



Adaptación de la vivienda costera al cambio climático. Recomendaciones de diseño para Cuba

Adaptation of Coastal Housing to Climate Change. Design Recommendations for Cuba

Dayra Gelabert Abreu, Dania González Couret, Arleet Díaz San Juan,
Larisbel Navarro Michelena y Michelle Rodríguez Triana

RESUMEN: La elevación del nivel medio del mar y el incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos afectará total o parcialmente numerosos asentamientos costeros en Cuba durante los próximos 50 a 100 años. La investigación intentó proponer soluciones para la transformación de los asentamientos y las viviendas existentes, así como principios para los nuevos diseños con vistas a hacerlos más resilientes. Se estructuró en tres etapas que combinan métodos de la investigación teórica y empírica con otros de diseño. Como resultado, se caracterizan los asentamientos localizados en los tramos de fajas costeras de sustrato areno-limo-turboso parcialmente inundados, según su relación con el mar, la base económica, población, cultura, tradición, arquitectura y prácticas populares de adaptación, y se proponen principios de actuación para la relocalización de viviendas, la modificación del entorno, y recomendaciones para el diseño y la transformación de la arquitectura. Se concluye que las acciones a acometer y las soluciones a desarrollar deben ser específicas y diversas, intentando, en la medida de lo posible, mantener la población costera lo más cerca posible de su medio de vida natural.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, Cuba, vivienda y asentamientos costeros, adaptación, mitigación.

ABSTRACT: The elevation of the mean sea level and the increase in the frequency and intensity of extreme weather events will totally or partially affect numerous coastal settlements in Cuba during the next 50 to 100 years. The research tried to propose solutions for the transformation of existing settlements and houses, as well as principles for new designs with a view to making them more resilient. It was structured in three stages that combine theoretical and empirical research methods with others of design. As a result, the settlements located in the stretches of partially flooded sandy-silt-peaty substrate coastal strips are characterized, according to their relationship with the sea, the economic base, population, culture, tradition, architecture and popular adaptation practices, and principles of action are proposed for the relocation of houses, the modification of the environment, and recommendations for the design and transformation of architecture. It is concluded that the actions to be undertaken and the solutions to be developed must be specific and diverse, trying, as far as possible, to keep the coastal population as close as possible to their natural livelihood.

KEYWORDS: climate change, Cuba, housing and coastal settlements, adaptation, mitigation

RECIBIDO: 27 marzo 2023 ACEPTADO: 13 junio 2023

Introducción

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) ha ocasionado un incremento de la temperatura promedio global, la elevación del nivel del mar, variaciones en las precipitaciