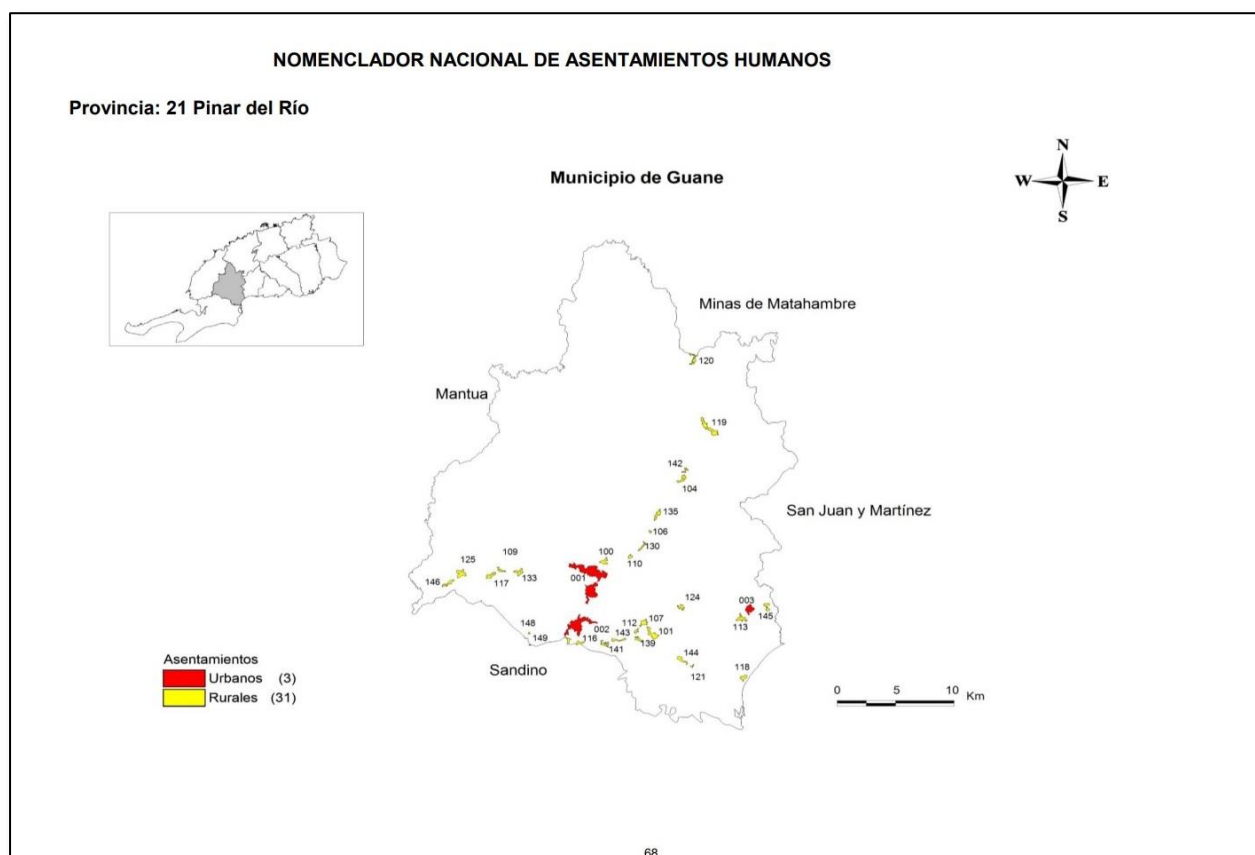


Fig.1. Nomenclador nacional de asentamientos humanos en el municipio de Guane.

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas en información (ONEI). (2017) p. 68

Provincia: 21 Pinar del Río										Municipio: 11 Guane																								
Tabla de asentamientos humanos rurales.										Características del asentamiento																								
Asentamientos Humanos			Población servida (%)				Servicios de Salud Pública			Servicios educacionales			Servicios de Tele-comunicaciones			Calles (%)																		
Código	Nombre	Categoría poblacional	Unidades de alojamiento	Población total	Electricidad	Acueducto	Alcantarillado	Hospital	Policlínico	Consultorio	Hogares Maternos	Hogares de ancianos	Casas de abuelos	Círculos Infantiles	Escuelas primarias	Escuelas secundarias	Técnica y profesional	Pre-universitario	Centro mixto	Enseñanza Especial	Universidad o sede	Teléfonos			Estaciones públicas	Fijos residenciales	Móviles	Salas de Navegación	Pavimentadas	Con trazado	Rústicas	Cementerios	Farmacias	Oficinas de correos
Total Rural Concentrado				3 776	10 759	95,6	55,1	4,6	20						21	1				30	12	1	1						
100	Abonera, La	Pdo. 3	80	411	100	100	17,0																											
143	Altura del Cuyaguaje	Pdo. 3	128	311	100	1,0	15,8			1												1				60				40				
140	Boquerones	Cas.	44	112	98,2	78,6	3,6			1												1										100		
107	Chucho Fuello	Cas.	73	188	98,4	71,8	3,7															1										100		
106	Curva, La	Cas.	44	121	97,5	2,5																1						30			70			
145	Entronque Bailén	Pdo. 3	135	318	98,1	95,0	25,8			1					1							2	2				75			25				
141	Entronque las Catalinas	Pdo. 3	166	464	99,8	74,9	5,0			2					1							1				40	20			40				
101	Granja Avícola	Pdo. 3	193	490	99,0	78,8	1,8			1					1							1				20	50			30				
109	Juan Gómez	Pdo. 3	80	218	100	94,5	12,8								1							1				30				70				
144	Laguna Vieja	Cas.	62	165	97,6	100	1,8			1					1							1										100		
110	Manacas	Pdo. 3	132	396	100	96,2	18,2			1					1							1											100	
149	Martí	Cas.	21	59	100	100																					50	50						
112	Molina	Cas.	63	182	100	4,4				1					2							1					55				45			
113	Paradero de Sábalo	Pdo. 2	226	575	97,0	96,9	1,7								1							1	10				20				80			
139	Pedro Rodríguez	Pdo. 3	119	348	96,8	1,1	2,3															1										100		
116	Peralejal	Pdo. 3	140	401	100	98,5	1,2			1					1							1				40	60							
148	Pino Picado	Cas.	8	16	100	31,3																										100		
117	Plan Forestal	Pdo. 3	92	290	99,3	77,9	2,4															1										100		
118	Playa Bailén	Pdo. 3	134	229	98,3	97,4	6,1								1							1				90	10							

Fig.2. Tabla de asentamientos humanos rurales en el municipio de Guane.**Fuente:** Oficina Nacional de Estadísticas en información (ONEI). (2017) p. 68

Las investigaciones internacionales y locales sobre tema señalan coincidencias en la prevención de incendios, particularmente en la disociación entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica. El estudio de Chan et al., (2018) en comunidades rurales de China demostró que las intervenciones educativas estructuradas —como charlas y dramatizaciones— son determinantes para transformar el conocimiento en acciones preventivas efectivas. En el contexto cubano, Fernández Bereau et al., (2023) identificaron prácticas de riesgo persistentes, entre ellas la quema de residuos agrícolas en la provincia de Cienfuegos, asociadas a dinámicas productivas como la zafra cañera y la producción de carbón, lo cual evidencia desafíos estructurales en la gestión del riesgo.

Desde una perspectiva sociodemográfica, investigaciones como la de Shavit et al., (2013) en Israel revelaron que las mujeres exhiben una percepción de riesgo amplificada tras experiencias traumáticas, mientras que en Cuba, la exposición laboral de hombres a entornos agroforestales se correlaciona con una mayor conciencia práctica frente a incendios. Estudios comparativos, como el de (Andrade et al., 2023) en Portugal, destacan variaciones en la percepción del riesgo según sectores económicos (turismo versus agricultura), mientras que en Colombia, Altamirano y Ordóñez Bernal, (2021) identificaron que el 60 % de los agricultores desconoce protocolos de quemas controladas, a pesar de su eficacia comprobada. Complementariamente, Oliver et al., (2022) en España asociaron la subestimación del riesgo en zonas de interfaz urbano-forestal a la insuficiente inversión en medidas preventivas.

En consecuencia, estos hallazgos enfatizan la necesidad de estrategias contextualizadas que integren dimensiones culturales, socioeconómicas y psicosociales con un carácter multidisciplinario. En el caso de Cuba, esto implica articular enfoques interdisciplinarios —que combinen ciencias naturales y sociales— para abordar problemáticas locales, como las prácticas agrícolas de alto riesgo, mediante políticas que prioricen la participación comunitaria y la equidad en la distribución de conocimientos técnicos. Asimismo, la evidencia internacional resalta que la sostenibilidad de las acciones preventivas

depende de su capacidad para vincular actores diversos, desde agricultores hasta decisores políticos, en la construcción colectiva de resiliencia.

La investigación que se presenta analiza la percepción del riesgo y su vínculo con las prácticas económicas locales, con el propósito de generar recomendaciones adaptadas al contexto comunitario. Como resultado, el estudio permitiría articular conocimientos técnicos, sociales y comunitarios, que contribuyan a confeccionar recomendaciones, mejorar las estrategias de prevención y a diseñar medidas para mitigar las pérdidas económicas, los daños ambientales y las alteraciones del paisaje.

El estudio podría resultar un catalizador para confeccionar planes de acción dirigidas a: niños, jóvenes, trabajadores, dirigentes, personas que se encuentran en el hogar, así como para quienes trabajan en los medios de comunicación, las cuales deben ser realizadas por diferentes actores sociales (gobierno municipal, academia, comunidad y escuela) en aras de elevar la prevención en temas vinculados al peligro de incendios forestales en las áreas rurales, así como la adaptación y resiliencia por parte de la población cubana expuesta a dicho peligro.

Otro aporte (en el contexto de la soberanía alimentaria y tecnológica) innovador sería la creación de espacios de debate y acción colaborativos desde la metodología cualitativa Investigación, Acción y Participación (IAP) donde se fusionen tecnologías agroecológicas de bajo costo con saberes campesinos tradicionales. Estos espacios, gestionados por cooperativas locales, reducirían prácticas agrícolas riesgosas, y generarían modelos replicables para abordar y lograr la resiliencia frente a incendios forestales desde un enfoque comunitario.

Objetivos

- Determinar el nivel de percepción del riesgo de incendios forestales en la población rural del Consejo Popular "Molina" e identificar las diferencias por género, edad y nivel educativo, para establecer bases científicas que permitan diseñar campañas de sensibilización adaptadas a los grupos más vulnerables.
- Analizar las prácticas cotidianas de riesgo asociadas a incendios forestales, como el uso del fuego en actividades agropecuarias, la quema de desechos y el manejo de colmenas, para priorizar acciones preventivas focalizadas en las causas antropogénicas más recurrentes.
- Evaluar la confianza y efectividad de las instituciones locales (Cuerpo de Guardabosques, Empresa Forestal, Bomberos) en la prevención de incendios, para fortalecer su rol mediante estrategias de comunicación y participación comunitaria.
- Difundir hallazgos y recomendaciones entre autoridades locales, instituciones ambientales y la comunidad para optimizar las estrategias de prevención y mitigación.

2. Materiales y métodos

El estudio exploratorio piloto se realizó en junio de 2023 en el caserío rural del Consejo Popular Molina. La investigación incluyó a 103 residentes seleccionados mediante un muestreo estratificado por edad (15-39, 40-64, ≥ 65 años), género y nivel educativo, lo que garantizó la representatividad de los grupos sociales. Este enfoque permitió captar perspectivas diversas según características demográficas clave.

El estudio se basó en los planteamientos de Hernández Sampieri y Fernandez-Collado (2014) para investigación social, Casas Anguita et al. (2003) para el diseño de instrumentos, y Núñez Moreno et al. (2008) sobre evaluación subjetiva del riesgo. Como herramienta principal, se empleó una encuesta estructurada que midió la percepción del riesgo de incendios forestales a través de dimensiones operativas como: posibilidad de ocurrencia, causas percibidas y confianza institucional.

Las respuestas se categorizaron en tres niveles de percepción de riesgo (alta, media y baja), definidos operacionalmente como:

Grupo I (alta percepción): Personas con conocimiento exhaustivo sobre incendios, capacidad de respuesta efectiva y confianza en las medidas institucionales.

Grupo II (media percepción): Individuos con conocimientos parciales o limitaciones prácticas, pero con confianza moderada en las instituciones.

Grupo III (baja percepción): Personas con escaso o nulo conocimiento sobre prevención, constituyendo el grupo más vulnerable.

Estos grupos se establecieron como variables dependientes y se analizaron mediante tablas de contingencia junto con variables demográficas (género, edad, nivel educativo, ocupación y ubicación geográfica). Adicionalmente, se emplearon gráficos para facilitar la interpretación de los datos.

La encuesta incluyó preguntas abiertas, cuyas respuestas se analizaron mediante codificación inductiva de categorías emergentes. Como estudio piloto, sus resultados no son generalizables, pero validaron el instrumento para futuras aplicaciones a mayor escala. La investigación sentó las bases metodológicas para evaluar la percepción de riesgo en comunidades rurales vulnerables a incendios forestales.

Adicionalmente, para garantizar que las preguntas del cuestionario midieran de manera consistente la percepción del riesgo, se calculó el alfa de Cronbach, un indicador estadístico que evalúa la confiabilidad interna del instrumento. En estudios sociales y ambientales, un valor ≥ 0.70 se considera aceptable, lo que significa que las escalas utilizadas son fiables y los datos recolectados son consistentes.

Este análisis es fundamental para asegurar que los resultados reflejen de manera precisa las percepciones de la población.

Se utilizó la correlación de Pearson para evaluar la relación lineal entre las variables asociadas a la ocurrencia de incendios en áreas rurales. Este método matemático, es clave para identificar factores asociados a incendios rurales, lo que permite priorizar intervenciones. Requiere normalidad y homocedasticidad (variabilidad) en los datos.

Por otro lado, se aplicó el análisis de correlación Rho de Spearman para examinar la asociación monotónica entre tres variables no paramétricas (Hernández Sampieri y Fernandez-Collado, 2014).

El uso del método de Diferencia Mínima Significativa (DMS) demostró ser una herramienta metodológica clave en el estudio de la percepción del riesgo, ya que permitió identificar diferencias estadísticamente significativas entre grupos con distintos niveles de percepción. Su aplicación evitó interpretaciones sesgadas al discriminar con precisión cuándo las variaciones eran relevantes, como en el caso de las diferencias entre percepciones altas y medias, y cuándo no existían efectos significativos, como entre percepciones altas y bajas. Esto respaldó su utilidad para evaluar la precisión experimental, tal como se ha destacado en la investigación de Gordón-Mendoza y Camargo-Buitargo, (2015), donde el cociente DMS/Rango funciona como un indicador clave de exactitud.

Además, el método DMS reforzó la solidez de los hallazgos mediante el uso de intervalos de confianza, que validaron la significancia estadística al excluir el valor de referencia cuando las diferencias eran reales. La correlación entre repetitividad y el cociente DMS/Rango confirmó la confiabilidad del análisis, ya que una mayor consistencia se asoció con diferencias significativas, mientras que una mayor variabilidad explicó la ausencia de efectos. Asimismo, el diseño metodológico evidenció que incrementar el número de repeticiones redujo el error estándar, y la detección de diferencias, especialmente en grupos con percepciones bajas. Estos resultados subrayan la importancia de una adecuada replicación en futuros estudios para mejorar la precisión en el análisis de la percepción del riesgo.

Variables asociadas al estudio de las percepciones del riesgo

De acuerdo con Núñez Moreno Lilia *et al.*, (2008), la evaluación subjetiva del riesgo se definió como el conjunto de creencias, actitudes y evaluaciones individuales frente a peligros potenciales. Para medir este concepto, se definieron y se adaptaron a los estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos de Incendios Forestales las siguientes dimensiones operativas:

1. Percepción de la probabilidad de incendio: Evaluación individual sobre la posibilidad de ocurrencia de incendios en la zona.
2. Temporalidad del riesgo: Identificación de la época del año con mayor peligro de incendios.
3. Prácticas de riesgo: Usos cotidianos del fuego percibidos como potencialmente peligrosos.
4. Causas atribuidas: Factores que, según la población, desencadenan incendios (humanos, naturales o institucionales).
5. Respuestas ante emergencias: Acciones que las personas realizan al enfrentar un incendio (ej.: alertar a autoridades, participación directa).
6. Confianza institucional: Percepción sobre el rol de las instituciones en prevención y control, así como la credibilidad en su gestión.
7. Participación comunitaria: Grado de involucramiento en acciones preventivas y percepción sobre quiénes deberían participar.

Muestra

Se implementó un muestreo piloto con el propósito de evaluar la viabilidad metodológica y optimizar el instrumento investigativo previo a su aplicación a gran escala. Durante junio de 2023, se recopilaban datos de un total de 103 residentes del Consejo Popular "Molina", lo que equivalió al 56.5% de su población total censada (Oficina Nacional de Estadísticas en información (ONEI), 2017)) que es de 182 habitantes.

El Consejo Popular "Molina" en Pinar del Río se seleccionó como área de estudio para la investigación sobre incendios forestales basándose en el análisis de (Deny Extremera San Martín y Edilberto Carmona Tamayo, 2023). Estos autores demostraron que Pinar del Río presentó la mayor incidencia de incendios forestales en Cuba durante 2022, con 115 eventos que afectaron 1,297 hectáreas, estableciendo un patrón de alto riesgo en la región.

Los investigadores identificaron que el 86% de los incendios en esta provincia resultaron de negligencia humana, particularmente por quemas agrícolas no controladas y prácticas forestales inadecuadas. El área de "Molina" mostró especial vulnerabilidad debido a la combinación de condiciones climáticas adversas y actividades humanas de riesgo.

Deny Extremera San Martín y Edilberto Carmona Tamayo, 2023 destacaron las características geoclimáticas particulares de la zona, incluyendo una prolongada estacionalidad seca y vegetación altamente inflamable. Esta convergencia de factores naturales y antropogénicos convirtió a "Molina" en un caso representativo para el estudio de incendios forestales.

El diseño muestral se estructuró en función de estratos clave, definidos según grupos etarios y nivel educativo.

En cuanto a la clasificación por edades, se establecieron tres categorías: Categoría I (jóvenes: 15-39 años), Categoría II (adultos: 40-64 años) y Categoría III (adultos mayores: ≥ 65 años). Asimismo, se incorporaron las variables sociodemográficas de género (hombre/mujer) y nivel de instrucción, este último segmentado en tres rangos: primaria o inferior, secundaria/media superior y universitario o superior.

El instrumento de recolección de datos combinó preguntas cerradas dicotómicas, politómicas (con opciones múltiples) y abiertas. Estas últimas requirieron un análisis cualitativo mediante un proceso de codificación inductiva de categorías emergentes, focalizado en los patrones discursivos más recurrentes.

Para el procesamiento estadístico, se utilizaron variables originales y recodificadas según los objetivos analíticos previamente establecidos. En primer lugar, las variables sociodemográficas —género, edad, nivel de instrucción, tiempo de residencia en el consejo popular y municipio— se analizaron mediante cruces con la percepción de riesgo. Posteriormente, la evaluación de dependencia entre variables se realizó a través de tablas de contingencia, distribuciones de frecuencia y análisis de respuestas múltiples, procesados mediante el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (IBM SPSS Statistics, versión 25.0; IBM Corp., 2017).

Se diseñaron escalas ordinales para clasificar la percepción del riesgo en tres niveles (alta, media y baja), integradas en un índice global mediante agregación ponderada de respuestas. Este enfoque permitió un análisis jerárquico y multidimensional, respaldado por coeficientes de correlación previamente establecidos.

3. Resultados y discusión

Composición sociodemográfica de los encuestados

El análisis sociodemográfico permitió identificar factores claves que influyen en la percepción y gestión del riesgo de incendios forestales. La distribución por género mostró una predominancia de hombres (62.1 %) frente a mujeres (37.9 %), lo que podría asociarse a roles tradicionales en actividades agropecuarias y forestales, donde históricamente los hombres han tenido mayor participación.

En cuanto a la edad, el grupo de 40 a 64 años representó el predominante (59.2 %), seguido por adultos jóvenes de 20 a 39 años (28.2 %). Los adultos mayores (≥ 65 años) constituyeron el 12.6 %, grupo que presenta mayor vulnerabilidad ante incendios debido a posibles limitaciones físicas, lo que exige estrategias de intervención adaptadas a sus necesidades.

Respecto al nivel de escolaridad, el 45.6 % de los encuestados completó la secundaria básica, el 35.0 % la primaria, y solo el 19.4 % terminó estudios superiores. Estos datos reflejan una población con formación media-baja, lo que plantea desafíos para la comunicación de estrategias preventivas. Es crucial emplear métodos didácticos simples y visuales para transmitir conocimientos sobre prevención y normativas.

El tiempo de residencia en la comunidad también mostró relevancia: el 68 % de los encuestados residía en la zona desde hace más de 20 años, el 25 % entre 10 y 20 años, y el 7 % menos de una década. Una mayor permanencia se correlaciona con un conocimiento detallado de los patrones locales de riesgo, pero también podría generar exceso de confianza y subestimación del peligro.

Percepción del riesgo

La figura 3 refleja cómo los habitantes del Consejo Popular "Molina" percibieron el riesgo de incendios forestales en su zona, con un desglose por género que evidenció diferencias significativas. En términos generales, el 65% de la población consideró alta o muy alta la posibilidad de incendios, mientras que, solo el 4.9% la percibió como baja o muy baja, lo que demostró un consenso mayoritario sobre la existencia de un riesgo elevado.

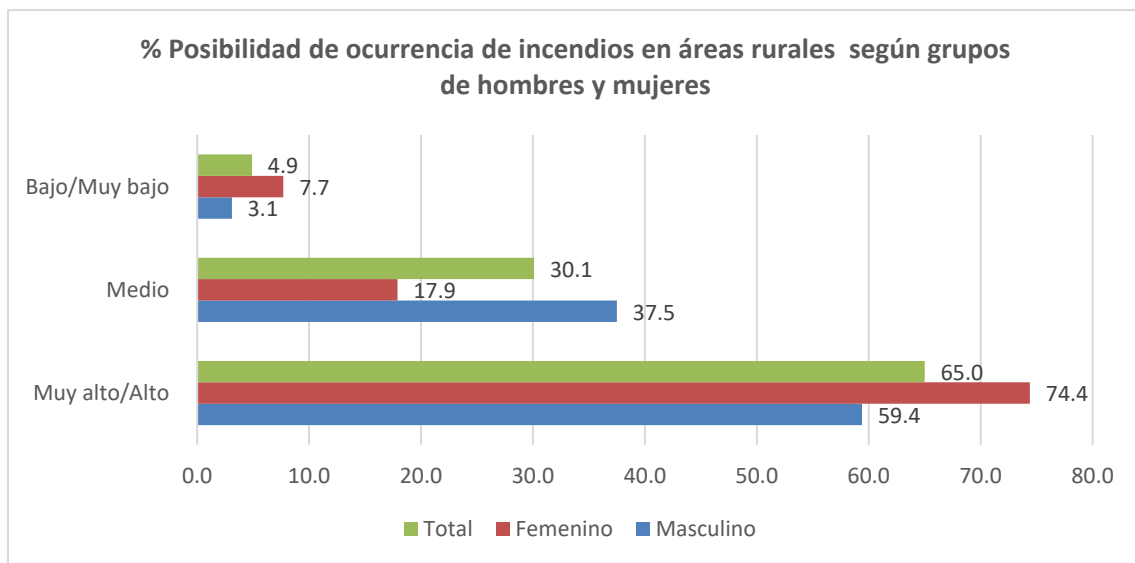


Fig. 3. Percepción de la posibilidad de ocurrencia de incendios en áreas rurales según grupos de hombres y mujeres.

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los datos por género, se observó que las mujeres mostraron una mayor sensibilidad al riesgo: el 74.4 % lo calificó como alto o muy alto, un porcentaje 15 puntos superior al de los hombres (59.4 %). Además, solo el 17.9 % de las mujeres lo percibió como medio, y el 7.7 % como bajo o muy bajo. Esta diferencia pudo estar relacionada con roles tradicionales, como el cuidado del hogar, o con una mayor exposición a campañas preventivas en entornos comunitarios.

Por su parte, los hombres, aunque en su mayoría también reconocieron el riesgo (59.4 % lo consideró alto o muy alto), presentaron un mayor porcentaje en la categoría media (37.5 %) y un mínimo en la baja (3.1 %). Esta menor alarma en comparación con las mujeres pudo deberse a su mayor involucramiento en actividades agropecuarias, lo que podría haber generado cierta familiaridad con el uso del fuego y, en consecuencia, una subestimación del riesgo. Asimismo, en contextos rurales, los estereotipos culturales de "resistencia" asociados a lo masculino podrían haber influido en esta percepción.

Los resultados evidenciaron que el 92.2 % de las personas identificó el período poco lluvioso (diciembre-abril) como la temporada de mayor riesgo de incendios, con una representación predominante del género masculino (62.1 % de las respuestas). El análisis reveló que los meses de febrero y abril resultaron señalados con mayor frecuencia como los de mayor ocurrencia de incendios, observación que coincidió con los reportes de los centros de investigación. Esta correlación entre percepción comunitaria y datos meteorológicos confirmó que dichos meses presentaban efectivamente una marcada disminución en los niveles de precipitación, factor determinante en la propagación de incendios forestales.

Sobre los usos cotidianos del fuego, indicado en la figura 4, el 51.5 % de los encuestados reconoció entre dos y cuatro prácticas cotidianas que representaron un peligro de incendios en zonas rurales. Las acciones más señaladas resultaron fumar de manera irresponsable en áreas boscosas o de plantaciones (82.5 %), seguida de la castración de colmenas sin aplicar las medidas preventivas requeridas (61.1 %). Asimismo, sobresalieron la quema de pastizales para renovación sin los controles pertinentes (32 %) y la limpieza o quema de terrenos con fines agrícolas o forestales (30.1 %).

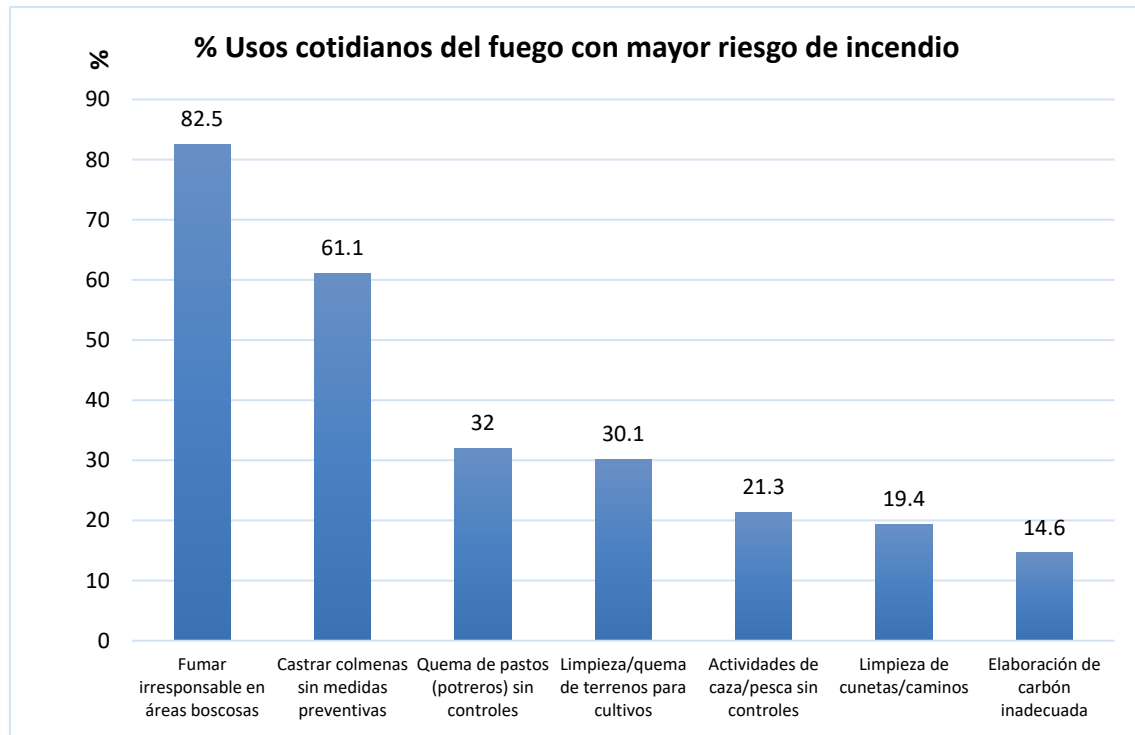


Fig. 4. Usos cotidianos que implican peligro para la ocurrencia de incendios en áreas rurales según grupos

Fuente. Elaboración propia

Por otra parte, aunque con menor frecuencia, también se identificaron otras conductas de riesgo: la realización de actividades de caza y pesca sin las debidas precauciones (21.3 %), la limpieza de cunetas y caminos mediante el uso del fuego (19.4 %) y la producción de carbón vegetal de forma inadecuada (14.6 %). Estos hallazgos demostraron que, si bien ciertas prácticas resultaron percibidas como las de mayor peligrosidad, existió una variedad de usos cotidianos del fuego (quema de restos (residuos) de arroz o cosechas no controlada, fumar de forma irresponsable en áreas de plantaciones o boscosas, limpieza y/o quema de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas o forestales, castrar colmenas sin aplicar todas las medidas para evitar un incendio, quema de pastos (potreros) para renovar sin los controles adecuados, elaboración inadecuada de carbón de forma, fogatas para luz y calor y elaborar alimentos en campismos o actividades recreativas, prácticas religiosas con el uso del fuego y el humo para la purificación y la veneración, cocinar con leña, carbón u otro producto utilizado como combustible (luz brillante o kerosene) en áreas de plantaciones o boscosas, uso inadecuado de la electricidad, gas, luz brillante, petróleo o gas para cocinar en áreas de plantaciones o boscosas, limpiar las cunetas, los caminos, efectuar fajas quemadas a orillas de las carreteras, realizar actividades de caza y pesca sin los controles adecuados) que demandaron mayor consideración en las estrategias de prevención, en particular aquellas menos reconocidas, pero igualmente riesgosas.

El estudio reveló así la necesidad de abordar tanto las causas más evidentes como aquellas subestimadas en los programas de concientización y mitigación de incendios rurales. En cuanto a las causas que generan la ocurrencia de los incendios, la investigación mostró que el 68.9 % de los encuestados identificó entre dos y cinco causas principales como responsables de los incendios en áreas rurales. Los resultados de la figura 5 mostraron, que la principal causa percibida resultó el comportamiento negligente de fumadores, con un 69.9 % de menciones, específicamente por arrojar colillas encendidas, cigarros o fósforos. En segundo lugar, se situaron las actividades de caza y pesca furtivas junto con causas naturales como rayos, ambas con un 45.6 % de coincidencia. Completaban este grupo de causas principales los vehículos de transporte sin mata chispas y otras quemadas no controladas (incluye la limpieza de cunetas y desechos

industriales), así como las prácticas inadecuadas en la castración de colmenas, todas con un 35.9 % de alusiones.

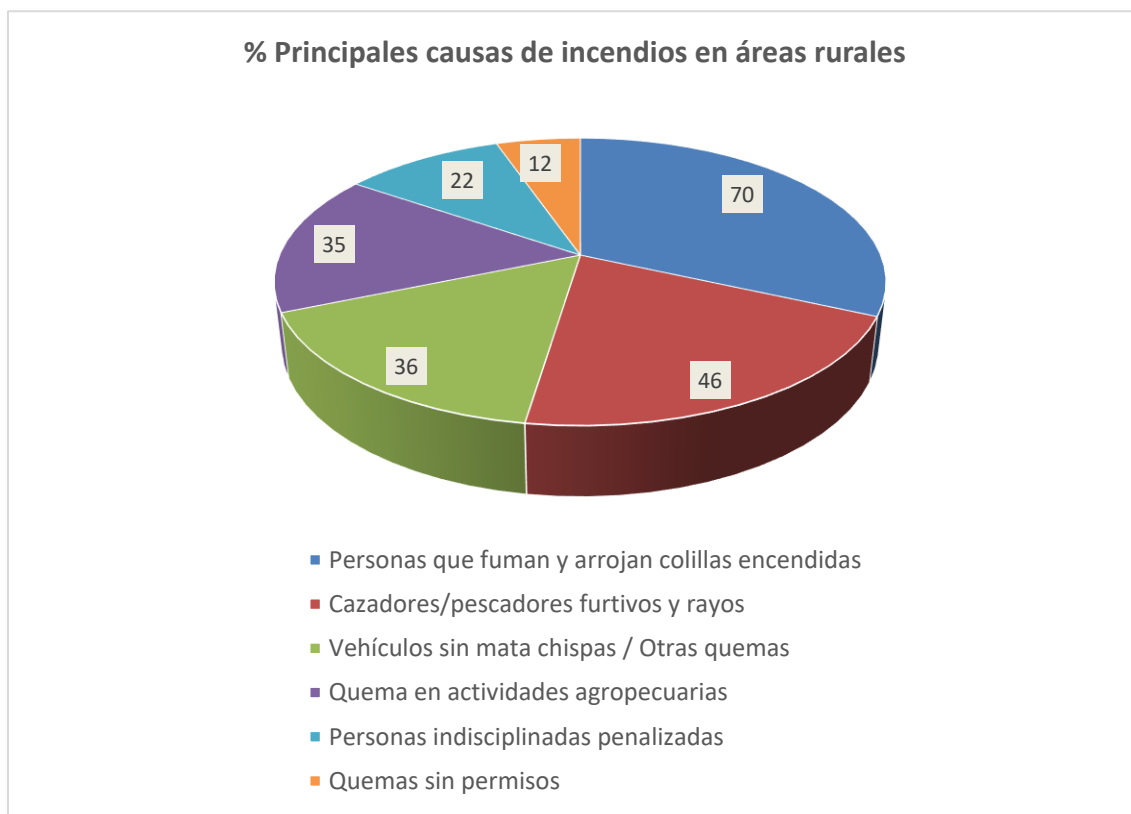


Fig. 5. Principales causas que provocan incendios

Fuente: Elaboración propia

El análisis identificó otras causas relevantes que merecieron especial atención: las quemas asociadas a actividades agropecuarias (35 %), el comportamiento de personas indisciplinadas sujetas a penalización legal (22.3 %), y las quemas realizadas sin la debida autorización (11.7 %). Estos resultados demostraron que, si bien existían factores naturales en la generación de incendios, las actividades antropogénicas representaban el principal riesgo, particularmente aquellas relacionadas con malas prácticas en el manejo del fuego.

Sobre las acciones que realizan las personas ante la ocurrencia de un incendio forestal o en áreas rurales, el 54.4 % reconoció entre dos y tres acciones frecuentes para enfrentar estas emergencias. Las medidas más reportadas fueron avisar al Cuerpo de Guardabosques (81.6 %), notificar a la Empresa Forestal o Unidad Silvícola más cercana (68.9 %) y llamar a los bomberos (60.2 %). Estos resultados reflejaron que la mayoría de la población optó por acciones institucionales como primera respuesta.

No obstante, se detectó que un 15.5 % de los participantes declaró no saber cómo actuar o no realizar ninguna medida ante un incendio, lo que puso en evidencia una falta de preparación en un segmento significativo de la población. Esta brecha señaló la urgencia de implementar campañas de sensibilización y capacitación para mejorar la prevención y la respuesta ciudadana. De igual forma, el análisis permitió identificar los patrones de comportamiento más comunes y destacó la necesidad de fortalecer la educación ambiental y la coordinación con entidades especializadas, con el fin de reducir riesgos y mejorar la eficacia en el manejo de estos incidentes.

Los entrevistados indicaron quiénes los orientaban o se preocupaban por ellos y en quiénes confiaban para prevenir los posibles daños provocados por los incendios en áreas rurales. En general, identificaron al Cuerpo de Guardabosques como la institución con el porcentaje más alto en brindar seguridad al enfrentar los incendios. También mencionaron a la Empresa Forestal, el Gobierno, la Defensa Civil, el Cuerpo de Bomberos y los medios de comunicación nacionales y provinciales.

Al examinar las orientaciones proporcionada por las instituciones para prevenir los incendios rurales, el 42,7 % seleccionó seis o más instituciones. El 44,7 % identificó entre dos y cinco, y el 12,6 % señaló una alternativa o no supo responder, ya que no percibían instituciones que los orientaran ante estos peligros.

Los resultados mostraron diferencias significativas en la orientación hacia instituciones para la prevención de incendios rurales entre hombres y mujeres. En el Grupo I (personas que eligieron 6 o más instituciones), los hombres representaron el 30,1% del total, mientras que las mujeres solo alcanzaron el 12,6%, lo que indicó una mayor tendencia masculina a orientarse en múltiples entidades. En el Grupo II (quienes seleccionaron entre 2 y 5 instituciones), los hombres sumaron el 27,2% y las mujeres el 17,5%, lo que reflejó una menor brecha, pero mantuvo la predominancia masculina.

En el Grupo III (quienes eligieron una sola institución o no respondieron), las mujeres superaron a los hombres (7,8% frente a 4,9%), lo que sugirió una menor familiaridad o acceso a fuentes de orientación entre ellas.

La distribución general confirmó una mayor participación masculina en la muestra (62,1% hombres frente a 37,9% mujeres). Estos datos destacaron que los hombres tuvieron una mayor inclinación a reconocer diversas instituciones como fuentes de orientación, mientras que las mujeres mostraron menor representación en los grupos con más opciones seleccionadas. La diferencia en el Grupo III reforzó la necesidad de evaluar posibles barreras de información o desconocimiento de las instituciones que las guiaban entre las mujeres en zonas rurales.

Las instituciones que según la percepción de los pobladores brindaron mayor orientación fueron: el Cuerpo de Guardabosques (85.4 %), la Empresa Forestal (66 %), el Gobierno (51.5 %), la Defensa Civil (49.5 %), el Cuerpo de Bomberos (31.1 %), los medios provinciales y radios comunitarias (26.2 %) y los medios nacionales (20.4 %).

En cuanto a la confianza en las instituciones para prevenir incendios rurales, el 47.6 % de los encuestados identificó entre dos y cinco instituciones, mientras que, el 32 % señaló una alternativa o no supo responder, lo que evidenció la necesidad de mejorar el trabajo educativo a través de las entidades y medios encargados de mitigar este fenómeno. Solo el 20.4 % eligió seis o más instituciones.

Los resultados evidenciaron diferencias en los niveles de confianza institucional entre hombres y mujeres. En el Grupo I (mayor confianza: 6 o más instituciones), los hombres representaron el 12,6% del total de encuestados, mientras que las mujeres alcanzaron solo el 7,8%. En el Grupo II (confianza moderada: 2 a 5 instituciones), la brecha se amplió: el 35,0% de los hombres se ubicó en este rango, frente a un 12,6% de mujeres. Por el contrario, en el Grupo III (baja confianza: 1 institución o sin respuesta), las mujeres superaron ligeramente a los hombres (17,5% frente a 14,6%). En cuanto a la distribución por sexo, los hombres constituyeron la mayoría de la muestra (62,1%), mientras que las mujeres representaron el 37,9%.

Se concluyó que los hombres mostraron una mayor tendencia a confiar en múltiples instituciones (Grupos I y II), mientras que las mujeres predominaron en el grupo de menor confianza (Grupo III). Además, la mayoría de los encuestados (47,6%) optó por un rango intermedio de confianza (2 a 5 instituciones), con una participación masculina significativamente más alta (35,0%) en comparación con la femenina (12,6%). Estos hallazgos sugieren posibles diferencias en la percepción de confianza institucional según el género, lo que podría relacionarse con factores socioculturales o de acceso a información.

Las instituciones que brindaron mayor confianza: el Cuerpo de Guardabosques (67 %), la Empresa Forestal (58.3 %), el Gobierno y la Defensa Civil (49.5 %), el Cuerpo de Bomberos (24.3 %), los medios provinciales y radios comunitarias (21.4 %) y los medios nacionales (16.5 %).

Respecto a la participación en actividades preventivas, alrededor del 56 % de las personas negó haber participado en acciones organizadas contra incendios forestales en su localidad, y el 2 % no supo o no respondió. Estos resultados reflejaron la necesidad de incrementar las acciones educativas y preventivas en la comunidad para lograr una mayor participación, ya que solo el 41.7 % reconoció haber realizado dichas actividades. Según los encuestados, esto se justificó principalmente por la falta de información adecuada (88.3 %).

Acerca de la necesidad de recibir información, el 98.1 % de los encuestados manifestó que es imperativo recibir mayor información sobre incendios, destacándose como principal preferencia la modalidad puerta a puerta (68 %). Asimismo, el 84.5 % de los participantes reconoció entre dos y seis vías efectivas para recopilar opiniones y difundir conocimiento sobre el tema: los medios de prensa radial ocuparon el segundo lugar (58.3 %), seguidos de materiales publicitarios como afiches, plegables o folletos desarrollados en coordinación con autoridades competentes (49.5 %). Otras alternativas señaladas incluyeron charlas y conversatorios comunitarios (41.7 %), medios de prensa escrita (35.9 %) y reuniones en cooperativas, UBPC o CCS (35 %). Estos hallazgos reflejaron una clara demanda de información diversificada y participativa, donde las estrategias de comunicación interpersonal y masiva resultaron complementarias para fortalecer la prevención de incendios en el ámbito comunitario.

La percepción de riesgo en ambos sexos que predominó fue la media, como indica la figura 6, (53.4 %), aunque los participantes masculinos tendieron a reportar niveles más altos (hombres 50 % vs. 28.2 % en mujeres). Esto sugiere diferencias en la internalización del riesgo vinculadas a roles sociales o exposición laboral (figura 7).

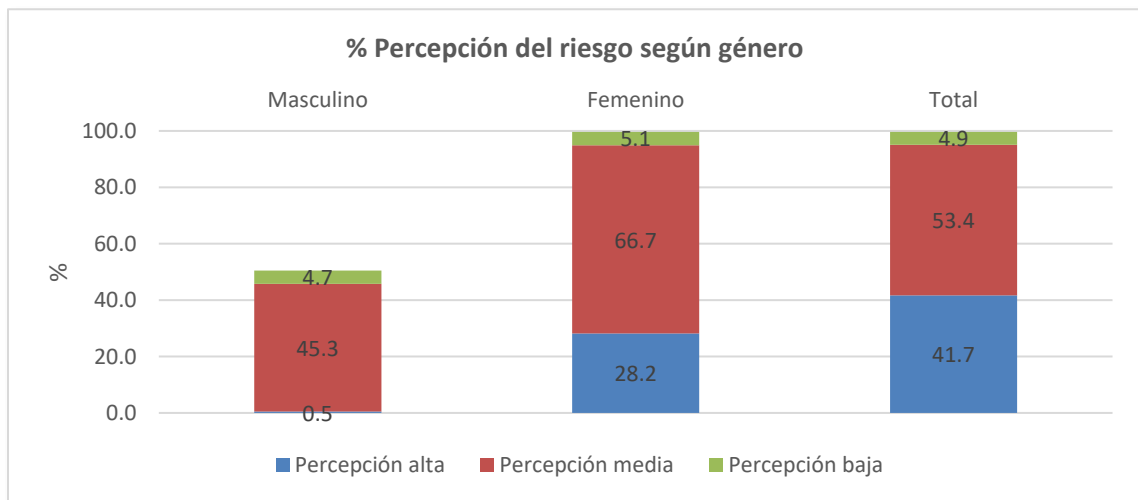


Fig. 6. Percepción del riesgo según género

Fuente: Elaboración propia

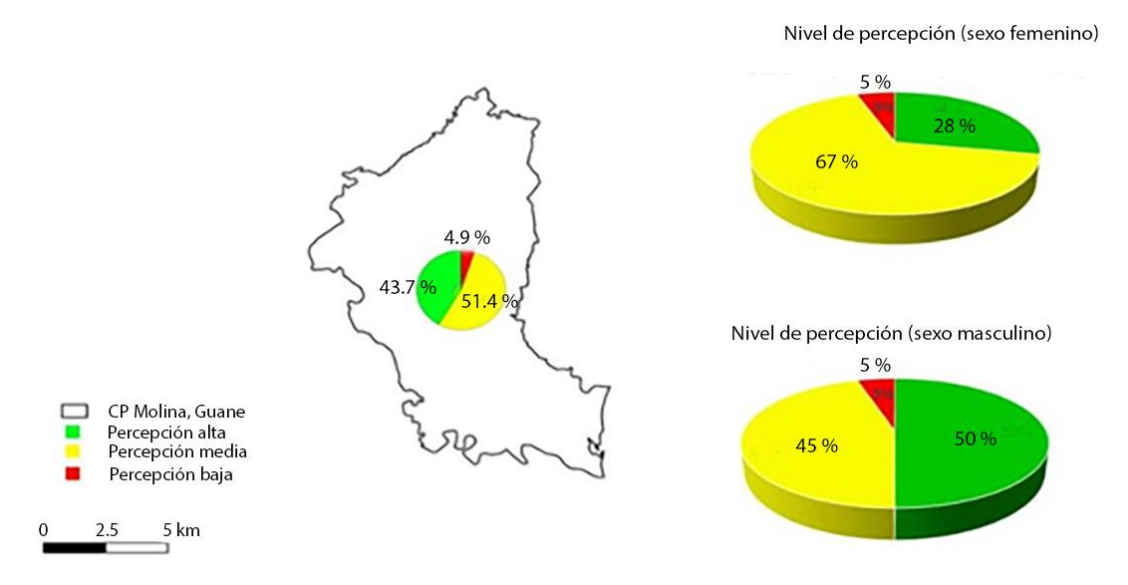


Fig.7. Percepción del Riesgo por incendios forestales en áreas rurales Consejo Popular Molina
Fuente: Elaboración propia

El análisis comparativo entre los hallazgos de la literatura y los resultados obtenidos en el estudio que se presenta detectó aspectos comunes en la brecha entre conocimiento teórico y acción práctica en la prevención de incendios, así como oportunidades para implementar estrategias efectivas basadas en experiencias previas.

Esta dinámica resultó similar a la observada en el texto de Chan *et al.*, (2018) en la aldea Dong de China, donde el conocimiento teórico sobre prevención de incendios no se tradujo en comportamientos concretos sin intervenciones educativas estructuradas. En dicho contexto, las estrategias adaptadas culturalmente, como charlas y dramas interactivos, lograron mejoras significativas en el conocimiento práctico, destacándose el uso correcto de mantas ignífugas y la prevención de riesgos eléctricos. Estos hallazgos sugieren que en Cuba podrían replicarse programas similares, con el empleo de métodos didácticos como talleres participativos con agricultores o materiales visuales para convertir la percepción del riesgo en acciones preventivas concretas.

De igual forma, Fernández Bereau *et al.*, (2023) demostró que en la provincia de Cienfuegos, se identificaron diversas prácticas de riesgo asociadas a incendios forestales, entre las que destacaron la quema de restos de cosecha especialmente en municipios como Palmira y Lajas, así como actividades vinculadas a la zafra cañera y la elaboración de carbón.

De forma diferente, el estudio de Shavit *et al.*, (2013) en montañas de Carmel, en el norte de Israel, cerca de Haifa, reveló que las mujeres presentaron niveles más elevados de miedo y una percepción de riesgo más alta tras el incendio forestal, incluso en escenarios no directamente relacionados con el desastre, como accidentes de tráfico. Estos resultados sugirieron que la experiencia traumática del incendio amplificó su sensibilidad hacia peligros de origen diverso, con un alcance que trascendió el contexto inmediato del evento.

Al comparar los resultados con el estudio de Shavit *et al.*, (2013), donde las mujeres mostraron niveles más altos de miedo y percepción de riesgo tras el incendio, la investigación cubana reflejó percepciones recopiladas en situaciones de normalidad. En este caso, la exposición laboral masculina a actividades agropecuarias y forestales incrementó su conciencia práctica sobre los riesgos asociados a incendios.

Ambas investigaciones, en contextos distintos, evidenciaron que las estrategias de comunicación deben considerar tanto el contexto temporal (antes o después de un desastre) como los roles de género. Durante crisis posteriores a incendios, los mensajes dirigidos específicamente a mujeres, con énfasis en su capacidad para liderar acciones preventivas y de protección comunitaria, podrían ser clave para movilizar la participación activa en medidas de mitigación. Esta aproximación permitiría capitalizar su elevada percepción de riesgo postraumática y convertirla en un motor para la investigación-acción y la participación de la población, a través de metodologías cualitativas.

El análisis de correlación de Pearson entre variables que propician la ocurrencia de incendios en áreas rurales reveló patrones clave en la dinámica de los incendios forestales. Por un lado, se identificó una relación moderada entre la población local y la presencia de empresas agropecuarias ($r = 0.437^{**}$) o la población externa ($r = 0.564^{**}$), lo que sugiere que ambos factores inciden significativamente en la ocurrencia de estos eventos (tabla 1).

Tabla 1. Correlación de Pearson entre variables que propician la ocurrencia de incendios en áreas rurales

Correlación de Pearson	Entidades			
	Población de la comunidad	Trabajador/a empresas azucareras, ganaderas y agropecuarias	Población externa a la comunidad	Turistas
Correlación	1	,437**	,564**	,215*
Sig. (bilateral)		0	0	0,029
Correlación	,437**	1	,280**	0,183
Sig. (bilateral)	0		0,004	0,065
Correlación	,564**	,280**	1	0,007
Sig. (bilateral)	0	0,004		0,942
Correlación	,215*	0,183	0,007	1
Sig. (bilateral)	0,029	0,065	0,942	

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral), **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

Se identificó una correlación de Spearman significativa entre la percepción del riesgo y la disposición a participar en acciones preventivas ($\rho = 0.488$), donde mayor conciencia del peligro se asoció con mayor compromiso comunitario. Asimismo, la opinión sobre participación mostró una fuerte correlación ($\rho = 0.602$) con la identificación de grupos poblacionales específicos para acciones preventivas, y evita que quienes perciban mayor riesgo tiendan a focalizar las intervenciones (tabla 2).

Tabla 2. Análisis de Correlación Rho de Spearman entre tres variables

		I	II	III
I. Nivel de percepción	Coeficiente de correlación	1	,488**	,446**
	Sig. (bilateral)		0	0
	N	103	103	103
II. ¿En su opinión, quienes deben participar más en las acciones que realice la comunidad para evitar los incendios en la vegetación?	Coeficiente de correlación	,488**	1	,602**
	Sig. (bilateral)	0	.	0
	N	103	103	103
III. Especifique hacia qué grupos de población se deberían orientar las acciones de prevención en la localidad	Coeficiente de correlación	,446**	,602**	1
	Sig. (bilateral)	0	0	
	N	103	103	103

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de comparaciones múltiples (DMS) mostró diferencias significativas entre los niveles de percepción alta y media ($p = 0.029$; diferencia de medias = -0.217^*), y muestra una gradación en la internalización del riesgo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre la percepción baja y las demás categorías ($p = 0.527$ vs media; $p = 0.747$ vs alta), lo que sugiere una subestimación homogénea del riesgo en este grupo (tabla 3).

Tabla 3. Comparaciones Múltiples (Método de Diferencia Mínima Significativa - DMS)

Variable dependiente	(I) Nivel de percepción	(J) Nivel de percepción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Género	Percepción alta de 17 a 28 puntos	Percepción media de 29 a 39 puntos	-,217*	,098	,029	-,41	-,02
		Percepción baja de 40 a 51 puntos	-,144	,227	,527	-,59	,31
	Percepción media de 29 a 39 puntos	Percepción alta de 17 a 28 puntos	,217*	,098	,029	,02	,41
		Percepción baja de 40 a 51 puntos	,073	,224	,747	-,37	,52
	Percepción baja de 40 a 51 puntos	Percepción alta de 17 a 28 puntos	,144	,227	,527	-,31	,59
		Percepción media de 29 a 39 puntos	-,073	,224	,747	-,52	,37

Fuente: Elaboración Propia

Estos hallazgos destacan la importancia de adaptar las intervenciones según el territorio y el nivel de percepción de riesgo, con un enfoque especial en el grupo de percepción baja, que muestra una clara subestimación del riesgo. Sería recomendable complementar este análisis con estudios cualitativos para entender mejor las causas detrás de estas diferencias.

Los resultados de este estudio coinciden con investigaciones internacionales, como la realizada por Andrade *et al.*, (2023) en Portugal, donde la percepción del riesgo varió según el sector de actividad (turismo, agricultura), similar a las diferencias por género y edad observadas en el consejo popular Molina.

Por otro lado, Altamirano y Ordóñez Bernal, (2021) en Colombia identificaron que el 60 % de los agricultores desconocía protocolos de quemas controladas, pese a su eficacia demostrada en la reducción de incendios.

De manera similar, Oliver *et al.*, (2022) reportaron en España que el 30 % de los residentes en zonas de interfaz urbano-forestal subestimaba el riesgo de incendios y atribuyó esta percepción a la escasa inversión en medidas preventivas. Estos paralelos no solo confirman patrones comunes en la subestimación del riesgo, sino que también subrayan la urgencia de implementar estrategias transversales.

En primer lugar, se requiere que se prioricen campañas de sensibilización dirigidas a grupos con baja percepción del peligro y se ajusten los mensajes a sus realidades socioeducativas. Es fundamental que también se fomente la participación activa de las comunidades en brigadas preventivas y se integren saberes locales con técnicas validadas científicamente. Finalmente, la coordinación interinstitucional emerge como un eje indispensable para que se optimicen recursos técnicos, financieros y humanos y se evite la fragmentación de esfuerzos institucionales. En conjunto, estas acciones podrían replicar éxitos documentados en otras comunidades y adaptarlos al contexto específico de cada territorio.

4. Conclusiones

El análisis de correlación de Pearson reveló una relación moderada entre la población local y la presencia de empresas agropecuarias ($r^* = 0.437$, $p^* < 0.01$) y la población externa ($r^* = 0.564$, $p^* < 0.01$), lo que confirmó su influencia en la ocurrencia de incendios. Asimismo, se observó una asociación positiva entre la percepción de riesgo y la disposición a participar en acciones preventivas ($p = 0.488$, $p^* < 0.01$), así como una correlación significativa entre la opinión sobre participación y la focalización en grupos específicos ($p = 0.602$, $p^* < 0.01$), lo que evidenció la conexión entre conciencia del peligro y compromiso comunitario.

El estudio identificó diferencias de género en la percepción del riesgo: las mujeres mostraron mayor preocupación que los hombres, atribuible a roles sociales y mayor exposición a campañas preventivas, mientras que la familiaridad masculina con prácticas agropecuarias que normalizan el uso del fuego explicó su menor percepción de peligro. Entre los factores antropogénicos más relevantes destacaron las quemas agropecuarias descontroladas, la negligencia de fumadores y el manejo inseguro de colmenas, todos vinculados a la presencia de población externa y actividades económicas locales. Temporalmente, la mayoría de los encuestados reconoció la temporada de sequía como el período de mayor riesgo, en concordancia con los registros climáticos.

En el ámbito institucional, el Cuerpo de Guardabosques y la Empresa Forestal surgieron como las entidades más confiables. No obstante, se detectó una brecha en participación ciudadana asociada a la falta de información, lo que subrayó la necesidad de mejorar estrategias de comunicación mediante canales accesibles, como visitas puerta a puerta y difusión radial, adaptadas a un perfil sociodemográfico con educación media-baja.

El análisis de comparaciones múltiples (DMS) mostró diferencias significativas entre los niveles de percepción alta y media ($p^* = 0.029$), mientras que el grupo con baja percepción subestimó consistentemente el riesgo ($p^* = 0.527$ vs. media; $p^* = 0.747$ vs. alta), lo que exigió intervenciones diferenciadas. Estos hallazgos coincidieron con estudios internacionales que enfatizaron la importancia de abordar factores culturales y estructurales.

En conclusión, los resultados respaldaron la implementación de estrategias integradas que incorporaran perspectivas de género, regularan prácticas de riesgo con base en evidencia local y fortalecieran la confianza institucional mediante acciones participativas. La articulación de estos ejes, junto con estudios cualitativos sobre las disparidades en percepción, podría traducir la conciencia del riesgo en acciones efectivas para reducir la vulnerabilidad ante incendios forestales en contextos rurales.

5. Recomendaciones

Para garantizar una educación efectiva y prevención de incendios rurales en la población, se proponen las siguientes acciones estratégicas:

- Intensificar campañas de difusión, con especial énfasis en la radio por su alcance en zonas rurales, que se complementen con visitas puerta a puerta para lograr un abordaje personalizado. Responsables: Órganos Locales del Poder Popular, Instituto de Información y Comunicación Social y Defensa Civil.
- Elaborar programas comunitarios en el Consejo Popular “Molina”, mediante talleres, simulacros y material divulgativo que se adapte al contexto. Responsables: Cuerpo de Guardabosques, Empresa Forestal, AZCUBA, CITMA y Cruz Roja.
- Promover el uso seguro del fuego y alertar sobre prácticas negligentes, mediante spots radiales y campañas que adviertan sobre riesgos como colillas encendidas, quemas no controladas y caza furtiva. Paralelamente, se deben fomentar técnicas agrícolas seguras y alternativas al uso del

- fuego, con apoyo de autoridades locales para vigilancia y medidas correctivas. Responsables: Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil y organizaciones de masas.
- Socializar el rol de empresas como la Empresa Cañera y Ganadera en prevención, mitigación y recuperación e incluir la transparencia de protocolos y colaboración con comunidades. Responsables: Delegación de Agricultura y asociaciones campesinas.
 - Realizar talleres participativos de Análisis de Vulnerabilidades y Capacidades (AVC), que involucren a líderes locales y habitantes en la identificación de riesgos y diseño de soluciones. Responsables: Voluntariado de la Cruz Roja a nivel provincial.
 - Focalizar campañas en jóvenes y adultos (18-59 años) e integrar a familias mediante talleres prácticos y brigadas de prevención, con apoyo de emisoras radiales comunitarias. Responsables: CITMA, Facultades de Ciencias Sociales (Universidad de Pinar del Río) y líderes comunitarios.
 - Impartir charlas educativas en escuelas y espacios públicos que aborden primeros auxilios y técnicas básicas de extinción de incendios, con demostraciones prácticas. Responsables: Cuerpo de Guardabosques y Cruz Roja.
 - Difundir el estudio de percepción de riesgo del Instituto de Geofísica y Astronomía para ajustar estrategias de comunicación que se basen en datos comunitarios. Responsables: Cuerpo de Guardabosques y Grupo de Evaluación de Riesgos.

Agradecimientos

Al personal del Cuerpo de Guardabosques por su invaluable colaboración durante la aplicación de las encuestas, base fundamental del estudio.

De manera especial, se destaca la contribución del DrC. Ing. Nelson Paula Acosta, cuya asesoría experta y orientación estratégica enriquecieron sustancialmente los resultados de la investigación. Su apoyo en el área de las matemáticas y la digitalización de los datos evidenció un compromiso excepcional.

Destacamos el esfuerzo del equipo de trabajo de apoyo en la mapificación y digitalización de los datos: Lic. Brigitte Pileta Durán y las técnicas Marielena Fiffe Cabrejas y Lázara Cordero Pérez, quienes facilitaron el análisis e interpretación de la herramienta de investigación aplicada bajo el liderazgo del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA)

A todos los colegas e instituciones que, de manera directa o indirecta, hicieron posible la culminación de este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Altamirano, D. J., y Ordóñez Bernal, M. Á. (2021). *Percepción y vulnerabilidad social por incendios forestales por las comunidades de un sector de transición urbano – rural de los cerros del municipio de Cali, Valle del Cauca*. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3228>
- Andrade, N., Couto, F. T., y Serra, J. (2023). Assessing Fire Risk Perception in the Vale do Guadiana Natural Park, Portugal. *Fire*, 6(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/fire6060243>
- Benito, E., Varela, M. E., y Rodríguez-Alleres, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en Galicia. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(2), 353-370. <https://doi.org/10.18172/cig.2502>
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., y Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538. <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-la-encuesta-como-tecnica-investigacion--13047738>
- Chan, E. Y. Y., Lam, H. C. Y., Chung, P. P. W., Huang, Z., Yung, T. K. C., Ling, K. W. K., Chan, G. K. W., y Chiu, C. P. (2018). Risk Perception and Knowledge in Fire Risk Reduction in a Dong

- Minority Rural Village in China: A Health-EDRM Education Intervention Study. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0181-x>
- Deny Extremera San Martín y Edilberto Carmona Tamayo. (2023, marzo 3). *Cuba en datos: Incendios forestales, clima y acción humana - Cubadebate*. Cubadebate - Cubadebate, Por la Verdad y las Ideas. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2023/03/03/cuba-en-datos-incendios-forestales-clima-y-accion-humana/>
- Fernández Bereau, V. B., López Rodríguez del Rey, M. M., y Gómez Brito, R. (2023). Estudio de las percepciones sociales sobre los incendios en áreas rurales en las comunidades cienfuegueras. *Universidad y Sociedad*, 15(S3), Article S3. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4294>
- Gordón-Mendoza, R., y Camargo-Buitargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>
- Hernández Sampieri, R., y Fernández-Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Núñez Moreno Lilia, Espina Prieto Mayra Paula, Martín Lucy, Vega Laritza, Rodríguez Adrian, y Sierra Gisela Ángel. (2008). *Perspectiva metodológica en las percepciones socioambientales*. Caminos, Perteneciente al Centro Memorial Martin Luther King.
- Oficina Nacional de Estadísticas en información (ONEI). (2017). *CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDAS, 2012 Nomenclador nacional de asentamientos humanos Provincia Pinar del Río. Edición 2017* [Dataset]. <http://www.onei.cu>
- Oliver, J., Dalmau-Rovira, F., Molina Terrén, D., Bonet, E., Quinto Peris, F., Peris, E., Rodríguez, L., Negre, M., Boyer, R., y Rovira, J. (2022). *8CFE-142—Caracterización de la percepción social del riesgo ante incendios forestales en zonas de Interfaz Urbano-Forestal de la Comunitat Valenciana* (p. 142).
- Shavit, T., Shahrabani, S., Benzion, U., y Rosenboim, M. (2013). The effect of a forest fire disaster on emotions and perceptions of risk: A field study after the Carmel fire. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.07.018>

Sobre los autores:

MSc. Elizabet Godefroy Núñez: Máster en Estudios de Población; Licenciada en Sociología, Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cuba, egodefroy2010@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1380-8055

MSc. Madelín Delisle Goite: Coordinadora Nacional del Estudio de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo por Incendios en Áreas Rurales y Forestales. Instituto de Geofísica –Astronomía- Agencia de Medio Ambiente, Cuba. Profesora Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Agronomía, Email: madelindelisle@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-7948-144X

Propuesta de términos del griego y latín antiguo para la taxonomía de grutas y cuevas kársticas de Cuba (Taxonomía de Cuevas)

Efrén Jaimez-Salgado ^{(1*)(2)}, Divaldo Antonio Gutiérrez-Calvache ⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Geofísica y Astronomía, Dpto. de Geofísica y Geología Ambiental, Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, municipio La Lisa, La Habana, Cuba, CP. 11600.

⁽²⁾ Sociedad Espeleológica de Cuba, 9na, esquina a 84, municipio Playa, La Habana, CUBA.

^(*) E-mail: ejaimetz@iga.cu; jaimezefren@gmail.com

Recibido: 7/1/2025	Aceptado: 19/2/2025
--------------------	---------------------

Resumen.

El presente artículo, tiene como objetivo presentar una propuesta de generalización de un grupo de términos derivados del griego y del latín antiguo como regla para una taxonomía científica de las cuevas de Cuba, más acorde con tendencias similares que se usan de manera exclusiva, en el caso de las “cuevas hipogénicas”, aplicable a otras regiones del mundo con karst tropical, cuya sistemática, está basada en una combinación de factores y procesos externos, con factores y procesos internos de la evolución del relieve kárstico. Se partió del método histórico – lógico de trabajos anteriores sobre sistemática genética de cuevas y cavernas cubanas, así como la comparación de patrones morfogenéticos de cuevas visitadas durante los trabajos de campo (método expedicionario) realizados en todas las provincias del país. Se proponen dos grupos y cinco subgrupos de cavidades atendiendo al papel de la geología (tectónica y estructura geológica) y cinco tipos con diecisiete subtipos genéticos determinados por el modelaje de las aguas subterráneas. Por primera vez para Cuba, se proponen dos unidades taxonómicas contentivas del papel de la geología, como base condicionante para el desarrollo posterior del karst subterráneo. Se incluyen dos subtipos de cavidades, atendiendo al papel influyente de los procesos hipokársticos, en algunos tipos genéticos preexistentes de cavidades del epikarst cubano.

Palabras clave: tectónica, subtipos genéticos, hipokársticos, epikarst.

Proposed of Greek and ancient Latin terms for taxonomy of karstic caves and grottoes in Cuba (*Cave taxonomy*)

Abstract.

The purpose of this article is to present a proposal for the generalization of some group of terms derived from Greek and Ancient Latin, as a rule for a scientific taxonomy for the Cuban caves, more in line with similar trends used exclusively in the case of hypogene caves, applicable to other regions with tropical karst on the world, whose systematic is based in combination between external and internal factors and processes of the karstic relief evolution. The historical – logical method from previous papers on genetic systematics of the Cuban caves and caverns was used, as well as the comparison of morphogenetic patterns from caves visited during field work (expeditionary method) carried out in all of provinces of the country. Two groups and five subgroups of cavities according to the geology (tectonic and geological structure) and five types with seventeen subtypes, are proposed. For the first time for Cuba, two taxonomical units containing the role of geology as a conditioning basis for development of subterranean karst are proposed. Two new subtypes of cavities in consideration with the influence of hypokarstic processes into some of the genetic types pre-existing cavities from the Cuban epikarst are included.

Keywords: tectonic, genetic subtypes, hypokarstic, epikarst.

1. Introducción

En los últimos años, ha cobrado auge en Cuba (y en general en el estudio del carso mundial), la identificación y clasificación de formas hipogénicas en numerosas espeluncas, diferentes por su origen, de otras cuevas formadas en el modelo tradicional de epikarst. En Cuba, Molerio León (2004) se refirió a este proceso, a partir de la corrosión acelerada de las calizas por vapores derivados de yacimientos gaso-petrolíferos profundos en varias localidades con carso costero, en la zona costera norte de la provincia de Mayabeque. Igualmente, Otero Collazo y Molerio (2022), Otero Collazo, González, Chávez y Alonso (2023), coincidieron con el papel de procesos hipogenéticos en algunas espeluncas cubanas costeras, particularmente manifiestos en la caverna de las Cinco Cuevas, cercana al pueblo pesquero de Boca de Jaruco, municipio Santa Cruz del Norte, provincia de Mayabeque.

El mero hecho de clasificar genéticamente algunas cuevas, bajo el tecnicismo de “hipogénicas” (formadas dentro de los procesos del hipokarst), lanza de golpe a la idea, de la conveniencia de generalizar el uso de términos técnicos para la sistemática de las cavidades y espeluncas kársticas (tal y como se hace en el caso de las cavidades hipogénicas), en lugar de continuar con el uso tradicional en idioma castellano, en pos de una taxonomía genética más seria de las cuevas. Así como en la taxonomía biológica se utilizan términos devenidos del griego y del latín antiguo, tal y como se hace también en la taxonomía mundial de suelos y en la sistemática biológica. En este artículo, los autores consideran oportuno generalizar esta propuesta para todas las cavidades del modelo genético del epikarst cubano, e incluso, para otras cavidades no kársticas (pseudokársticas).

En tal sentido, el objetivo de este artículo es presentar una propuesta concreta de generalización de términos derivados del griego o del latín antiguo, para una taxonomía científica moderna más acorde con tendencias similares que se usan actualmente de manera exclusiva, para las “cuevas hipogénicas”, la cual estaría más en sintonía, con el criterio de una sistemática más seria desde el punto de vista taxonómico, en el caso de grutas, cuevas, y cavernas epikársticas, generalizable también a grutas y espeluncas de naturaleza pseudokárstica. Asimismo, por vez primera para Cuba, se proponen en esta nueva taxonomía, dos grupos y cinco subgrupos de cavidades kársticas, definidas sus tasas de acuerdo al papel de la geología (tectónica y estructura geológica), como condicionante de partida, para el posterior modelaje a expensas de las aguas subterráneas.

2. Materiales y Métodos

El trabajo partió de una amplia revisión bibliográfica sobre la sistemática genética de las cuevas de Cuba, que tiene sus raíces en fechas tan tempranas como 1961, con los trabajos iniciales publicados por Núñez Jiménez (Núñez Jiménez, 1961, 1967) y más tarde, una tipología hidrogeológica y geomorfológica presentada por Molerio León (1975), retomada por Acevedo González (1979, 1980); en una segunda etapa de esta línea investigativa, el manual básico de Espeleología de Núñez Jiménez et al (1984) y una tercera etapa, por los estudios espeleogenéticos con este enfoque de uso de términos del griego y latín antiguo (Jaimez Salgado y Gutiérrez Calvache, 1993, 2000, 2018, 2025). Por lo que pudiera decirse, que el método histórico – lógico, es la base de partida de esta nueva contribución, que reaparece esta vez bajo un enfoque sistémico un poco más complejo, desde el punto de vista de su fraseología, al introducir una taxonomía de cuevas en lenguaje derivado del griego y del latín antiguo, en lugar de usar viejos términos del castellano.

Asimismo, se utiliza el método comparativo, a partir de la repetición o no, de patrones morfológicos y morfogenéticos presentes en las cavidades kársticas de toda Cuba, tales como la presencia de scallops y pérgeolas con cantos y cascajos en cuevas *reogenas*, y en menor grado en las *subreogenas*, formas circulares y secciones transversales lobuladas en grandes salones en cavidades *piezogenas*, morfología en secciones de husos (fusiformes) y desarrollo vertical o fuertemente inclinado en cuevas *gravitogenas*, o la presencia de antiguos voladizos de marea remanentes a un lado de bocas al pie de acantilados fósiles, en el caso de las grutas marinas o de oleaje (abrasivogenas). Una buena parte de todos estos tipos genéticos y sus subtipos derivados, han sido estudiados “in situ” por los autores, en todas las provincias y regiones kársticas de Cuba (método de campo o método expedicionario).

3. Resultados y Discusión

En los últimos años, ha cobrado fuerte auge el paradigma de la presencia de procesos de cavernamiento hipogénéticos, en el interior de cavidades del epikarst de Cuba. Molerio León (2004) se refirió a estos procesos, a partir de la corrosión acelerada de las calizas por vapores emigrantes derivados de yacimientos gaso - petrolíferos profundos. Más recientemente, Otero Collazo y Molerio (2022), Otero Collazo, González, Chávez y Alonso (2023), han identificado que la caverna de las Cinco Cuevas, Boca de Jaruco, municipio Santa Cruz del Norte, es con certeza “una forma kárstica originada por procesos mixtos (epigenéticos - hipogénéticos), debido a la mezcla de aguas en las antiguas interfaces de agua dulce – agua salada y también localmente, por procesos asociados a la migración de gases desde la profundidad” (Otero Collazo et al, 2023). Asimismo, Otero y Molerio (2022) agregan, “que las evidencias de corrosión hipogénica, se muestra en muchos sectores de la cueva, así como en los procesos reconstructivos en los niveles superiores que, en general, están inactivos o permanecen inactivos durante gran parte del año”, con lo cual coinciden los autores de esta contribución.

A la luz de las nuevas investigaciones, no hay dudas de que muchas espeluncas preexistentes en el epikarst de Cuba, han sufrido por lo menos temporal y localmente, procesos de redisolución de sus formaciones primarias y secundarias, por vía hipogénica, lo cual debe estar relacionado con vapores ácidos ascendentes, derivados bien de yacimientos de hidrocarburos que volatilizan H_2S y ocasionalmente H_2SO_4 (con pH muy ácidos), así como vapores relacionados con la actividad hidrotermal. Sin embargo, como bien señalan dichos autores, el hecho de que sectores específicos de la caverna de Cinco Cuevas muestren evidencias morfológicas de redisolución hipogénica, no significa que ésta y otras espeluncas parecidas, desarrolladas en las llanuras kársticas de Cuba, tengan un origen primario u origen de partida (espeleogénesis parental), enteramente derivada de los procesos hipokársticos. La base espeleogénica de partida u origen primario de estas cuevas, como en el caso de las Cinco Cuevas y otras, es piezogená (también llamadas cuevas “freáticas”, de acuerdo con Núñez Jiménez et al, 1984). La base de este razonamiento a su vez, surge del hecho ineludible de que tanto las Cinco Cuevas como otras similares, muestran sectores juveniles en pleno proceso actual de espeleogénesis a nivel freático (nivel piezométrico), por lo que los procesos genéticos actuales, pudieran ser una evidencia reveladora de cómo fueron los mismos, en el pasado. El célebre geólogo inglés James Hutton (1795), sentenció en su Ley del Actualismo, “*el presente, es la clave del pasado*”. Este paradigma de la Geología Histórica, pone en evidencia que numerosas cuevas abiertas en el carso costero en las llanuras kársticas interiores de toda Cuba, se han estado formando lenta y gradualmente, por procesos de disolución según desplazamiento del nivel piezométrico o “nivel freático”.

La caverna de las Cinco Cuevas, muestra claramente un pequeño afloramiento del nivel piezométrico en el sector más joven y profundo de la espelunca, que de acuerdo con la Ley de Hutton, es la clave del proceso espeleogénico de base o de partida, en esta irregular y algo laberíntica caverna, en la cual han ocurrido por supuesto (y en esto coincidimos), episodios posteriores al origen piezogená, de redisolución hipogénica, con un carácter secundario en la escala espacio - temporal, que es piezogénico (mal llamado freático, puesto que el verdadero freatismo es de régimen libre en la zona saturada en lugar de confinado, como mayormente ocurre en las calizas). En este sentido, es totalmente acertado entonces, definir un nuevo subtipo de cavidades kársticas en nuestra propuesta taxonómica, referente a todas las espeluncas con base genética de partida (parental) de tipo piezogená o mal llamadas “freáticas”, y con una posterior influencia de los procesos corrosivos de naturaleza hipogénica, como subtipo genético “piezohipogénicas” o cuevas *piezohipogénicas*.

Otro caso en el que a juicio de los autores, parece haber una fuerte influencia secundaria de los procesos hipokársticos, lo constituye el denominado “Hoyo de Morlotte”, imponente amplia sima de sección cilíndrica, ubicada en una terraza alta, de la Meseta de Cabo Cruz, provincia de Granma. Se trata de una sima de morfología cilíndrica, de 77 metros de vertical absoluta y 55 metros de diámetro en su parte superior, cuyo origen vadoso (gravitogénico), debe haber sido magnificado por los procesos hipokársticos. Llegado este punto es necesario decir, que hasta el momento no han sido halladas cuevas hipogénicas puras en Cuba

(presentes en otras latitudes), lo que no significa necesariamente que no existan, pero por lo pronto, la hipogénesis kárstica en Cuba, hay que verla como una variante o subtipo en las cavidades, dentro de otros tipos con base genética o de partida, en el modelo de epikarst, como las que se describen en párrafos anteriores.

Algunos autores han interpretado el origen y evolución del hoyo de Morlotte, como un antiguo blue hole emergido (Barceló Carol et al, 1985; Gutiérrez Domech et al, 2020), lo cual nos parece alejado de la realidad. Las razones por las cuales no compartimos este punto de vista son dos: por sus dimensiones y forma, el hoyo o sima de Morlotte es una formación única en la localidad, cuando los blue holes actuales en el archipiélago de Bahamas o en el Mar Caribe, no están solos, sino que tienen “compañeros” y en ocasiones, verdaderos sistemas cavernarios submarinos, de este tipo de espeluncas, denominadas “cuevas azules”, por el contraste de color azul de sus dolinas de acceso a las galerías inundadas, con el verde más claro de la plataforma. No hay más que un hoyo con estas dimensiones colosales y esta morfología en la Meseta de Cabo Cruz y Parque Nacional Desembarco del Granma. La segunda razón, es porque los sistemas de hoyos azules de Bahamas y El Caribe, tienen siempre asociados como ya se dijo, todo un sistema de galerías horizontales submarinas y esto, tampoco ocurre en el caso del Hoyo de Morlotte. A juicio de los autores, el Hoyo de Morlotte se ha formado como resultado de una combinación de sima de origen gravito-hipogénica en lo profundo, con una dolina kárstica de disolución – desplome en superficie, otro ejemplo de procesos *epi-hipokársticos* para Cuba, lo cual encaja con su morfología cilíndrica y sus colosales dimensiones. Resumiendo, a juicio de los autores de esta contribución, la sima de Morlotte es un ejemplo de cavidades de tipo gravitogenas, de un subtipo que implica una fuerte influencia post-gravitogénica, de los procesos hipogénicos (o sea, hablaremos aquí de un subtipo de cavidades *gravitohipogenicas*). Los principales rasgos morfológicos de una intervención de naturaleza hipogénica en las espeluncas, de acuerdo con Klimchouk (2013, 2019), son:

- Outlet cupolas (cúpulas de salida)
- Spherical cupolas (cúpulas esféricas)
- Ceiling channel “half – tubes” (Canales de techo tipo “tubos – medios”)
- Blind cupolas (Cúpulas ciegas)
- Rising domepit (hoyos de pendientes en subidas con forma de domo)
- Slot-like feeder (ranuras alimentadoras de vapores en el suelo o sustrato de las cuevas afectadas)

Y agregarían los autores, el conocido caso del “Hoyo de Morlotte”, simas profundas con secciones muy cilíndricas, a esta larga lista de rasgos morfológicos hipogénicos. La imagen que se muestra en la Fig. 1, ofrece una panorámica más acabada, del diseño espeleomorfológico en formaciones primarias, vinculadas con la corrosión hipogénica en cavernas.

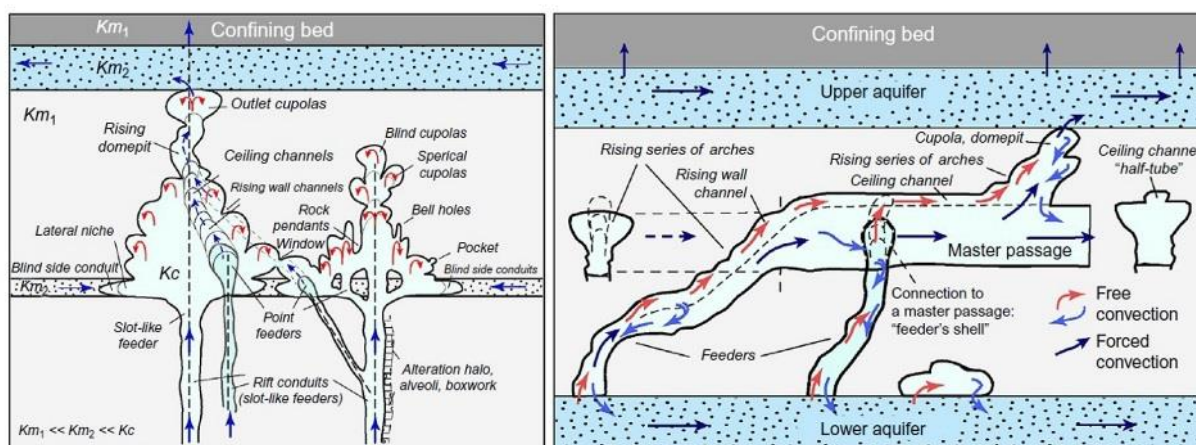


Fig. 1. Formas primarias y rasgos morfológicos hipogénicos en las cuevas, según Klimchouk (2013).

De forma sumaria, se presenta por los autores en la Tabla I, un listado de taxones de cuevas y su acepción, a partir de los términos propuestos del griego y del latín antiguo, los cuales definen tipos y subtipos de cavidades kársticas, de acuerdo al papel morfo-modelador de las aguas subterráneas en Cuba.

Tabla I. Tipos genéticos de cavidades kársticas, de acuerdo a la propuesta taxonómica de los autores.

No.	Tipo	Descripción morfológica
1	Reogenas	Fluviales de las alturas y montañas kársticas en rocas muy duras, micríticas, criptocristalinas
2	Gravitogenas	Todas las cavidades formadas en la zona de aireación o zona vadosa
3	Piezogenas	Todas las cavidades formadas en el nivel piezométrico, o nivel freático
4	Subreogenas	Sólo las cuevas fluviales formadas en las llanuras kársticas de Cuba
5	Abrasivogenas	Todas las cuevas marinas, formadas por oleaje actual o pretérito, en acantilados costeros

Fuente: original de los autores, 2025.

Como se aprecia en la Tabla, para las cuevas y cavernas de origen fluvial en el karst de alturas y montañas, en lugar de “fluviogenas” (del latín *fluvius* que significa río), como era de esperarse, se propone en esta contribución el término “reogenas” (del griego *rheos*, que significa corriente y del latín *gena*, que significa engendro u origen), término tomado y adaptado de Gams (1965), el cual lo utiliza para identificar una de las formas de corrosión acelerada. La razón de la propuesta de cuevas *reogenas* y no *fluviogenas*, para todas las espeluncas formadas por ríos en el carso de alturas y de montañas de Cuba, deriva justamente del hecho, de que la espeleogénesis fluvial en condiciones orográficas, presupone necesariamente un proceso de corrosión acelerada, debido al incremento en la energía potencial gravitatoria, dado el levantamiento tectónico y neotectónico del karst en este tipo de relieve.

Por extensión, para las cuevas fluviales, formadas por ríos o arroyos, pero en condiciones de llanuras cársicas, sin levantamientos tectónicos, se propone el uso del término “subreogenas”, del latín “sub” que significa “por debajo” de las espeluncas *reogenas*. De igual modo, se propone el término de cavidad “gravitogena” (del latín “gravis”: que pesa o gravita), para todas las cavidades formadas por el flujo gravitacional o vadoso, asimismo, el término “piezogenas” (del griego “piezo”, que significa comprimir; capa y nivel piezométrico en zona saturada de las aguas subterráneas, muchas veces identificado con el nivel freático). Es decir, quedan implícitas dentro del tipo de cavidades *piezogenas*, todas las cuevas formadas a lo largo del nivel piezométrico con verdadero freatismo o sin éste. Finalmente, el tipo de cueva, gruta o abrigo, formadas por impacto del oleaje en los acantilados costeros, se propone la adaptación del término abrasivas (del latín “abrasio”), insertándole el sufijo *gena*, para mantener la unidad sintáctica-nominal del conjunto de propuestas, en esta sistemática taxonómica. La tabla siguiente, ofrece una síntesis de los subtipos de cuevas según su origen por modelaje de las aguas subterráneas, derivadas de los tipos genéticos anteriores.

Tabla II. Subtipos genéticos derivados de los tipos de cavidades kársticas, según los autores.

No.	Subtipo	Descripción morfológica
1	Eureogenas	Buenas reogenas, cuevas fluviales horizontales, de alturas y montañas de toda Cuba
2	Reogravitogenas	Reogenas de trayectoria escalonada, con saltos o cascadas en las cuevas activas
3	Parareogenas	Reogenas de minado lateral, con trayectorias casi paralelas a la falda de las elevaciones
4	Eugravitogenas	Típicas cuevas gravitogenas. Cuevas predominantemente verticales (simas), formadas en la zona de aireación o vadosa, generalmente en acuíferos colgados
5	Gravitoreogenas	Formadas en la zona vadosa, pero de trayectorias inclinadas en lugar de verticales
6	Paragravitogenas	Pequeñas cuevas de uno o dos salones, horizontales o ligeramente inclinadas en la parte posterior de sus bóvedas, con una o más bocas abiertas al pie de escarpas, en exteriores
7	Ortogravitogenas	Gravitogenas de morfología enrejada en la planta y secciones transversales con morfología de cañones o gargantas altas y estrechas
8	Gravitohipogenas	Gravitogenas verticales, cilíndricas, muy amplias, con fuerte influencia hipogénica

9	Eupiezogenas	Típicas piezogenas, formadas por coalescencia de serie de salones de plantas circulares, formados por la ampliación vadosa en pequeños cruceros de litoclasas y poca participación de diaclasas, como soluciones de continuidad
10	Piezoreogenas	Piezogenas con intervención actual o pretérita de ríos subterráneos (Ej. Cueva Clarita, parte sur del carso costero del norte de la provincia de Matanzas)
11	Parapiezogenas	Piezogenas de planta elíptica con salones alargados, con mayor participación de diaclasas y leptoclasas tectónicas que en las cuevas del subtipo eupiezogenas
12	Ortopiezogenas	Piezogenas de salones alargados y galerías laberínticas con aspecto a veces enrejado, a veces filamentosos, con control manifiesto de sistemas de leptoclasas tectónicas
13	Heteropiezogenas	Piezogenas laberínticas diferentes a las ortopiezogenas, por una aparente ausencia de diaclasas y del control de grietas en el sistema espacial, en realidad enmascaradas
14	Hiperpiezogenas	Del griego “hiper”: muy piezogenas, alargadas, laberínticas, de muy bajo puntal de la sección transversal, por un poco o muy poca redisolución vadosa
15	Piezohipogenas	Cuevas piezogenas algo laberínticas, con fuerte influencia hipogénica visible en la morfología de techos y paredes, de acuerdo con la descripción de Klimchouk (2013)
16	Piezoabrasivogenas	Piezogenas con abertura a un acantilado de marea actual o pretérito, abierto por oleaje
17	Euabrasivogenas	Buenas abrasivogenas. Cuevas, grutas, abrigos rocosos de oleaje, actuales o pretéritos

Fuente: original de los autores, 2025.

Como se aprecia en la Tabla II, un total de hasta 17 subtipos de cavidades, derivados de los cinco tipos genéticos, se proponen en esta nueva sistemática taxonómica. Los subtipos constituyen en unos casos, la expresión de rasgos morfogenéticos específicos, o como variantes de los tipos, o la combinación de procesos y tipos, en otros. Así por ejemplo, todos los subtipos con el prefijo “Eu” (del griego “bien, bueno”), se utilizarán para los subtipos “típicos” (eureogenas, eugravitogenas, eupiezogenas, etc), en tanto subtipos como *reogravitogenas* y *gravitoreogenas*, constituyen combinaciones de los tipos correspondientes (reogenas y gravitogenas). El subtipo *parareogenas*, se refiere a cuevas fluviales de minado lateral (Molerio León, 1975; Acevedo González, 1979, 1980; Núñez Jiménez et al, 1984). Asimismo, en este nivel taxonómico se proponen dos subtipos genéticos que identifican el papel de los procesos del hipokarst, como influencia superpuesta al proceso espeleogenético principal del epikarst. Son los casos de los subtipos “gravitohipogenas” (en el ejemplo del conocido “Hoyo de Morlotte” (Fig. 2) y el subtipo “piezohipogenas” (en el caso de la caverna de las Cinco Cuevas, Boca de Jaruco, municipio Santa Cruz del Norte, provincia de Mayabeque, región occidental de Cuba).



Fig. 2. Imagen a contraluz, del gigantesco pozo casi cilíndrico del hoyo de Morlotte, impresionante sima de 55 m, de diámetro por 77 m, de profundidad, en lo alto de la Meseta de Cabo Cruz, provincia de Granma, región oriental de Cuba. Subtipo genético de cavidades “gravitohipogenas”. (Foto por cortesía de Raudel del Llano, 2015).

En un nivel jerárquico superior a los tipos y subtipos de cavidades kársticas referidos en las tablas I y II, pueden ser reunidas las cavidades, formando parte de dos grandes grupos y cinco subgrupos derivados de cavidades, atendiendo al papel de la tectónica y de la estructura geológica como factor morfológico activo, una condicionante en última instancia para el origen y los tipos devenidos del factor clima, este último, expresado en el modelaje de las aguas kársticas subterráneas.

Tabla III. Propuesta de los grupos y subgrupos de cavidades atendiendo al papel acondicionador de la tectónica.

Grupo	Subgrupo	Principales características	Ejemplos
Tectónicas (grupo de cavidades en las cuatro regiones montañosas de Cuba)	Eutectónicas	Amplio control de diaclasas y fallas y poco o muy poco de las capas o estratos de calizas, muy compactas, micríticas o criptocristalinas	Sistema cavernario de Santo Tomás, caverna de Farallones de Moa
	Semitectónicas	Con un mayor control de los estratos; o la presencia combinada de las capas y las diaclasas tectónicas, igualmente en calizas duras	Cueva Menéndez, sierra de los Órganos; cueva de las Mercedes, sierra de Cubitas
Subtectónicas (grupo de cavidades en alturas kársticas de toda Cuba, así como en el carso litoral, carso de llanuras marinas y	Eusubtectónicas	Buen control de leptoclasas, en las alturas cársicas y en el carso litoral de terrazas marinas, en calizas suaves	Sistema cavernario de Bellamar, Matanzas; Cueva de la Patana, Maisí, Guantánamo
	Criptectónicas	Sin control tectónico <u>aparente</u> de las galerías; ausencia <u>casi total</u> de soluciones de	Sistema subterráneo de Caguanes, Sancti -

en los cayos de calizas (Cayos de Piedra, Bahía de Buenavista, S. Spíritus)		continuidad, formadas en biocalcarenitas suaves	Spíritus; cuevas de Guara, Mayabeque
	Miotectónicas	Control menos marcado de leptoclasas y mayor de las capas. Cuevas de las llanuras marinas cársicas interiores de toda Cuba	Cuevas de Aston, en Artemisa; gran caverna de Santa Catalina, en Carboneras, Matanzas

Fuente: original de los autores, 2025

Como se aprecia en la Tabla III, la tectónica como factor activo formador del relieve (del griego “Tektonikos”, referente a la construcción y la estructura), tiene a su vez una estrecha relación “causa – efecto”, con el papel de la estructura geológica, como condicionante del sistema espacial o de orientación y desarrollo de salones y galerías. La tectónica y la estructura geológica derivada, no pueden entenderse como factores formadores de cavernas en sí mismos, pero sí como factores endógenos que en última instancia, determinan el tipo e intensidad de la carsogénesis superficial y subterránea y en consecuencia, la distribución geográfica de grupos y subgrupos de cavidades (regionalización del endokarst tropical de Cuba). Así tendremos como cuevas *eutectónicas* (buenas tectónicas), al subgrupo de cavidades kársticas formadas en rocas muy compactas, criptocristalinas, de edad mesozoica en Cuba Occidental y del Oligoceno al Eoceno medio en Cuba Oriental, con amplio control diaclasas y fallas tectónicas y poco o ningún control de las capas o estratos, generalmente masivos. Las cuevas *semitectónicas*, (del latín *semi* o mitad), son aquellas que comparten por igual, el papel controlador de diaclasas y de planos de contacto de los estratos, aun formadas también en rocas muy duras o compactas, criptocristalinas, igualmente de edad mesozoica en Cuba Occidental y del Oligoceno al Eoceno medio en Cuba Oriental. Por su parte, las cuevas *eusubtectónicas*, constituyen un subgrupo de cavidades con poco control de diaclasas y leptoclasas tectónicas, formadas en una geología de calizas suaves, pudiéndose hallar en las terrazas marinas emergidas y en las alturas cársicas de la cobertura neoa autóctona de Cuba (con horizonte geológico que va desde el Mioceno al Cuaternario).

En similar litología a la anterior, hallaremos cuevas del subgrupo *criptectónicas* (del latín *cripta*: oculto u oculta), lo cual refiere a un pequeño subgrupo de cavidades con aparente ausencia del control por diaclasas o leptoclasas, como soluciones de continuidad (en realidad estas existen, pero están enmascaradas por el abundante desarrollo de espeleotemas y por otras causas estructurales, entre las que se pueden mencionar, la “vecindad geométrica” reducida del corte de las grietas en la profundidad del paquete calcáreo, así como el desarrollo ocasional de algunos salones y galerías, entre estratos discordantes, a veces cruzados, con discordancia angular). Las cuevas de este subgrupo, son a su vez las grandes y también las pequeñas cuevas del subtipo *heteropiezonas* a que se refiere la Tabla II, en algunos casos laberínticas (cueva Grande de Caguanes, cueva de los Chivos, cueva de Humboldt), especialmente en los sectores con menor control estructural de leptoclasas o diaclasas, y más en cambio de la estratigrafía cruzada, con discordancias angulares, antes referida (Fig. 3), pero un patrón morfológico algo parecido, aunque a su vez diferente, es posible encontrarlo en las grandes cuevas del subtipo *ortopiezogenas*, dentro del subgrupo de cavidades que le sigue a continuación, en la Tabla III (Subgrupo miotectónicas).

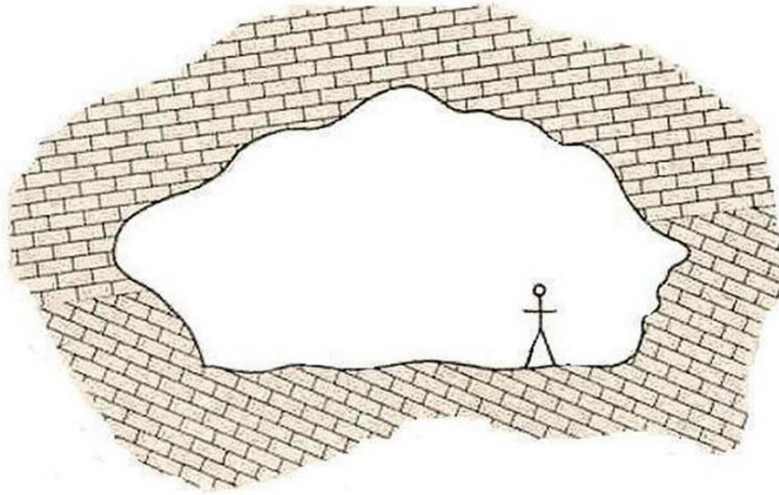


Fig. 3. Dibujo de la sección transversal de un salón de zona laberíntica en la cueva Grande de Caguanes, provincia de Sancti – Spíritus, región Central de Cuba, mostrando discordancia angular de las capas o estratos de areniscas calcáreas de edad miocénica. (**Fuente:** Núñez Jiménez, 1967).

En este caso, la laberinticidad en ocasiones muy alta de las cuevas *ortopiezogenas*, obedece a una compleja combinación de un también muy elevado desarrollo de grandes espeleotemas (especialmente pilastras o columnas), sumado a la existencia de un amplio sistema de leptoclasas paralelas y en menor grado algunas diaclasas, interconectadas lateralmente las unas con las otras, a través de pequeños pasadizos de coalescencia de las galerías paralelas resultantes. A diferencia de los laberintos isotrópicos del subtipo de cuevas *heteropiezogenas*, las grandes *ortopiezogenas*, como la gran caverna de Santa Catalina, cercana al poblado de Carboneras, costa norte de Matanzas, tienen una morfología de salones y galerías filamentosas paralelas, vista en el plano, hora muy alargadas siguiendo la dirección de las grietas (leptoclasas y diaclasas), hora en forma de complicados enrejados, vista la planta en el conjunto de todas sus partes, como resultado de la conexión lateral varias veces repetida, entre muchas de ellas (Fig. 4).

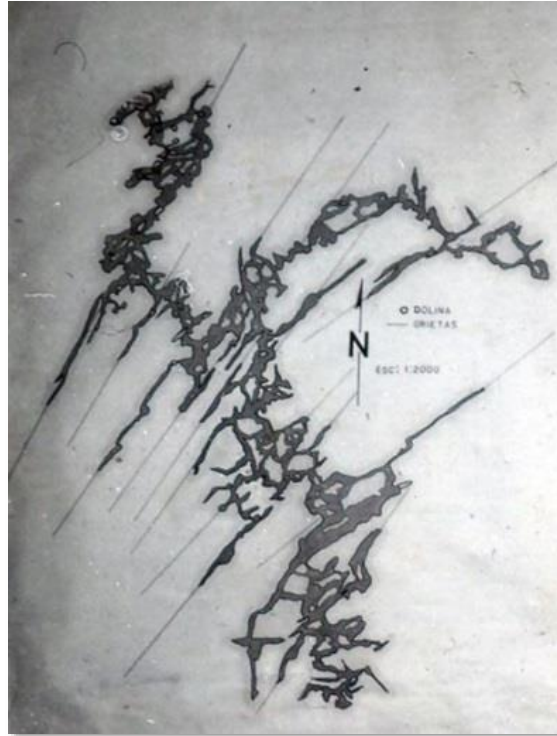


Fig. 4. Laberíntico plano de la gran caverna de Santa Catalina, espelunca *piezogena*, subtipo *ortopiezogena*, subgrupo *miotectónicas*, abierta cerca del poblado de Carboneras, costa norte de Matanzas, mostrando el desarrollo alargado, con aspecto filamentosos de acuerdo al sistema de leptoclasas paralelas y a su vez, sectores con aspecto enrejado (como de rejas o herrumbres), morfología subterránea ésta, que la diferencia estructural y genéticamente, de las grandes cuevas laberínticas de Caguanes, subtipo *heteropiezogenas*, subgrupo de cuevas *criptectónicas*. (Fuente: cortesía del Comité Espeleológico de Matanzas).

Las cuevas del subtipo *ortopiezogenas*, al igual que otras espeluncas del tipo *piezogenas* mucho más simples, se distribuyen dentro del subgrupo regional de cavidades *miotectónicas* (del griego *meion*: significa menos tectónicas), abiertas también en una geología de calizas suaves de edad neógena, pero que aparecen poco o muy poco perturbadas, desde el punto de vista tectónico. Salvo el subtipo *ortopiezogenas* antes comentado, la mayoría de las pequeñas espeluncas de este subgrupo, se han desarrollado bajo un control más marcado de los planos de contacto estratigráficos horizontales, no perturbados y otras grietas litogenéticas (litoclasas), y mucho menos, por control de diaclasas y leptoclasas tectónicas como sucede en Santa Catalina o en la cueva de Florencio, cercana a aquella, todas desarrolladas en bloques tectónicos estables y relativamente tranquilos, en las llanuras cársicas marinas planas o muy planas de toda Cuba (pediplanos cársicos).

A pesar de que el caso de las cavernas *ortopiezogenas*, como Santa Catalina, muestran un desarrollo de sus galerías a lo largo de grietas tectónicas, estas son mayormente leptoclasas alargadas, paralelas, y en mucha menor medida por diaclasas, en tanto nunca por grietas de fallas, a la vez que la estratigrafía horizontal obviamente no ha sido perturbada por el tectonismo, lo que unido a la baja intensidad de los procesos de reactivación neotectónica, la definen inexorablemente como una caverna con control tectónico de grietas, pero como parte del subgrupo de cavidades *miotectónicas*.

Para un uso más completo de la propuesta, los términos técnicos en el caso de los tipos y subtipos de cavidades, podrían ser precedidos convenientemente por los prefijos “neo”, “meso”, y “paleo” (del griego nuevo, medio y antiguo), si se desea agregar el estadio evolutivo, en que se encuentra la cavidad estudiada.

Finalmente, la propuesta podría ser aplicada a otras cavidades no kársticas (cuevas del pseudokarst de Cuba: Mateo Rodríguez, 1981), como las “cuevas” o cavidades que han quedado en los espacios bajo los cabezos coralinos (biogenas), las de espacios entre clastos amontonados por derrumbes (clastogenas), como en la ladera de un mogote en la zona de San Andrés, La Palma, Pinar del Río, o la cueva del Aura, en la falda sur del pico Turquino, sierra Maestra, provincia de Santiago de Cuba; las cuevas en espacios en forma de nichos tras las cornisas de travertina en cascadas (litogenas), como en el salto del río Vegas Grandes, cerca de Topes de Collantes, grupo montañoso de Guamuhaya, provincia de Sancti – Spíritus, o tras el salto del río Manantiales, Soroa, municipio Candelaria, provincia de Artemisa, etc.

Conclusiones.

1. Se propone una sistemática taxonómica para las cavidades cársicas de Cuba, con dos grupos y cinco subgrupos de cuevas, atendiendo al papel de la geología (tectónica y estructura geológica) y cinco tipos con diecisiete subtipos genéticos determinados por el modelaje de las aguas subterráneas; definidas todas sus taxas, a partir de términos del griego y del latín antiguo.
2. Por vez primera para Cuba, aparecen dos unidades taxonómicas contentivas del papel de la geología, como base de partida condicionante, para el desarrollo posterior del karst subterráneo.
3. Quedan definidos en esta propuesta, dos subtipos de cavidades kársticas atendiendo al papel influyente de los procesos del hipokarst, posteriores a los procesos iniciales del epikarst, en el caso específico del subtipo de cuevas *piezohipogenas* y el subtipo de cuevas *gravitohipogenas*.
4. Queda demostrada a partir de la aplicación de la Ley de Hutton (Ley del Actualismo), la inexistencia de cuevas completamente hipogénicas hasta hoy en Cuba, en los casos estudiados, en tanto se evidencia la por el contrario, la existencia de todos los restantes procesos espeleogenéticos conocidos bajo el modelo del epikarst (fluviales, “freáticas”, marinas, vadosas, y combinaciones de éstas, con presencia de dichos procesos activos en los niveles inferiores o juveniles, no así en cambio, la existencia de espeluncas en proceso actual de formación hipogénica.
5. No se descarta sin embargo, la posible aparición a futuro, de otros subtipos genéticos dentro de este nivel taxonómico (es decir, con influencia también de los procesos hipogénicos), o incluso, la posibilidad del hallazgo de cuevas hipogénicas puras (*euhipogenas*), lo cual no ha sido hasta hoy demostrado.

Recomendaciones.

Ampliar esta propuesta taxonómica a otras cavidades kársticas y no kársticas de Cuba y a otras latitudes del karst tropical mundial, como criterio base o de partida, para la aplicación y uso de los términos de la taxonomía científica, basada en el griego y en el latín antiguo.

Agradecimientos.

En primer lugar, a nuestras familias, a las que durante los últimos cuarenta y ocho años, las hemos privado de muchísimo tiempo que les pertenecía, al ocuparlo en numerosas expediciones y trabajos de campo (un agradecimiento especial a Francisco Salgado Alonso, por su asistencia de siempre, y a Marta Calvache Dorado, nuestra primera traductora). Al doctor Antonio Núñez Jiménez (†), pionero de las clasificaciones genéticas de nuestras cuevas y padre - fundador de la Espeleología cubana, por la revisión y recomendaciones personales que ofreció en su momento, para mejorar este trabajo y por haber sido capaz de despertar el interés de explorar y estudiar científicamente nuestras cavernas, en las nuevas generaciones de cubanos espeleólogos. Al investigador Antonio Magaz García, por habernos alentado a publicar este resultado, tras su dedicada revisión del original. A nuestros profesores Julio Díaz García y José Mateo Rodríguez (†), de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, así como al Dr. Gustavo Furrázola Bermudez (†), quienes también lo revisaron. Al Dr. Raúl Flores del Instituto de Geología y Paleontología, quien suministró la base geológica actualizada para el Mapa de Regionalización de las Cuevas Kársticas de Cuba de acuerdo a este sistema taxonómico (inédito). A los espeleólogos Francisco

Fernández Martínez (†) y Mario Domínguez González, por habernos invitado a estudiar con ellos las cuevas de Caguanes y otras de la cayería adyacente. A Pedro Luís Hernández, a Raudel del Llano y a todos los que han colaborado para la publicación de este resultado. A Hilario Carmenate y demás colegas de la Dirección del Comité Espeleológico de Pinar del Río, por el apoyo brindado durante las largas jornadas por las cavernas pinareñas. A los espeleólogos Alexander Carricarte Mesa e Ismael Consuegra Tamayo, que nos acompañaron hasta el otro extremo de Cuba (Punta de Maisí) y a la sierra de Cubitas, Camagüey, durante las expediciones realizadas con este Objetivo. A los miembros del grupo Samá de Sancti – Spíritus, por servirnos de guías por cuevas del Guamuhaya (en especial, a Andrés Romero Emperador (†), Guille y a Madrigal). A los miembros del grupo espeleológico Alejandro de Humboldt, por guiarnos en nuestras visitas con este Objetivo por la Isla de la Juventud (en especial, a Augusto Martínez Zorrilla y a Mario Marín Lozano). A los espeleólogos Roberto Gutiérrez Domech (†), Gabriel García Pulpeiro y Tomás Sánchez, por sus opiniones críticas de la versión original. Al doctor Ercilio Vento Canosa y al Lic. Leonel Pérez Orozco, por habernos servido de guías en la gran caverna de Santa Catalina. A los colegas del grupo espeleológico Félix Rodríguez de la Fuente, del Comité Espeleológico de Matanzas y en particular a Esteban Grau, por invitarnos a aplicar esta propuesta, en cuevas del sistema cavernario de Bellamar. A Roberto Orduñez y a los miembros del grupo espelo-arqueológico Cacique Hatuey de Baracoa, Guantánamo, así como al campesino Nicomede Mosqueda y a todos los “pataneros” que colaboraron en nuestro primer viaje al extremo más oriental de Cuba. A Freddy Cámara García, por su colaboración para la versión en inglés, a Humberto Crespo Álvarez, Jesús Álvarez González y Reinaldo Fleita Ruíz, por su compañerismo incondicional durante tantos años, acompañándonos en muchas de nuestras locuras espeleológicas. A Luís Alberto Delgado Camacho y a Roberto Delgado Camacho (†), a Sixto Manuel Ferro, a Rolando Crespo Díaz, a Jorge Betancourt Benemelis (†), por habernos acompañado por muchas de nuestras locas aventuras por debajo de los mogotes pinareños y en definitiva, a todos los miembros del grupo espeleológico Pedro A. Borrás, de la Sociedad Espeleológica de Cuba, pilar fundamental donde se asienta esta realidad. Sin ellos, no hubiera sido posible este logro; suyos son estos resultados.

Referencias.

- Acevedo González, M. (1979). Tipología hidrogeológica y geomorfológica de las cavidades cársicas hipógeas. *Revista Voluntad Hidráulica* 16 (51), 16 - 22
- Acevedo González, M. (1980). Aplicación de la nueva tipología de las cavidades cársicas. *Simposium XL Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*, La Habana, p – 32
- Barceló Carol, G.; Becerra, M; Nieto, E. (1985). La sima de Morlotte, un “Blue Hole”. *Simposio XLV Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*, La Habana, p – 24.
- Gams, I. (1965). *Types of Accelerated Corrosion. Problems of the speleological research statement*, Praga.
- Gutiérrez Domech, R.; Pantaleón Vento, G; Valdés Mariño, Y; Bernal Rodríguez, L; Corella, J. (2020). Características de algunos geosítios cársicos notables en las provincias orientales. *Comisión de Geología, Geomorfología y Espeleología Física, Congreso Internacional 80 Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*, Caibarién, 15 pp.
- Jaimez Salgado, E. & Gutiérrez Calvache, D. (1993). Nueva Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba (Tipología Geólogo-Geomorfológica con elementos de Regionalización). *Boletín Casimba* 4 (5), 13 – 30
- Jaimez Salgado, E. & Gutiérrez Calvache, D. (2000). Nueva Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba (Tipología Geólogo-Geomorfológica con elementos de Regionalización: Versión 2.2). *IV Congreso de Geología y Minería (CD-Room/Textos/Geología del Cuaternario/210.html)*, La Habana, 9 pp.
- Jaimez Salgado, E.; Gutiérrez Calvache, D; Álvarez González, J. (2018). Cueva hiperpiezogena. Nuevo subtipo genético y espeleológico en la Nueva Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba. Esquema neotectónico evolutivo en el caso de estudio de la cueva de Torrens, municipio Quivicán, provincia de Mayabeque, Cuba. *Boletín del Grupo Tabío, Sociedad Espeleológica de Cuba* (15), 12 – 18

- Jaimez Salgado, E. & Gutiérrez Calvache, D. (2025). Nueva clasificación genética de las cuevas de Cuba (Tipología geólogo – geomorfológica con elementos de regionalización del; karst subterráneo de Cuba, Tercera Versión). *Congreso Internacional 85 Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*. Gibara, 46 pp. En Internet, http://www.gepab-sec.info.gf/?page_id=83
- Klimchouk, A. (2013). Hypogene Speleogenesis. Its Hydrogeological Significance and the Role in Karst Evolution. *DIP. Simferopol*.
- Klimchouk, A. (2019). Speleogenesis – Hypogene (114). *Institute of Geological Sciences of Ukraine*, Kyiv, 15 pp.
- Mateo Rodríguez, J. (1981). *Morfología Cársica*, Edición Universitaria, La Habana, 310 pp.
- Molerio León, L. (1975). Notas para una tipología geo-espeleológica del carso cubano. *Simposium XXXV Aniversario, Sociedad Espeleológica de Cuba*, La Habana, p - 65.
- Molerio León, L. (2004). Procesos de cavernamiento (espeleogénesis) en sistemas hipogénicos. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental XXV* (2), 1–5.
- Molerio León, L. (2023). Tipos de cuevas cubanas y procesos diferenciados de carsificación y cavernamiento. *Revista Gota a Gota* (29): 74 – 88.
- Núñez Jiménez, A. (1961). *20 Años Explorando a Cuba*. Instituto Nacional de Reforma Agraria. La Habana, 79 – 83.
- Núñez Jiménez, A. (1967). *Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba*, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 264 pp.
- Núñez Jiménez, A.; Viña Bayés, N.; Acevedo González, M.; Mateo Rodríguez, J.; Iturralde Vinent, M.; Graña González, A. (1984). *Cuevas y Carsos*, Editora Militar, La Habana, 431 pp.
- Otero Collazo, V. & Molerio León, L. (2022). Condiciones de estabilidad de la dolina y el salón de los Dibujos de Cinco Cuevas, Boca de Jaruco. *Mundo Subterráneo* (7), 42 – 85.
- Otero Collazo, V.; González, A.; Chávez, O.; Alonso, M. (2023). Evidencias de procesos hipogénicos en la caverna de Cinco Cuevas, Boca de Jaruco, Mayabeque, Cuba. *Revista Espelunca, Nueva Época* 1(1): 7 – 20.

Sobre los autores:

Dr.C. Efrén José Jaimez Salgado: Graduado de licenciatura en Geografía, Universidad de la Habana, 1989. Doctor en ciencias geográficas, 2008. Investigador Auxiliar en 2009. Secretario del Consejo Científico del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), en el periodo 2010 – 2013. Profesor Auxiliar de la Universidad de la Habana, 2013. Es uno de los autores de la obra científico – literaria titulada, “Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba” (Instituto de Suelos, 1999) y de “Introducción a los Primates Fósiles de Las Antillas, 120 Años de Paleoprimatología en El Caribe Insular”, publicado en Santo Domingo, en 2007. Ha impartido numerosas conferencias sobre Temas Ambientales, así como de Espeleología y Carsología, Degradación de los Suelos, Meteoritos de Cuba y del Mundo. En marzo de 2019, representó al IGA como experto, en el registro oficial - internacional del meteorito caído en Viñales (Meteoritical Society, Write-Up. MB - 108). Desde 2016 a la fecha, es miembro del Grupo de Dirección del IGA, al frente del Departamento de Geofísica y Geología Ambiental. ORCID: 0009-0003-6899-294X

MSc. Divaldo Antonio Gutiérrez Calvache: Es graduado de obras subterráneas en la especialidad de ingeniería (1985) y Master en Gestión de la Administración, con Mención en Restauración, Universidad de la Habana (2002). Investigador asociado de

varias instituciones cubanas y extranjeras, como el Instituto Cubano de Antropología y el Museo del Hombre Dominicano. Colaborador del Museo Antropológico Montané, de la Universidad de La Habana; de la Fundación Fernando Ortiz y de la Fundación Ignéri Arte y Arqueología, República Dominicana. En la actualidad se desempeña como Presidente de la Sociedad Espeleológica de Cuba (SEC) desde el 2017, además es miembro de organizaciones como el Grupo Cubano de Investigaciones del Arte Rupestre (GCIAR), del cual es su coordinador general; la Asociación Internacional de Arqueología del Caribe (IACA); la Organización Puertorriqueña de Arqueología (OPA); el Colegio Chileno de Arqueología (CCA), la Sociedad Dominicana de Antropología (SODAN) y del Grupo de Trabajo para la Protección del Patrimonio Carsológico de Cuba, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (GTPC-SNAP). Ha publicado más de un centenar de artículos de espeleología, arqueología y paleontología en revistas especializadas de Cuba, República Dominicana, Estados Unidos, Colombia, México, Perú, Argentina, Venezuela, Chile, Reino Unido, Holanda, Alemania, Italia y China, y tiene publicado cuatro libros. Ha organizado y participado en eventos y expediciones internacionales en Cuba, República Dominicana, Chile y Brasil. ORCID: 0000-0001-8575-8491

Consecuencias del impacto de asteroides y cometas con la Tierra y posibles medidas de mitigación

MSc. Francisco González-Veitia

Instituto de Geofísica y Astronomía, Dpto. de Geofísica y Geología Ambiental, Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31,
La Coronela, municipio La Lisa, La Habana, CUBA, CP. 11600. E-mail: francisco@iga.cu

Recibido: 11/10/2024	Aceptado: 19/1/2025
----------------------	---------------------

Resumen

En el presente artículo se analizó el potencial destructivo del impacto de asteroides y cometas con la Tierra, así como sus efectos sobre la vida y el medio ambiente. A través del análisis de bibliografía especializada se particularizó en la descripción de cada efecto perjudicial de los impactos en el caso local, continental y a escala planetaria, definiendo algunas posibles estrategias de mitigación para tratar de evitar esta catástrofe natural o asimilar sus consecuencias. Finalmente se discutió el carácter complejo de los posibles efectos y su interacción combinada dentro del panorama de impacto. Se llegó a la conclusión de que la combinación de tecnología avanzada, cooperación internacional y educación pública será clave para proteger a nuestro planeta de esta amenaza cósmica.

Palabras clave: asteroides, cometas, impactos

Consequences of the impact of asteroids and comets with the Earth and possible mitigation measures.

Abstract

This article analyzes the destructive potential of asteroid and comet impacts with Earth, as well as their effects on life and the environment. Through a review of specialized literature, the article details each harmful impact effect at the local, continental, and global levels, defining possible mitigation strategies to try to avoid this natural catastrophe or assimilate its consequences. Finally, the complex nature of the potential effects and their combined interaction within the impact landscape are discussed. It was concluded that the combination of advanced technology, international cooperation, and public education will be key to protecting our planet from this cosmic threat.

Keywords: asteroids, comets, impacts

1. Introducción

El impacto de un asteroide sobre la Tierra (fig. 1) iniciaría una rápida serie de eventos que, para impactos suficientemente grandes, podrían causar un gran número de víctimas humanas, de animales, gran daño al medio ambiente y a la infraestructura económica.

Estos efectos fatales son principalmente una función de la energía cinética del impacto. El tipo de objeto (cometa o asteroide, rocoso o de hierro) y forma y ángulo de impacto, son todos parámetros secundarios en comparación con la energía liberada.

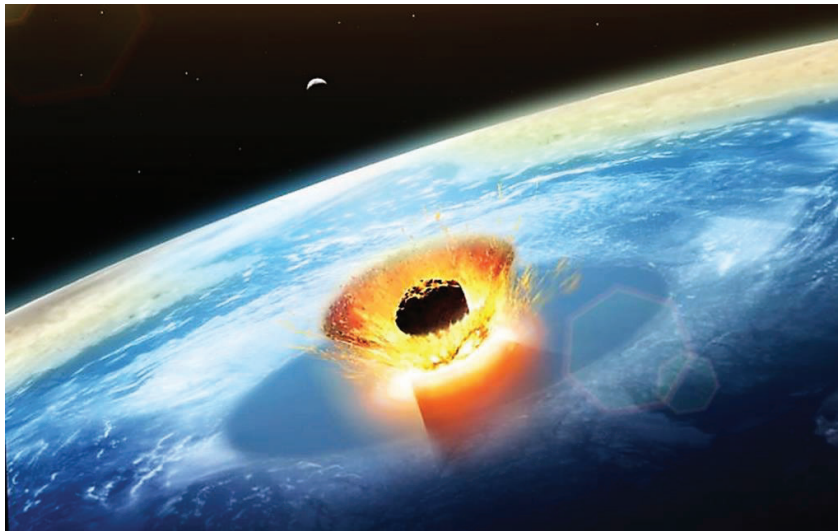


Fig. 1: Impacto de asteroide sobre la Tierra (representación artística Getty image)

La velocidad de un cuerpo impactante está relativamente bien restringida para diferentes tipos de objetos. La mayoría de los asteroides chocan con velocidad entre 15 y 23 km s⁻¹, mientras que los cometas de período corto promedian alrededor de 50 km s⁻¹, por lo que, para un objeto de igual masa, los cometas entregan aproximadamente 4 veces más energía cinética (sin embargo, estos solo forman alrededor del 3% del riesgo de impacto total [SDT 2017]).

La mayoría de los efectos inmediatos de un impacto de cualquier tamaño son una función importante de la distancia al evento. Estos efectos pueden clasificarse como locales o regionales en virtud de su extensión desde el lugar del impacto. No hay demarcación exacta de estas designaciones: los fenómenos físicos reales son los mismos, pero se extienden más lejos del sitio del impacto para impactos mayores.

Desde la propuesta de Álvarez de que la extinción marcada por el límite K/T fue iniciada por un impacto (Alvarez et al., 1980), la mayoría de las investigaciones se han centrado en los efectos globales de impactos muy grandes (fig. 2). Sin embargo, varios autores han reconocido que los efectos locales y regionales de impactos más pequeños pueden tener graves consecuencias para nuestra civilización global y delicadamente equilibrada (Toon et al., 1997).

A partir de estos antecedentes el presente trabajo tiene como objetivo analizar el potencial destructivo del impacto de asteroides y cometas con la Tierra, así como sus efectos sobre la vida y el medio ambiente.

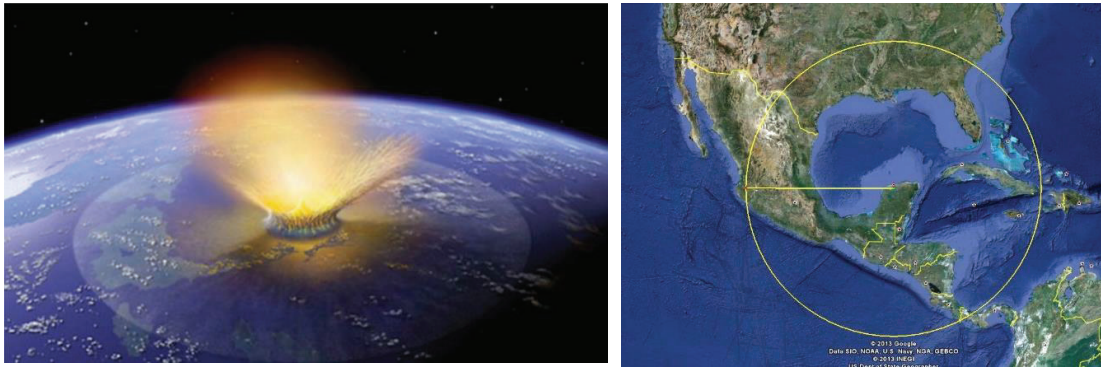


Fig. 2: Impacto de asteroide en Chicxulub actual México hace unos 65 millones de años (representación artística AFP. APP)

2. Análisis y discusión

El impacto de un asteroide o cometa en la Tierra es un evento de consecuencias potencialmente catastróficas, capaz de desencadenar cambios drásticos en el medio ambiente, el clima y la vida en nuestro planeta. A lo largo de la historia, estos impactos han dejado huellas imborrables, desde la extinción de los dinosaurios hace 66 millones de años hasta eventos más recientes como la explosión de Tunguska en 1908. Los efectos de un impacto pueden variar desde destrucción localizada hasta alteraciones globales, dependiendo del tamaño, la velocidad y la composición del objeto. Este análisis explora los diversos efectos que un asteroide o cometa podría tener, tanto a nivel inmediato como a largo plazo, en la Tierra y sus ecosistemas.

Progresión de sucesos en el impacto de un asteroide o cometa (fig. 3):

- Traza atmosférica luminosa (Bólido)
- Explosión atmosférica y ondas de choque
- Llegada de trozos a tierra (caída de meteoritos)
- Perturbaciones electromagnéticas
- Formación de cráteres
- Terremotos
- Tsunamis
- Incendios a distinta escala
- Efectos climáticos de corta, media y larga duración



Fig. 3: consecuencias posibles de un gran impacto de asteroide o cometa sobre la Tierra (fotos Instagram, Global new, Amino, Wikipedia, Gstatic)

Efectos locales o regionales de los impactos.

Radiación térmica

Cuando un objeto se mueve rápidamente y choca con la superficie de la Tierra, aproximadamente la mitad de su energía cinética se convierte inmediatamente en calor (fig. 4), (Melosh, 1989). A velocidades de impacto por encima de unos 15 km s^{-1} , las temperaturas máximas en el momento del choque superan los 10000 K de modo que el proyectil sólido y una masa aproximadamente equivalente de material de la superficie se convierte en gas o plasma incandescente.

La conversión del calor perdido por la bola de fuego y las consecuencias para los humanos y estructuras a una distancia determinada del impacto depende de muchos factores, como el tamaño de la bola de fuego, curvatura de la Tierra (la bola de fuego debe estar por encima del horizonte para un observador a la distancia seleccionada), nubosidad, transparencia atmosférica, duración de la exposición y la naturaleza de los materiales afectados.



Fig.4: Radiación luminosa y térmica después del impacto, Captura de la serie Universo.

Sacudida sísmica.

El impacto de un meteoróide con la superficie de la Tierra produce un temblor análogo al creado por un terremoto (fig. 5). Las ondas sísmicas más dañinas emitidas en un fuerte terremoto o un impacto son ondas superficiales, que viajan a unos 5 km s^{-1} sobre la superficie de la Tierra. El tiempo de llegada de estas ondas a una distancia r en kilómetros del sitio de impacto es, por lo tanto, aproximadamente $r/5$ segundos después el impacto. La cantidad de devastación a una distancia dada del impacto puede ser estimada calculando la intensidad de la sacudida I como se define en la Escala de intensidad Modificada de Mercalli (Richter, 1958).



Fig.5: Sismos después del impacto. Captura de la serie Universo.

Deposición de eyecciones.

El destino de las eyecciones que viajan lo suficientemente rápido como para volar más allá de la región de la bola de fuego de baja densidad depende de la liberación de energía en el impacto (fig. 6). La bola de fuego que se forma cerca de los impactos que liberan aproximadamente 200 MT se eleva de manera flotante a la atmósfera, después se equilibra con el entorno, bloqueando el vuelo de eyecciones de rápido movimiento y extrayendo la mayor parte de las eyecciones de partículas y polvo hacia arriba. Este material luego llueve a favor del viento desde el sitio del impacto, similar a la deposición observada de las cenizas de las erupciones volcánicas.



Fig.6: Deposition de eyectas después del impacto. Captura de la serie Universo.

Onda de Choque

La atmósfera en la vecindad de un gran impacto se ve muy perturbada por la expansión de la bola de fuego y el penacho de material eyectado. El repentino desplazamiento rápido del aire cercano al impacto produce fuertes ondas de choque que comprimen y se descomponen en ondas sonoras que continúan calentando el aire. Estas ondas se expanden lejos del lugar del impacto, debilitándose a medida que se alejan y son análogas a las que producen los aviones supersónicos al romper la barrera del sonido (fig. 7). A distancias cortas, estos chorros de aire pueden ser muy destructivos, derrumbar edificios, puentes y volcar carros y camiones. La fuerza de tales ondas se mide por la sobrepresión, el exceso de presión en la onda en comparación con la que existe en la esfera de atmósfera ambiental. Los edificios y las ventanas de vidrio, en particular, son sorprendentemente vulnerables a pequeñas sobrepresiones. Una sobrepresión de solo 0.3 atm es suficiente para colapsar una estructura de acero, y 0.004 atm son suficientes para romper ventanas de vidrio.



Fig.7: Onda de choque tras el impacto.
Captura de la serie Universo.

Tsunamis por impactos oceánicos (fig. 8)

Los tsunamis producidos por causas diversas están entre los fenómenos naturales más peligrosos y complejos, siendo responsables de grandes pérdidas de vidas y destrucción masiva de propiedades en muchas áreas costeras de los océanos del mundo.

Dado que existe evidencia del impacto de un asteroide en la Tierra, tenemos que concluir que existe una probabilidad de cuatro a uno de que golpeen océanos, mares o incluso grandes depósitos de agua internos, por lo tanto, un tsunami u olas de agua similares a un tsunami pueden ser generadas por un impacto de asteroide. Los trabajos de investigadores como el Dr. Sean Gulick, la Dra. Joanna Morgan, el Dr. Gary Kinsland y el Dr. David Kring, permitieron descubrir evidencia del tsunami monumental provocado por el impacto de Chicxulub. Después de analizar núcleos de más de 100 sitios en todo el mundo y crear modelos digitales comprendieron que, diez minutos después del impacto, olas monstruosas de 1.6 km de altura se movieron hasta unos 220 km del punto cero, las cuales barrieron completamente la región del actual golfo de México en todas direcciones.



Fig.8: Tsunami por impacto. Captura de la serie Universo.

Los tsunamis por impactos oceánicos pueden ser significativos para asteroides con un diámetro entre 200 m a 1 km (Hills et al., 1994). La altura de ola en aguas profundas resultante y la distribución esperada de aceleración a lo largo de la costa depende de muchos factores: el tamaño del impactor y su composición, velocidad y ángulo de colisión, así como la particularidad del sitio de impacto. Incluso para un conjunto concreto de estos parámetros, todavía las investigaciones arrojan resultados muy inciertos acerca de la altura esperada de un tsunami generado por un evento de este tipo. Organizaciones científicas como Los Alamos National Laboratory han desarrollado modelos computacionales avanzados para simular impactos en océanos y sus consecuencias.

Efectos globales de grandes impactos

➤ Pulso térmico en el retorno de la lluvia de material eyectado

La consecuencia global más inmediata de un impacto muy grande es la lluvia de eyección, que dura horas después del impacto. Partículas eyectadas condensadas de la masa fundida y el penacho de vapor vuelven a entrar en la atmósfera de toda la tierra y liberan una gran cantidad de energía calorífica en la atmósfera superior, este calor fue, en el caso de Chicxulub, lo suficientemente intenso como para producir el inicio de incendios forestales globales (Wolbach et al., 1988) y quemar directamente animales protegidos (Melosh et al., 1990).

➤ Carga de polvo de la atmósfera

Desde el primer artículo de Álvarez sobre la extinción K-T (1980), la carga de polvo en la atmósfera a raíz de un gran impacto ha sido un mecanismo de extinción favorito. A pesar de que las partículas grandes de polvo se depositan rápidamente en la atmósfera, el polvo submicrométrico puede permanecer suspendido durante años. Este polvo puede impedir que la radiación solar llegue a la superficie, lo que podría llevar a períodos prolongados de temperaturas bajo cero y la muerte de las plantas fotosintéticas.

➤ Inyección de gases climáticamente activos

Además de levantar una supuesta nube de polvo, el impacto de Chicxulub vaporizó grandes masas de sedimentos ricos en azufre (Brett, 1992); (Sigurdsson et al., 1992), que posteriormente se debieron condensar como aerosoles de H_2SO_4 en la atmósfera superior (Toon et al., 1997).

Esto habría provocado que las temperaturas en la superficie cayeran en picado durante varios años (Pierazzo et al., 2003) e iniciar un episodio de intensa lluvia ácida cuando el aerosol se filtró y fue arrastrado por las lluvias troposféricas (Retallack et al., 1996); (Sigurdsson et al., 1992). La acidificación de las aguas superiores del océano parece ser actualmente el único agente capaz de explicar las extensas extinciones marinas, en contraposición a las terrestres.

Se han considerado otras adiciones nocivas a la atmósfera (Toon et al., 1997). El calentamiento por impacto de nuestra atmósfera rica en N_2 y O_2 produce gases NO_x que pueden destruir la capa de ozono y aumentar la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie. Además, al reaccionar con el vapor de agua, el NO_x crea ácido nítrico y conduce a la lluvia ácida. El agua en sí no produce gases de efecto invernadero al descomponerse por calentamiento, pero el aumento de las temperaturas globales puede desencadenar procesos indirectos en los que el agua está involucrada, liberando gases como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O). Además, **el vapor de agua** actúa como un potente gas de efecto invernadero que amplifica el calentamiento global. Los incendios crean pirotóxicas que actúan como venenos. Finalmente, parece que los impactos pueden causar el agotamiento del ozono, abriendo la atmósfera a una mayor radiación ultravioleta (Birks & Wilson, 2006).

El metano es un elemento importante a tener en cuenta sobre el impacto global provocado por estos fenómenos. Clatratos de metano subyacen en grandes áreas de los sedimentos en las plataformas continentales. Si son perturbados por deslizamientos de tierra submarinos de grandes dimensiones provocados por sacudidas sísmicas, una gran cantidad de metano podría ser liberada repentinamente a la atmósfera y esto tal vez explique los grandes cambios en las proporciones de isótopos de carbono a través del límite K-T (Day & Maslin, 2005).

➤ Efectos indirectos de extinción biológica

Aunque se han investigado una gran cantidad de posibles efectos de un gran impacto, hasta la fecha, ninguna de las consecuencias físicas o químicas ha sido capaz de explicar las perturbaciones de más larga data aparente en el registro geológico. Los cambios isotópicos del carbono y oxígeno aparentemente persistieron durante milenios después del evento de impacto. La única causa plausible de estos efectos duraderos son las propias extinciones biológicas.

Mitigación.

Hay dos acercamientos genéricos a la mitigación de los peligros de impacto (fig. 9) estos son:

- Cambio orbital activo o destrucción del cuerpo impactor.
- Mitigación pasiva tradicional del desastre natural basada en "todos los peligros presentes" con protocolos de evacuación, refugio, respuesta y recuperación de la defensa civil.

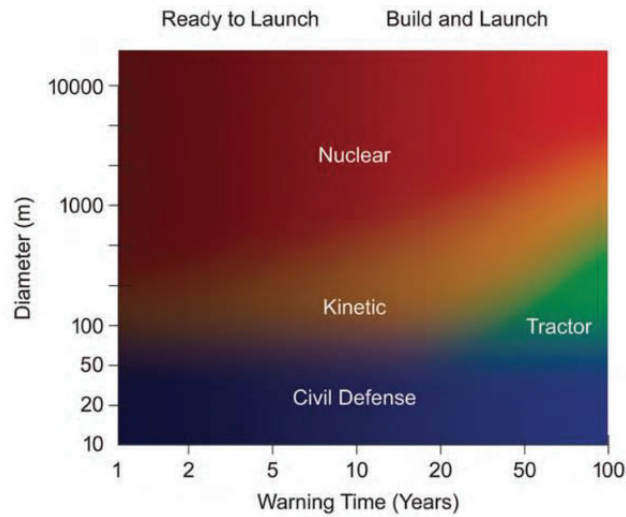


Fig.9: Régimen de aplicabilidad primaria de algunos tipos de estrategias de mitigación ante posible impacto de asteroide o cometa Naukas.

Entre las estrategias de mitigación se encuentran:

- Desvío del impactor con una explosión (convencional o nuclear). La explosión puede ser a cierta distancia, sobre la superficie o bajo ella.
- Otras formas de desvío de su trayectoria de choque con la Tierra pudieran ser:
 - Chocar con otro cuerpo de alta energía cinética (impactor cinético)
 - Tractor gravitacional
 - Método de "Ion Beam Shepherd" (UPM)
 - Método de impacto de la luz láser
 - Vela solar para que el viento solar lo desplace de su curso

La destrucción total del impactor es una opción casi inviable por las enormes energías necesarias para una destrucción catastrófica y los riesgos que implicaría la generación de una población de nuevos pequeños impactores en órbitas similares al original.

Se favorecen las opciones de deflexión del asteroide a una órbita no colisionante (fig. 10). Las acciones a tomar dependerán fuertemente del intervalo de tiempo que habría entre la caracterización del asteroide potencialmente impactor y el momento del impacto. Cuanto más grande sea este intervalo es menor la energía necesaria para la deflexión.

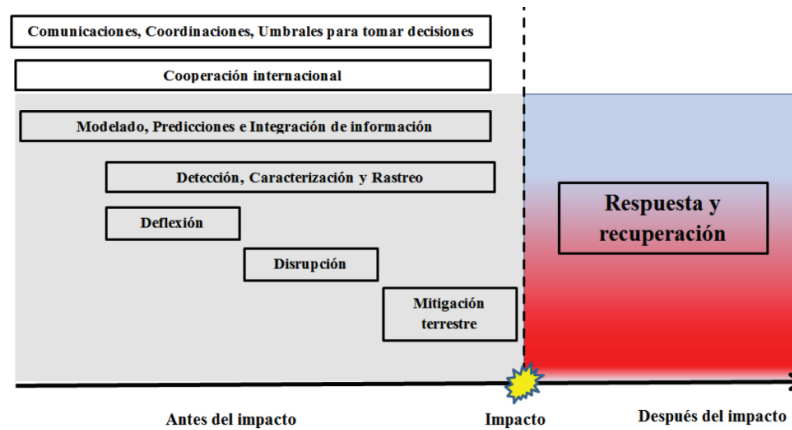


Fig.10: Fases potenciales de operaciones en un panorama de amenaza de impacto con asteroides y cometas.
NASA

Las opciones que involucran el uso de tecnología nuclear presentan riesgos que podrían ser comparables al propio impacto del asteroide, aunque puede ser la única opción en una situación determinada.

Existen varias alternativas no nucleares que han sido propuestas y estudiadas para desviar asteroides en intervalos de tiempo de previsión largos (meses a años). Estas técnicas se basan en métodos cinéticos, gravitatorios, de arrastre o de alteración superficial. A continuación, se describen algunas de las propuestas más destacadas y los trabajos o estudios relacionados con estas alternativas:

1. Impacto Cinético:

- Descripción: Consiste en lanzar una nave espacial masiva a alta velocidad para chocar con el asteroide y alterar su trayectoria.
- Ejemplo: La misión DART (Double Asteroid Redirection Test) de la NASA, que impactó con éxito el asteroide Dimorphos en septiembre de 2022, es un ejemplo práctico de esta técnica.
- Trabajos Relacionados:
 - Estudios de la NASA y la ESA (Agencia Espacial Europea) sobre misiones de impacto cinético.
 - Investigaciones publicadas en revistas como Planetary and Space Science y Acta Astronáutica.

2. Tractor Gravitatorio:

- Descripción: Una nave espacial se coloca cerca del asteroide y utiliza su fuerza gravitatoria para alterar gradualmente la trayectoria del asteroide.
- Ventaja: No requiere contacto físico con el asteroide, lo que lo hace adecuado para objetos frágiles o de composición desconocida.
- Trabajos Relacionados:
 - Estudios de la NASA y el JPL (Jet Propulsion Laboratory) sobre el uso de tractores gravitatorios.
 - Investigaciones publicadas en The Planetary Science Journal y Icarus.

3. Haz de Iones o Láser:

- Descripción: Se utiliza un haz de iones o un láser para vaporizar material de la superficie del asteroide, creando un empuje que altera su trayectoria.
- Ventaja: Puede ser aplicado a distancia y es escalable según el tamaño del asteroide.
- Trabajos Relacionados:
 - Investigaciones del Instituto de Tecnología de California (Caltech) y la Universidad de Strathclyde (Reino Unido).
 - Estudios publicados en Advances in Space Research y Journal of Spacecraft and Rockets.

4. Pintura o Recubrimiento Superficial:

- Descripción: Se cubre parte del asteroide con un material reflectante o absorbente para alterar su balance térmico y aprovechar el efecto Yarkovsky (un cambio en la órbita debido a la emisión térmica asimétrica).
- Ventaja: Es una técnica de bajo costo y no requiere contacto físico directo.
- Trabajos Relacionados:
 - Investigaciones de la Universidad de Colorado y el Instituto de Ciencias Planetarias.
 - Estudios publicados en *Nature Astronomy* y *The Astrophysical Journal*.

5. Arrastre con Red o Malla:

- Descripción: Se despliega una red o malla grande alrededor del asteroide para aumentar su arrastre atmosférico o solar, alterando su órbita.
- Ventaja: Útil para asteroides pequeños o de baja densidad.
- Trabajos Relacionados:
 - Propuestas de la ESA y la Agencia Espacial Japonesa (JAXA).
 - Investigaciones publicadas en *Acta Astronautica* y *Space Engineering*.

6. Motor de Empuje Adherido:

- Descripción: Se ancla un motor o sistema de propulsión a la superficie del asteroide para empujarlo gradualmente.
- Ventaja: Proporciona un control preciso sobre la desviación.
- Trabajos Relacionados:
 - Estudios de la NASA y empresas privadas como SpaceX.
 - Investigaciones publicadas en *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*.

7. Explosivos Convencionales:

- Descripción: Se detonan explosivos cerca o en la superficie del asteroide para alterar su trayectoria.
- Ventaja: Puede ser efectivo para asteroides pequeños o medianos.
- Trabajos Relacionados:
 - Investigaciones del Laboratorio Nacional de Los Álamos y el Instituto de Investigación Southwest.
 - Estudios publicados en *Journal of Spacecraft and Rockets*.

8. Ablación con Espejos Solares:

- Descripción: Se utilizan espejos gigantes para concentrar la luz solar en la superficie del asteroide, vaporizando material y creando un empuje.
- Ventaja: No requiere combustible y es escalable.
- Trabajos Relacionados:
 - Propuestas de la ESA y la Universidad de Glasgow.
 - Investigaciones publicadas en *Acta Astronáutica* y *Solar Energy*.

Estas alternativas no nucleares ofrecen opciones viables para la desviación de asteroides, especialmente en escenarios con tiempos de previsión largos (meses a años). Cada técnica tiene sus ventajas y limitaciones, y la elección depende del tamaño, composición y órbita del asteroide. La investigación en este campo continúa avanzando, con contribuciones de agencias espaciales, universidades y organizaciones científicas de todo el mundo.

Un impacto de asteroide no es un huracán, un terremoto o una erupción volcánica, pero puede tener efectos destructivos y afectaciones, en muchos casos semejantes a estas catástrofes y estas consecuencias pueden interactuar entre sí dando lugar a un panorama de desastre mucho más complejo.

La interconexión de los peligros y el efecto en cascada de un panorama de impacto de asteroide o cometa en general, es desplazado en espacio o tiempo al moverse desde el centro del círculo de impacto. Los procesos múltiples de retroalimentación ocurrirán con una alta probabilidad de manera local, regional y global (fig. 11). A menudo el momento de peligro se desencadena por lluvias o por otros acontecimientos. En el diagrama se muestra, la fauna silvestre envenenada o la muerte de los cultivos que a su vez impactará las comunidades humanas al reducir la seguridad alimentaria, la disposición del agua potable, y tendrá también un gran impacto económico.

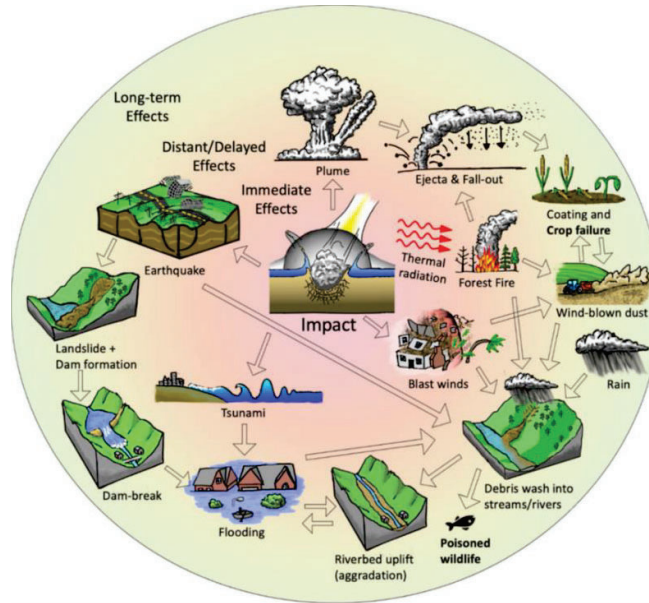


Fig.11: Efecto en cascada de un gran impacto. Natural Hazards.

Por todo lo anterior las medidas de mitigación terrestre deben ser cuidadosamente diseñadas, planificadas y ejecutadas por especialistas con apoyo de toda la sociedad.

3. Conclusiones

Los impactos de asteroides y cometas son eventos de baja probabilidad, pero de alto impacto, cuyas consecuencias podrían ser catastróficas para la vida en la Tierra. Aunque se han logrado avances significativos en la detección y mitigación de estos objetos, aún queda mucho por hacer. La combinación de tecnología avanzada, cooperación internacional y educación pública será clave para proteger a nuestro planeta de esta amenaza cósmica. La defensa planetaria no es solo una responsabilidad científica, sino un imperativo global que requiere acción inmediata y continua. Podemos asumir como conclusiones de lo anteriormente enunciado las siguientes:

1. Impacto de Asteroides y Cometas como Amenaza Global:
 - Los impactos de asteroides y cometas representan una de las amenazas naturales más devastadoras para la Tierra, con consecuencias que pueden variar desde destrucción localizada hasta efectos globales, como cambios climáticos abruptos, extinciones masivas y alteraciones en los ecosistemas.
 - Eventos históricos, como el impacto de Chicxulub hace 66 millones de años, demuestran el potencial catastrófico de estos fenómenos, subrayando la necesidad de tomar medidas proactivas para prevenir futuros impactos.
2. Consecuencias Multidimensionales:
 - Los efectos de un impacto dependen de factores como el tamaño, la velocidad, la composición del objeto y el lugar de impacto. Las consecuencias incluyen:
 - Efectos inmediatos: Ondas de choque, tsunamis, incendios y terremotos.
 - Efectos a largo plazo: Invierno nuclear, alteraciones climáticas, colapso de la agricultura y desestabilización de la sociedad.
 - Estos escenarios resaltan la importancia de desarrollar estrategias de mitigación y preparación para minimizar los daños.

3. Medidas de Mitigación:
 - Se han propuesto y estudiado diversas técnicas para desviar o destruir objetos cercanos a la Tierra (NEOs), incluyendo métodos cinéticos, tractores gravitatorios, explosivos no nucleares y técnicas de alteración superficial.
 - La misión DART (Double Asteroid Redirection Test) de la NASA ha demostrado la viabilidad del impacto cinético, marcando un hito en la defensa planetaria.
 - Otras alternativas, como el uso de láseres, espejos solares o sistemas de arrastre, ofrecen opciones prometedoras para escenarios con tiempos de previsión largos.
4. Importancia de la Detección Temprana:
 - La detección y el monitoreo de NEOs son fundamentales para garantizar una respuesta efectiva. Programas como el Catalina Sky Survey, Pan-STARRS y NEOWISE han mejorado significativamente la capacidad de identificar objetos potencialmente peligrosos.
 - Sin embargo, aún existen desafíos, como la detección de objetos pequeños o de baja reflectividad, que requieren avances tecnológicos y colaboración internacional.
5. Colaboración Internacional y Educación:
 - La defensa planetaria es un esfuerzo global que requiere la cooperación de agencias espaciales, gobiernos, científicos y la sociedad civil. Organizaciones como la IAU (International Astronomical Union) y la ONU han establecido marcos para coordinar estos esfuerzos.
 - La educación y concienciación pública son igualmente importantes para fomentar una cultura de preparación y resiliencia ante posibles impactos.
6. Futuro de la Defensa Planetaria:
 - A medida que avanzan las tecnologías espaciales y las capacidades de modelado, se espera que las estrategias de mitigación sean más precisas y efectivas.
 - Misiones futuras, como Hera de la ESA, proporcionarán datos valiosos para mejorar las técnicas de desviación y preparación.
 - La inversión en investigación y desarrollo es crucial para garantizar que la humanidad esté preparada para enfrentar esta amenaza.

Referencias

- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F., & Michel, H. V. (1980). Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. *Science*, 208(4448), 1095-1108. <https://doi.org/10.1126/science.208.4448.1095>
- Birks, J. W., & Wilson, K. L. (2006). Mechanism and Elimination of a Water Vapor Interference in the Measurement of Ozone by UV Absorbance. *Environmental Science & Technology*, 40(20), 6361-6367. <https://doi.org/10.1021/es052590c>
- Brett, R. (1992). *Anhydrite: A Lethal Target Rock at the Chicxulub Impact Site*. 23, 157. Lunar and Planetary Science Conference.
- Day, S., & Maslin, M. (2005). Linking large impacts, gas hydrates, and carbon isotope excursions through widespread sediment liquefaction and continental slope failure: The example of the K-T boundary event. En T. Kenkmann, F. Hörz, & A. Deutsch, *Large Meteorite Impacts III*. Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2384-1.239>
- Hills, J. G., Nemchinov, I. V., Popov, S. P., & Teterev, A. V. (1994). Tsunami generated by small asteroid impacts. En *Hazards due to Comets and Asteroids* (pp. 479-533). <https://elibrary.ru/item.asp?id=44518531>
- Melosh, H. J. (1989). Impact cratering: A geologic process. En *New York: Oxford University Press ; Oxford: Clarendon Press*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1989icgp.book.....M>

- Melosh, H. J., Schneider, N. M., Zahnle, K. J., & Latham, D. (1990). Ignition of global wildfires at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 343(6255), 251-254. <https://doi.org/10.1038/343251a0>
- Pierazzo, E., Hahmann, A. N., & Sloan, L. C. (2003). Chicxulub and Climate: Radiative Perturbations of Impact-Produced S-Bearing Gases. *Astrobiology*, 3(1), 99-118. <https://doi.org/10.1089/153110703321632453>
- Retallack, G. J., Veevers, J. J., & Morante, R. (1996). Global coal gap between Permian–Triassic extinction and Middle Triassic recovery of peat-forming plants. *Geological Society of America Bulletin*, 108(2), 195-207. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1996\)108<0195:GCGBPT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1996)108<0195:GCGBPT>2.3.CO;2)
- Richter, C. F. (1958). New Dimensions in Seismology: Earthquakes are characterized by geographical position, instant of occurrence, depth, and magnitude. *Science*, 128(3317), 175-182. <https://doi.org/10.1126/science.128.3317.175>
- Sigurdsson, H., D'Hondt, S., & Carey, S. (1992). The impact of the Cretaceous/Tertiary bolide on evaporite terrane and generation of major sulfuric acid aerosol. *Earth and Planetary Science Letters*, 109(3-4), 543-559. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(92\)90113-A](https://doi.org/10.1016/0012-821X(92)90113-A)
- Toon, O. B., Zahnle, K., Morrison, D., Turco, R. P., & Covey, C. (1997). Environmental perturbations caused by the impacts of asteroids and comets. *Reviews of Geophysics*, 35(1), 41-78. <https://doi.org/10.1029/96RG03038>
- Wolbach, W. S., Anders, E., & Orth, C. J. (1988). *Darkness After the K-T Impact: Effects of Soot*. 673, 219. Global Catastrophes in Earth History: An Interdisciplinary Conference on Impacts, Volcanism, and Mass Mortality.

Acerca del autor:

MSc. Francisco González Veitia: Licenciado en Educación especialidad de Física y Astronomía, Master en Ciencias en la Universidad Pedagógica Enrique José Varona. Especialista del Departamento de Astronomía del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) y Especialista del Planetario de la Habana. Profesor del curso internacional de Astronomía NASE-IAU y Profesor entrenador para las Olimpiadas internacionales de Astronomía, trabaja como redactor de la Revista Datos Astronómicos para Cuba (Revista Cubana de Astronomía). ORCID 0009-0003-0500-6532.

Última actualización institucional del registro de meteoritos de Cuba, según Instituto de Geofísica y Astronomía

Efrén José Jaimez-Salgado^(*), Francisco González-Veitia y Ramsés Zaldívar-Estrada

Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), Citma. Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31, Reparto La Coronela, Municipio La Lisa, La Habana, Cuba. efren.jaimez@iga.cu, jaimezefren@gmail.com, magnusgonzalezkiesow@gmail.com, ramses@iga.cu

* Autor para correspondencia: efren.jaimez@iga.cu

Recibido: 14/07/2025	Aceptado: 22/08/2025
----------------------	----------------------

Resumen

Se presenta la más reciente actualización institucional del registro de meteoritos de Cuba, de acuerdo con una nueva revisión de datos históricos de hallazgos fortuitos en unos casos y de testigos presenciales de la caída en otros, así como de las últimas comprobaciones de laboratorio, recientemente realizadas por encargo del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), al Centro de Estudios Avanzados de Cuba (CEA). En este sentido y de acuerdo con resultados de un DRX y de nuevos ensayos de espectrometría de masa por fluorescencia de rayos X practicados a una pequeña muestra del objeto de 162 g del supuesto meteorito de Mango Jobo, 1938, se realizó la caracterización final del polémico objeto, sobre el cual se ofrece un recuento histórico a partir de publicaciones y documentos anteriores del Instituto de Geofísica y Astronomía y se polemiza aún más, sobre su composición elemental total y su erróneo origen cósmico, al calor de los últimos ensayos realizados por el IGA. Finalmente, se hace un nuevo conteo institucional, con un total de cinco meteoritos confirmados a la fecha, de un listado inicial supuestamente de diez, de los cuales tres se vieron caer por testigos y otros dos, constituyen hallazgos fortuitos.

Palabras claves: difractograma, fluorescencia, rayos X.

Last institutional actualization of the Cuban meteorites register from Astronomical and Geophysical Institute.

Abstract

The most recent actualization of meteorites register fallen in Cuba until today is presented, according with a historical data revision of fortuitous finds in some cases, eyewitness of falls in earth in others, as well as the last laboratory verification recently made by request of Geophysical and Astronomical Institute to the Advanced Studies Center (CEA). In this way and according with results of x-ray diffractogram and x-ray fluorescence spectrometry analysis, practiced to a small sample from the 162 gram object of the assumed Mango Jobo, 1938 meteorite, was made the end characterization of this polemic object, offering a historical recount from some papers and previous documents of the Geophysical and Astronomic Institute, arguing even more, about its total elemental composition and its wrong cosmic origin, since the last tests carried out for IGA. Finally, it is made a new institutional recount, with five meteorites total confirmed until today, from an initial list of ten supposedly fallen in Cuba, three of them seen falling on earth by eyewitness and others two, constituting fortuitous discoveries.

Keywords: diffractogram, fluorescence, x-ray.

1. Introducción

Hasta hace poco, en Cuba se consideraban confirmadas unas diez caídas de meteoritos, de los cuales, solamente dos se habían visto caer a tierra por testigos presenciales. Sin embargo, luego de una intensa revisión del tema, Ceballos-Izquierdo, Y.; Orihuela, J; Gonçalves, G; Zurita, M; Cardozo, D; Delgado, H. (2021) desestimaron varios de los supuestos meteoritos que habían sido sostenidos como válidos hasta 2019, e incluyeron otros, que hasta ese momento no eran conocidos en el país. Uno de los objetos más debatido y cuestionado últimamente, ha sido el supuesto meteorito de Mango Jobo, actual provincia de Artemisa, 1938, hallado por el desaparecido arqueólogo cubano René Herrera Fritot y que en realidad, se trata no de uno, sino de tres objetos polémicos, diferentes entre sí, de 1099 g, 344 g, y 162 g, respectivamente. Cada uno de ellos, ha sido estudiado y testado separadamente, por diferentes autores y con el empleo de diferentes métodos analíticos.

El objetivo principal por tanto de este trabajo, es la actualización del registro institucional de meteoritos cubanos sobre la base del registro histórico y del recuento de éste, brindándose argumentos que corroboran la exclusión de unos y la permanencia de otros, en el registro del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Asimismo, se ofrece como segundo objetivo, el resultado del laboratorio y consideraciones sobre el supuesto meteorito de Mango Jobo, 1936, a partir de datos recientes obtenidos del Centro de Estudios Avanzados de Cuba, por encargo institucional del IGA (CEA, 2024).

2. Materiales y Métodos

Este trabajo parte de una amplia revisión de publicaciones anteriores sobre meteoritos cubanos (Segura Soto (1983), Instituto de Geofísica y Astronomía (1996), Jaimez Salgado et al (2001), (2007), Muñoz-Espadas et al (2002), Cobas Torres, R. Y. et al (2022), Rochette et al, (2023), Iturralde-Vinent (2023), Jaimez Salgado et al (2023), algunos de los cuales, han sido declarados como meteoritos errados (Ceballos-Izquierdo et al 2021, Ceballos-Izquierdo et al, 2023).

Recientemente, este colectivo de autores encargó nuevos análisis por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X al CEA, cuyos resultados finales concluyentes, se ofrecen en este trabajo. Se realizó el análisis del objeto de 162 g de Mango Jobo (1938) en el CEA, por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, considerado “clave” por este colectivo, para la obtención elemental total del mismo. El equipo utilizado fue un espectrómetro de fluorescencia de energía dispersiva de rayos X, Modelo EDX – 800HS. Se realizó una evaluación cuali-cuantitativa (Análisis elemental), a través del método de parámetros fundamentales para sólidos (*solid-air*), con tiempo de medición – 200 s. El dispositivo utiliza un generador de rayos X con blanco de rodio (Rh), voltaje máximo de 50 kV, y detector de Si (Li) refrigerado a 77 K. Se varió la posición de la muestra (tres posiciones), para realizar mediciones por varios de sus lados, a la búsqueda de una mejor representatividad de los resultados obtenidos.

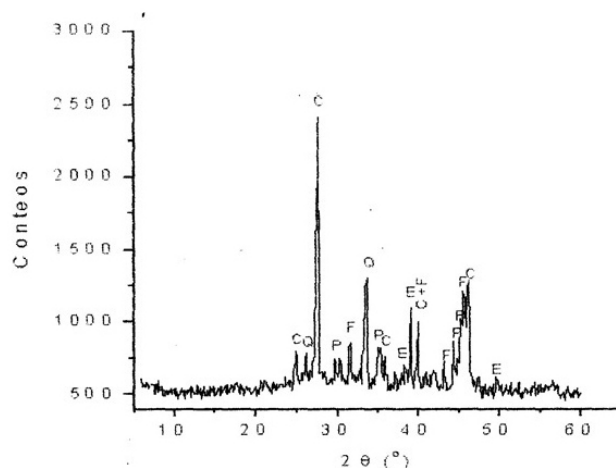
3. Resultados y discusión

Durante años, el Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) consideró y clasificó erróneamente como Siderito, un objeto encontrado en Mango Jobo en 1938, por el arqueólogo René Herrera Fritot en una colecta superficial, considerándolo además, como el primer reporte confirmado de un meteorito en Cuba (Instituto de Geofísica y Astronomía, 1996). La base de esta afirmación partía, ante todo, de un documento emitido a la Academia de Ciencias de Cuba por el doctor en ciencias geológicas Rafael Segura Soto, en el cual se consideraba como meteorito de hierro al mayor de los tres objetos (de 1 099 g), colectado por Herrera Fritot en dicha localidad. En este sentido, la Revista Datos Astronómicos para Cuba en su edición de 1996, pág. 101, dice textualmente: “todos los fragmentos muestran el efecto de la interacción por fricción con la atmósfera y a uno de ellos, se le realizó un corte para observar las figuras de Widmannstätten”.

Ceballos-Izquierdo et al (2023) fueron los primeros en percatarse, tras la lectura literal del documento antes citado, que en el mismo se menciona la realización de un corte para supuestamente observar las figuras de Widmannstätten, pero no se afirma categóricamente que dichas figuras hayan sido realmente observadas al microscopio mineralógico o al microscopio óptico. Ello motivó un primer cuestionamiento por parte de dichos autores, sobre la validez o no del origen cósmico del objeto mayor de Mango Jobo.

Aunque la interpretación literal de este texto inobjetablemente lanza al lector a esa conclusión, la paradoja aún vigente hasta hace muy poco recaía en la afirmación de varios ex-astrónomos del IGA, que aseguraron haber visto personalmente en su momento las citadas figuras de Widmannstätten, las que obviamente confirmarían este objeto como posible Siderito (Rodríguez Flores, E; Alonso Díaz, A: Com. Pers, 2024).

Por todo ello, años más tarde el IGA encargó al laboratorio de minerales del Centro de Investigaciones y Proyectos de la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), la realización de un difractograma de rayos X (Fig. 1) a la única muestra para entonces “sobreviviente” en la institución (la más pequeña, de apenas 162 g), el cual arrojó resultados tan polémicos, como indudablemente interesantes.



Mango-Jobo; cristobalita SiO_2 , cuarzo SiO_2 , olivino Fe_2SiO_4 , enstatita MgSiO_3 , plagioclasa, amorfo.

Fig. 1. Difractograma de rayos x realizado en el CIPIMM, al objeto más pequeño (162 g), de los tres que originalmente conformaban el conjunto del supuesto meteorito de Mango Jobo, en el cual se muestra su composición mineralógica.

Como se aprecia en la Figura 1, los minerales detectados en el DRX no son representativos en ninguno de los casos de un meteorito férrico o Siderito. La composición mineralógica del DRX realizado a este objeto menor del conjunto de tres hallados en Mango Jobo, sólo detecta la presencia de β -cristobalita, cuarzo, olivino, enstatita, plagioclasa y algún material amorfo, pero en ningún caso se detectan minerales propios de meteoritos de hierro-níquel (sideritos), tales como camacita y taenita. Por estas dos razones, Ceballos-Izquierdo et al (2021, 2023), consideraron como errado el reporte de meteorito de hierro-níquel, haciéndolo extensivo por ende, a los tres objetos colectados por el doctor Herrera Fritot, Por tal motivo, consideraron finalmente que los tres objetos eran fragmentos de concreciones de hierro de tipo “mocarrero” (Bennet y Allison, 1928), las cuales son relativamente abundantes en algunos suelos con cortezas de perdigones, muy duras, en la localidad del supuesto hallazgo.

Sin embargo, del análisis del DRX practicado en el caso específico del objeto más pequeño de la Fig. 1, surgía una nueva interrogante, la del por qué el notable magnetismo detectado en éste, cuando paradójicamente tampoco aparecen en el DRX picos de algún mineral magnético, como pudieran ser la magnetita o la maghemita, que sí puede hallársele en ocasiones en suelos ferruginosos de toda Cuba (incluyendo mocarreros).

Jaimez Salgado et al (2023) consideraron como hipótesis de trabajo, que la ausencia total de picos de minerales magnéticos en el DRX del objeto menor de Mango Jobo, podría ser un elemento a favor de un probable contenido de hierro-níquel nativo (no detectable como mineral en el DRX), lo cual podría explicar el magnetismo observado en la muestra. Se especuló la posibilidad de que el menor de los tres objetos pudiera ser quizá, una condrita tipo H (en inglés: high native iron), por lo que se recomendó la realización, de un análisis elemental total de este objeto por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X.

Otro colectivo de autores (Rochette et al, 2023; tomado de Iturralde-Vinent, 2023), planteó el origen artificial del objeto intermedio (Mango Jobo: 344 g), tras un análisis realizado con auxilio de un equipo portátil, alegando que el mismo está constituido por “glóbulos metálicos con burbujas de escoria silicatada”, por lo cual consideraron que este fragmento no era meteorito. Pero además, consideraron que este objeto no era un objeto natural, o sea, concluyen que no es un fragmento de suelo compactado en forma de mocarrero (Rochette et al, 2023).

Llegado este punto, es obvio que esta afirmación no sólo descartaba el origen cósmico del objeto intermedio de 344 g, sino también su correspondencia en este caso, con una probable concreción tipo mocarrero, como plantean antes Ceballos-Izquierdo et al (2023). Resultaba aparentemente entonces, que en el caso de “los objetos de Mango Jobo”, estábamos en presencia de por lo menos dos, e incluso probablemente tres objetos diferentes por su origen y composición química y mineralógica. La composición mineralógica mostrada en el objeto menor (162 g), cuyo DRX se muestra en la figura anterior, está relacionada exclusivamente con él y la misma demuestra que por lo menos en este caso, no se trata de un pedazo de vulgar arrabio o escoria de una siderurgia como aseguran Rochette et al (2023), por cuanto el objeto muestra una ordenada composición químico-mineralógica, que demuestra tratarse de un objeto natural, aun no siendo en efecto un meteorito.

Por todo lo expresado, surgió la necesidad de realizar nuevos ensayos en el laboratorio, dado que el objeto mayor (1 099 g) fue sometido a un segundo test con ácido nítrico sobre superficie previamente pulida, nuevamente a la búsqueda y comprobación de las figuras de Widmannstätten y esto no sucedió como se esperaba. Por lo que, llegado este punto, hay que admitir que efectivamente no estábamos en presencia de un meteorito férrico en este caso, quedando solamente el objeto de 162 g pendiente de un nuevo análisis definitivo. La Tabla 1, muestra el análisis elemental de una pequeña muestra del objeto de 162 g de Mango Jobo, obtenida por Espectrometría de Masa por Fluorescencia de Rayos X en el CEA.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra CEA-SC-386-24 (Posición 1).

Analito	Resultado	Std.Dev.	Línea	Int.(cps/uA)
Fe	56,159 %	(0,053)	FeKa	156,6052
Si	38,251 %	(0,666)	SiKa	0,7797
Ca	2,656 %	(0,033)	CaKa	1,2658
Ti	1,227 %	(0,013)	TiKa	1,6820
Mn	1,028 %	(0,009)	MnKa	2,5894
Tm	0,315 %	(0,086)	TmLa	0,2095
Sr	0,201 %	(0,003)	SrKa	1,2056
V	0,089 %	(0,006)	VKa	0,1803
Cr	0,075 %	(0,004)	CrKa	0,2133

(Fuente: Centro de Estudios Avanzados, 2024)

Como se aprecia en la Tabla, el análisis elemental en su Posición 1, demuestra la inexistencia de contenido de níquel, lo cual es incompatible con un supuesto meteorito. Las Tablas 2 y 3 del barrido en las Posiciones 2 y 3 del objeto, reafirman los resultados antes comentados.

Tabla 2. Composición elemental de la muestra CEA-SC-386-24 (Posición 2).

Analito	Resultado	Std.Dev.	Línea	Int.(cps/uA)
Si	43,287 %	(0,971)	SiKa	0,7513
Fe	27,712 %	(0,047)	FeKa	78,0916
Al	22,537 %	(2,143)	AlKa	0,1255
Ca	3,158 %	(0,050)	CaKa	1,1962
Ti	2,106 %	(0,023)	TiKa	2,2723
Sr	0,438 %	(0,004)	SrKa	3,8272
Tm	0,324 %	(0,056)	TmLa	0,3112
Mn	0,173 %	(0,007)	MnKa	0,4053
V	0,121 %	(0,010)	VKa	0,1931
Cr	0,080 %	(0,006)	CrKa	0,1779
Y	0,064 %	(0,002)	YKa	0,6031

(Fuente: Centro de Estudios Avanzados, 2024).

Tabla 3. Composición elemental de la muestra CEA-SC-386-24 (Posición 3).

Analito	Resultado	Std.Dev.	Línea	Int.(cps/uA)
Fe	74,122 %	(0,064)	FeKa	94,5302
Si	20,861 %	(0,630)	SiKa	0,1761
Ca	2,553 %	(0,030)	CaKa	0,6481
Ti	0,981 %	(0,012)	TiKa	0,7146
Tm	0,568 %	(0,118)	TmLa	0,1476
Mn	0,319 %	(0,006)	MnKa	0,3892
Sr	0,265 %	(0,004)	SrKa	0,6151
Zr	0,168 %	(0,003)	ZrKa	0,4595
Cr	0,083 %	(0,004)	CrKa	0,1259
V	0,081 %	(0,005)	VKa	0,0866

(Fuente: Centro de Estudios Avanzados, 2024).

Como se aprecia en las tres posiciones de ensayos, el resultado final es “cero níquel” en este objeto menor, lo que descarta finalmente el origen cósmico de este conjunto de Mango Jobo.

Resumiendo hasta aquí, un recuento actualizado hasta la fecha permite considerar el registro institucional de meteoritos de Cuba, bajo la revisión del Instituto de Geofísica y Astronomía (2025), considerando la existencia de un total de cinco meteoritos cubanos, de los cuales tres se vieron caer y otros dos constituyen hallazgos fortuitos.

A modo de resumen, puede decirse que estos son:

- 1- Un pequeño meteorito de la clase litito, subclase acondrita, presumiblemente perteneciente a una *Eucrita*, hallado en octubre de 1844 en una localidad nombrada como Las Canas (supuestamente visto caer el día 2 de ese mismo mes, pero no confirmada la relación entre el avistamiento y el meteorito), el cual se encuentra actualmente en un museo de los Estados Unidos (<http://meteorites.asu.edu/collection/specimen-catalogue>), así como <http://www.mail-archive.com/meteorite-list@meteoritecentral.com/msg88156.html>

- 2- Siderolito (Mesosiderito) de la playa de Bacuranao, 1974, hallado casualmente en un lecho arenoso submarino por el Ing. Arnaldo Correa, confirmado en 1983 por la presencia de cóndrulos y de las figuras de Widmannstätten, encontradas en ensayo con HNO₃ por el doctor Rafael Segura Soto.
- 3- Meteorito (litito) de Santa Isabel de las Lajas, provincia de Cienfuegos, el cual fue visto caer en pleno día en la finca El Palmarito, en la mañana del 10 de junio de 1994.
- 4- Meteorito de Viñales (Litito, Condrita Ordinaria L-6), registrado oficialmente por el IGA en la 'Meteoritical Society' (Meteoritical Society Bulletin, Database, Write-Up. MB – 108, Marz 27, 2019).
- 5- Meteorito de Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba, caído en julio de 2021, clasificado como condrita ordinaria L6 (Cobas et al, 2022 y García, 2022). Luego de un estudio petrográfico y mineralógico realizado por los autores de esta contribución a partir de microscopía óptica y ensayos del laboratorio en el CEA, se clasificó como condrita ordinaria, tipo L5 (véase: Jaimez Salgado et al, 2023).

Conclusiones

- 1- Como resultado de nuevos ensayos de laboratorio realizados por encargo del IGA al CEA, se realiza por nuestro centro un recuento institucional de la cantidad de meteoritos cubanos, con un total de cinco (de un listado inicial de diez), de los cuales por lo menos tres fueron visto caer por testigos presenciales y otros dos constituyen hallazgos fortuitos.
- 2- La relación actualizada por este recuento se refiere a: litito (acondrita, eucrita) de Las Canas, 1844; siderolito de Bacuranao, 1974; litito de Santa Isabel de las Lajas, Cienfuegos, visto caer el 10 de junio de 1994; condrito L6, Viñales, visto caer el 1ro de febrero de 2019, y condrito L5, Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba, visto caer el 10 de julio de 2021.
- 3- A la luz de las últimas investigaciones realizadas por encargo del IGA al CEA, el origen cósmico de los tres objetos diferentes hallados en Mango Jobo, 1938, es descartado definitivamente.

Referencias

- Bennet, H. H.; R. V. Allison (1928): Los Suelos de Cuba. Editora Revolucionaria (ed. 1966), La Habana, 375 pp.
- Ceballos-Izquierdo, Y.; Orihuela, J; Gonçalves, G; Zurita, M; Cardozo, D; Delgado, H., 2021. Meteorite and bright fireball records from Cuba. Mineralia Slovaca Web (54)(2): 3-18 pp.
- Ceballos-Izquierdo, Y.; Nieto Codina, A.; Orihuela, J. 2023. From Meteorite to Meteor-Wrong: Investigating a controversial specimen from Cuba. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (Versión Preliminar). <https://www.rmccg.unam.mx/index.php/rmccg/article/view/1761/1601>
- Cobas Torres, R. Y., De la Nuez Colón, D., Torres La Rosa, M., García, J., Iturralde-Vinent, M., Arango Arias, E.D., 2022. Caracterización del Meteorito “Ramón de las Yaguas” caído en Cuba oriental. Meteoritos, (32), 24-34.
- Instituto de Geofísica y Astronomía, 1996. Meteoritos Cubanos. Revista Datos Astronómicos para Cuba. La Habana, p – 101.
- Iturralde – Vinent, M. 2023. Comentarios sobre actualización del registro institucional de meteoritos caídos en Cuba. Geoinformativa, Comunicaciones Cortas (16)(2), 57 – 61.

- Jaimez Salgado, E.; González Veitía, F.; Alonso Díaz, A.; Zaldívar Estrada, R. 2023. Actualización del registro institucional de meteoritos caídos en Cuba según Instituto de Geofísica y Astronomía. *Rev. Ciencias de la Tierra y El Espacio* (23)(2): 25 – 33.
- Jaimez Salgado, E.; Alonso Pérez, J. A; Fleita Ruíz, R., 2007. Nuevos reportes de meteoritos en las provincias Habana y Ciudad de la Habana, Cuba. *Revista Datos Astronómicos para Cuba*. La Habana: 94 – 95.
- Jaimez Salgado, E.; Alonso Pérez, J. A; Fleita Ruíz, R., 2001. Notas sobre el hallazgo de un meteorito férrico (siderito) en Ciudad de la Habana. *Revista Datos Astronómicos para Cuba*. La Habana: 74 – 75.
- Jaimez Salgado, E.; Alonso Pérez, J. A.; González-Veitía, F; Alonso Díaz, A; Zaldívar Estrada, R., 2023. Caracterización y clasificación del meteorito de Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba, 2021. *Rev. Ciencias de la Tierra y El Espacio* (23)(1): 57 – 63.
- Muñoz-Espadas, M.J; Martínez, J.; Lunar, R.; Sánchez, B.; Sánchez, J. 2002. The meteorite collection of the National Museum of Natural Sciences. Madrid, Spain; and update catalog. *Meteoritics and Planetary Science* (37), B1 – B6.
- Rochette, P.; Rojas-Consuegra, R; Andrieu, V.; Moreira Martínez, J. 2023. Report on in situ investigations of meteorites from Cuba (Poster GEO6-P9). *Convención Internacional de Ciencias de La Tierra, La Habana, Abril de 2023*.
- Segura-Soto, R., 1983. Hallazgo de un meteorito en la Playa de Bacuranao, Cuba. *Boletín de la Sociedad Cubana de Geología* (1)(1), 76-82.

Acerca de los autores:

Dr.C. Efrén José Jaimez Salgado: Graduado de licenciatura en Geografía, Universidad de la Habana, 1989. Doctor en ciencias geográficas, 2008. Investigador Auxiliar en 2009. Secretario del Consejo Científico del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), en el periodo 2010 – 2013. Profesor Auxiliar de la Universidad de la Habana, 2013. Es uno de los autores de la obra científico – literaria titulada, “Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba” (Instituto de Suelos, 1999) y de “Introducción a los Primates Fósiles de Las Antillas, 120 Años de Paleoprimatología en El Caribe Insular”, publicado en Santo Domingo, en 2007. Ha impartido numerosas conferencias sobre Temas Ambientales, así como de Espeleología y Carsología, Degradación de los Suelos, Meteoritos de Cuba y del Mundo. En marzo de 2019, representó al IGA como experto, en el registro oficial - internacional del meteorito caído en Viñales (Meteoritical Society, Write-Up. MB - 108). Desde 2016 a la fecha, es miembro del Grupo de Dirección del IGA, al frente del Departamento de Geofísica y Geología Ambiental. ORCID: 0009-0003-6899-294X

MSc. Francisco González Veitía: Licenciado en Educación especialidad de Física y Astronomía, Master en Ciencias en la Universidad Pedagógica Enrique José Varona. Especialista del Departamento de Astronomía del Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) y Especialista del Planetario de la Habana. Profesor del curso internacional de Astronomía NASE-IAU y Profesor entrenador para las Olimpiadas internacionales de Astronomía, trabaja como redactor de la Revista Datos Astronómicos para Cuba (Revista Cubana de Astronomía). ORCID 0009-0003-0500-6532.

Ing. Ramsés Zaldivar Estrada: Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Actualmente se desempeña como jefe del departamento de Astronomía del Instituto de Geofísica y Astronomía en donde forma parte también del Consejo Científico de la institución. ORCID: 0009-0000-0764-3111.

Playas del Este en la era del cambio climático: retos y oportunidades del desarrollo local

Alexander Sierra-Bouzas^(1*) y Bárbara I. Garea-Moreda⁽²⁾.

¹Centro de Desarrollo Local (CEDEL-CITMA), Cuba.

²Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo” /InSTEC, Cuba.

*Autor para correspondencia: asbouzas376@gmail.com

Recibido: 17/08/2025	Aceptado: 04/09/2025
----------------------	----------------------

Resumen

El cambio climático se ha convertido en un desafío crucial tras la pandemia de COVID-19, afectando especialmente las zonas marino-costeras del Caribe Insular. En Cuba, estos espacios albergan destinos turísticos clave, siendo Playas del Este un caso representativo. Este estudio analiza los retos y oportunidades del riesgo climático en el desarrollo territorial, considerando la evolución del ciclo de vida del destino turístico, desde la urbanización progresiva iniciada en la década de 1950 y las proyecciones del ascenso pronosticado del nivel medio del mar al 2050 y 2100. En 2011, un diagnóstico de FORMATUR identificó una fase de declive sin prever los posibles impactos del cambio climático, hoy reconocido como un factor esencial para la sostenibilidad a mediano y largo plazo. Con herramientas modernas para medir la vulnerabilidad climática, el país puede incorporarlos en la planificación turística, promoviendo la conciencia y cultura de adaptación en empresarios y pobladores. Mediante un enfoque metodológico basado en análisis - síntesis, inductivo - deductivo y observación empírica, este estudio apuesta por integrar los escenarios climáticos en la planificación turística a través del análisis evolutivo del ciclo de vida y fortalecer el papel de la comunidad. Sus resultados pueden contribuir a enriquecer el programa de turismo local en la Estrategia de Desarrollo Municipal de La Habana del Este y del sector de turismo hasta el año 2030, 2050 y 2100.

Palabras claves: cambio climático, ciclo de vida de los destinos turísticos, desarrollo local.

Playas del Este in the era of climate change: challenges and opportunities for local development

Abstract

Climate change has become a crucial challenge following the COVID-19 pandemic, particularly affecting the marine and coastal areas of the insular Caribbean. In Cuba, these areas are home to key tourist destinations, with Playas del Este being a representative case in point. This study analyzes the challenges and opportunities posed by climate risk in territorial development, considering the evolution of the tourist destination's life cycle, from the progressive urbanization that began in the 1950s to the projections of the predicted rise in mean sea level by 2050 and 2100. In 2011, a FORMATUR assessment identified a phase of decline without anticipating the potential impacts of climate change, now

recognized as an essential factor for medium- and long-term sustainability. With modern tools to measure climate vulnerability, the country can incorporate these factors into tourism planning, promoting awareness and a culture of adaptation among businesses and residents. Using a methodological approach based on analysis-synthesis, inductive-deductive analysis, and empirical observation, this study aims to integrate climate scenarios into tourism planning through evolutionary life-cycle analysis and by strengthening the role of the community. Its results can contribute to enriching the local tourism program within the Municipal Development Strategy for East Havana and the tourism sector through 2030, 2050, and 2100.

Keywords: climate change, life cycle of tourist destinations, local development.

1. Introducción

El cambio climático constituye un desafío sistémico de escala global que demanda respuestas urgentes y coordinadas en los niveles regional, territorial y local. El 25 de septiembre de 2015, los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) orientados a erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos (ONU, 2023). En este marco, el ODS 13 promueve la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, instando a los países a fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación frente a los riesgos climáticos. Según datos del mismo organismo, la tasa media mundial de incremento del nivel del mar se duplicó en la última década, pasando de 2,27 mm/año en el período 1993–2002 a 4,62 mm/año entre 2013 y 2022. Este fenómeno evidencia una aceleración del calentamiento global con implicaciones directas sobre ecosistemas costeros, infraestructura crítica y sectores económicos sensibles como el turismo, considerado altamente vulnerable a las alteraciones climáticas. En este contexto, Maximiliano (2020) sostiene que “sin lugar a dudas, el calentamiento global o cambio climático debe estimarse como una prioridad —un riesgo— para los gobiernos a nivel mundial, los cuales deben adaptar y desarrollar tecnologías capaces de calibrar con mayor precisión las métricas asociadas a sus impactos”.

La interrelación entre el turismo y el cambio climático ha suscitado numerosas investigaciones centradas en el ciclo de vida de los destinos turísticos. En este sentido, Butler (2018) advierte que los modelos tradicionales de crecimiento turístico resultan insuficientes para anticipar con precisión la evolución de destinos emergentes o futuros. En lugar de ello, propone enfocar el análisis en desafíos complejos como la crisis climática y el fenómeno del *overturismo*. Esta perspectiva se ve respaldada por la creciente evidencia de que el cambio climático compromete la viabilidad y sostenibilidad del turismo a escala global. De hecho, organismos como el IPCC (2021) subrayan que los eventos climáticos extremos están aumentando tanto en frecuencia como en intensidad, lo que convierte al cambio climático en una prioridad estratégica para los gobiernos.

En este contexto global, resulta pertinente examinar cómo los desafíos del cambio climático se manifiestan en destinos turísticos específicos. El presente estudio se enfoca en Playas del Este, ubicado en el municipio Habana del Este, perteneciente a la provincia de La Habana (Figura 1).

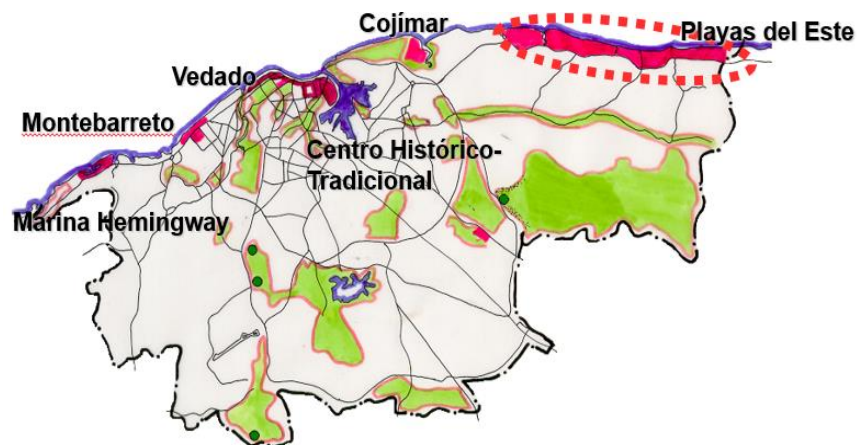


Fig. 1. Polos turísticos de La Habana, Cuba.

Fuente: Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF, 2018).

La investigación se apoya en antecedentes clave que han abordado los riesgos multicausales que afectan la actividad turística en la zona. Entre ellos destaca el análisis de los peligros naturales y antrópicos realizado por Hernández, D. et al. (2010), considerado uno de los primeros estudios en esta línea. También se incorpora el estudio de alerta temprana y monitoreo del ciclo de vida turístico de Playas del Este (Olivera, R. et al., 2011), único en su tipo hasta la fecha. Asimismo, se integran instrumentos de planificación territorial como la versión actualizada del Plan de Ordenamiento del Polo Turístico Playas del Este 2018–2030 (DPPF, 2018), junto con documentos estratégicos de alcance nacional, entre ellos la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (CITMA, 2020) y el estudio del Macroproyecto (CITMA, 2023). A nivel local, se consideran la Estrategia de Desarrollo del municipio Habana del Este (2023), los aportes del Centro de Estudios para el Desarrollo Local (CEDEL, 2023), la política municipal sobre desarrollo sostenible de la franja litoral y su potencial turístico (Breto, A. et al., 2023), así como el proyecto internacional AdaptHabana¹, actualmente en ejecución en los seis municipios costeros de La Habana.

El presente trabajo se articula en torno a tres pilares fundamentales y prospectivos: el cambio climático, el turismo y el desarrollo local. La investigación propone integrar los escenarios climáticos futuros en los procesos de planificación estratégica del territorio, con el objetivo de fomentar una mayor participación de los trabajadores y de la comunidad en la toma de decisiones. En este contexto, se reconoce que el turismo constituye un motor esencial de prosperidad económica, especialmente en destinos insulares vulnerables. Por ello, resulta imperativo explorar estrategias de resiliencia que permitan enfrentar las crisis externas. Tal como señalan McLeod, M. et al. (2021), “desarrollar resiliencia significa ganar capacidad para adaptarse y gestionar con éxito los cambios en las dimensiones y la naturaleza del turismo”.

En consecuencia, este trabajo tiene como objetivo principal identificar las vulnerabilidades climáticas del destino Playas del Este y proponer lineamientos estratégicos que integren el turismo sostenible, la planificación territorial y la adaptación al cambio climático como ejes articuladores del desarrollo local. A partir de este enfoque, se estructura la investigación en tres secciones: el análisis de riesgos climáticos,

¹ Proyecto AdaptHabana: Formula un Plan de Adaptación de la Zona Costera, que considera los riesgos y vulnerabilidades para integrar las medidas de adaptación y las decisiones de inversión en la planificación del desarrollo, con la participación de las partes interesadas nacionales y locales.

la caracterización territorial del destino y el diseño de estrategias de resiliencia aplicables al contexto local.

2. Materiales y métodos

El presente estudio adoptó un enfoque cualitativo, centrado en la interrelación entre cambio climático, turismo y desarrollo local. La metodología se basó en la revisión del diagnóstico del ciclo de vida del destino turístico Playas del Este (Olivera, R. et al., 2011), con el propósito de identificar las principales variables de riesgo climático que inciden en el territorio. A partir de este análisis, se formularon medidas de adaptación y mitigación orientadas a reducir las vulnerabilidades locales, integrando la planificación sectorial y la Estrategia de Desarrollo Municipal como instrumentos clave para priorizar recursos logísticos en inversiones, mantenimiento y conservación, bajo un enfoque de resiliencia climática.

Objetivos metodológicos

1. Identificación de elementos conceptuales clave:

- Revisión retrospectiva del ciclo de vida del destino turístico.
- Integración de programas estratégicos vinculados al turismo y al cambio climático en la Estrategia de Desarrollo Municipal.
- Evaluación de riesgos climáticos en destinos litorales.

2. Diagnóstico del riesgo climático en destinos turísticos costeros de Cuba:

- Estudio de repercusiones sobre el ciclo de vida del destino.
- Análisis de modelos de evaluación de riesgo climático.
- Articulación entre planes, programas y proyectos de escala nacional y local.

3. Propuesta de medidas estratégicas de adaptación y mitigación:

- Adaptación climática: acciones a corto, mediano y largo plazo.
- Mitigación: promoción de un turismo bajo en carbono y resiliente.
- Fomento de alianzas público-privadas para la gestión territorial.

Técnicas y fuentes empleadas

El enfoque metodológico combinó análisis teórico y empírico, utilizando:

- Métodos de análisis-síntesis e inductivo-deductivo para interpretar tendencias y proyecciones.
- Entrevistas semiestructuradas con expertos en turismo y planificación territorial.
- Observación empírica para evaluar impactos del cambio climático en la zona costera.

Se consideraron antecedentes relevantes como:

- El modelo evolutivo de destinos turísticos y su permanencia en el mercado ante nuevos estilos de vida y mayor conciencia ambiental.
- El diagnóstico de *Alerta y monitoreo del ciclo de vida* de Playas del Este (Olivera, R. et al., 2011).
- La implementación del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Rey, 2019).
- Herramientas de desarrollo local en Cuba (Gobierno de Cuba, 2021a; , 2021b y 2022).

- El Proyecto de Turismo del Macroprograma Transformación Productiva e Inserción Internacional del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 (CC-PCC, 2021), que establece prioridades para la diversificación del producto turístico en tres etapas: 2019–2021, 2022–2026 y 2027–2030.
- La política pública local sobre desarrollo sostenible de la franja litoral y su potencial turístico-recreativo en el municipio Habana del Este (Breto, A. et al., 2023), que orienta acciones específicas para la gestión ambiental, la planificación territorial y la valorización del paisaje costero como activo estratégico.

3. Resultados y discusión

El modelo de análisis del ciclo de vida de los destinos turísticos se presenta como una herramienta clave para evaluar el impacto del cambio climático en la proyección del desarrollo y las perspectivas futuras de destinos litorales como Playas del Este. Este enclave, cuya vocación principal es el turismo de sol y playa, requiere una planificación diferenciada en el tramo correspondiente a la Franja Litoral de Manejo Integral (FLMI), dada la presencia de cinco ríos que incrementan los riesgos ante eventos meteorológicos extremos, como los huracanes. Si bien la Estrategia de Desarrollo Municipal de La Habana del Este contempla la dimensión ambiental, aún carece de un enfoque claro, operativo y pragmático frente al cambio climático.

La segunda versión del *Cataurito de herramientas para el desarrollo local* (Guzón, A. et al., 2020) constituye una guía metodológica para el diseño y gestión del desarrollo local en Cuba. Entre sus orientaciones, destaca el diseño de productos turísticos locales y la reducción de vulnerabilidades en zonas costeras ante los efectos del cambio climático. Aunque incluye referencias al programa de turismo local, este enfoque aún no se refleja de manera consistente en la mayoría de las Estrategias de Desarrollo Municipales del país. El cambio de paradigma que propone —basado en el aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos endógenos— resulta esencial para diversificar la oferta, garantizar su sostenibilidad económica y enfrentar los riesgos climáticos. Para ello, se requiere una planificación articulada entre los niveles municipal, provincial y nacional, tal como establece la Resolución 29/2021 (Gobierno de Cuba, 2021).

Los hallazgos de esta investigación se presentan de forma integrada, combinando la exposición objetiva de los datos con un análisis interpretativo que permite comprender la evolución, los desafíos y las oportunidades del destino turístico Playas del Este. Este enfoque se enmarca en el patronato y la gestión del Municipio Habana del Este, a través de su estrategia de desarrollo local y sus planes prospectivos.

3.1. Evolución histórica y geográfica del destino

Según la Dirección Provincial de Planificación Física, actualmente Dirección Provincial de Ordenamiento Territorial y Urbanismo (DPPF, 2018), Playas del Este cuenta con una franja de playa de 13 km dentro de un litoral costero de 15,6 km, colindante con las cuencas hidrográficas de los ríos Bacuranao, Tarará, Itabo y Guanabo, a los que se suma el río Cojímar dentro de la jurisdicción municipal. Esta configuración geográfica ha sido determinante en la conformación del destino turístico, tanto por sus atributos naturales como por las transformaciones antrópicas que ha experimentado. La declaración de la zona como Área de Alta Significación para el Turismo en 1999 marcó un punto de inflexión en su desarrollo, estableciendo un marco normativo que orientó las inversiones y el ordenamiento territorial con un enfoque sectorial-estatal, sin dejar de contemplar la preservación de espacios naturales y paisajísticos, como el Rincón de Guanabo y la Laguna El Cobre–Itabo, ambas reconocidas como áreas protegidas.

El estudio de alerta y monitoreo del ciclo de vida de Playas del Este (Olivera, R. et al., 2011) indica que la urbanización comenzó en la década de 1920, seguida por la parcelación de Santa María del Mar en 1946 y la transformación de la laguna del Cobre. Estos procesos evidencian una ocupación progresiva del litoral. La construcción de infraestructuras en los años 60, como el paseo marítimo, alteró la dinámica sedimentaria, generando impactos que se intensificaron con la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos y la incidencia de frentes fríos durante el invierno. Estas modificaciones afectaron el perfil costero, comprometiendo la estabilidad de la playa y su capacidad de recuperación natural. La posterior demolición de instalaciones ubicadas sobre la duna y en zonas vulnerables ha contribuido parcialmente a estabilizar el sistema, aunque persisten problemas estructurales sin resolver.

La reducción de la superficie de playa, provocada por la erosión costera y la creciente presión urbanística —especialmente en el asentamiento poblacional de Guanabo— afecta directamente la competitividad del destino turístico. Esta pérdida de espacio útil y de atributos naturales compromete no solo la capacidad de atracción, sino también la sostenibilidad del modelo turístico implantado. Estudios sobre turismo costero en el Caribe (McLeod, M. et al., 2021) advierten que la degradación de los ecosistemas litorales limita la resiliencia de los destinos frente a perturbaciones externas, como el cambio climático y los eventos meteorológicos extremos. En este sentido, la historia geográfica de Playas del Este no solo explica su configuración actual, sino que también condiciona sus posibilidades de adaptación futura. Esta vulnerabilidad se extiende más allá de la franja litoral marina-costera, abarcando el entorno y la periferia, donde la presencia de ríos y lagunas —como Bacuranao, Tarará, Itabo, Guanabo y Cojímar— incrementa el riesgo de inundaciones, salinización de suelos y afectaciones a la biodiversidad. Así, el destino enfrenta el reto de equilibrar el desarrollo turístico con la conservación ambiental y la gestión territorial integrada, como condición indispensable para su viabilidad a largo plazo.

3.2. Diagnóstico del turismo en Playas del Este

El desarrollo turístico de Playas del Este alcanzó una etapa significativa en 1993, con la remodelación de instalaciones emblemáticas que impulsaron la infraestructura del destino. Sin embargo, el estudio de FORMATUR (Olivera, R. et al., 2011) identificó que la zona se encontraba en una fase de declive, caracterizada por la pérdida de competitividad frente a destinos emergentes y una reducción sostenida del mercado turístico, tanto en términos espaciales como numéricos. En esta etapa, el área deja de ser atractiva para el turismo convencional, orientándose más hacia excursiones de fin de semana o de un día, siempre que sea accesible para un amplio público.

Este diagnóstico omitió variables clave del modelo de ciclo de vida turístico, como la percepción de la población local y los riesgos asociados al cambio climático, los cuales, metodológicamente, no han sido incorporados de forma sistemática en el modelo a nivel internacional. Esta omisión resulta especialmente crítica en el contexto actual, donde las tensiones derivadas de las amenazas y peligros crecientes del cambio climático adquieren una relevancia global cada vez mayor. En el caso de Cuba, no fue sino hasta 2017 que se comenzó a implementar el plan estatal para el enfrentamiento al cambio climático, conocido como “Tarea Vida”. La falta de integración de estos factores ha limitado la capacidad de respuesta del modelo de gestión, que permanece desactualizado frente a las nuevas dinámicas territoriales, ambientales y sociales que caracterizan el caso de estudio.

Actualmente, el destino cuenta con un potencial estimado de 17 000 habitaciones, aunque la capacidad instalada representa apenas el 13% de ese total, cifra que ha permanecido prácticamente inalterada durante décadas. Esta situación sugiere una fase de implicación combinada con un estancamiento prolongado, en la que los impactos negativos del turismo se hacen evidentes. Si no se adoptan medidas correctivas, el destino corre el riesgo de deteriorarse aún más, perdiendo su atractivo, tal como lo plantea el modelo de ciclo de vida de Richard Butler (2006) (véase Figura 2).

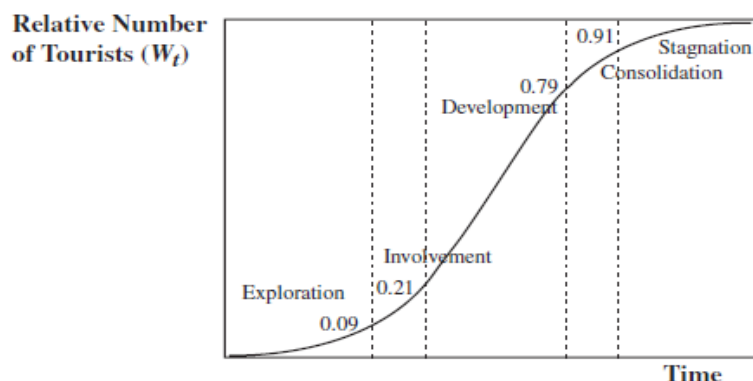


Fig. 2. Ciclo de vida destinos turísticos
Fuente: Butler, R. (2006). The TALC. Vol. 2: 138.

La planta hotelera muestra signos evidentes de envejecimiento y obsolescencia tecnológica, con deterioro marcado en construcciones ubicadas en los sectores de Bacuranao-Celimar, Tarará y Boca Ciega, lo que refleja una pérdida de competitividad. Esta situación se ha visto agravada por la disrupción económica provocada por la pandemia de la COVID-19, de la cual el destino aún no se recupera plenamente. El decrecimiento sostenido de visitantes extranjeros ha generado impactos negativos en la economía local, provocando un efecto cascada sobre el empleo, los servicios y la inversión estatal, debilitando así el tejido socioeconómico del territorio.

En 2024, se inició un movimiento de tierra para la construcción de un nuevo hotel cinco estrellas en Santa María del Mar, mediante una empresa mixta. Sin embargo, tanto este proyecto como el desarrollo inmobiliario vinculado a campos de golf en Bello Monte presentan avances ralentizados. Esta situación evidencia una fragilidad estructural que exige una revisión profunda del modelo de desarrollo turístico vigente. En este nuevo enfoque, podrían articularse no solo las grandes inversiones estatales y las asociaciones económicas internacionales, sino también las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES), como parte de una alianza público-privada que involucre activamente a cubanos residentes en el país.

La resiliencia del destino dependerá de su capacidad para integrar inversiones estratégicas con una gobernanza participativa e inclusiva, capaz de superar la fragmentación institucional y territorial. Solo mediante una planificación integral que incorpore criterios de sostenibilidad, adaptación climática y equidad social será posible revertir la tendencia de declive y consolidar un modelo turístico más competitivo y resiliente, adaptado a las circunstancias del presente y preparado para los desafíos del futuro.

3.3. Problemas de gestión y participación local

La falta de articulación concertada entre los actores locales ha sido una limitación recurrente en la gestión del destino turístico de Playas del Este. El municipio Habana del Este, que abarca espacios diversos como Cojímar, Guanabo y Campo Florido, posee un notable potencial turístico y recreativo que no ha sido aprovechado de manera integral. Cojímar, por ejemplo, destaca por su cultura pesquera, su oferta gastronómica singular y auténtica, la existencia de varios hostales y paladares y con infraestructuras como la Villa Panamericana, que podrían diversificar la oferta recreativa y deportiva extrahotelera diurna y nocturna y fortalecer el turismo de base comunitaria.

El Informe final del proyecto *Contribución al fortalecimiento de la gestión del desarrollo en municipios de la Capital. Caso de estudio: Habana del Este* (CEDEL, 2023) identifica los principales obstáculos que afectan la implementación de la Estrategia de Desarrollo Municipal, centrando su análisis en la

Franja Litoral de Manejo Integral (FLMI) del tramo Cojímar–Rincón de Guanabo. Aunque esta zona ha sido priorizada por el plan estatal *Tarea Vida*, enfrenta limitaciones estructurales como “la baja integración entre actores institucionales, la escasa participación ciudadana en la formulación y gestión de la Estrategia de Desarrollo Municipal y las insuficientes capacidades técnicas en materia de desarrollo local”.

La estrategia vigente carece de un enfoque climático, lo que restringe su capacidad de respuesta ante los desafíos contemporáneos. Tal como señala el *Manual para la Adaptación de los Destinos Turísticos al Cambio Climático* (Turisme Comunitat Valenciana, 2020), es esencial incorporar medidas de mitigación y adaptación para reducir la vulnerabilidad y avanzar hacia la sostenibilidad. Esto exige una reconfiguración del modelo de gobernanza, articulando políticas públicas con participación comunitaria y una visión territorial integral.

En línea con lo planteado por McLeod, M. et al., (2021) en *Introduction to special issue on island tourism resilience*, la capacidad de un destino insular para adaptarse a los cambios del entorno está condicionada por la generación de conocimiento, el desarrollo de recursos y la existencia de sistemas de gobernanza eficaces para implementar y monitorear acciones. Este enfoque resulta pertinente para el caso de La Habana del Este, donde, a pesar de las limitaciones, se han comenzado a dar pasos importantes. Entre ellos destaca la elaboración de una política pública local sobre desarrollo sostenible de la franja litoral y su potencial turístico-recreativo (Breto, A. et al., 2023), que establece como prioridades estratégicas:

- Elaborar e implementar políticas, programas y proyectos para la franja costera.
- Concluir el planeamiento urbano y armonizar los instrumentos de ordenamiento territorial.
- Iniciar acciones de rehabilitación y gestión ambiental conforme a los planes establecidos.
- Reiniciar los procesos de recuperación de playas en las áreas más afectadas.
- Impulsar el desarrollo del destino turístico como motor económico mediante la transformación productiva y la inserción internacional.
- Desplegar el Programa de Gestión Participativa del Patrimonio, involucrando a la comunidad en la protección y promoción de los recursos culturales y naturales.
- Fomentar alianzas estratégicas entre actores económicos, instituciones académicas, el gobierno y el Centro de Desarrollo Municipal (CDM).
- Diseñar e implementar productos turísticos propios que resalten la autenticidad y singularidad del municipio.
- Promover proyectos de desarrollo local que vinculen el turismo con las comunidades, generando beneficios directos para la población residente.
- Gestionar de forma integrada las cuencas hidrográficas para garantizar el uso sostenible del agua y los recursos naturales.
- Evaluar y regular la explotación pesquera, garantizando su sostenibilidad.

3.4. Cambio climático y vulnerabilidad del destino

El ascenso del nivel medio del mar y la creciente incidencia de ciclones tropicales constituyen amenazas significativas para el destino turístico Playas del Este. Las proyecciones específicas para esta zona superan la media nacional (CITMA, 2023), lo que refuerza la urgencia de implementar medidas de adaptación progresivas y sostenidas. El Plan de Ordenamiento del Polo Turístico Playas del Este (DPPF, 2018) reconoce esta problemática, incorporando estimaciones de surgencia ciclónica y valores

proyectados de ascenso del nivel del mar, clasificados como penetraciones ligeras, moderadas, severas y muy severas.

Estas categorías pueden contrastarse en el mapa correspondiente, mediante la lectura de la leyenda y la identificación de los colores que delimitan cada escenario, hasta el límite de surgencia ciclónica máxima, representado por una línea azul fuerte discontinua. Asimismo, se ilustran las áreas con peligro de inundación por lluvias intensas en zonas bajas, así como por drenajes de presas y cuencas hidrográficas, con una clasificación de peligro alto, medio y bajo para los escenarios proyectados hacia los años 2050 y 2100 (Fig. 3).

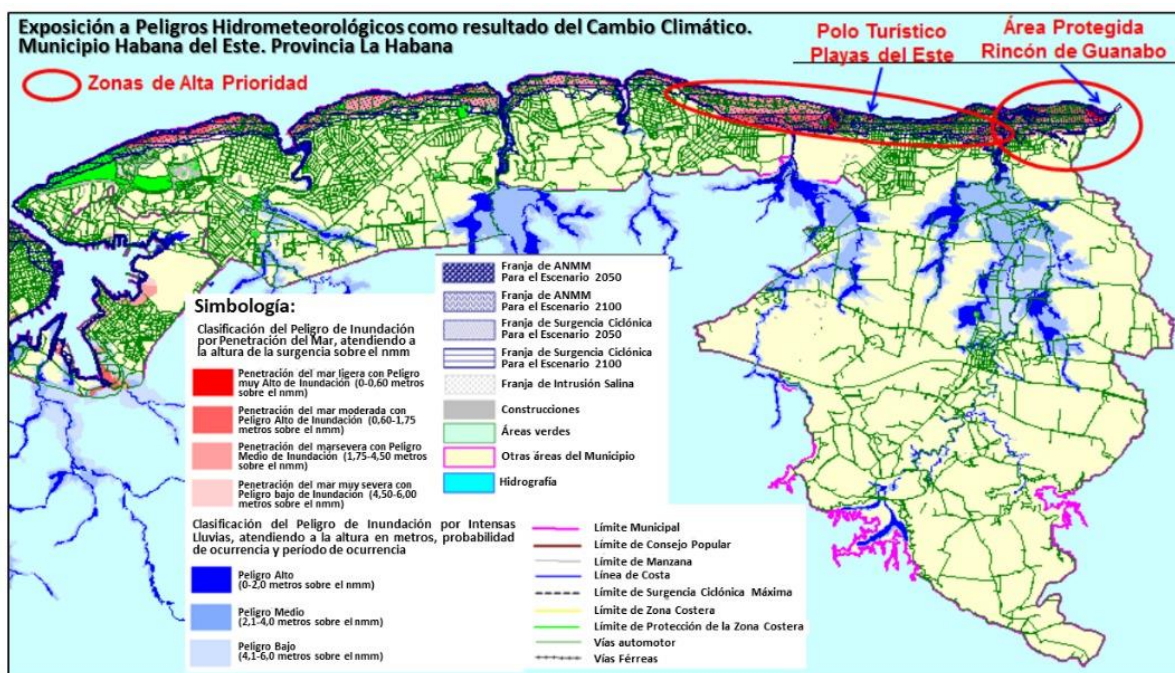


Fig. 3. Mapa de exposición a peligros hidrometeorológicos. Habana del Este. (DPPF, 2018).

La Franja Litoral de Manejo Integral (FLMI) reconoce el potencial turístico-recreativo del área, y actualmente —en el marco del proyecto internacional AdaptHabana— se elabora una hoja de ruta para incorporar un plan de adaptación al cambio climático. Este plan contempla medidas en sectores estratégicos como el turismo, la gestión ambiental y el fortalecimiento de capacidades técnicas en actores clave. No obstante, su implementación efectiva requiere una coordinación interinstitucional robusta y una visión de largo plazo que trascienda los ciclos políticos y económicos que tradicionalmente limitan la continuidad de las políticas públicas en el país.

Las soluciones basadas en la naturaleza, como la rehabilitación de ecosistemas costeros y la gestión integrada de las cuencas hidrográficas, pueden contribuir significativamente a mitigar los impactos del cambio climático. Asimismo, la planificación urbana debe armonizar los instrumentos de ordenamiento territorial y urbano con los objetivos de sostenibilidad, garantizando la protección de infraestructuras y la conservación de los recursos naturales.

La incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en la planificación territorial del destino turístico Playas del Este no puede postergarse. La articulación entre actores locales, el fortalecimiento de capacidades técnicas y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza constituyen pilares fundamentales para avanzar hacia un modelo de desarrollo resiliente y sostenible.

El MACROPROYECTO (CITMA, 2023) ratifica las proyecciones de ascenso del nivel del mar, indicando elevaciones de 29 cm para 2050 y 95 cm para 2100. En el caso específico de Playas del Este, los valores superan la media nacional, lo que refuerza la necesidad de una planificación territorial estratégica con enfoque climático. (Tabla 1).

Tabla 1. Aumento del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 en Guanabo.

Localidad	Años	
	2050	2100
Cuba (2019)	29.3 cm	95.0 cm
Guanabo (Playas del Este)	29.9 cm	98.1 cm

Fuente: Resumen de los resultados del MACROPROYECTO. (CITMA, 2023).

La evidencia empírica sobre el ascenso del nivel del mar y la exposición a peligros hidrometeorológicos en Playas del Este, junto con las limitaciones institucionales y técnicas previamente identificadas, subraya la necesidad de avanzar hacia un modelo de gestión territorial que incorpore la resiliencia como eje transversal. En este contexto, resulta imprescindible diseñar e implementar estrategias de adaptación que no solo respondan a los desafíos climáticos, sino que también promuevan la transformación productiva, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental del destino turístico en La Habana del Este.

La siguiente sección explora estas estrategias, tomando como referencia experiencias internacionales y propuestas locales que apuntan a fortalecer la capacidad adaptativa del territorio.

3.5. Estrategias de adaptación y resiliencia

A partir del análisis de vulnerabilidades locales y de experiencias como las mencionadas del proyecto AdaptHabana, se propone la estructuración de un sistema de gestión y gobernanza integral que permita enfrentar los desafíos climáticos y socioeconómicos del destino turístico Playas del Este, en el municipio Habana del Este. Este sistema debe incorporar criterios climáticos en la planificación territorial, promover el diseño de infraestructuras resilientes frente a la erosión costera y fomentar procesos de educación y sensibilización ambiental que fortalezcan la participación ciudadana y la apropiación comunitaria de las soluciones.

La diversificación de productos turísticos —naturaleza, aventura, rural, agroturismo, recreación, deportivo, histórico-cultural y de bienestar— representa una oportunidad estratégica para revitalizar zonas como el residencial Tará y el área colindante de Tamar, posicionándolas como espacios de innovación y experimentación turística. Esta diversificación, además de ampliar la oferta, puede contribuir a desconcentrar la presión sobre los ecosistemas costeros y generar nuevas dinámicas económicas en el territorio.

La articulación con sistemas agroproductivos locales, como Campo Florido y el Cordón de La Habana, refuerza el enfoque de economía circular, reduce la dependencia de importaciones y promueve encadenamientos productivos que benefician directamente a las comunidades locales a escala de consejo popular. Esta sinergia entre turismo y producción agroecológica puede convertirse en un motor de desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente. Con la apertura de nuevas formas de gestión, se impulsa la transformación productiva mediante el uso de tecnologías, manufacturas e industria local, aprovechando incluso la capacidad de almacenaje en la zona logística de Berroa.

En consonancia con estudios sobre destinos insulares en fase de declive (McLeod, 2021), se reconoce que el fortalecimiento de la resiliencia territorial requiere la combinación de recursos materiales,

financieros y humanos, junto con voluntad política, participación ciudadana activa y, sobre todo, una gobernanza eficaz. Como plantean Soares, Ivars Baidal y Gándara (2016), aplicar un enfoque evolutivo desde una perspectiva relacional permite comprender la transformación de los destinos turísticos y orientar su desarrollo hacia escenarios más sostenibles, adaptativos e inclusivos.

En este contexto, el territorio de las Playas del Este, enclavado dentro del municipio Habana del Este enfrenta un reto que, lejos de representar una limitación, se convierte en una oportunidad estratégica para redefinir el modelo de desarrollo local y enfrentar con mayor eficacia los impactos del cambio climático. De la mano del fomento del turismo, su diversificación y el encadenamiento productivo, es posible construir un modelo territorial más resiliente, equitativo y competitivo.

3.5.1. Adaptación frente al ascenso del nivel medio del mar: estrategias estructurales, funcionales y normativas

Frente al peligro potencial que representa el ascenso del nivel medio del mar, la gestión de destinos turísticos como Playas del Este exige una mirada integral que articule tres dimensiones clave: lo estructural (obras físicas que protejan la franja costera), lo no estructural (normativas, planificación territorial y educación ambiental) y lo funcional (respuesta efectiva de ecosistemas y servicios turísticos ante escenarios de riesgo). Este enfoque permite no solo identificar vulnerabilidades, sino también orientar decisiones estratégicas para fortalecer la resiliencia y garantizar la sostenibilidad de estos enclaves turísticos.

Con vistas al horizonte 2050–2100, resulta imprescindible mejorar desde ahora la planificación territorial, reforzar la coordinación institucional y ciudadana, y rediseñar el modelo de gestión turística tradicional de sol y playa. La diversificación de ofertas, actividades y modalidades complementarias será clave para adaptarse a los nuevos escenarios climáticos y socioeconómicos.

En el caso específico de la Franja Litoral de Manejo Integral (FLMI) del municipio Habana del Este, el diseño y la construcción de edificaciones e infraestructuras se convierten en un desafío técnico y ambiental que requiere un enfoque multidisciplinario. A continuación, se presentan estrategias prioritarias que pueden ser consideradas:

- **Elevación de estructuras:** Construcción de edificaciones sobre pilotes o plataformas elevadas para prevenir el efecto de las inundaciones y minimizar el impacto directo del oleaje.
- **Diseño resiliente:** Incorporación de criterios de adaptación al cambio climático en los proyectos constructivos, incluyendo la revisión de la norma cubana 775-3 sobre localización de inversiones turísticas. Identificar mediante los correspondientes estudios, los materiales de construcción, sistemas de sellado y recubrimientos impermeables que garanticen una protección adecuada durante el mayor tiempo posible para alargar los plazos de mantenimiento; combinar esto con elevación de redes técnicas (eléctricas, hidráulicas, sanitarias, etc.)
- **Infraestructura verde:** Restauración de ecosistemas costeros como manglares y arrecifes de coral y en casos necesarios la creación de dunas que actúan como barreras frente a la erosión y el oleaje.
- **Gestión del agua:** Diseño de sistemas de drenaje eficientes para evacuar rápidamente el agua en caso de inundaciones, junto con tecnologías para la captación y uso del agua de lluvia.
- **Zonificación y planificación adaptativa:** Identificación de zonas vulnerables y limitación de su desarrollo, destinando los espacios de alto riesgo a usos recreativos o de conservación. Además, diseño de interiores que faciliten la recuperación post-inundación.

- **Monitoreo y medidas de mitigación:** Uso de modelos predictivos asociados a diagnósticos y análisis del ciclo de vida para la toma de decisiones ante eventos extremos.

Estas estrategias, articuladas desde una perspectiva integral, permiten avanzar hacia un modelo de gestión turística más resiliente, sostenible y adaptado a los desafíos del cambio climático. Incorporarlas desde ahora en la planificación y ejecución de proyectos turísticos en la FLMI de Habana del Este constituye una apuesta por el futuro de estos espacios costeros, fundamentales tanto para la economía local como para la identidad cultural del territorio y del país.

Conclusiones

Playas del Este, por su cercanía al Centro Histórico de La Habana Vieja —declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO— posee un alto potencial para consolidarse como nodo estratégico dentro del corredor turístico Habana–Matanzas–Varadero. Sin embargo, sus vulnerabilidades estructurales y ambientales limitan su competitividad y desarrollo sostenido. Para revertir esta situación, resulta clave diversificar la oferta turística local y articular los programas nacionales y locales, actualmente fragmentados. Esta articulación debe ser liderada por el Ministerio de Turismo (MINTUR), en coordinación con el Gobierno Provincial de La Habana y el Gobierno Municipal de Habana del Este.

El destino enfrenta riesgos ambientales crecientes, como el ascenso del nivel medio del mar —estimado en 29.9 cm para 2050 y 98.1 cm para 2100 (CITMA, 2023)—, inundaciones, degradación costera y eventos meteorológicos extremos. Estas presiones, sumadas a la ralentización de inversiones, han acentuado su vulnerabilidad. En este contexto, el modelo de análisis del ciclo de vida turístico se presenta como herramienta estratégica para orientar decisiones. Su implementación debe estar a cargo de la Delegación del MINTUR en La Habana, en colaboración con FORMATUR, la Facultad de Turismo de la Universidad de La Habana, actores comunitarios y el sector privado, mediante una plataforma interinstitucional.

Aunque se han incorporado elementos del enfoque climático en la planificación territorial, persisten brechas en el modelo de gestión. Para superarlas, el Gobierno Municipal debe vincular los programas del Plan Nacional de Desarrollo Económico hasta 2030 con iniciativas como el turismo de salud y bienestar, el agroturismo y el fortalecimiento del producto extrahotelero, en articulación con el sector no estatal y las dinámicas locales.

Asimismo, las estrategias de adaptación al cambio climático —como la elevación de estructuras, el diseño resiliente, la restauración de ecosistemas y la zonificación adaptativa— deben integrarse transversalmente en la planificación turística. Estas acciones deben ser supervisadas por el Instituto Nacional de Ordenamiento Territorial y Urbanismo (INOTU), en coordinación con CITMA y el Gobierno Provincial, incorporando sistemas de monitoreo y alerta temprana que permitan anticipar escenarios de riesgo y reducir la exposición de infraestructuras y comunidades vulnerables.

Finalmente, se recomienda que el MINTUR, junto al Ministerio de Economía y Planificación (MEP) y el Gobierno Central, aprueben una política sectorial específica para el desarrollo del turismo local. Esta política debe permitir la descentralización de competencias y habilitar acciones autónomas en el corto plazo. Solo mediante una gobernanza participativa, planificación integral y visión de largo plazo será posible consolidar un modelo turístico competitivo, resiliente y socialmente justo para Playas del Este, que sirva de referente para otros destinos costeros del país.

Referencias Bibliográficas

- Breto, A., Rodríguez, M., Pérez, L., & Gómez, Y. (2023). *Elaboración de una política pública local sobre desarrollo sostenible de la franja litoral y su potencial turístico recreativo en el municipio Habana del Este, 2023–2027*. Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 11(Número Especial 3), 84–100. RPNS 2346. ISSN 2308-0132.
- Butler, R. (2006). *The TALC. Vol 2: Part 3: Alternative Conceptual Approaches and the TALC, Time Path. Chapter 8: Analysis and TALC Stage Demarcation*. Svend Lundtorp and Stephen Wanhill (p. 138). <https://doi.org/10.21832/9781845410278-008>
- Butler, R. (2018). Challenges and opportunities. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 10(6), 635–641. <https://doi.org/10.1108/WHATT-07-2018-0042>
- CEDEL. (2023). *Informe final del proyecto: Contribución al fortalecimiento de la gestión del desarrollo en municipios de la Capital. Caso de Estudio Habana del Este, del Programa Territorial del Ciencia, Tecnología e innovación “Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible en La Habana”*. Centro de Desarrollo Local y Comunitario del CITMA.
- CITMA. (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Editorial AMA. ISBN: 978-959-300-170-0
- CITMA. (2023). *MACROPROYECTO. Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana. Alerta sobre el ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 (Versión 15)*. Editorial AMA.
- Dirección Provincial de Planificación Física. (2018). *Plan de Ordenamiento del Polo Turístico Playa del Este*. Actualización octubre 2018.
- Gobierno de Cuba. (2021a). *Resolución 29/2021: Bases generales de la organización del sistema de trabajo para la gestión estratégica del desarrollo territorial*. Gaceta Oficial de la República de Cuba, No. 54 Ordinaria.
- Gobierno de Cuba. (2021b). *Decreto No. 33: Para la Gestión Estratégica del Desarrollo Territorial*. Gaceta Oficial, No. 54, 11 de mayo de 2021.
- Gobierno de Cuba. (2022). *Decretos No. 69 y 72/2022: De las estructuras organizativas en las administraciones provinciales y municipales del Poder Popular*. Gaceta Oficial.
- Gobierno Municipal de Habana del Este. (2023). *Estrategia de Desarrollo Municipal La Habana del Este 2023–2027*.
- Guzón, C., Martínez, L., & Torres, F. (2020). *Cataurito de herramientas para el desarrollo local 2*. Editorial Caminos.
- Hernández, D., López, J., & Ramírez, M. (2010). *Análisis de los peligros naturales y antrópicos que inciden en el turismo de Playas del Este*. Revista 9. Recuperado de Dialnet.
- IPCC. (2021). *Cambio climático 2021: Bases físicas. Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf
- Maximiliano, E. (2020). Turismo, riesgo y cambio climático: Un camino alternativo. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 29(1), 214–227. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180762690013>
- McLeod, M., Smith, A., & Johnson, T. (2021). Introduction to special issue on island tourism resilience. *Tourism Geographies*, 23(3), 361–370. <https://doi.org/10.1080/14616688.2021.1898672>

- Olivera, R., Pérez, L., & Gómez, Y. (2011). *Alerta y monitoreo del ciclo de vida del destino Playa del Este*. Escuela de Hotelería y Turismo de La Habana, Altos Estudios.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial. Por un plan de rescate para las personas y el planeta* (pp. 38–39). Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/informe-ods-naciones-unidas.html>
- Rey, O. (2019). *Cuba: políticas públicas para el enfrentamiento al cambio climático*. Serie Entendiendo el Cambio Climático. Editorial AMA / CITMA. http://ccc.insmet.cu/cambioclimaticoencuba/sites/default/files/resultados/07%20POLITICAS%20PUBLICAS_0.pdf
- Soares, J. C., Ivars Baidal, J. A., & Gândara, J. M. (2016). Dinámica evolutiva y path dependence en los destinos turísticos litorales: El papel y la percepción de los agentes locales desde una perspectiva comparada. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 25(2), 164–185.
- Turisme Comunitat Valenciana. (2020). *Manual para la adaptación de los destinos turísticos al cambio climático*. Invat-tur. https://invattur.es/uploads/entorno_37/fichero

Acerca de los autores:

Alexander Sierra Bouzas (Id orcid: 0009-0001-2952-0048), Licenciado en Turismo (2007), Máster en Gestión Turística (2021), acumula 32 años de experiencia laboral, 24 en el sector turístico. Ha sido Jefe de la Secretaría del Ministro de Turismo y Director de Desarrollo del MINTUR (2007-2023). Posee diplomados en Administración Pública, Turismo Accesible e Inclusivo, y Adaptación al Cambio Climático. Actualmente cursa el doctorado en Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente. Ha trabajado como especialista en el INIE/MEP y el IGT y el CEDEL/CITMA, destacándose en planificación territorial y en la gestión ambiental.

Dra. Bárbara Idalmis Garea Moreda (Id orcid: 0000-0002-3625-0138), es Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular y Consultante. Ha desempeñado funciones directivas en el CITMA y el InSTEC, y actualmente preside la Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo”. Es autora de 12 libros de texto y más de 60 artículos científicos. Ha dirigido más de 22 proyectos de investigación y participado en más de 150 eventos científicos. Su labor ha sido reconocida con premios de la Academia de Ciencias de Cuba y distinciones del Ministerio de Educación Superior, consolidando su liderazgo en el ámbito científico y académico nacional.

Cayo Largo: ciclo de vida, retos climáticos y oportunidades para el desarrollo local sostenible

Alexander Sierra-Bouzas^(1*) y Bárbara I. Garea-Moreda⁽²⁾.

¹Centro de Desarrollo Local (CEDEL-CITMA). Cuba.

²Cátedra UNESCO "Medio Ambiente y Desarrollo" / InSTEC (Cuba).

*Autor para correspondencia: asbouzas376@gmail.com

Recibido: 26/08/2025	Aceptado: 06/10/2025
----------------------	----------------------

Resumen

Cayo Largo, situado en el archipiélago de los Canarreos al sur de Cuba y perteneciente al Municipio Especial Isla de la Juventud, se ha consolidado como un destino turístico de alta relevancia internacional, gracias a sus playas reconocidas en plataformas como TripAdvisor. Su ubicación en la región occidental del país lo expone a frecuentes ciclones tropicales y huracanes intensos. Este estudio tiene como objetivo analizar la proyección del ascenso del nivel medio del mar como consecuencia del cambio climático, y proponer medidas estratégicas que respondan al ciclo de vida del destino y a las oportunidades que ofrece el entorno para diversificar la oferta turística mediante el desarrollo local. Se plantean acciones de mitigación y adaptación orientadas a reducir vulnerabilidades y riesgos, considerando los niveles de exposición y fragilidad del ecosistema insular. Mediante un enfoque metodológico basado en el análisis-síntesis, el método inductivo-deductivo y la observación directa, se examina la evolución del destino turístico, que actualmente muestra un probable camino hacia el rejuvenecimiento tras un periodo de estancamiento y declive. Cayo Largo se presenta, así como un caso de estudio idóneo para explorar tendencias futuras y escenarios de transformación territorial. Las conclusiones aportan información clave para la gestión ambiental sostenible del destino, fortaleciendo la articulación entre ciencia, tecnología e innovación, y el programa de desarrollo integral de la Isla de la Juventud, en un contexto marcado por desafíos económicos internos y el cambio climático global en evolución.

Palabras claves: adaptación climática, cambio climático, destino turístico, desarrollo local, gestión ambiental, sostenibilidad territorial.

Cayo Largo: life cycle, climate challenges and opportunities for sustainable local development

Abstract

Cayo Largo, located in the Canarreos archipelago in southern Cuba and part of the Isla de la Juventud Special Municipality, has established itself as a highly relevant international tourist destination thanks to its beaches, recognized on platforms such as TripAdvisor. Its location in the western region of the country exposes it to frequent tropical cyclones and intense hurricanes. This study aims to analyze projected sea level rise as a result of climate change and propose strategic measures that respond to the destination's life cycle and the opportunities offered by the environment to diversify tourism through local development. Mitigation and adaptation actions are proposed to reduce vulnerabilities and risks, considering the levels of exposure and fragility of the island ecosystem. Using a methodological approach based on analysis-synthesis, the inductive-deductive method, and direct observation, the evolution of the tourist destination is

examined. It currently shows a probable path toward rejuvenation after a period of stagnation and decline. Key Largo is presented as an ideal case study for exploring future trends and territorial transformation scenarios. The findings provide key information for the destination's sustainable environmental management, strengthening the link between science, technology, and innovation, and the comprehensive development program for the Isle of Youth, in a context marked by internal economic challenges and evolving global climate change.

Keywords: climate adaptation, climate change, tourist destination, local development, environmental management, territorial sustainability.

1. Introducción

El archipiélago de los Canarreos, ubicado en el Mar Caribe, en el borde sur de la plataforma insular cubana, se extiende entre las aguas profundas de la Fosa de Yucatán y las someras del Golfo de Batabanó. Conformado por 672 cayos e islotes (Núñez Jiménez, 1983), constituye una región turística de alto valor estratégico, que alberga 11 polos identificados con una capacidad potencial estimada en 8 310 habitaciones (Fig. 1). Dentro de este conjunto destaca Cayo Largo, el mayor del grupo de los Jardines y Jardinillos, situado a 135 km de Nueva Gerona (Isla de la Juventud), 130 km de Cienfuegos y 177 km de La Habana. Actualmente cuenta con 1 493 habitaciones físicas, de un total de 3 000 identificadas como potenciales.

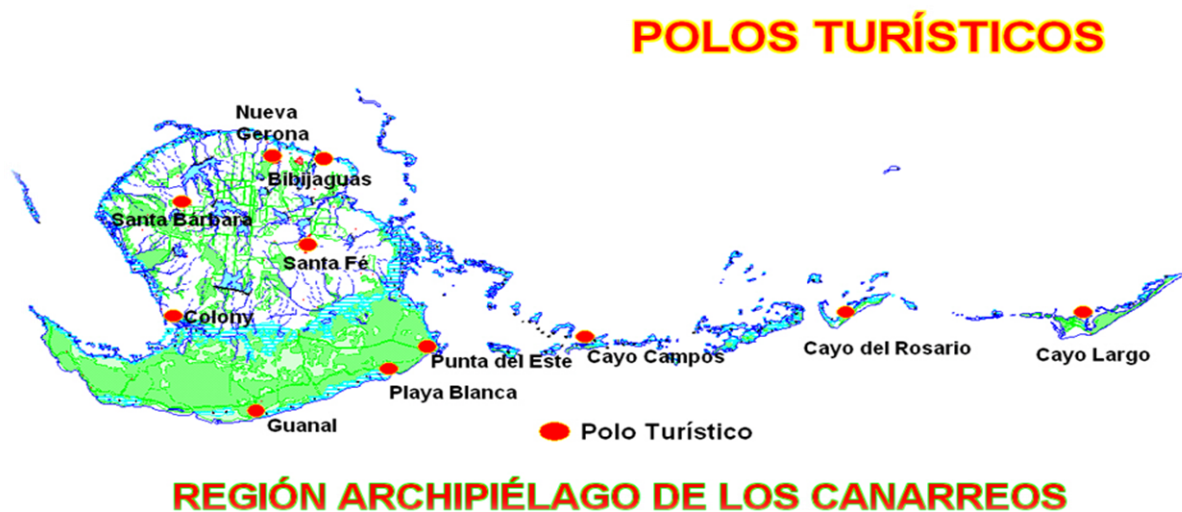


Fig. 1. Mapa de la Región Turística Los Canarreos.

Fuente: Tomado de presentación del Director de Desarrollo del MINTUR (2021).

Con una superficie de 41,8 km², Cayo Largo presenta una forma alargada y estrecha con su eje mayor orientado de nordeste a suroeste, alcanzando una longitud de 27 km y un ancho variable entre 1 km y 6,5 km (Fig. 2). Su condición como destino receptor de turismo internacional —favorecida por la presencia de un aeropuerto internacional y una marina habilitada para el tráfico del yatismo internacional—, junto con playas emblemáticas como Sirena y Paraíso, reconocidas por su belleza natural y calidad de servicios, lo posiciona como uno de los enclaves turísticos más emblemáticos de Cuba.

El modelo de Ciclo de Vida de los Destinos Turísticos propuesto por Butler (1980) ha sido una herramienta clave para analizar la evolución de los polos turísticos, estableciendo una secuencia compuesta por seis etapas: exploración, implicación, desarrollo, consolidación, estancamiento y, finalmente, declive o rejuvenecimiento (Fig. 2). Sin embargo, el propio autor (Butler, 2018) ha señalado que este enfoque resulta limitado para predecir el comportamiento numérico de destinos emergentes o en transformación. En la

actualidad, uno de los mayores desafíos para la planificación turística es el impacto del cambio climático, que compromete la estabilidad y sostenibilidad de los destinos costeros.

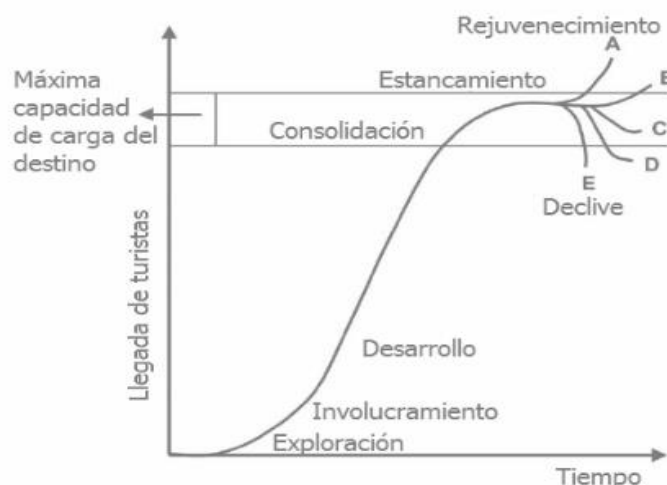


Fig. 2. Modelo Ciclo de Vida Destinos Turísticos. Butler, R. (1980).
Fuente: Tomado de la Revista Realidad, Tendencias y Desafíos en Turismo 2019.

Cayo Largo cuenta con un diagnóstico que identificó signos característicos de la fase de estancamiento (Rodríguez, J. M. et al., 2012), recomendando una reconceptualización del modelo turístico ante los riesgos climatológicos que limitan nuevas inversiones. La crisis provocada por la COVID-19 acentuó el declive, y aunque desde 2022 se han realizado esfuerzos inversionistas —incluyendo una operación comercial exclusiva con el turoperador canadiense Blue Diamond Resort—, aún no se ha logrado revertir la tendencia negativa en los flujos turísticos internacionales. Esta experiencia se alinea con lo planteado por McLeod, M. et al. (2021), quienes sostienen que los destinos insulares deben desarrollar agilidad y resiliencia para mitigar el declive.

La Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (CITMA, 2020) confirma un aumento progresivo de la temperatura media anual del aire en Cuba, proyectando valores superiores a 1,0 °C para 2030 y 3,5 °C para 2070. Ante este escenario, el Gobierno cubano ha implementado el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, denominado *Tarea Vida* (Rey, 2019), como respuesta estratégica a los impactos del cambio climático. El archipiélago de los Canarreos enfrenta una alta exposición a ciclones tropicales (INSMET, 2006) y al ascenso del nivel medio del mar (CITMA, 2023), lo que representa una amenaza creciente para sus ecosistemas y asentamientos costeros. Este fenómeno exige un abordaje riguroso, sustentado en indicadores específicos que se analizan en el capítulo de Resultados.

2. Materiales y Métodos

Este estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas para evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre el destino turístico Cayo Largo. Se emplearon métodos de observación directa, recopilación documental y análisis de datos para identificar patrones evolutivos en el ciclo de vida del destino (Rodríguez, J. M. et al., 2012) y su vulnerabilidad climática. Las técnicas aplicadas fueron las siguientes:

- **Análisis-síntesis:** Se revisaron estudios previos y registros históricos sobre Cayo Largo, incluyendo los efectos de huracanes intensos como Lili (1996), Iván (2004) y Gustav (2008), así como proyecciones sobre el ascenso del nivel del mar (CITMA, 2023).

- Método inductivo-deductivo: Se examinaron tendencias climáticas y turísticas para inferir escenarios futuros, estableciendo relaciones causales entre el impacto ambiental y las perspectivas de desarrollo del destino.
- Observación directa: Se realizaron 24 visitas de campo entre 2010 y 2023 para evaluar las condiciones ambientales y estructurales del cayo. Esta observación permitió identificar niveles de exposición y vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos, tanto en Cayo Largo como en el resto del archipiélago de los Canarreos y el Municipio Especial.
- Correlación descriptiva: Se compararon indicadores de riesgo climático con patrones de desarrollo turístico y datos operativos del sector hotelero, identificando estrategias de adaptación y mitigación en función de la etapa del ciclo de vida en que hipotéticamente se encuentra el destino en estos momentos.

Los datos utilizados en esta investigación provienen de diversas entidades nacionales, entre ellas:

- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
- Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA).
- Instituto de Geografía Tropical (IGT).
- Instituto de Meteorología (INSMET).
- Instituto de Planificación Física (IPF), actual INOTUR (Instituto Nacional de Ordenamiento Territorial y Urbano).
- Ministerio de Turismo (MINTUR).
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI).

También se consultaron bases de datos meteorológicas y estudios técnicos como el Macroproyecto sobre ascenso del nivel del mar (CITMA, 2023), la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (CITMA, 2020), y la guía metodológica *Cataurito de herramientas para el desarrollo local* (Guzón et al., 2020).

El proceso analítico se desarrolló en tres fases:

1. Revisión bibliográfica: Se analizaron estudios sobre el ciclo de vida turístico, trayectoria histórica del cayo y su vulnerabilidad ante amenazas climáticas.
2. Recopilación y análisis de datos: Se extrajo información de fuentes oficiales, proyectos de alto impacto y procesos de reordenamiento físico-espacial del polo turístico.
3. Interpretación de resultados y propuestas: Se contrastaron escenarios climáticos con la evolución turística del destino, formulando estrategias orientadas a la sostenibilidad y resiliencia frente al cambio climático.

3. Resultados y discusión

Este capítulo presenta los principales hallazgos del estudio aplicado al destino turístico Cayo Largo, integrando los resultados obtenidos con su correspondiente análisis y discusión. Se abordan los aspectos evolutivos del destino, las estrategias de sostenibilidad, la adaptación al cambio climático, la diversificación de la oferta turística, la gestión ambiental y la planificación estratégica, en función de los escenarios climáticos futuros y las transformaciones territoriales necesarias.

3.1 Evolución del destino turístico Cayo Largo

La trayectoria de Cayo Largo como destino turístico ha transitado por diversas fases, desde su origen como enclave pesquero hasta convertirse en un polo turístico de prestigio internacional.

- Antes de 1959: Predominancia de la actividad pesquera.
- 1959: Primera evaluación del potencial turístico de la zona.
- 1976: Reanimación de inversiones orientadas al desarrollo turístico.
- 1982: Puesta en valor del destino mediante la implementación de proyectos turísticos.
- Década del 2000: Auge constructivo con la edificación de instalaciones modernas.
- Década del 2010: Expansión del alojamiento con la incorporación de cabañas de madera.
- 2020: Declaración del extremo oriental del archipiélago de los Canarreos como territorio de preferente uso turístico (Acuerdo 8806, Gaceta Oficial, 29 de abril de 2020).
- 2022: Ejecución de un programa de recuperación integral emergente, aprobado por el Gobierno Central, dando prioridad a la reparación general de la pista de aviación.

Cada etapa refleja no solo un cambio en la infraestructura física del territorio, sino también una evolución en la visión estratégica del destino. Sin embargo, el diagnóstico realizado en 2012 lo ubicó en la fase de estancamiento del ciclo de vida turístico, y la crisis sanitaria provocada por la COVID-19 aceleró su tránsito hacia una fase de declive. A pesar de las acciones emergentes implementadas en 2022, el destino continúa enfrentando desafíos estructurales que limitan su recuperación.

En este contexto, Cayo Largo se enfrenta al reto de reconceptualizarse, no solo como producto turístico, sino como territorio vulnerable ante los riesgos climáticos, las limitaciones constructivas y la dependencia del modelo tradicional de sol y playa. Esta situación plantea interrogantes fundamentales sobre cómo garantizar su sostenibilidad y competitividad en un entorno marcado por el cambio climático y la fragilidad ecológica.

3.2 Estrategias para la sostenibilidad de Cayo Largo.

Cayo Largo puede beneficiarse de un conjunto de estrategias orientadas a reducir su vulnerabilidad frente al cambio climático y, al mismo tiempo, fortalecer su atractivo turístico. Estas líneas de acción se articulan con la Estrategia Ambiental Sectorial del Ministerio de Turismo (2022), la Ley 150/2022 del Sistema de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, y el Decreto 86/2023 sobre el enfrentamiento al cambio climático. Las estrategias se agrupan en cuatro ejes fundamentales: adaptación al cambio climático, diversificación de la oferta turística, gestión ambiental territorial y planificación estratégica. Cada uno de estos ejes responde a los desafíos específicos que enfrenta el destino y propone soluciones integradas que combinan ciencia, política pública y participación comunitaria.

3.2.1 Adaptación al cambio climático

Los estudios recogidos en la Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CITMA, 2020) advierten que la zona costera cubana podría experimentar modificaciones significativas como consecuencia del ascenso del nivel medio del mar. Esta preocupación no es reciente: investigaciones previas ya habían identificado vulnerabilidades específicas en las unidades costeras del archipiélago de los Canarreos, particularmente asociadas al impacto del aumento del nivel del mar (INSMET, 2006). Como se muestra en la Tabla 1, estas zonas presentan condiciones de exposición que requieren atención prioritaria en los procesos de planificación territorial y adaptación climática.

Tabla 1. Vulnerabilidad por unidades costeras en la región turística archipiélago de los Canarreos

No	Polo turístico	Unidad	Playa o costa acantilada	Vulnerabilidad
1	Cayo Largo	Sirena Paraíso	Sirena	Muy Alta
4	Cayo Largo	Pueblo Turístico	—	Muy Alta
10	Cayo Largo	Zona Industrial	—	Alta
14	Cayo Largo	Paraíso	Paraíso	Media
17	Cayo Largo	Limdamar	Limdamar	Baja
...

Fuente: INSMET (2006), IPF (Capítulo 5, Tabla 5.15) Leyenda: (I.J.) Isla de la Juventud

Los escenarios de inundación permanente proyectados para 2050 y 2100 muestran afectaciones de hasta el 38,9 % de la superficie de Cayo Largo, lo que refuerza la urgencia de implementar medidas de adaptación territorial (Tabla 2).

Tabla 2. Escenarios de inundaciones por aumento del nivel del mar al 2050 y 2100 (CITMA, 2023).

Prov.	Polo	Área (km ²)	Alt Máx. (m)	Esc. 2050 + 0,29 m (km ²)	% área afectada	Esc. 2100 + 0,95 m (km ²)	% área afectada
Municipio Especial Isla de la Juventud	Cayo Largo	41,8 km ²	9	8,37 km ²	20,02 %	15,97 Km ²	38,9 %

Fuente: Modelación del IGA. (Ascenso NMM Cuba 2050-2100 unificado, 2025)

Nota: El dato del año 2100 refleja la suma del área total en ambos escenarios 2050 y 2100

La siguiente figura ilustra los escenarios de inundación permanente para los horizontes al año 2050 y 2100, evidenciando la exposición crítica de zonas urbanas y logísticas. (Fig. 3).



Fig. 3. Escenarios de inundaciones ANMM (2050 y 2100).

Nota: Mapeado por el IGT. **Fuente:** Datos (CITMA, 2023), Actualizado (IGA, 2025)

Ya se han adoptado acciones concretas basadas en monitoreo ambiental, restauración de playas, protección de fauna y regulación estricta de actividades en zonas sensibles. Estas medidas responden a la necesidad de reducir la vulnerabilidad territorial y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático. El monitoreo ambiental tiene en cuenta las variables de monitoreo que se relacionan a continuación.

3.2.1.1. Definición de variables de monitoreo

- **Variables de peligro:**
 - Frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos (huracanes, tormentas)
 - Ascenso del nivel medio del mar
 - Temperatura superficial del agua
 - Presencia de sargazo pelágico
- **Variables de vulnerabilidad:**
 - Retroceso de la línea costera
 - Erosión de playas arenosas
 - Fragmentación de hábitats costeros
 - Presión antrópica sobre zonas sensibles
- **Variables de riesgo** (resultado de la interacción entre las anteriores):
 - Probabilidad de afectación directa a infraestructura turística
 - Potencial de contaminación por distintos factores

- Pérdida de servicios ecosistémicos costeros

3.2.1.2. Monitoreo ambiental

- **Variables Meteorológicas:**
 - Velocidad y dirección del viento
 - Precipitación acumulada
 - Temperatura del aire
 - Presión atmosférica
- **Oceanográficas:**
 - Salinidad y temperatura del agua
 - Corrientes marinas
 - Oleaje
 - Variaciones del nivel medio del mar
- **Fisicoquímicas y biológicas:**
 - Parámetros de calidad del agua (pH, DBO, DQO, coliformes fecales)
 - Estado de salud de los arrecifes coralinos
 - Cobertura vegetal de manglares

3.2.1.3. Acciones ejecutadas y localización

- Monitoreo constante de variables de peligro, vulnerabilidad y riesgo, con la asistencia técnica y asesoría de la empresa INSMET, ICIMAR y GAMMA.
- Protección mediante barreras naturales como manglares (zona norte de Cayo Largo) realizadas por EMPRESTUR y la protección de los arrecifes coralinos (zona de los ballenatos), con seguimiento a su capacidad de amortiguamiento ante oleajes.
- Restauración de playas arenosas mediante vertimientos de arena ejecutados por fuerzas del Ministerio de la Construcción (MICONS) en 2023, acompañados de monitoreos sistemáticos al perfil de playa y su composición.
- Adquisición y montaje de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la lavandería, con monitoreo de los residuales líquidos en las dos lagunas de oxidación (entradas y salidas del sistema) y control de parámetros químicos y bacteriológicos.
- Monitoreo de los residuales líquidos en las dos lagunas de oxidación (entradas y salidas del sistema) y seguimiento al cumplimiento de los parámetros químicos y bacteriológicos, como posible fuente contaminante.
- Mantenimiento y reparación de las trincheras de acopio de agua de lluvia, así como mantenimiento constante al sistema de la planta de tratamiento (desaladora) del cayo, ejecutado por el Instituto de Recursos Hidráulicos.
- Monitoreo constante por parte de la delegación territorial del CITMA (Unidad de Medio Ambiente) de la Isla de la Juventud, a la calidad del agua en la zona costera, incluyendo el sistema de vigilancia preventivo ante el posible arribo del sargazo pelágico.
- Promoción de la investigación ambiental y el monitoreo científico, en consonancia con regulaciones especiales para la vigilancia y protección de la zona marítima del extremo oriental de Los Canarreos por parte de la empresa de Náuticas y Marinas (Marina MARLIN) (Consejo de Estado, 2015). (Fig. 4).

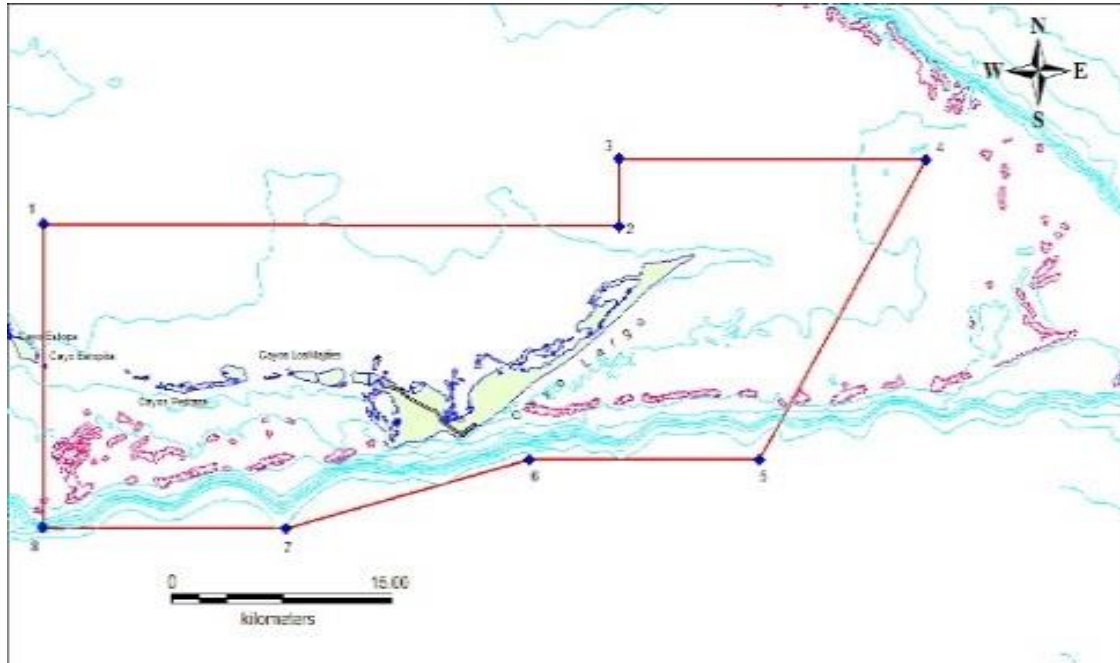


Fig. 4. Zona ubicada en el extremo oriental del archipiélago de los Canarreos, en el municipio Especial Isla de la Juventud, denominada Cayo Largo.
Fuente: Gaceta Oficial No. 29 Ordinaria de 24 de abril 2020 (GOC-2020-259-O29).

La regulación vigente (Gaceta Oficial No. 29, 2020) establece restricciones estrictas en esta zona, prohibiendo la pesca industrial (excepto en modalidad de captura y suelta), el fondeo de embarcaciones, el vertimiento de desechos, la extracción de organismos marinos y cualquier actividad que afecte la biodiversidad o interfiera con especies migratorias durante su reproducción. Estas medidas han logrado en poco tiempo un mejor equilibrio de las especies marina y de los fondos que sirven de atractivo para los puntos de buceo y el snorkeling en toda la zona, particularmente en el entorno de los ballenatos, que tributa con un impacto positivo tanto para el ecosistema marino como en la percepción directa de los clientes que lo disfrutan.

Este apartado demuestra que la sostenibilidad de Cayo Largo no puede depender únicamente de medidas técnicas, sino que exige gobernanza ambiental robusta, visión territorial integrada y una estrategia de resiliencia que combine la conservación ecológica con un desarrollo turístico responsable. Los estudios confirman que el destino está expuesto a escenarios de inundación permanente para los años 2050 y 2100. En respuesta, se han implementado las acciones mencionadas, orientadas a preservar el equilibrio ecológico sin comprometer la vocación turística del territorio. La adaptación debe sustentarse en la planificación espacial y en enfoques de restauración basados en la naturaleza y el ecosistema, articulando la normativa nacional con la gestión local. Esta integración entre ciencia, política y participación comunitaria es clave para garantizar la sostenibilidad del destino ante los desafíos climáticos futuros.

3.3 Diversificación de la oferta turística

Para incrementar la resiliencia del destino y generar nuevas oportunidades de desarrollo, se promueven alternativas que diversifiquen la oferta principal del producto tradicional de sol y playa, complementándola con productos turísticos secundarios en el entorno y la periferia. Esta estrategia parte del reconocimiento del potencial de atractivos existentes en el Archipiélago de los Canarreos, donde se identificaron 22 sitios con vocaciones diversas: buceo, naturaleza, historia, salud y arqueología (Tabla 3).

Tabla 3. Potencialidades turísticas de la región del Archipiélago de los Canarreos

No	Nombre del atractivo turístico	Vocación principal
1	Fondo submarino francés – Pedernales	Buceo
2	Parque nacional francés – Pedernales	Naturaleza
3	Sitio natural de Punta del Este	Arqueología
4	Criadero de quelonios	Naturaleza
5	Los Indios	Ecología
6	Loma de Maniadero – Estero Las Piedras	Naturaleza
7	Loma de La Cañada	Ecología
8	Cayos Los Indios	Naturaleza
9	Finca El Abra	Historia
10	Jungla de Jhones	Naturaleza (paisajes)
11	Presidio Modelo	Historia
12	Manantial La Cotorra	Salud
13	Criadero de cocodrilo	Naturaleza
14	Cerro Caudal	Naturaleza (paisajes)
15	Cayo Matías	Sol y playa, naturaleza y buceo
16	Fondo submarino de Punta del Este – Cayos Matías	Buceo
17	Fondo submarino Cabezo – Sambo	Buceo
18	Cayos Cantiles	Sol y playa, naturaleza y buceo
19	Cayo Rico	Sol y playa, naturaleza y buceo
20	Fondo submarino Los Ballenatos	Buceo
21	Cayos Los Majaes	Sol y playa, naturaleza y buceo
22	Poblado Cocodrilo	Comunitario.

Fuente: Dossier sobre el potencial de desarrollo turístico en Los Canarreos (DMPF I.J)

Las alternativas que se proponen para diversificar la oferta turística incluyen:

- **Turismo de naturaleza, aventura y agroturismo:** Excursiones a áreas protegidas y comunidades locales del Municipio Especial, priorizando la recreación, el turismo de salud, calidad de vida y bienestar, especialmente en el balneario de aguas mineromedicinales de La Fé.
- **Turismo cultural:** Experiencias basadas en la historia, cultura y gastronomía del archipiélago, destacando monumentos nacionales, tradiciones locales y expresiones identitarias como el Sucu-Sucu en la Isla de la Juventud.
- **Actividades náuticas y recreativas:** Rutas temáticas inspiradas en leyendas de corsarios y piratas, buceo contemplativo, navegación naturalista, pesca deportiva (captura y suelta), y vida a bordo desde la marina internacional de Cienfuegos, recorriendo cayos como Largo, Rico, Rosario, Cantiles, Campos, Júcaro, Gerona, Punta Francés y el Colony.
- **Multidestino turístico:** Conexiones con otros polos turísticos como los Parques Nacionales San Felipe, Punta Francés y Ciénaga de Zapata, fortaleciendo la integración regional del sur occidental cubano.

Cayo Largo no puede depender exclusivamente del turismo de sol y playa. El inventario de atractivos del Archipiélago de los Canarreos revela una riqueza natural, cultural e histórica que permite concebir un destino más diverso, resiliente y articulado territorialmente. Desde el buceo en fondos submarinos hasta el turismo de salud, calidad de vida y bienestar en balnearios mineromedicinales, pasando por la arqueología,

- Establecer certificaciones ecológicas para alojamientos y servicios turísticos.
- Aplicar prácticas de economía circular que reduzcan la generación de residuos y optimicen el uso de los recursos naturales.
- Mantener planes de contingencia ante el arribo de sargazo, como los activados durante la “marea roja” de 2012 y el evento de sargazo pelágico en 2019.

La economía circular y el uso de energías renovables se consolidan como ejes estratégicos para una gestión ambiental territorial integral. A pesar de los avances, persisten desafíos que requieren una respuesta más estructurada. La gestión ambiental debe traducirse en prácticas concretas que transformen la relación entre turismo y territorio, incorporando educación ambiental, certificaciones ecológicas y planes de contingencia ante fenómenos como el sargazo.

Desde esta perspectiva, la sostenibilidad del destino exige una gobernanza ambiental robusta, una visión territorial integrada y una estrategia de resiliencia que combine la conservación ecológica con un desarrollo turístico responsable. Solo así podrá Cayo Largo enfrentar los desafíos climáticos sin comprometer su vocación turística ni su equilibrio ecológico.

En este contexto, el florecimiento de microalgas como *Phaeocystis Lagerheim* representa no solo un fenómeno ambiental inédito en la región de Los Canarreos, sino también una alerta sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas costeros ante presiones climáticas y antropogénicas. Sus efectos estéticos y sanitarios plantean desafíos y oportunidades para avanzar hacia una gestión territorial verdaderamente sustentable.

3.5 Planificación estratégica del destino

El análisis de la evolución turística de Cayo Largo y sus vulnerabilidades climáticas revela la urgencia de una planificación estratégica sólida. Ya en el diagnóstico realizado por Rodríguez et al. (2012) se recomendaba una reconceptualización del modelo turístico, ante los riesgos climatológicos que limitan nuevas inversiones constructivas.

Se confirma la necesidad de realizar estudios de capacidad de carga en Cayo Largo, actualizar el Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano —pendiente desde 2018— y articularlo con el Plan Estratégico de Desarrollo Integral (PEDI) del Municipio Especial (2021), en consonancia con la Ley 145/2022. Se proponen alianzas científicas, turismo regenerativo y el reordenamiento de infraestructuras, acompañado del rediseño de los productos turísticos.

En este sentido, se plantean las siguientes acciones:

- Realizar estudios de capacidad de carga para evitar la sobreexplotación del destino y minimizar pérdidas materiales ante el ascenso del nivel medio del mar.
- Actualizar y aprobar el Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano, vigente desde 2005. La propuesta de actualización presentada en la Reunión Nacional de Acuerdos (RNA) en 2018 debe ser armonizada con la nueva Ley N° 145/2022 sobre ordenamiento territorial, urbano y gestión del suelo.
- Establecer alianzas con instituciones científicas para monitorear impactos climáticos y sociales, y fomentar una gobernanza local innovadora, especialmente con centros educativos de la Isla de la Juventud y con la Estación Meteorológica de Punta del Este.
- Impulsar el turismo regenerativo, promoviendo modelos que beneficien tanto al ecosistema como a las comunidades locales, desde una perspectiva relacional; lo que en Cuba se reconoce como encadenamientos productivos.
- Reordenar las infraestructuras y medios logísticos de transporte terrestre, aéreo y marítimo, incorporando criterios ambientales, ecológicos y paisajísticos en el diseño y funcionamiento de los sistemas de movilidad en Cayo Largo, Nueva Gerona y Batabanó. (Esta transformación debe orientarse hacia una conectividad sostenible, que reduzca impactos negativos sobre los ecosistemas,

mejore la experiencia del visitante y fortalezca la integración territorial entre los nodos turísticos y urbanos).

El turismo regenerativo promueve beneficios ecosistémicos, comunitarios y una derrama económica que trasciende el empleo directo, indirecto e inducido. Esta visión invita a repensar Cayo Largo como un territorio laboratorio, donde la innovación ambiental, la educación turística y la participación social se conviertan en pilares de una nueva gobernanza.

La adaptación al cambio climático, la diversificación de la oferta y una gestión ambiental territorial integral son pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad de Cayo Largo en el corto y mediano plazo. La planificación estratégica no puede limitarse a una respuesta técnica ante vulnerabilidades climáticas; debe concebirse como una plataforma para la transformación territorial sustentable.

Las alianzas con instituciones científicas para monitorear los impactos del cambio climático y fomentar innovación, el reordenamiento de infraestructuras, y la integración con los programas sectoriales del Plan Nacional de Desarrollo al 2030 son acciones clave para construir un destino resiliente, justo e inteligente que pueda sostenerse en el tiempo.

Como advierte Perelló (2023), “la aplicación de un modelo de turismo basado en el desarrollo local sustentable implica flexibilidad para adaptarse a los cambios del mercado, uso de métodos y tecnologías ambientalmente aceptables e integración de las comunidades locales al desarrollo”.

Desde esta perspectiva, se abren caminos para transitar hacia un destino regenerativo, capaz de enfrentar los desafíos del cambio climático sin renunciar a su vocación turística ni a su identidad. Este tránsito exige voluntad política, compromiso interinstitucional y una ciudadanía activa que participe en la construcción de un nuevo paradigma territorial. Cayo Largo puede convertirse en un referente regional de resiliencia costera, donde la sostenibilidad no sea solo una meta, sino una práctica cotidiana que articule saberes locales, ciencia aplicada y gobernanza inclusiva.

Conclusiones

El balance del ciclo de vida del destino Cayo Largo, sus vulnerabilidades frente al cambio climático y las oportunidades que ofrece el desarrollo local para la transformación productiva e inserción internacional del Municipio Especial Isla de la Juventud, permite arribar a las siguientes conclusiones:

- Los escenarios climáticos proyectados al año 2100 indican una afectación del 38,9 % de la superficie terrestre de Cayo Largo, concentrada principalmente en la costa norte y el flanco este del asentamiento urbano. En contraste, la zona sur presenta menor riesgo de inundación permanente, ya que la mayoría de las instalaciones hoteleras se ubican sobre terrazas costeras elevadas, fuera de la zona de amortiguamiento y protección costera.
- Las áreas más vulnerables —donde se localizan aseguramientos logísticos, entidades de apoyo industrial, vías de acceso y el pueblo turístico— podrían comprometer la autonomía funcional del asentamiento, de las oficinas administrativas y los servicios públicos del polo turístico. Esto se evidencia en la clasificación de vulnerabilidad “Muy Alta” y “Alta” de la Tabla 1, y en la Figura 3, que muestra la exposición geográfica ante la inundación permanente en los escenarios proyectados para los años 2050 y 2100.

Para consolidar el desarrollo sostenible de Cayo Largo y fortalecer su resiliencia ante los efectos del cambio climático en el corto y mediano plazo, se proponen las siguientes acciones estratégicas:

- a. Promover el multidesestino Cayo Largo–Isla de la Juventud como eje articulador del desarrollo turístico regional.
- b. Conservar los recursos naturales mediante soluciones de restauración basadas en la naturaleza y en ecosistema.
- c. Instalar Plantas de Tratamiento de Residuos (PTR) en puntos clave, garantizando el reúso de aguas tratadas.

- d. Modernizar el sistema de reciclaje y recuperación de materias primas, articulándolo con la industria local en Nueva Gerona bajo principios de economía circular.
- e. Acelerar la implementación de energías renovables en Cayo Largo.
- f. Mejorar la infraestructura aeroportuaria en Gerona para vuelos internacionales, aprovechando su potencial como escala o destino directo.
- g. Recuperar las aguas termales de Santa Rita (La Fe), fomentando el turismo de bienestar y calidad de vida.
- h. Completar la rehabilitación vial en el sur de la Isla de la Juventud hasta Punta del Este y la comunidad El Cocodrilo.
- i. Implementar el Programa de Turismo del PEDI (EDL) hasta 2030, proyectando su alcance hasta 2045.
- j. Optimizar el encadenamiento productivo y logístico (Puerto–Transporte–Economía Interna) desde la Isla de la Juventud y Batabanó con Cayo Largo.
- k. Rescatar tradiciones rurales, culturales y culinarias, integrando su promoción en Cayo Largo para incentivar excursiones de turistas internacionales, nacionales y locales.

Finalmente, se debe fortalecer la imagen de marca y el posicionamiento de Cayo Largo dentro del archipiélago de los Canarreos, promoviendo un modelo turístico inclusivo, sustentable y resiliente. Este modelo debe ser capaz de adaptarse a los desafíos climáticos y económicos del futuro, aprovechando el potencial del subconjunto de cayos, islotes y tierra firme de la Isla de la Juventud, el sur de Matanzas y Cienfuegos.

La visión territorial no debe restringirse como en el caso del Archipiélago Jardines de la Reina, ni replicar la antropización intensiva del Archipiélago Jardines del Rey. En cambio, debe orientarse hacia un equilibrio entre conservación, innovación y participación comunitaria, donde el turismo actúe como catalizador de un desarrollo verdaderamente genuino, auténtico y regenerativo.

Recomendaciones

Se recomienda retomar, sobre la base de la metodología aprobada por la Asociación de Estados del Caribe (AEC), los proyectos propuestos por Cuba para la revitalización de la Zona de Turismo Sostenible del Gran Caribe. En este contexto, el caso de Cayo Largo —con su experiencia acumulada, el diagnóstico de su ciclo de vida, los retos que enfrenta ante el cambio climático y las oportunidades que ofrece el desarrollo local sostenible— puede convertirse en un referente regional para la gestión integrada de destinos turísticos litorales en entornos marítimo-costeros.

Su modelo puede inspirar estrategias replicables en otros países insulares del Caribe, especialmente aquellos conformados por archipiélagos, cayos e islotes, donde la sostenibilidad, la resiliencia climática y la participación comunitaria deben constituir pilares de una nueva gobernanza territorial. La experiencia de Cayo Largo ofrece aprendizajes valiosos para articular turismo, conservación e innovación en un marco de cooperación regional, con énfasis en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Referencias Bibliográficas

- Asamblea Nacional del Poder Popular de Cuba. (2022). *Ley N° 145/2022: Del ordenamiento territorial y urbano y gestión del suelo*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, (116), Ordinaria. Disponible en la Gaceta Oficial
- Asamblea Nacional del Poder Popular de Cuba. (2022). *Ley N° 150/2022: Del sistema de los recursos naturales y medio ambiente*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, (87), Ordinaria. Disponible en la Gaceta Oficial
- Brouder, P., Anton Clavé, S., Gill, A., & Ioannides, D. (Eds.). (2016). *Tourism destination evolution*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315550749>
- Butler, R. (2018). Challenges and opportunities. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 10(6), 635–641. <https://doi.org/10.1108/WHATT-07-2018-0042>
- CITMA. (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Editorial AMA.
- CITMA. (2023). *MACROPROYECTO: Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana. Alerta sobre el ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100 (Versión 15, 2022)*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Comité Central del Partido Comunista de Cuba (CC-PCC). (2021). *Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista. Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030: Propuesta de visión de la nación, ejes y sectores estratégicos* [Tabloide]. Partido Comunista de Cuba. Documento oficial
- Consejo de Estado. (2015). *Decreto Ley 331/15 de zonas especiales y Decreto 333/15: Reglamento de las zonas con regulaciones especiales*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, No. 36 Extraordinaria.
- Consejo de Ministros. (2020). *Acuerdo 8806 que declara como Territorios de Preferente Uso Turístico la zona ubicada en el extremo oriental del archipiélago de los Canarreos, en el Municipio Especial Isla de la Juventud, denominada Cayo Largo*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 29(Ordinaria), 24 de abril de 2020.
- Consejo de Ministros de Cuba. (2023). *Decreto 86/2023: Del enfrentamiento al cambio climático*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 87(Ordinaria), 13 de septiembre de 2023. Disponible en la Gaceta Oficial
- INSMET. (2006). *Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los cambios climáticos. Capítulo 5: Estrategia para el ordenamiento territorial en el archipiélago cubano y medidas de adaptación*. Instituto de Meteorología de Cuba, en colaboración con el Instituto de Planificación Física.
- Loza Álvarez, S., Moreira González, A., Sánchez Lorenzo, M., Carmenate Hernández, M., & Álamo Díaz, B. (2013). Ocurrencia de un florecimiento fitoplanctónico en Cayo Largo, al sureste del golfo de Batabanó, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 33(1), 23–26. Artículo completo
- McLeod, M., Dodds, R., & Butler, R. (2021). Introduction to special issue on island tourism resilience. *Tourism Geographies*, 23(3), 361–370. <https://doi.org/10.1080/14616688.2021.1898672>
- Ministerio de Turismo de Cuba. (2022). *Resolución 59/2022: Estrategia Ambiental del Sistema de Turismo para el período 2022–2026*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 76(Ordinaria), 22 de julio de 2022. Disponible en la Gaceta Oficial.
- Núñez Jiménez, A. (1983). *El archipiélago de los Canarreos*. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba; Instituto Nacional de Turismo. Recuperado de http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1983_nunez_Canarreos-Prologo.pdf
- Perelló, J. L. (2023). El turismo como impulsor del desarrollo territorial sustentable. *Travel Trade Caribbean*. Artículo en TTC

- Rey, O. (2019). *Cuba: políticas públicas para el enfrentamiento al cambio climático*. Serie Entendiendo el Cambio Climático. Editorial AMA. Disponible en el Centro del Clima de Cuba
- Rodríguez, J. M., et al. (2012). *Análisis del ciclo de vida del destino turístico Cayo Largo*. Escuela de FORMATUR, Isla de la Juventud. Documento técnico consultado en el archivo de la Dirección de Desarrollo del Ministerio de Turismo (MINTUR).

Acerca de los autores:

Alexander Sierra Bouzas (Id orcid: 0009-0001-2952-0048), Licenciado en Turismo (2007), Máster en Gestión Turística (2021), acumula 32 años de experiencia laboral, 24 en el sector turístico. Ha sido Jefe de la Secretaría del Ministro de Turismo y Director de Desarrollo del MINTUR (2007-2023). Posee diplomados en Administración Pública, Turismo Accesible e Inclusivo, y Adaptación al Cambio Climático. Actualmente cursa el doctorado en Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente. Ha trabajado como especialista en el INIE/MEP y el IGT y el CEDEL/CITMA, destacándose en planificación territorial y en la gestión ambiental.

La Dra. Bárbara Idalmis Garea Moreda (Id orcid: 0000-0002-3625-0138), es Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular y Consultante. Ha desempeñado funciones directivas en el CITMA y el InSTEC, y actualmente preside la Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo”. Es autora de 12 libros de texto y más de 60 artículos científicos. Ha dirigido más de 22 proyectos de investigación y participado en más de 150 eventos científicos. Su labor ha sido reconocida con premios de la Academia de Ciencias de Cuba y distinciones del Ministerio de Educación Superior, consolidando su liderazgo en el ámbito científico y académico nacional.

Índice Integrado de Peligro por Ciclones Tropicales: Sinergias entre trayectorias históricas, eventos ENOS y ciclos solares

Leyani Izquierdo Barrera* y Jorge Olivera Acosta.

Instituto de Geofísica y astronomía (IGA), Cuba. E-mail: leyaniib@gmail.com y yoyiga2010@gmail.com

* Autor para correspondencia: leyaniib@gmail.com

Recibido: 21/08/2025	Aceptado: 16/11/2025
----------------------	----------------------

Resumen

Introducción: La ausencia de un modelo integral que evalúe el peligro de ciclones tropicales, incorporando simultáneamente la variabilidad climática (ENOS), los ciclos solares y las trayectorias históricas (1851-2023), limita la precisión en la prevención de desastres y la planificación adaptativa en zonas costeras vulnerables del Caribe.

Materiales y métodos: Este estudio propone un Índice Integrado de Peligro que combina estos factores mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como MapInfo, SAGA y QGIS. Se aplicaron funciones de densidad gaussianas con ponderaciones específicas para generar un indicador robusto.

Resultados: Los resultados revelaron una mayor incidencia de ciclones durante períodos de La Niña y mínimos solares, en comparación con años de El Niño y máximos solares. Además, se identificó al Caribe occidental, particularmente el occidente cubano, como la zona más afectada.

Conclusiones: Este enfoque metodológico proporciona una base científica para mejorar la gestión de riesgos y la adaptación climática en regiones vulnerables, ofreciendo un marco de referencia para futuras investigaciones en el ámbito de los desastres naturales.

Palabras clave: ciclones tropicales, ciclos solares, eventos ENOS, índice de peligro, Sistemas de Información Geográfica.

Integrated Tropical Cyclone Hazard Index: Synergies between historical tracks, ENSO events, and solar cycles

Abstract:

Introduction: The absence of a comprehensive model assessing tropical cyclone hazard, simultaneously incorporating climate variability (ENSO), solar cycles, and historical trajectories (1851–2023), limits the accuracy of disaster prevention and adaptive planning in vulnerable coastal areas of the Caribbean.

Materials and methods: This study proposes an Integrated Hazard Index that combines these factors using Geographic Information System (GIS) tools such as MapInfo, SAGA, and QGIS. Gaussian density functions with specific weights were applied to generate a robust indicator.

Results: The results revealed a higher incidence of cyclones during periods of La Niña and solar minima, compared to years of El Niño and solar maxima. Furthermore, the western Caribbean, particularly western Cuba, was identified as the most affected area.

Conclusions: This methodological approach provides a scientific basis for improving risk management and climate adaptation in vulnerable regions, offering a reference framework for future research in the field of natural disasters.

Keywords: Geographic Information Systems, hazard index, ENSO events, solar cycles, tropical cyclones.

1. Introducción

Cuba posee un clima tropical estacionalmente húmedo, clasificado como Aw en el sistema de Köppen, típico de regiones con una estación seca y otra lluviosa bien definidas. La influencia marítima es determinante debido a su condición insular, rodeada por el Mar Caribe, el Océano Atlántico y el Golfo de México. Esto modera las temperaturas, evitando extremos térmicos, aunque la semicontinentalidad producto de la extensión territorial (109,884 km²) permite cierta variación en la amplitud térmica, especialmente en zonas interiores (Rivera, 2023).

La posición de la isla cubana en el Caribe la sitúa en la ruta principal de los ciclones tropicales que se forman en la cuenca atlántica. Los ciclones tropicales (CT) representan una de las principales amenazas hidrometeorológicas para el Caribe, particularmente para el territorio cubano, donde las condiciones geográficas y climáticas aumentan la exposición a sus impactos. En las últimas décadas, la intensificación de estos fenómenos ha sido objeto de atención científica, motivada por el aparente incremento en su frecuencia y severidad (*Generalidades de los Ciclones Tropicales*, 2025). En este contexto, la comunidad investigadora ha buscado comprender los factores que modulan su comportamiento.

Durante las últimas décadas, la comunidad científica internacional ha profundizado en el estudio de los factores que modulan el comportamiento de los CT. Se destaca el papel de la temperatura superficial del mar (TSM), la cizalladura vertical del viento, la humedad atmosférica y la inestabilidad convectiva. Sin embargo, ha emergido una línea de investigación que considera la influencia de fenómenos climáticos globales, como el evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), y procesos astronómicos cíclicos, como los ciclos de actividad solar (AS).

El ENOS, por su naturaleza acoplada entre la atmósfera y el océano, induce variaciones significativas en la circulación general de la atmósfera tropical (*Información sobre ENSO: Laboratorio de Ciencias Físicas de la NOAA*, 2025). Afecta, además, la distribución de la cizalladura del viento y modifica los patrones de precipitación y temperatura en diversas regiones del planeta, incluyendo el Atlántico tropical. Las fases cálidas (El Niño) tienden a generar condiciones desfavorables para la ciclogénesis en el Atlántico, mientras que las fases frías (La Niña) suelen crear entornos más propicios para la formación y fortalecimiento de ciclones (Doval et al., 2013).

Por otra parte, los ciclos solares se caracterizan por periodos de actividad máxima y mínima que afectan el número de manchas solares y la intensidad de la radiación electromagnética (*What Is the Solar Cycle? / NASA Space Place – NASA Science for Kids*, 2025). Se han asociado a alteraciones en la dinámica de la atmósfera superior y al comportamiento de la circulación general.

Investigaciones recientes han sugerido que los ciclos solares pueden incidir en el clima y en los patrones meteorológicos. La Irradiancia Solar Total afecta la cantidad de energía solar que llega a la Tierra lo que a su vez afecta la temperatura atmosférica. Además, los rayos cósmicos pueden influir en la formación de nubes al ionizar partículas atmosféricas, lo que a su vez interfiere en la reflectividad y la duración de las nubes (Ujoh, 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior se considera como el **problema científico** a resolver durante este estudio: ¿Cómo la integración de variables climáticas (ENOS) y astronómicas (ciclos solares) mejora la precisión de los índices de peligro de ciclones tropicales, considerando su sinergia en la modulación de la actividad ciclónica en regiones como el Caribe?

Se tiene como **hipótesis**: La integración de trayectorias históricas de ciclones, las fases ENOS y los ciclos de actividad solar permitirá desarrollar un análisis de peligro con mayor precisión para predecir zonas y temporadas de alto riesgo ciclónico, comparado con métodos que estudian estas variables de forma independiente.

El **objetivo principal** de esta investigación es elaborar un índice de peligro por ciclones tropicales para la región de Cuba.

Se han propuesto nuevos planteamientos que pueden mejorar los índices de peligro ya existentes y además de ofrecer herramientas útiles para los sistemas de alerta temprana. Con este fin se establecen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Desarrollar funciones de densidad mediante el análisis de series históricas por trayectorias.
2. Evaluar la influencia de las fases ENOS (El Niño/La Niña) en la frecuencia e intensidad de ciclones para la región del Caribe.
3. Evaluar la influencia de los ciclos solares en la frecuencia e intensidad de ciclones para la región del Caribe.
4. Evaluar la influencia de las combinaciones entre eventos ENOS y ciclos de actividad solar en la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales en el Caribe.
5. Cartografiar el índice de peligro y proponer cuáles son los lugares de mayor peligro esperado.

Para la redacción de la introducción se apoyó en el uso del programa de inteligencia artificial ChatGPT (Open AI, 2025).

2. Materiales y Métodos

Para contribuir al cumplimiento de los objetivos se establecieron las **tareas** que se presentan a continuación:

1. Sincronizar series temporales de ENOS y actividad solar con eventos ciclónicos.
2. Análisis estadístico: elaboración de las funciones de densidad (Kernel), creación del índice de peligro ponderado asignando un peso según la intensidad de los ciclones tropicales (categorías).
3. Modelado espacial: Mapeo de trayectorias históricas y zonificación del comportamiento de las trayectorias de ciclones tropicales por eventos ENOS y ciclos solares.

2.1. Base de datos

Para la confección del artículo se utilizaron los siguientes datos:

Para el análisis de los CT se empleó la base de datos del Archivo Internacional de Mejores Trayectorias para Gestión del Clima (IBTrACS). El formato de la misma es vectorial, además de que posee atributos de posición, presión central, velocidad del viento y categoría (escala Saffir-Simpson).

Por otro lado, para el estudio de El Niño-Oscilación del Sur, los años de ocurrencia por cada fase (Tabla 2-1) y el Índice Oceánico de El Niño (ONI) de NOAA para clasificar años en fases cálida ($ONI \geq +0.5^{\circ}C$) y la fría ($ONI \leq -0.5^{\circ}C$).

Se utilizaron, además, los años en que se desarrolló cada extremo de los ciclos solares (Tabla 1) y los datos de manchas solares (SILSO) y radiación UV (SDO/NASA) para identificar períodos de máxima (percentil ≥ 75) y mínima actividad solar (percentil ≤ 25).

Con respecto a la cartografía de Cuba, se manejó la línea costera y división político-administrativa (DPA) descargada de <https://www.geofabrik.de/>

Tabla 1: Períodos de eventos ENOS y CS.

Máximo solar	Mínimo solar	Niña	Niño
1859-1861	1855-1857	1903-1904	1902-1903
1870-1872	1866-1867	1906-1908	1905-1906
1883-1884	1876-1879	1909-1910	1911-1912
1893-1894	1880-1890	1916-1918	1913-1914
1905-1907	1900-1902	1924-1925	1918-1919
1917-1919	1911-1914	1928-1929	1923
1928-1929	1922-1924	1938-1939	1925-1926
1937-1939	1932-1934	1949-1951	1932
1947-1949	1943-1944	1954-1956	1939-1941
1957-1959	1953-1954	1964-1965	1946-1947
1968-1970	1964-1965	1970-1971	1951
1979-1981	1975-1976	1973-1976	1953
1989-1992	1985-1986	1983-1984	1957-1959
2000-2002	1995-1996	1984-1985	1963
2011-2012	2006-2009	1988-1989	1965-1966
2013-2014	2008-2009	1995-1996	1968-1970
2023-2024	2019-2020	1998-2001	1972-1973
-	-	2005-2006	1976-1977
-	-	2007-2008	1977-1978
-	-	2008-2009	1979-1980
-	-	2010-2011	1982-1983
-	-	2011-2012	1986-1988
-	-	2016-2017	1990-1993
-	-	2017-2018	1994-1995
-	-	2020-2023	1997-1998
-	-	-	2002-2003
-	-	-	2004-2005
-	-	-	2006-2007
-	-	-	2009-2010
-	-	-	2014-2016
-	-	-	2018-2019
-	-	-	2023-2024

Fuentes: (psl-noaa-gov.translate.google/enso/past_events.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc, 2025) y (Ciclos solares históricos | Actividad solar, 2025)

2.2. Región de estudio

La región de estudio está compuesta por las cuencas del Atlántico Norte, el mar Caribe y el Golfo de México (Figura 1).



Figura 1: Representación general de la Región de Estudio.

2.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) definido como un modelo referido a un sistema de coordenadas terrestres y contruidos para satisfacer necesidades de información. Estos GIS permiten capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión (Buzai et al., 2013).

En la investigación se emplearon dos SIG, el Sistema de Análisis Geocientífico Automatizado (SAGA) y Quantum GIS (QGIS), (Tabla 2).

Tabla 2: Funciones a desarrollar con los SIG.

SIG empleados	SAGA	QGIS
Descripción	Ofrece un conjunto completo y creciente de métodos geocientíficos	Es un software libre y de código abierto
Función	Elaboración de funciones de densidad y del índice de peligro	Consultas a las bases de datos, determinación de pesos ponderados.
Versión	9.8	3.34.0

Fuente: elaboración propia

2.3.1. QGIS (1)

El trabajo se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Se utilizó la herramienta Filtrar. Esto permitió hacer coincidir los años de afectación de los CT y los de ocurrencia de eventos ENOS y de CS, con lo que se obtuvieron otras bases que se guardaron con los nombres: ENOS, AENOS, MáxAS y MínAS. Estas últimas fueron interceptadas también, con el mismo procedimiento, para determinar el peligro por CT durante las combinaciones entre eventos ENOS y CS.
2. También con la herramienta Filtrar se dividió el conjunto de datos ciclónicos por categoría según la escala de Saffir-Sipson (Tabla 3). Se excluyeron de estas categorías las depresiones tropicales, pues se pretende trabajar con fuertes vientos, condición que se cumple solo para velocidades del viento superior a los 60 km/h.

Tabla 3: Escala de Saffir-Simpson para ciclones tropicales

Clasificación	Viento máximo sostenido (km/h)
Tormenta tropical	63-117
Categoría 1	118-153
Categoría 2	154-177
Categoría 3	178-209
Categoría 4	210-250
Categoría 5	>250

Fuente: (Generalidades de los Ciclones Tropicales, 2025).

2.3.2. SAGA (1)

Con las nuevas bases se generaron funciones de densidad (Kernel) con la herramienta Kernel Density Estimation. La elección del tipo de kernel y de los valores del radio del kernel y el tamaño de celda, se explica a continuación:

El radio del kernel (h), también llamado *bandwidth* o *ancho de banda*, controla cuán "lejos" se extiende el efecto de suavizado desde cada punto (Fotheringham, 2000). En SAGA suele definirse en las mismas unidades que el sistema de coordenadas del proyecto (metros, grados). Por otro, lado el radio de vientos máximos en un ciclón (RMW, Radius of Maximum Winds) define la distancia desde el ojo del huracán donde los vientos son más intensos (Fotheringham et al., 2000).

Dentro de los tipos de funciones de densidad que aparecen en la ventana se seleccionó el kernel gaussiano bajo el concepto de que las distribuciones del radio del mismo y de los vientos en un huracán siguen un perfil aproximadamente exponencial (Lin, 2012). Esto permitió ajustar el radio del kernel al RMW. Para cada categoría de huracán se utilizó un radio diferente, y así el suavizado reflejó la escala real del fenómeno.

El tamaño de celda define la resolución de la malla donde se evalúa la función de densidad. Una celda demasiado grande submuestra el kernel, pero una muy pequeña genera ruido por lo que es un valor crítico para equilibrar detalle y ruido. Este fue determinado mediante el concepto de que debe de ser entre 1/5 y 1/4 de la distancia promedio entre puntos de datos (Conrad et al., 2015).

Una vez obtenidos los kernels fueron normalizados con la herramienta Grid normalization. Esta operación se llevó a cabo para reducir incertidumbres.

2.3.3. QGIS (2)

En esta plataforma se empleó la herramienta Proceso Analítico Jerárquico (AHP). La misma, se aplicó, para determinar los pesos ponderados para cada categoría de ciclón tropical. Se usaron matrices de comparación pareada y se validó a partir de la valoración de la relación de consistencia ($CR < 0.1$). Una vez obtenidos los pesos se comprobó que la suma de todos es igual a 1, esto indica que el procedimiento fue correcto.

El AHP se basa en tres principios clave (Mendoza et al., 2019):

- Comparaciones pareadas (Tabla 4): Juicios de valor entre pares de elementos, con el uso de una escala numérica.
- Descomposición jerárquica (Tabla 5): División del problema en niveles (objetivo, criterios, subcriterios y alternativas).
- Síntesis de prioridades: Cálculo de vectores propios para determinar pesos relativos.

Tabla 4: Comparaciones pareadas a través de la escala de Saaty.

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Ambos criterios contribuyen igual.
3	Moderada importancia	Un criterio es ligeramente más relevante.
5	Fuerte importancia	Un criterio es esencialmente más importante.
7	Muy fuerte importancia	Un criterio domina claramente.
9	Importancia extrema	La evidencia favorece un criterio sin duda.
2,4,6,8	Valores intermedios	Para ajustes intermedios.

Fuente: (Mendoza et al., 2019)

Tabla 5: Juicios de criterio

Criterio	Categoría ciclón Tropical	Prioridad
1	Tormenta Tropical	6
2	Huracán 1	5
3	Huracán 2	4
4	Huracán 3	3
5	Huracán 4	2
6	Huracán 5	1

Fuente: elaboración propia.

Para la síntesis de prioridades se desarrolló la matriz de comparación pareada, donde los valores sobre la diagonal principal son introducidos por el usuario según su criterio. Con esto la herramienta obtiene automáticamente los pesos ponderados (Figura 2).

STEP 2: Fill The Pairwise Matrix

	Normalized C5	Normalized C4	Normalized C3	Normalized C2	Normalized C1	Normalized TT
Normalized C5	1	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Normalized C4		1	2.0	3.0	4.0	5.0
Normalized C3			1	2.0	3.0	4.0
Normalized C2				1	2.0	3.0
Normalized C1					1	2.0
Normalized TT						1

AHP Indicators

$\lambda = 6.123$

$CI = 0.025$

$CR = 0.02$

Buttons: Calculate, Load table..., Save table..., Back, Next, Cancel

Figura 2: Matriz de comparación.

Fuente: elaboración propia a partir de QGIS.

2.3.4. SAGA (2)

Después de que todo el procedimiento anterior se volvió a SAGA para aplicar la herramienta Ordered Weighted Averaging (OWA). Owa es un operador de agregación multicriterio que permite combinar múltiples capas raster (criterios) en un análisis espacial (Malczewski & Rinner, 2015). En este se introdujeron los kernel density normalizados, en el orden de prioridad otorgado a cada elemento durante los juicios de criterio, y los pesos ponderados. Con todos estos datos el OWA generó el índice de peligro por CT para Cuba.

3. Resultados y discusión

3.1. Actividad Solar

3.1.1. Ciclos de Máxima Actividad Solar.

En esta investigación, después de elaborados las funciones de densidad, se obtuvieron los siguientes resultados:

La (Figura 3) muestra la relación existente entre los ciclos de máxima actividad solar (MáxAS) con las trayectorias de los CT. Las rutas ciclónicas mostraron un comportamiento recto hacia el Mar Caribe con una menor curvatura hacia el norte, lo cual mantiene los ciclones en aguas cálidas por un tiempo prolongado.

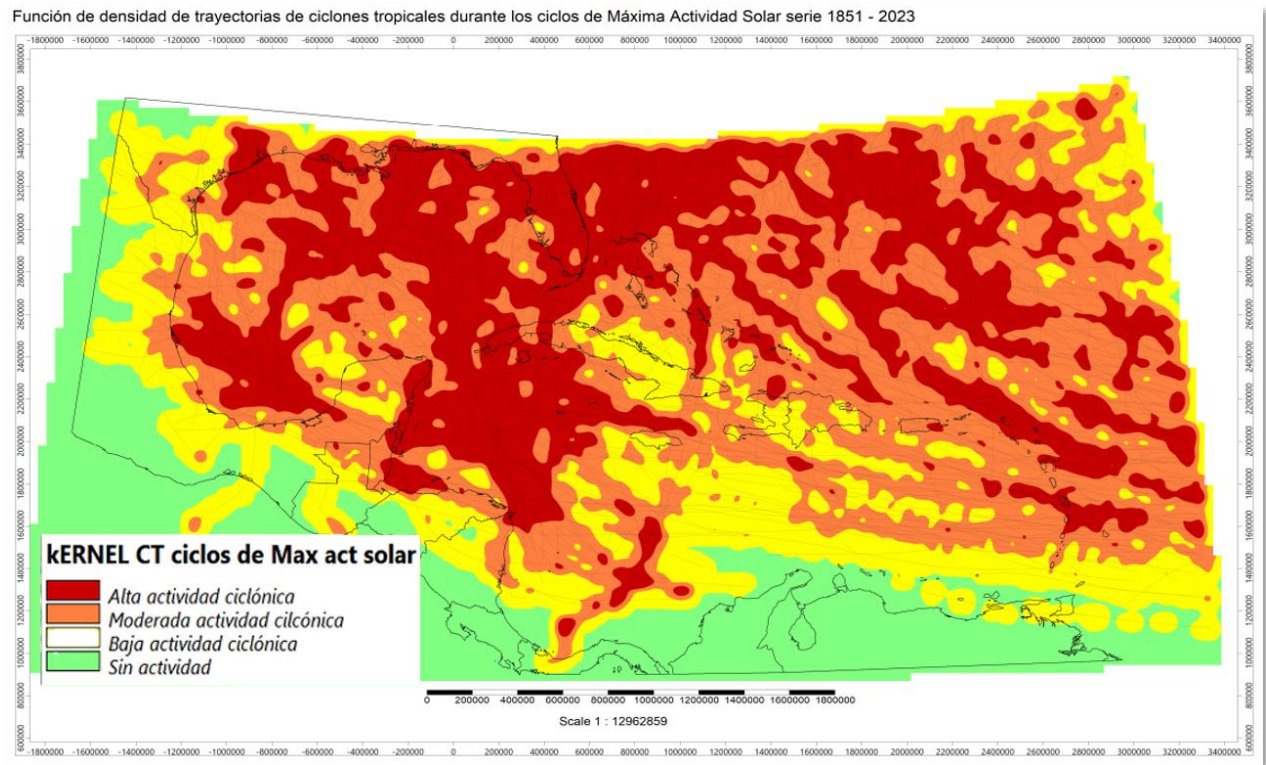


Figura 3: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Máxima actividad solar

Fuente: elaboración propia

Los valores más altos de frecuencia se agrupan hacia la porción sur occidental del Mar Caribe y el Golfo de México y parte central del estrecho de la Florida. Por otro lado, la actividad mínima de ciclones tropicales va desde las provincias centrales de la Isla de Cuba hasta las Isla de la Española y Puerto Rico.

Para el territorio nacional la tendencia se puede describir de la siguiente forma:

- Las zonas de alto impacto: La Isla de la Juventud, Pinar del Río y La Habana, donde los huracanes que impactan esta zona suelen entrar desde el Caribe central o el Golfo de México.
- Las zonas impacto moderado: Matanzas, Artemisa, Mayabeque, Cienfuegos (donde los huracanes pasan cerca pero no siempre tocan tierra), el centro de Santiago de Cuba, el centro de Holguín y la Punta de Maisí.
- Las zonas de bajo impacto: desde las provincias centrales hasta Granma y el resto del territorio de Santiago de Cuba, Holguín y Guantánamo, donde los ciclones tienden a desviarse.

3.1.2. Ciclos de Mínima Actividad Solar.

Los ciclos de mínima actividad solar (MínAS) muestran una mayor influencia en la formación de ciclones tropicales en el Caribe, el Golfo de México y el Atlántico Norte.

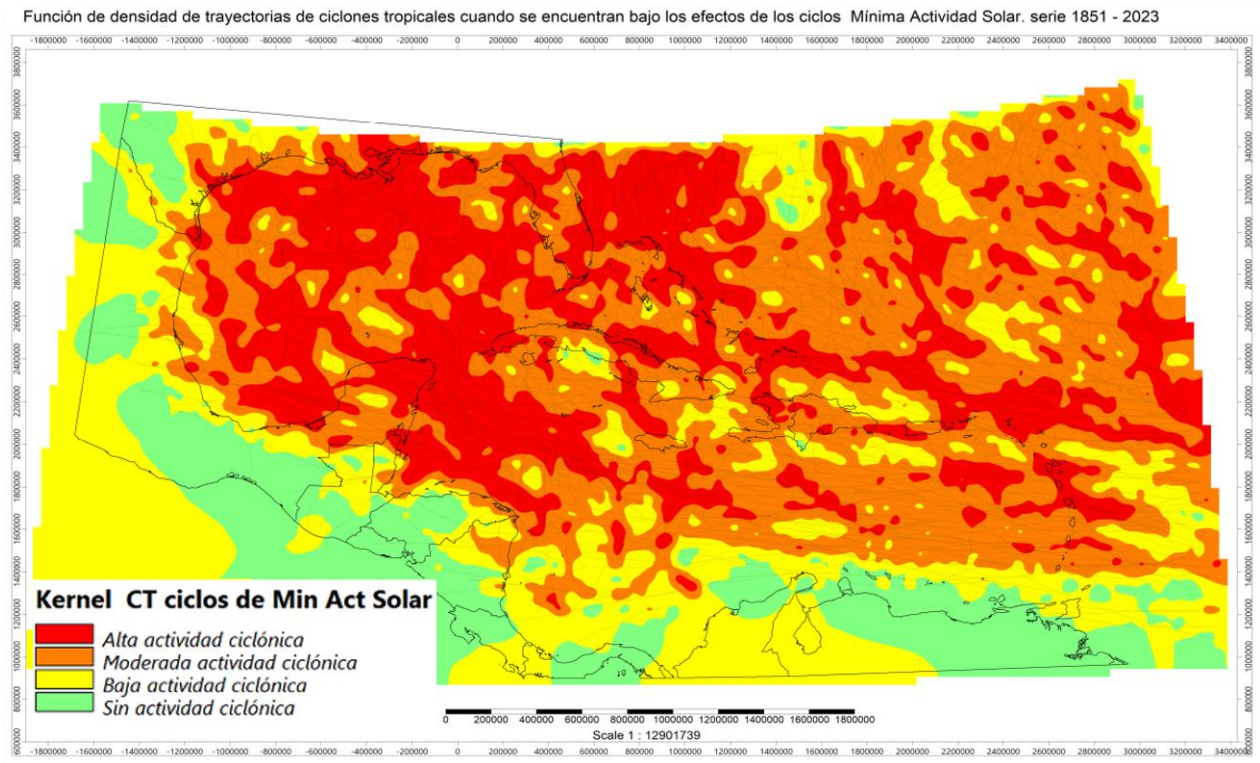


Figura 4: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Mínima actividad solar.

Fuente: elaboración propia

La Figura 4 evidencia el vínculo entre los MínAS y las trayectorias de los CT. Estas son propensas a desviarse hacia el noroeste. Los ciclones tienden a concentrarse en el Caribe occidental, donde la península de Yucatán es la zona de mayor impacto, y el Norte del Golfo de México. Por otro lado, las zonas de menor impacto se encuentran en el este del mar Caribe y en el norte de la cuenca atlántica.

En Cuba estos fenómenos muestran el siguiente comportamiento:

- Zonas de alto impacto: Provincia de Pinar del Río, Sancti Spíritus y el norte de Ciego de Ávila y Camagüey
- Zonas de impacto moderado: Artemisa, La Habana, Mayabeque, el norte de Matanzas y de Villa Clara, el sur de Camagüey, Las Tunas, Holguín, el norte y el sur de Granma, Santiago de Cuba y el occidente de Guantánamo.
- Zonas de bajo impacto: el sur de Matanzas, el norte de Cienfuegos, el centro de Granma y el oriente de Guantánamo.
- Sin actividad ciclónica: el sur de Cienfuegos.

Este mapa se muestra mucho más diversificado, con mayores valores del kernel en comparación con los MáxAS, sobre todo el territorio de Cuba y el Caribe occidental.

3.2. Eventos ENOS

3.2.1. El Niño

Como se puede apreciar que durante la fase cálida las trayectorias se desplazan al este o al norte, evitando impactos directos con la superficie terrestre. Las mayores concentraciones de CT se encuentran en el oeste del mar Caribe, el norte del Golfo de México y al este de la península de la Florida. Las zonas menos afectadas pertenecen al caribe oriental y al este del Atlántico Norte. La Figura 5 muestra el análisis de densidad (Kernel) de las trayectorias de ciclones tropicales en el Caribe durante eventos de El Niño (1851-2023).

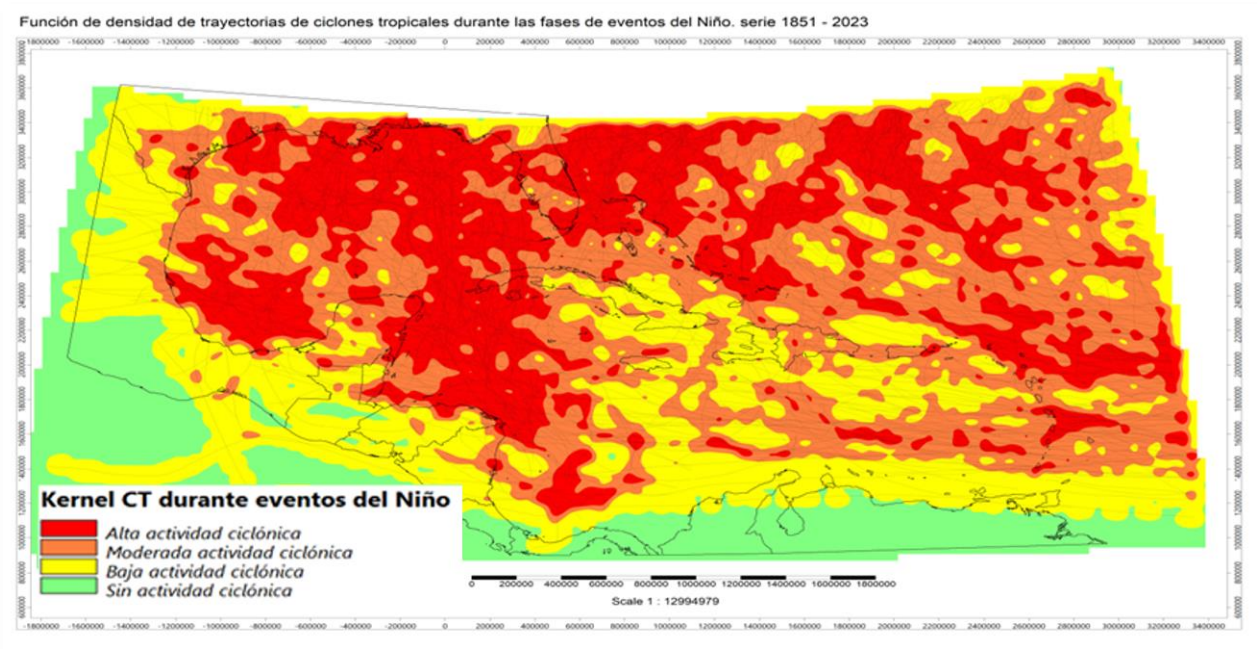


Figura 5: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de eventos de El Niño

Fuente: elaboración propia

Para el territorio cubano, por otro lado, se evidencia la siguiente tendencia:

- Zonas de alto impacto: el occidente de Pinar del Río, La isla de la Juventud y Artemisa.
- Zonas de impacto moderado: La Habana, Mayabeque, el norte de Matanzas, de Villa Clara, de Sancti Spíritus y de Ciego de Ávila, el sur de Cienfuegos y de Camagüey y Punta de Maisí.
- Zonas de bajo impacto: el sur de Matanzas, de Villa Clara, de Sancti Spíritus y de Ciego de Ávila, el norte de Cienfuegos y de Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y el resto de Guantánamo.

3.2.2. La Niña

Los resultados del análisis de la relación de La Niña con las rutas ciclónicas se explican continuación.

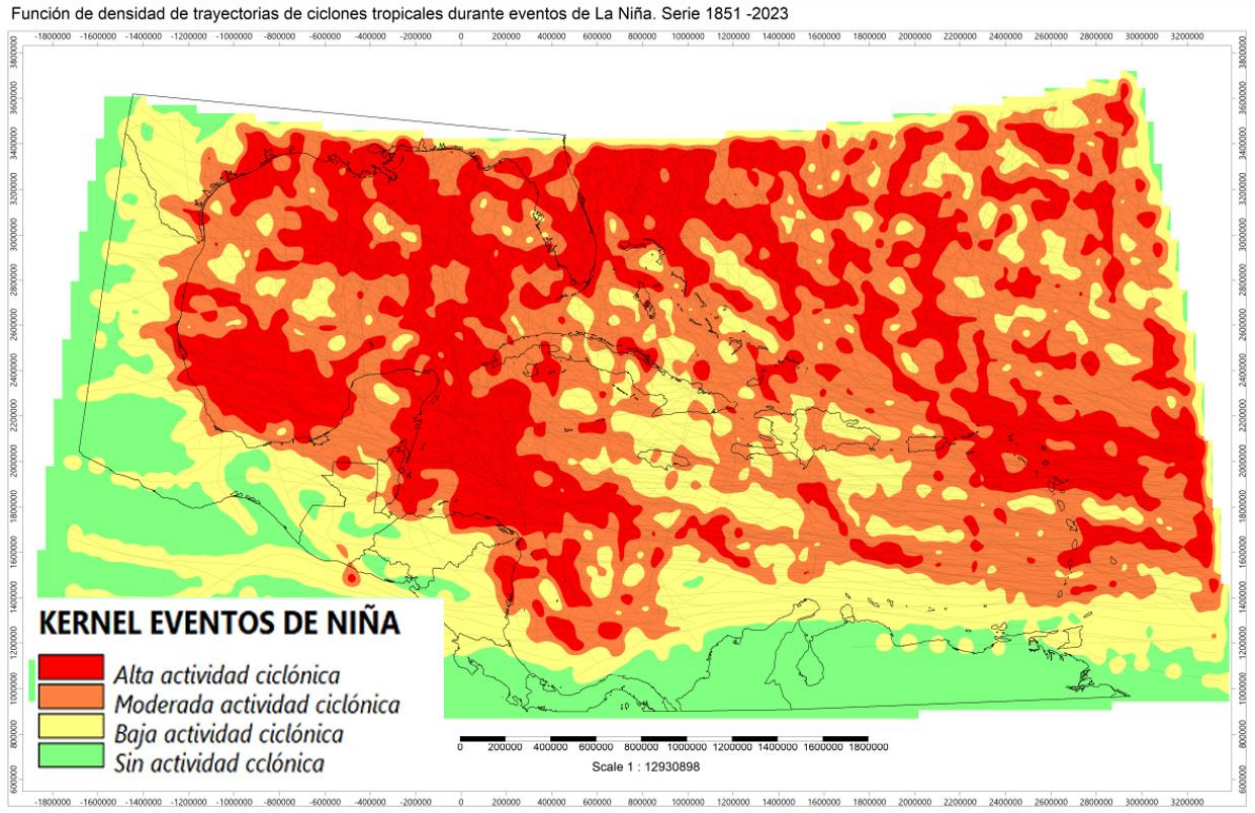


Figura 6: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de eventos de La Niña

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6 se muestra que la tendencia de las trayectorias ciclónicas es similar a la observada durante los MínAS, con una desviación hacia el noroeste. Durante la fase fría se encuentran más afectaciones en la Península de Yucatán, la Península, el Caribe occidental y Golfo de México. Los mínimos de actividad ciclónica se localizan en el oeste del mar Caribe y el norte de la cuenca atlántica.

El comportamiento en Cuba se describe a continuación:

- Zonas de alto impacto: el Cabo de San Antonio.
- Zonas de impacto moderado: desde Pinar del Río hasta Matanzas, con la inclusión de La Isla de la Juventud, el norte de las provincias centrales, el centro de Camagüey, el sur de Santiago de Cuba y el este de Guantánamo.
- Zonas de bajo impacto: el sur de las provincias centrales, los extremos este y oeste de Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, el norte de Santiago de Cuba y el occidente de Guantánamo

Se puede decir que bajo los efectos del evento La Niña, Cuba y el Caribe occidental enfrentan un riesgo elevado de ciclones tropicales intensos, en comparación con El Niño, con trayectorias que favorecen impactos directos.

La Tabla 6 muestra una comparación entre el comportamiento de este fenómeno y en de El Niño.

Tabla 6. Efectos de La Niña vs. Condiciones Neutrales/El Niño.

Característica	Durante La Niña	Condiciones Neutrales/El Niño
Frecuencia de ciclones	Aumento en el Caribe occidental y Golfo de México.	Más actividad en el Atlántico central y oriental.
Trayectorias típicas	Más hacia el oeste (ej. Cuba, Nicaragua, Belice Honduras, Golfo de México).	Más recurvas hacia el norte (ej. Bermudas, costa este de EE.UU.).
Intensidad	Ciclones más intensos por menor cizalladura y aguas cálidas.	Cizalladura más alta puede limitar intensidad (excepto en El Niño moderado).
Ejemplos históricos	Huracanes Mitch (1998), Michelle (2001), Ivan (2004).	Huracán Sandy (2012, El Niño neutro), Dorian (2019, condiciones neutras).
Impacto en Cuba	Alto riesgo de impactos directos y lluvias torrenciales.	Menor probabilidad, pero posibles tormentas recurrentes.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Interacción de eventos ENOS con la actividad solar.

3.3.1. La Niña + Máximo de Actividad Solar.

La correlación de La Niña con los MáxAS, de todas, es la que muestra menor actividad para Cuba espacialmente. En la Figura 7 se aprecia un máximo densidad en el Caribe occidental, con mínimos en el sur del mar Caribe. La afectación para el territorio nacional se describe de la siguiente forma:

- Zonas de alto impacto: Santiago de Cuba, Holguín y el Sur de Cienfuegos.
- Zonas de impacto moderado: Pinar del Río, La Isla de la Juventud, el este de Matanzas, el norte de Cienfuegos y Ciego de Ávila la afectación.
- Zonas sin actividad: La Habana, Artemisa, Mayabeque, el oeste de Matanzas y desde la provincia de Sancti Spíritus hasta Granma.

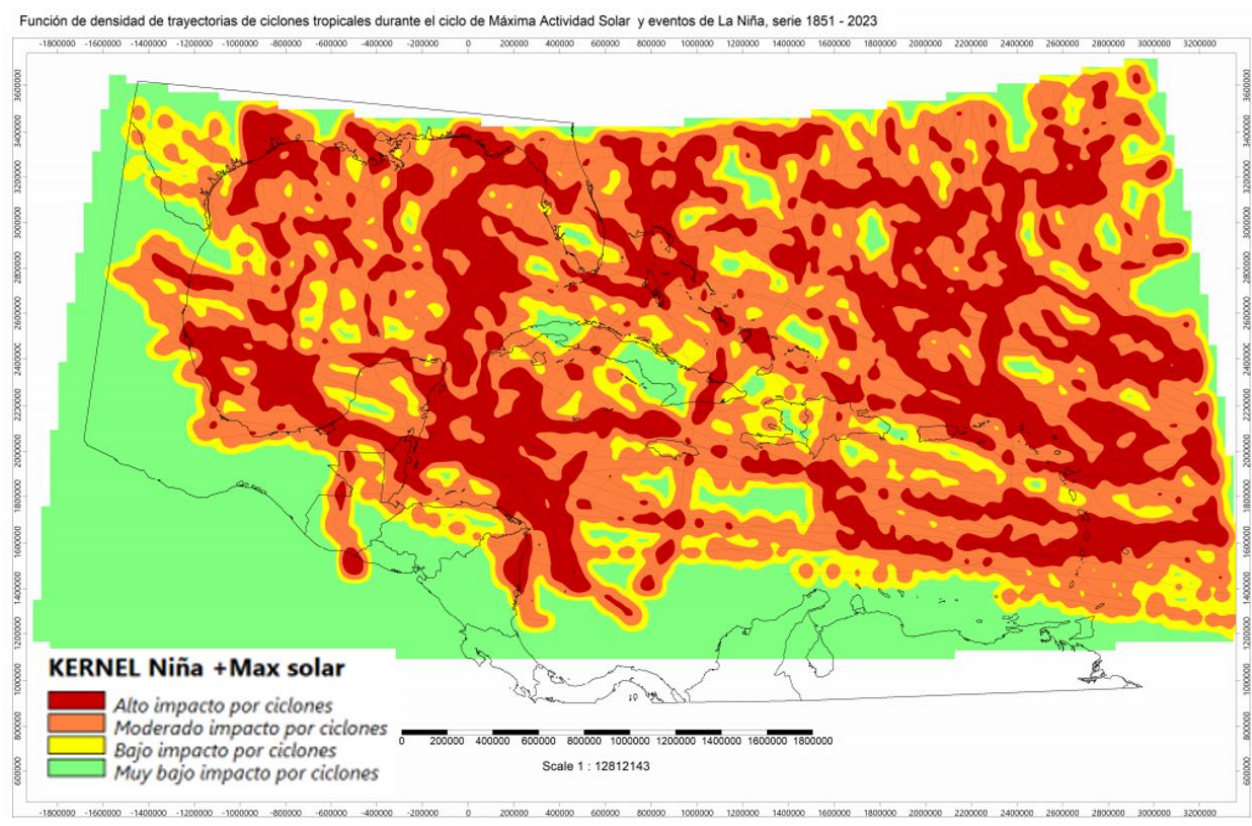


Figura 7: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Máxima actividad solar y eventos de La Niña

Fuente: elaboración propia

3.3.2. El Niño + Máximo de Actividad Solar.

Para esta combinación la Figura 8 presenta las mayores afectaciones en el Caribe Occidental y el Norte del Golfo de México, mientras que el sudeste del Caribe muestra menor frecuencia de CT. En general para la Cuba la densidad es alta y se describe de la siguiente forma:

- Zonas de alto impacto: Pinar del Río, La Isla de la Juventud, Artemisa y Mayabeque.
- Zonas de impacto moderado: La Habana, desde la provincia de Matanzas hasta Ciego de Ávila, el sur de Camagüey y las provincias orientales.
- Zonas sin actividad: norte de Camagüey, Las Tunas y Holguín.

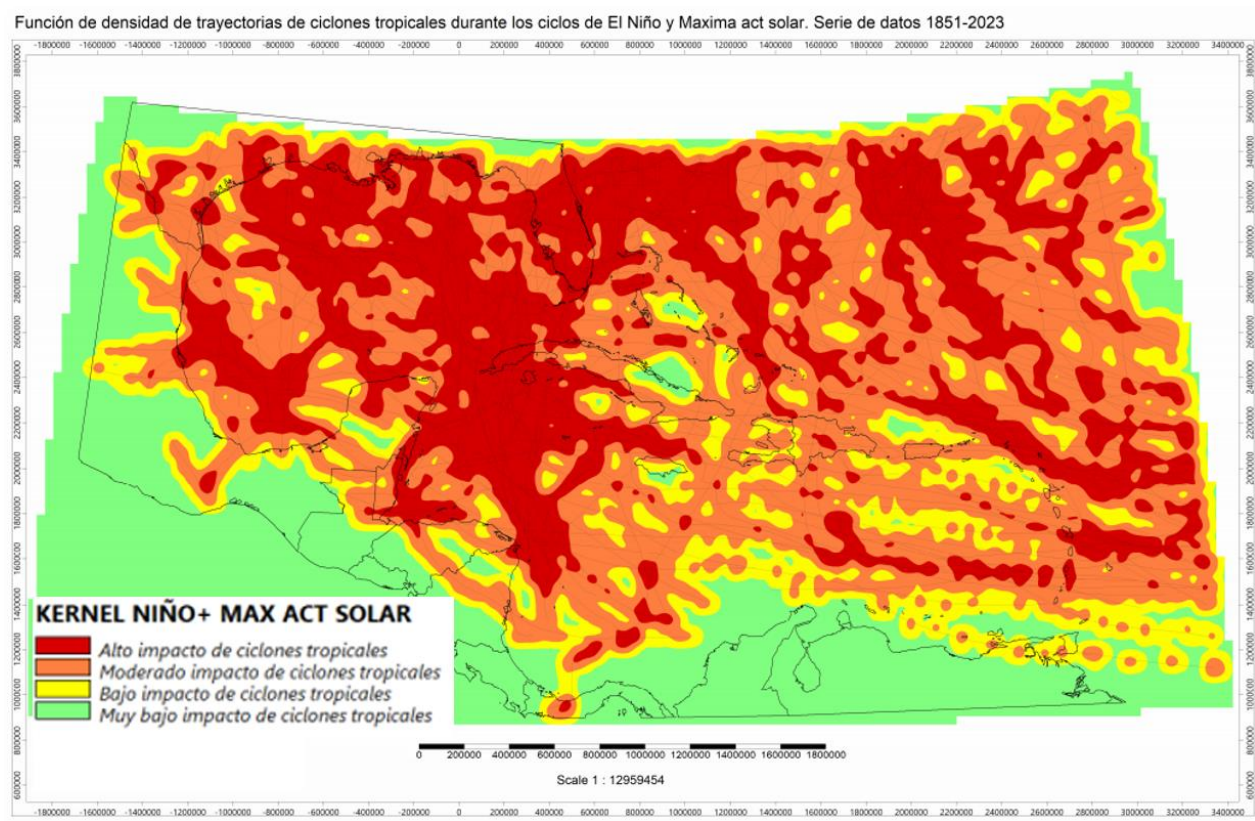


Figura 8: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Máxima actividad solar y eventos de El Niño.

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. La Niña + Mínimo de Actividad Solar.

Esta relación muestra la mayor actividad ciclónica de todas con máximos en el Caribe occidental y Golfo de México, y mínimos en el norte de la cuenca atlántica (Figura 9). Por lo que, estos fenómenos combinados potencian temporadas hiperactivas de CT para la región de estudio. Sobre la Isla de Cuba se aprecia el siguiente comportamiento:

- Zonas de alto impacto: Pinar del Río, este de La Isla de la Juventud, norte de Villa Clara y de Ciego Ávila, Camagüey, sur de Holguín, Las Tunas, extremos norte y sur de Granma y Santiago de Cuba.
- Zonas de impacto moderado: extremos norte y sur de Matanzas, Cienfuegos, sur de Villa Clara y de Ciego de Ávila, centro de Granma y Guantánamo casi en su totalidad.
- Zonas de bajo impacto: centro de Matanzas, Sancti Spíritus y Punta de Maisí.

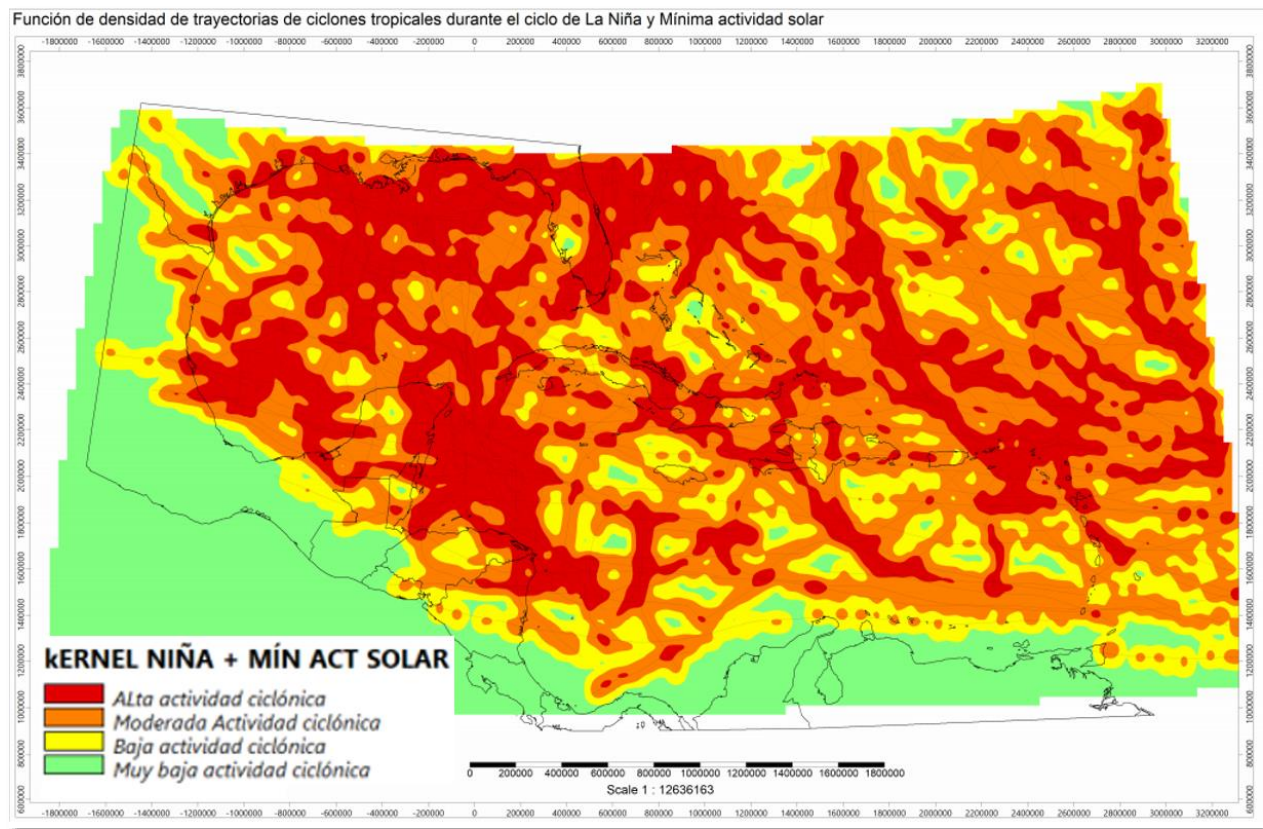


Figura 9: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Mínima actividad solar y eventos de La Niña.

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. El Niño + Mínimo de Actividad Solar

La unión de El Niño con los MínAS brinda la menor actividad ciclónica para la región de estudio. La mayor densidad se concentra en el Norte de El Golfo de México y la menor en las cuencas caribeña y atlántica. Para el territorio cubano el comportamiento se explica a continuación (Figura 10):

- Zonas de alto impacto: Pinar del Río y Camagüey.
- Zonas de impacto moderado: La Isla de la Juventud, Matanzas, Cienfuegos, Norte de las provincias centrales, Las Tunas, Santiago de Cuba y el Oeste de Guantánamo.
- Zonas sin actividad: La Habana, Sur de Sancti Spíritus, Granma y el Este de Guantánamo.

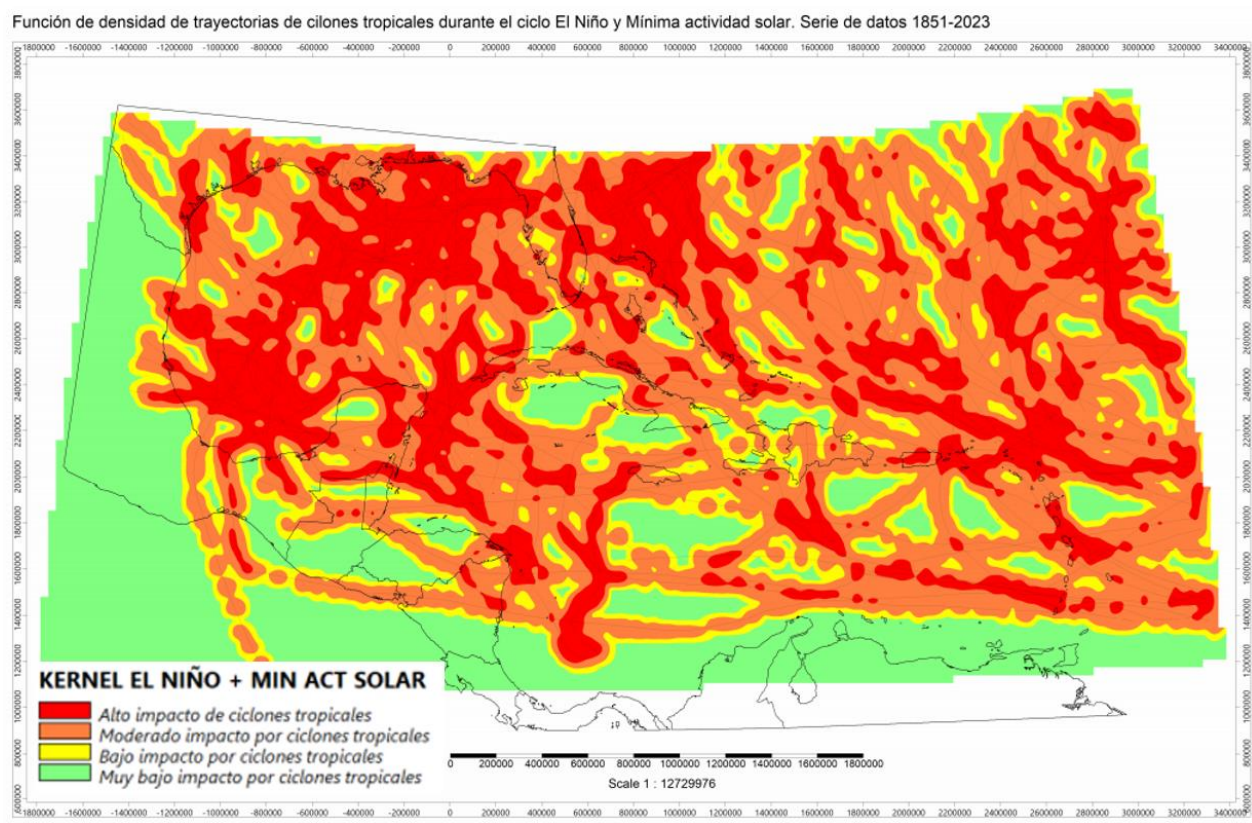


Figura 10: Distribución espacial de la función de densidad de trayectorias de ciclones tropicales (1851-2023) para los ciclos de Mínima actividad solar y eventos de El Niño.

Fuente: elaboración propia

3.4. Índice de peligro por trayectorias de ciclones tropicales para Cuba.

Basado en el índice de peligro obtenido por trayectorias históricas, Cuba presenta una distribución desigual de impactos de ciclones tropicales, con zonas de alto riesgo claramente definidas debido a factores geográficos y climáticos (Figura 11).

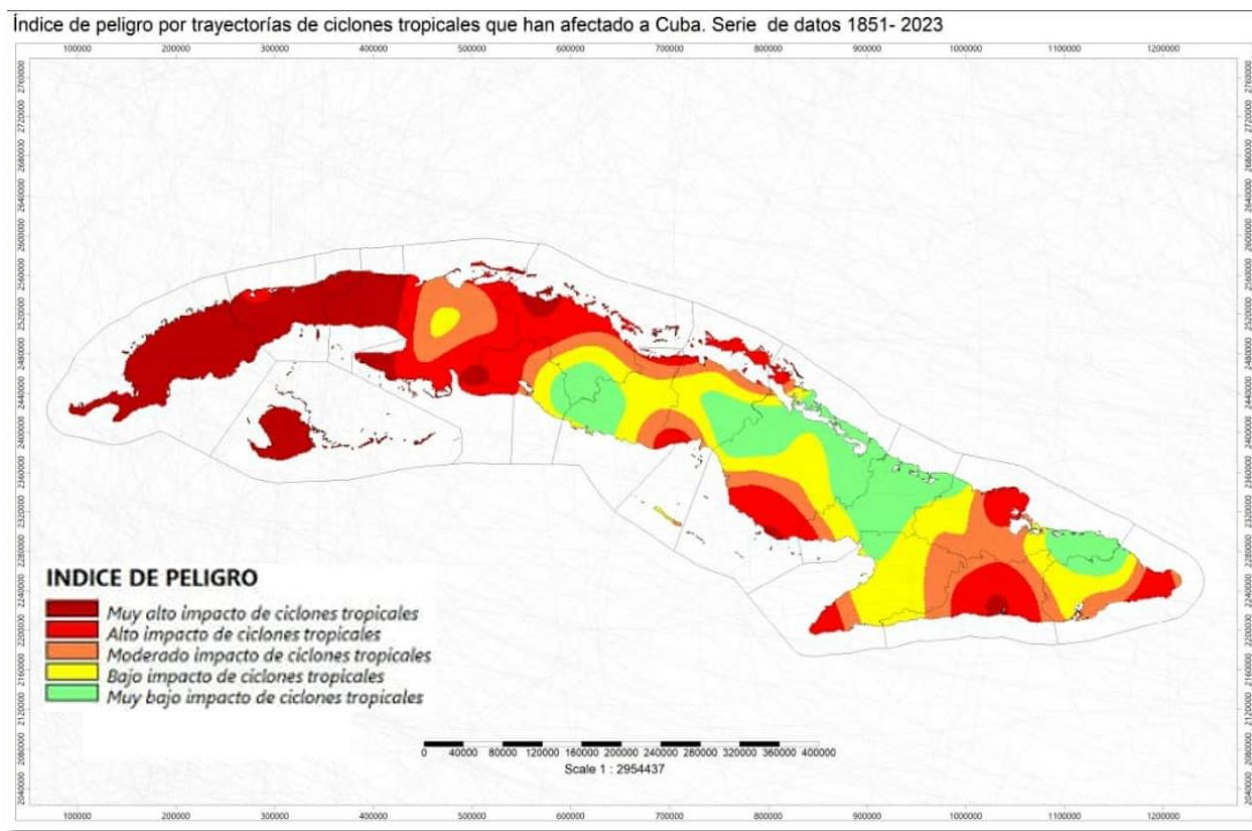


Figura 11: Índice de peligro para Cuba por trayectorias históricas de ciclones tropicales. Serie 1851 - 2023

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen las regiones de alto impacto según el índice:

- Zonas de muy alto impacto: Pinar del Río, La Habana, Artemisa y el municipio Especial Isla de la Juventud, norte de la provincia Holguín.
- Zonas de alto impacto: de Villa Clara (zona Norte), Cienfuegos, Matanzas (parte norte y el sur de la Ciénaga de Zapata), parte norte de la provincia Ciego de Ávila, sur de Guantánamo y Santiago de Cuba casi en su totalidad.

Todas estas zonas se caracterizan por una mayor frecuencia de impactos directos por ciclones, sobre todo de huracanes intensos (categoría 3 o más).

Las áreas con un impacto moderado o bajo serían:

- Zonas de impacto recurrente pero moderado: Camagüey, Las Tunas, Holguín (costa norte), Artemisa (costa norte), en pocas regiones de Santiago de Cuba y en el sur de Guantánamo.
- Zonas de bajo impacto: los interiores montañosos Granma (Sierra Maestra, Macizo, Guamuhaya que es la zona de menor impacto históricamente), centro de Ciego de Ávila, Las Tunas.

Aunque son regiones de menos exposición a trayectorias directas aún presentan vulnerabilidad ante lluvias torrenciales. Ejemplo la tormenta Alberto (2018) generó inundaciones en Granma sin impacto directo del viento.

En la Tabla 7 se muestra un resumen de las afectaciones en cada área.

Tabla 7. Peligro para cada zona del territorio nacional.

Zona	Nivel de Peligro	Frecuencia de Impactos	Ejemplos Históricos
Occidente (Pinar del Río, La Habana e Isla de la Juventud)	Alto	15-20 ciclones significativos (1851-2023)	1926, Michelle (2001), Irma (2017)
Centro (Villa Clara, Cienfuegos, Norte de Ciego de Ávila)	Alto-Moderado	10-15 ciclones	Irma (2017), Ike (2008)
Oriente (Santiago de Cuba, Guantánamo)	Alto (costa sur) / Bajo (interior)	Variable	Flora (1963), Sandy (2012), Matthew (2016)
Interior montañoso	Bajo	<5 ciclones directos	

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

- Los eventos ENOS y los ciclos de Actividad Solar (AS) tienen gran influencia tanto en la formación de ciclones tropicales, como en sus trayectorias en las cuencas de El Atlántico Norte, El Mar Caribe y El Golfo de México.
- Durante los años de La Niña las afectaciones, para Cuba, por ciclones tropicales son mayores en comparación con los años de El Niño.
- Los ciclos de mínima AS provocan una mayor densidad de ciclones tropicales que abarca, casi en su mayoría, el territorio nacional en comparación con los ciclos de máxima donde las mayores afectaciones se concentran más en el occidente.
- Durante los años en que coinciden La Niña con el mínimo de AS y El Niño con el máximo de AS el territorio es más propenso al impacto de un ciclón tropical que en los casos de La Niña con el máximo de AS y El Niño con el mínimo de AS. La combinación de estos últimos ha mostrado numerosas zonas en las que no hay ninguna afectación por ciclones tropicales.
- En la mayoría de estos fenómenos El Caribe occidental y El Golfo de México son las regiones más afectadas por las trayectorias históricas.
- De forma bastante general se puede apreciar como los principales daños, determinados en el índice de peligro, se concentran en región occidental del país, casi en su totalidad. Pero también se pueden extender a determinadas zonas de las regiones central y oriental como el Norte de Camagüey y la provincia de Santiago de Cuba.

Bibliografía

- Buzai, G., Baxendale, C., Principi, N., Cruz, M., Cacace, G., Caloni, N., Humacata, L., Mora, J., & Viola, F. (2013). *Sistemas de Información Geográfica (SIG): Teoría y aplicación*.
- Ciclos solares históricos / Actividad solar*. (2025). SpaceWeatherLive.com. <https://spaceweatherlive.com/es/actividad-solar/ciclo-solar/ciclos-solares-historicos.html>

- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., & Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development Discussions*, 8, 2271-2312. <https://doi.org/10.5194/gmdd-8-2271-2015>
- Doval, J. P., Pérez, M. B., Acosta, J. O., & Rodríguez, E. (2013). *CARACTERIZACIÓN DE LAS TRAYECTORIAS DE LOS CICLONES TROPICALES EN LA CUENCA ATLÁNTICA EN RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD SOLAR Y OTRAS VARIABLES*.
- Fotheringham, A., Brunson, C., & Charlton, M. (2000). *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*.
- Generalidades de los Ciclones Tropicales*. (2025).
<http://www.insmet.cu/asp/genesis.asp?TB0=PLANTILLAS&TB1=OPTION&TB2=/contenidos/ciclones%20tropicales/generalidades/generalidades.htm>
- Información sobre ENSO: Laboratorio de Ciencias Físicas de la NOAA*. (2025).
https://psl-noaa-gov.translate.google/enso/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Lin, N. (2012). On hurricane parametric wind and applications in storm surge modeling. *Journal of Geophysical Research*.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74757-4>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), 348-360. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000300348>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (Versión 1.2025.252 GPT-5 de junio) [Modelo de lenguaje de gran tamaño]. <https://chat.openai.com>
- Psl-noaa-gov.translate.google/enso/past_events.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc*. (2025).
https://psl-noaa-gov.translate.google/enso/past_events.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Rivera, C. F. (2023). *Estado del Clima en Cuba 2023. Resumen ampliado*.
- Ujoh, J. (2023). *The solar cycle and its impact on earth's climate*.
- What Is the Solar Cycle? | NASA Space Place – NASA Science for Kids*. (2025).
<https://spaceplace.nasa.gov/solar-cycles/sp/>

Sobre los autores:

Lic. Leyani Izquierdo Barrera: Licenciada en Meteorología, Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cuba, leyaniib@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-3845-4024.

MSc. Ing Jorge Olivera Acosta: graduado en la CUJAE en la especialidad de ingeniería en Geofísica. Especialista en Geomática y Estudios de Riesgos. Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cuba, yoyiga2010@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6887-5132.

Ciclo de vida turístico y riesgo climático en destinos de sol y playa: el caso de Santa Lucía, Camagüey

Alexander Sierra-Bouzas ^(1*) y Bárbara I. Garea-Moreda ⁽²⁾

¹Centro de Desarrollo Local (CEDEL-CITMA). Cuba.

²Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo” / InSTEC (Cuba).

* Autor para correspondencia: asbouzas376@gmail.com

Recibido: 23/09/2025	Aceptado: 14/11/2025
----------------------	----------------------

Resumen

Santa Lucía, principal centro turístico de la provincia de Camagüey, ha mostrado signos de estancamiento y declive en su ciclo de vida como destino de sol y playa desde 2011, situación agravada por la pandemia de COVID-19 y el auge de enclaves competidores como Jardines del Rey y Cayo Cruz. El estudio se realizó mediante una metodología mixta, estructurada como un estudio de caso, que combinó el análisis documental, entrevistas semiestructuradas con actores clave de los sectores turístico y ambiental, así como con autoridades gubernamentales de Nuevitas y de la provincia de Camagüey. Además, se incorporó la observación directa en zonas de alta exposición climática, lo que permitió abordar el fenómeno desde una perspectiva integral, integrando dimensiones técnicas, territoriales y comunitarias. El Modelo de Ciclo de Vida de Áreas Turísticas (MCVA), desarrollado por Richard Butler (1980), se aplicó y enriqueció con variables de riesgo climático —aumento del nivel del mar, tormentas severas, sensibilidad ecológica y erosión costera— para redefinir la trayectoria del destino y orientar la toma de decisiones de planificación adaptativa. Los resultados muestran que Santa Lucía, a pesar de estar ubicada en tierra firme, presenta vulnerabilidades críticas, con estimaciones de inundaciones permanentes que afectarán al 33,69% y al 60,04% de su territorio para 2050 y 2100, respectivamente. Entre las medidas identificadas destacan las soluciones ecosistémicas, como la restauración de manglares, dunas y reordenamiento del hábitat urbano. Todo ello apunta a la necesidad de reorientar el modelo turístico vigente hacia esquemas más sostenibles, flexibles y compatibles con los desafíos del cambio climático.

Palabras clave: adaptación, cambio climático, ciclo de vida, riesgos, resiliencia, reorientación.

Tourism Life Cycle and Climate Risk in Sun-and-Beach Destinations: The Case of Santa Lucía, Camagüey

Abstract

Santa Lucía, the main tourist hub in the province of Camagüey, has shown signs of stagnation and decline in its life cycle as a sun-and-beach destination since 2011, exacerbated by the COVID-19 pandemic and the rise of competing enclaves such as Jardines del Rey and Cayo Cruz. The study was conducted using a mixed-methods approach, structured as a case study, which combined document analysis, semi-structured

interviews with key stakeholders in the tourism and environmental sectors, as well as with government authorities from Nuevitas and the province of Camagüey. In addition, direct observation was incorporated in areas of high climatic exposure, allowing the phenomenon to be addressed from a comprehensive perspective, integrating technical, territorial, and community dimensions. The Tourist Area Life Cycle Model (TALC), developed by Richard Butler (1980), is applied and enriched with climate risk variables—sea level rise, severe storms, ecological sensitivity, and coastal erosion—to redefine the destination's trajectory and guide adaptive planning decisions. The findings show that Saint Lucia, despite being located on dry land, presents critical vulnerabilities, with estimates of permanent flooding affecting 33.69% and 60.04% of its territory by 2050 and 2100, respectively. Among the identified measures, ecosystem-based solutions stand out, such as the restoration of mangroves and dunes, and the reorganization of urban habitats. All of this points to the need to reorient the current tourism model towards more sustainable, flexible schemes that are compatible with the challenges of climate change.

Keywords: adaptation, climate change, life cycle, risks, resilience, reorientation.

1. Introducción

El modelo de Ciclo de Vida de los Destinos Turísticos, desarrollado por Butler (1980), ha sido ampliamente adoptado como marco teórico para analizar la evolución de los destinos turísticos, estableciendo una secuencia tipológica en seis etapas: exploración, involucramiento, desarrollo, consolidación, estancamiento y, finalmente, declive o rejuvenecimiento (Fig. 1). Este enfoque ha facilitado la comprensión de los procesos de maduración territorial y transformación funcional, permitiendo anticipar escenarios de intervención y orientar decisiones estratégicas. Sin embargo, el propio Butler (2018, 2025) reconoce que el modelo presenta limitaciones para interpretar el comportamiento de destinos emergentes o vulnerables, especialmente frente a fenómenos contemporáneos como el cambio climático. En consecuencia, propone una lectura más crítica, flexible y contextualizada del modelo, que incorpore variables ambientales, sociales y territoriales en el análisis de la evolución turística.

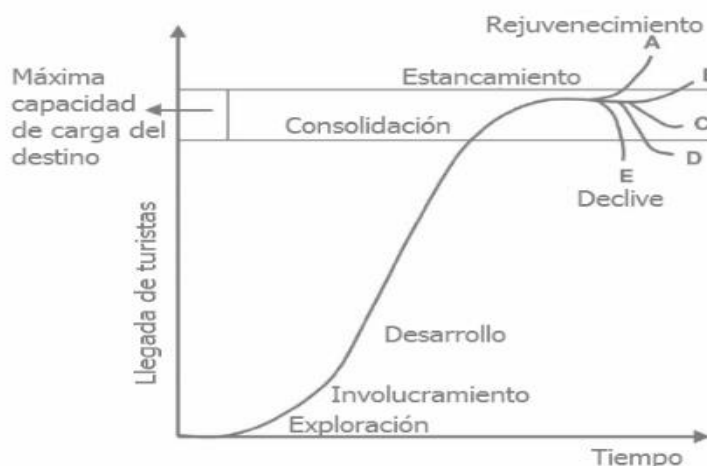


Fig. 1. Modelo Ciclo de Vida Destinos Turísticos. Butler, R. (1980)

Fuente: Tomado de la Revista Realidad, Tendencias y Desafíos en Turismo 2019

En Cuba, el destino Santa Lucía ha sido históricamente el principal polo turístico de la provincia de Camagüey, con una oferta centrada en sol y playa, destaca su notable riqueza natural, que incluye 15 kilómetros de playas arenosas, un extenso sistema de arrecifes coralinos, pastos marinos, lagunas costeras y manglares (Fig. 2). En 2011, se aplicó el modelo de ciclo de vida (Rodríguez J. M. et al., 2011), ubicándolo en estancamiento-declive. Aunque dicho diagnóstico no incorporó variables climáticas, sus resultados adquieren nueva relevancia ante las tendencias actuales, marcadas por la pérdida de competitividad y el aumento de la vulnerabilidad ambiental. El problema central que aborda esta investigación radica en la necesidad de reorientar el modelo turístico de Santa Lucía frente a un doble desafío: el desgaste funcional del destino y el creciente nivel de riesgo climático para las próximas décadas. Entre los factores críticos destacan el ascenso del nivel medio del mar, el incremento en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, la alta sensibilidad ecológica y la acelerada erosión del perfil de playa a lo largo del litoral.

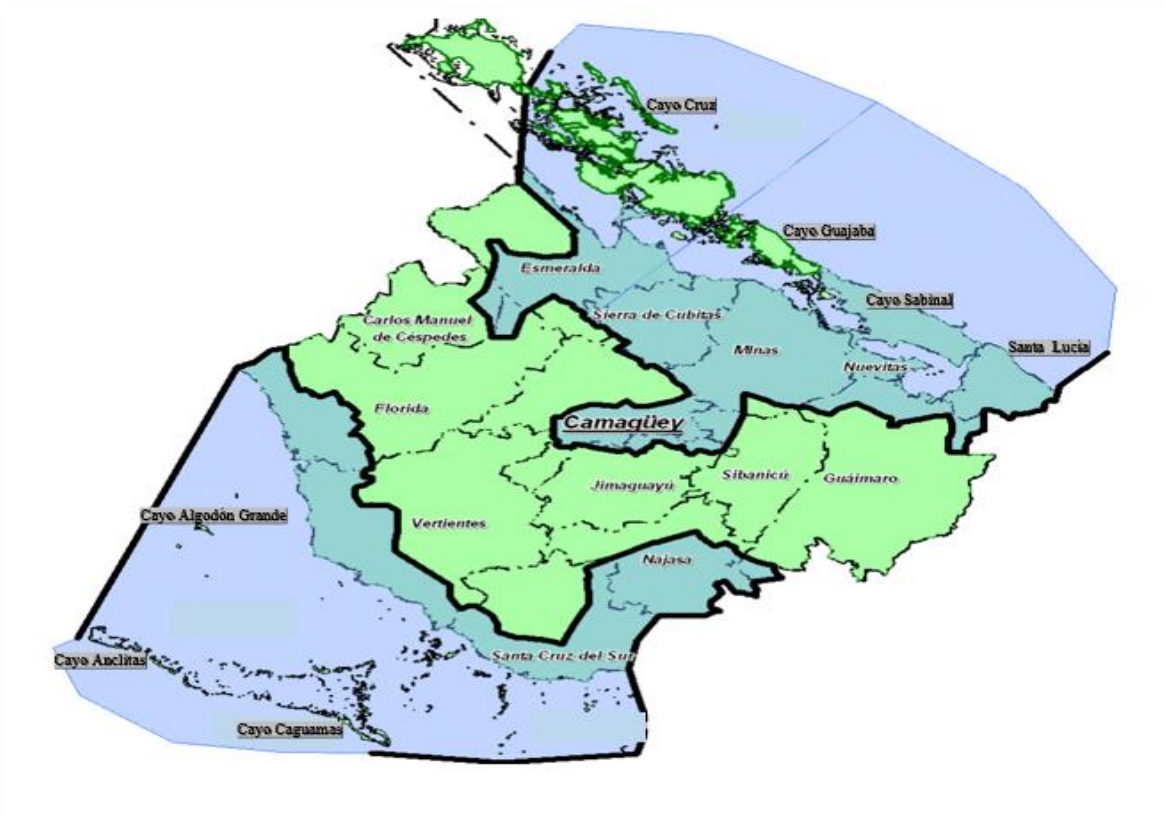


Fig. 2. Mapa turístico de Cuba (provincia de Camagüey)

Fuente: Presentación del MINTUR. Estrategia de desarrollo del 2019 – 2030 en Camagüey

Estudios recientes como la Tercera Comunicación Nacional (CITMA, 2020), el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático (Rey, 2019) y el Estudio del Macroproyecto (CITMA, 2023) han incorporado al sector turístico en el análisis de vulnerabilidad climática, señalando afectaciones directas en playas, infraestructuras y actividades recreativas. Cuba enfrenta proyecciones de incremento de temperatura superiores a 1.0 °C para 2030, así como un ascenso del nivel medio del mar estimado en 29.3 cm para 2050 y 95.0 cm para 2100, lo que representa una amenaza creciente para las zonas costeras bajas. En este contexto,

el destino turístico de Santa Lucía —aunque asentado en tierra firme— presenta estimaciones de inundación permanente del 33,69 % y 60,04 % para los años 2050 y 2100, respectivamente.

Ante este escenario, el objetivo de la investigación es analizar la trayectoria evolutiva y las perspectivas futuras del destino Santa Lucía, considerando su nivel de exposición y riesgo al cambio climático mediante la integración del modelo de ciclo de vida. Se busca identificar estrategias de adaptación que contribuyan a su revitalización en el mediano y largo plazo. Para ello, se aprovechan experiencias recientes del proyecto *Turismo Azul Resiliente* (CIMAC, 2022), articulando acciones de prevención y mitigación con buenas prácticas previamente ejecutadas, como el reordenamiento físico-espacial y los cambios de uso en el destino. En particular, se destacan las intervenciones sobre instalaciones de aseguramiento y apoyo logístico, que han sido reubicadas hacia el asentamiento Palmas de Lucía, como parte de un proceso de reorganización territorial orientado a reducir la exposición climática y mejorar la eficiencia operativa del destino.

2. Materiales y métodos

El estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, combinando revisión documental, análisis comparativo y trabajo de campo, realizado en 16 ocasiones entre 2010 y 2023 como parte de las visitas técnicas y reuniones de chequeo al reordenamiento del destino turístico Santa Lucía. Esta combinación permitió abordar el fenómeno desde una perspectiva integral.

Las técnicas empleadas incluyeron:

- **Análisis-síntesis e inductivo-deductivo**, aplicados a la interpretación de las tendencias evolutivas del destino turístico y a la incorporación de proyecciones de riesgo climático en el modelo de ciclo de vida, con el fin de establecer relaciones causales y anticipar escenarios de intervención.
- **Entrevistas semiestructuradas** realizadas a expertos del sector turístico, especialistas en planificación territorial y medio ambiente, así como a autoridades gubernamentales de Nuevitas y de la provincia de Camagüey. Estas entrevistas estuvieron orientadas a validar criterios técnicos sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo en el contexto del cambio climático, y a contrastar percepciones institucionales sobre la sostenibilidad del destino.
- **Observación empírica directa**, enfocada en evaluar el impacto del cambio climático sobre infraestructuras turísticas ubicadas en primera línea de playa y en zonas bajas del ecosistema costero y lagunar, caracterizadas por altos niveles de exposición y riesgo. Esta técnica permitió registrar evidencias físicas de erosión, afectaciones estructurales y procesos de transformación ambiental en áreas críticas del destino.

Variables principales

- **Variable dependiente:** Riesgo al cambio climático del destino turístico Santa Lucía.
- **Variables independientes:**
 - Ascenso del nivel medio del mar (proyecciones para 2050 y 2100).
 - Exposición a huracanes y tormentas severas (eventos meteorológicos extremos).
 - Sensibilidad ecológica (fragilidad de los ecosistemas marino-costeros).
 - Clasificación de erosión (impacto físico sobre la línea de costa).

Fuentes técnicas y documentales

- **Modelo de ciclo de vida turístico:** Se retomó la aplicación previa al caso Santa Lucía (Rodríguez J. M. et al., 2011), constatando su limitación al no incorporar escenarios climáticos. Para superar esta brecha, se integraron variables ambientales que inciden en la sostenibilidad del destino y la percepción de riesgo de la comunidad.

Tabla 1. Índice de capacidad habitacional en polos turísticos de la región Camagüey

Nº	Polo Turístico	Habitaciones Potenciales	Habitaciones Actuales	Categoría 5★	Categoría 4★	Categoría 3★	Categoría 2★
1	Santa Lucía	17 250	1 160	—	447	645	12
2	Cayo Sabinal*	14 485	0	—	—	—	—
3	Cayo Cruz*	12 217	1 705	1 645	60	—	—
4	Cayo Romano*	1 805	0	—	—	—	—
5	Cayo Guajaba*	1 000	0	—	—	—	—
6	Mégano Grande*	250					
7	Ciudad Camagüey	980	560	—	84	18	458
8	Nuevitas	—	48	—	—	—	48
	Región Camagüey	47 987	3 473	1 645	591	663	518

Fuente: Elaboración propia. Planta Hotelera del MINTUR (Actualizado Junio 2025).

Nota*: Sabinal, Cruz, Guajaba, Mégano Grande y Romano en la parte de Camagüey, recientemente fueron declarados Zona Económica Especial (Consejo de Estado, 2015), por Acuerdo 9584/2023 del Consejo de Ministros.

Estos resultados refuerzan la urgencia de revisar la estrategia de reposicionamiento de Santa Lucía, a fin de evitar su descomercialización en el escenario turístico y climático regional. En la actualidad, el destino enfrenta una pérdida progresiva de competitividad.

Históricamente, Santa Lucía transitó desde finales de la década de 1960 de ser un balneario local a convertirse en destino turístico internacional. Las primeras instalaciones surgieron mediante la reconversión de viviendas y clubes expropiados, y durante las décadas de 1970 y 1980 se construyeron campamentos vacacionales, bases de campismo y el emblemático Hotel Mayanabo. Este proceso fue acompañado por la creación de infraestructuras. A partir de 1983, con la llegada de visitantes extranjeros provenientes de Québec y Alemania, se inició la internacionalización del destino, que se consolidó en la década de 1990.

Sin embargo, el desarrollo proyectado en el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU, 2013), que contempla la creación de 17 250 habitaciones, no se ha materializado, manteniendo una estructura inalterada durante décadas, con incorporaciones mínimas como la reconversión del antiguo local de MEDICLUB. La estrategia de expansión, centrada en inversiones extranjeras, no ha logrado consolidarse.

Actualmente, según el modelo de ciclo de vida, Santa Lucía permanece en implicación con signos crónicos de estancamiento y declive. Los indicadores clave —como el arribo de turistas, los ingresos, la ocupación y la estacionalidad— muestran tendencia descendente (Tabla 2). La mezcla de mercados, la evolución de la contratación con turoperadores y la dinámica de inversiones también reflejan debilidad estructural, mientras que la aceptación de los residentes y la valoración de la oferta turística evidencian una pérdida de atractivo.

Tabla 2. Resumen del análisis de alerta y monitoreo del ciclo de vida destino turístico Santa Lucía

Indicadores de gestión del ciclo de vida		Exp.	Imp.	Des.	Con.	Est.	Dec.	Rej.
A.- Evolución del destino, sistematización de sus etapas, la historia.						X		
B.- Tendencias de:	B1- arribo					X		
	B2- ingresos					X		
	B3- estancia					X		
	B4- ing/tur-día					X		
C.- Estacionalidad. Índice de estacionalidad.						X		
D.- Mezcla de principales mercados. Cuotas y su evolución,						X		
E.- Evolución de la contratación TTOO						X		
F.- Caracterización del comportamiento de los visitantes.						X		
G.- Aceptación de los residentes.							X	
H.- Valoración de la oferta del destino. Diversidad, atraktividad, evolución.								X
I.- Dinámica de las inversiones.								X

Fuente: (Rodríguez J. M. et al., 2011)

Nota: Leyenda de etapas evolutivas: Exp. = Exploración | Imp. = Implicación | Des. = Desarrollo | Con. = Consolidación | Est. = Estancamiento | Dec. = Declive | Rej. = Rejuvenecimiento

La discusión se amplía en los siguientes apartados, donde se analizan las oportunidades de reposicionamiento desde un enfoque ecosistémico y resiliente. Entrevistas y encuestas realizadas en 2011 a residentes, gestores y actores locales permitieron identificar preocupaciones comunitarias que, lejos de ser coyunturales, se han mantenido a lo largo del tiempo. Estas inquietudes, recogidas en el inciso G de la Tabla 2 —relativo a la aceptación de los residentes—, revelaron una desconexión entre las dinámicas institucionales de planificación y las necesidades de la comunidad. Actualmente, esta desconexión entre la planificación estratégica y la realidad operativa del destino continúa debilitando su competitividad frente a

enclaves emergentes como Cayo Cruz. La falta de articulación entre las prioridades locales y las decisiones institucionales no solo afecta la percepción comunitaria, sino la capacidad de respuesta ante el cambio climático.

Desde el punto de vista ambiental, se han logrado avances puntuales, como la reubicación de instalaciones logísticas, algunas viviendas y la implementación de pasarelas de madera para mitigar la erosión costera. Sin embargo, el destino sigue enfrentando altos niveles de riesgo, con limitada capacidad de amortiguación frente a eventos meteorológicos extremos. La presión antrópica acumulada, la pérdida de cobertura vegetal y la degradación de los arrecifes coralinos han reducido significativamente la resiliencia natural del entorno.

Eventos como el huracán Irma en 2017 dejaron impactos severos en playas, infraestructuras y ecosistemas, tal como documenta Zequeira Álvarez et al. (2020). Asimismo, fenómenos históricos como la surgencia de Santa Cruz del Sur en 1932 siguen siendo referentes para las llanuras costeras de Camagüey, cuya vulnerabilidad se agrava ante el ascenso del nivel medio del mar y las proyecciones de inundaciones 2050 y 2100.

En este contexto, las limitaciones estructurales del destino no solo se reflejan en indicadores cuantitativos, sino también en la percepción de los actores locales. La persistencia de estas preocupaciones revela una brecha entre las expectativas generadas por los planes de desarrollo y la experiencia vivida por la comunidad. Esta tensión configura un escenario complejo para la gestión turística.

Según la actualización de los escenarios climáticos para Nuevitas, se proyecta un aumento del nivel medio del mar de 28 cm para 2050 y de 94.5 cm para 2100 (CITMA, 2023), lo que incrementa el riesgo de inundaciones en zonas bajas. En la reunión técnica nacional que aprobó el Plan General de Ordenamiento Territorial (PGOTU, 2013), el acuerdo número cinco estableció la necesidad de realizar un estudio del drenaje, con el fin de garantizar el funcionamiento de la salina y la protección de la playa ante lluvias intensas.

Modelaciones recientes confirman que Santa Lucía enfrenta un riesgo alto de inundación —tanto permanente como temporal— para los años 2050 y 2100 (Fig. 4 y Tabla 3). En particular, se proyecta una afectación del 33,69 % del área terrestre para 2050 y del 60,04 % para 2100, con una sensibilidad ecológica alta (4.5) y erosión severa en sectores como La Boca, donde la presión compromete la infraestructura existente.

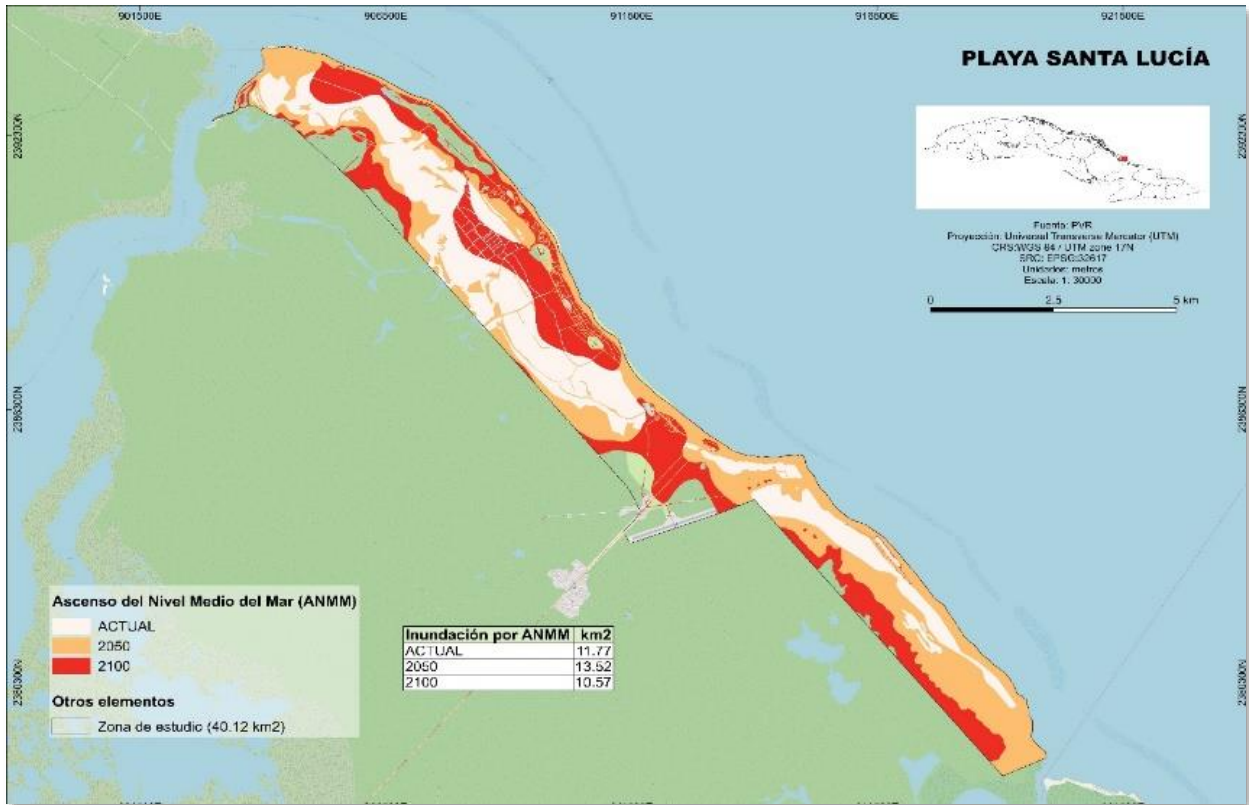


Fig. 4. Escenarios de inundaciones ANMM (2050 y 2100)
Nota: Mapeado por el IGT¹
Fuente: Datos (CITMA, 2023) Actualizado (IGA², 20205)

Tabla 3. Resumen de los indicadores de riesgo seleccionados para la proyección de Santa Lucía

Destino	Área terrestre (km²)	% Afectación proyectada (2050)	% Afectación proyectada (2100)	Riesgo climático	Sensibilidad ecológica	Erosión	Observaciones clave
Santa Lucía	40.12	33.69 %	60.04 %	Muy alto (MA)	Alta (4.5)	Erosión severa en sector La Boca	Presión sobre dunas y salinas. Infraestructura expuesta.

Fuente: Elaboración propia.

En este escenario, la recuperación costera no debe limitarse a la restauración física de elementos dañados, sino orientarse hacia la prevención de impactos climáticos sobre ecosistemas, instalaciones e infraestructuras. Tal como señala el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2020), las estrategias post-desastre deben incorporar aprendizajes globales que promuevan la sostenibilidad y eviten la reproducción de vulnerabilidades preexistentes. En esta misma línea, McLeod, Dodds y Butler (2021)

¹ (IGT) Instituto de Geografía Tropical, adscrito a la Agencia de Medio Ambiente (AMA / CITMA).
² (IGA) Instituto de Geofísica y Astronomía, adscrito a la Agencia de Medio Ambiente (AMA / CITMA).

afirman: “Si el turismo es un medio para la prosperidad económica, entonces los destinos insulares deben explorar varias consideraciones y construir economías turísticas resilientes que puedan superar las crisis externas.”

Los objetivos específicos del proyecto *Turismo Azul Resiliente* (CIMAC, 2022) contribuyen a diseñar una estrategia de desarrollo turístico con enfoque resiliente, que incluye la creación de un área protegida, la implementación de soluciones de restauración basadas en la naturaleza (SbN) y en ecosistemas (SbE), la diversificación de productos turísticos sostenibles y la creación de capacidades para la implementación del turismo azul como medida de adaptación al cambio climático. Estos objetivos se articulan con una segunda fase prevista para el período 2025–2028.

En síntesis, el componente ambiental del análisis revela una alta vulnerabilidad del destino Santa Lucía frente al cambio climático, agravada por presiones antrópicas acumuladas y limitaciones estructurales que exigen una transformación profunda del modelo de desarrollo turístico vigente.

3.1. Proyección estratégica y perspectivas futuras

Las perspectivas futuras no solo refuerzan la necesidad de dar continuidad al estudio, sino que lo posicionan como una herramienta metodológica replicable en otros destinos turísticos vulnerables del país. La incorporación del análisis de riesgo climático y el uso de sistemas de información geográfica como parte del estudio del ciclo de vida de destinos litorales permiten una planificación territorial basada en evidencia científica y criterios de resiliencia.

3.2. Recomendaciones estratégicas para revitalizar el destino turístico Santa Lucía

Santa Lucía enfrenta una situación compleja. Desde hace años, se ha mantenido en estancamiento y declive, influenciada por factores externos —como la pandemia de la COVID-19, el reforzamiento del bloqueo económico y comercial del Gobierno de los Estados Unidos, la crisis económica y la aparición de nuevos competidores—. Esta situación se agrava con los riesgos derivados del cambio climático (ascenso del nivel del mar, eventos meteorológicos extremos, sensibilidad ecológica y erosión costera), así como por factores internos como el deterioro de las infraestructuras técnicas, la disminución de la calidad en los servicios, la pérdida de beneficios económicos y una gestión poco articulada con la comunidad local.

3.2.1. Recomendaciones ambientales

- **Monitoreo ambiental:** Implementar un sistema de observación continua de los ecosistemas marinos y costeros, que permita anticipar riesgos climáticos y tomar decisiones informadas.
- **Restauración ecológica:** Recuperar áreas degradadas mediante soluciones basadas en la naturaleza, como la replantación de vegetación costera, la rehabilitación de dunas y de arrecifes de coral.
- **Gestión de áreas protegidas:** Establecer zonas de conservación con planes de manejo participativos, priorizando la biodiversidad con una relación armónica entre turismo y ecosistemas.

3.2.2. Recomendaciones infraestructurales

- **Conectividad:** Fortalecer las vías de acceso al destino con soluciones resilientes ante eventos extremos, articuladas con criterios de sostenibilidad y mínimo impacto ecológico.
- **Agua y saneamiento:** Mejorar los sistemas de abastecimiento e incorporar tecnologías limpias para el tratamiento y reúso de aguas residuales.

- **Energía limpia:** Promover el uso de fuentes renovables como la solar y la eólica, adaptadas a las condiciones locales y en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas.

3.2.3. Recomendaciones de gestión y gobernanza

- **Nuevo modelo turístico:** Reorientar el desarrollo hacia el turismo azul, priorizando sostenibilidad ambiental, inclusión social y resiliencia territorial.
- **Alianzas institucionales:** Fomentar la colaboración entre entidades públicas, privadas y comunitarias para una gestión integrada y adaptada a los retos actuales.
- **Capacitación:** Implementar programas de formación para trabajadores, directivos y comunidad, enfocados en cultura turística, conciencia ambiental y adaptación al cambio climático.

Estos programas deben responder a los nuevos desafíos climáticos, fortalecer la cultura ambiental y mejorar la calidad de los servicios turísticos. Asimismo, deben propiciar un balance adecuado entre la explotación, el uso del suelo y la protección del ecosistema marino-costero. En este sentido, resulta imprescindible actualizar el plan de ordenamiento territorial en función de los peligros, vulnerabilidades y riesgos ante los efectos del cambio climático, especialmente en los escenarios de máxima afectación.

3.2.4. Recomendaciones para la innovación del producto turístico

- **Nuevos productos turísticos:** Diseñar experiencias en ecoturismo, turismo científico, de bienestar y calidad de vida, aprovechando los recursos naturales y culturales de la zona.
- **Servicios ecosistémicos:** Integrar el valor de los ecosistemas en la oferta turística mediante propuestas educativas y de sensibilización ambiental.
- **Turismo comunitario:** Fomentar iniciativas lideradas por la comunidad local, orientadas a generar ingresos sostenibles, fortalecer el sentido de pertenencia y preservar el entorno natural y cultural.

El modelo de ciclo de vida turístico (Butler, 1980) sigue siendo útil para comprender la evolución de destinos, pero requiere ser complementado con enfoques adaptativos ante el cambio climático. La experiencia del proyecto *Turismo Azul Resiliente* demuestra que es posible transformar el destino hacia un modelo sostenible, integrando conservación ambiental, innovación turística y participación comunitaria.

El análisis integral revela una realidad compleja, marcada por desafíos estructurales, ambientales y de gobernanza, pero también por oportunidades de transformación. Las recomendaciones presentadas, sustentadas en evidencia y experiencias locales e internacionales, delinean un camino hacia la resiliencia.

Conclusiones

El análisis del destino turístico Santa Lucía confirma su fase crítica de estancamiento y declive prolongado, en correspondencia con lo anticipado por el modelo aplicado en 2011. No obstante, los desafíos contemporáneos —especialmente los derivados del cambio climático— demandan superar los enfoques tradicionales y adoptar estrategias integrales de adaptación que respondan a la complejidad del contexto climático.

La implementación de sistemas de gestión prospectiva, el monitoreo y la planificación territorial basada en evidencia se perfilan como herramientas clave para enfrentar los niveles crecientes de riesgo y exposición, particularmente ante las proyecciones de inundación permanente del 33,69 % y 60,04 % para los años 2050 y 2100. En este escenario, el modelo de *Turismo Azul Resiliente* se presenta como alternativa viable.

La diversificación de la oferta turística, sustentada en los servicios ecosistémicos y modalidades sostenibles —como el ecoturismo, el agroturismo, y el turismo de salud y calidad de vida— permite reposicionar a

Santa Lucía en el corto y mediano plazo. Esta transformación debe estar respaldada por políticas públicas coherentes —como la *Tarea Vida*— y una gobernanza territorial que priorice la participación ciudadana.

Finalmente, las experiencias recogidas en Santa Lucía pueden servir como referencia metodológica y estratégica para otros destinos de sol y playa en Cuba.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un nuevo diagnóstico al destino Santa Lucía, incorporando el riesgo climático como variable crítica. Este diagnóstico no debe limitarse a una actualización técnica convencional, sino que debe concebirse como una herramienta adaptativa, orientada a anticipar escenarios futuros, fortalecer la resiliencia territorial y guiar decisiones estratégicas de planificación.

Asimismo, se sugiere extender el análisis al polo turístico de Cayo Cruz, que en 2011 se encontraba en fase de exploración. Esta ampliación permitiría identificar patrones compartidos de vulnerabilidad y exposición entre destinos del litoral norte de Camagüey, enriqueciendo la toma de decisiones con una visión comparativa y regional.

Los aportes del estudio de Zequeira Álvarez et al. (2020) constituyen una base para esta evaluación, al igual que la monografía *Impacto de la Surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos* (INSMET, 2006), que ofrece insumos relevantes. Integrar estos referentes permitirá fortalecer el enfoque ecosistémico y climático en la gestión turística, avanzando hacia modelos resilientes y coherentes.

Referencia bibliográfica

- Butler, R. (2018). Challenges and opportunities. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 10(6), 635–641. <https://doi.org/10.1108/WHATT-07-2018-0042>
- Butler, R. (2025). Tourism destination development: The tourism area life cycle model. *Tourism Geographies*, 27(3–4), 599–607. <https://doi.org/10.1080/14616688.2024.2325932>
- CIMAC. (2022). *Proyecto Turismo Azul Resiliente en contexto de cambio climático. Destino Playa Santa Lucía*. Centro de Investigaciones de Medio Ambiente de Camagüey.
- CITMA. (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Editorial AMA. ISBN: 978-959-300-170-0
- CITMA. (2023). *Macroproyecto: Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana. Alerta sobre el ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100* (Versión 15).
- Consejo de Estado. (2015). *Decreto Ley 331/15 de Zonas Especiales y Decreto 333/015 Reglamento de las Zonas con Regulaciones Especiales*. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, No. 36.
- Consejo de Ministros. (2023). *Acuerdo 9584 que declara como Territorios de Preferente Uso Turístico los Cayos del Norte de Camagüey*. *Gaceta Oficial de Cuba*, GOC-2023-582-062.
- INSMET. (2006). *Impacto de la surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los cambios climáticos*. Instituto de Meteorología / CITMA.
- IPF. (2014). *Resumen ejecutivo Archipiélago Sabana–Camagüey: Estudio regional de la cayería norte de Cuba desde Villa Clara hasta Camagüey*. Instituto de Planificación Física.
- PGOTU. (2013). *Plan General de Ordenamiento Urbano del Polo Turístico Santa Lucía, Camagüey*. Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), Camagüey.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Compendio global de buenas prácticas sobre recuperación post desastre*. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/compendio-global-de-buenas-practicas-sobre-recuperacion-post-desastre>
- Remond-Noa, R., Torres-Reyes, A., Matos-Pupo, F., Echarri-Chávez, M., Bouta-Numbo, A., Crespo-García, L., & Gómez-Martín, M. B. (2024). The location of hotels and their exposure to hurricanes in Cuba: Implications for tourism development in the context of climate change. *Atmosphere*, 16(1), 24. <https://doi.org/10.3390/atmos16010024>
- Rey, O. (2019). *Cuba: Políticas públicas para el enfrentamiento al cambio climático*. Serie Entendiendo el Cambio Climático. Editorial AMA / CITMA. http://ccc.insmet.cu/cambioclimaticoencuba/sites/default/files/resultados/07%20POLITICAS%20PUBLICAS_0.pdf
- McLeod, M., Dodds, R., & Butler, R. (2021). Introduction to special issue on island tourism resilience. *Tourism Geographies*, 23(3), 361–370. <https://doi.org/10.1080/14616688.2021.1898672>
- Miguel, J., González, M., Rodríguez, B., Rodríguez, T., & Artze, S. (2011). *Análisis del ciclo de vida del destino Playa Santa Lucía: Propuestas para su dinamización*. Escuela de Hotelería y Turismo de FORMATUR, Camagüey.
- Zequeira Álvarez, M. E., Plasencia, J. M., González López del Castillo, R., Salas Fuentes, H., & Matos Sánchez, Y. (2020). Aproximación al beneficio económico ambiental perdido por el huracán "Irma" en la zona costera norte, provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/02/aproximacion-beneficio-economico.html>

Acerca de los autores:

Alexander Sierra Bouzas (Id orcid: 0009-0001-2952-0048), Licenciado en Turismo (2007), Máster en Gestión Turística (2021), acumula 32 años de experiencia laboral, 24 en el sector turístico. Ha sido Jefe de la Secretaría del Ministro de Turismo y Director de Desarrollo del MINTUR (2007-2023). Posee diplomados en Administración Pública, Turismo Accesible e Inclusivo, y Adaptación al Cambio Climático. Actualmente cursa el doctorado en Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente. Ha trabajado como especialista en el INIE/MEP, IGT y CEDEL/CITMA, destacándose en planificación territorial y en gestión ambiental.

La Dra. Bárbara Idalmis Garea Moreda (Id orcid: 0000-0002-3625-0138), es Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular y Consultante. Ha desempeñado funciones directivas en el CITMA y el InSTEC, y actualmente preside la Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo”. Es autora de 12 libros de texto y más de 60 artículos científicos. Ha dirigido más de 22 proyectos de investigación y participado en más de 150 eventos científicos. Su labor ha sido reconocida con premios de la Academia de Ciencias de Cuba y distinciones del Ministerio de Educación Superior, consolidando su liderazgo en el ámbito científico y académico nacional.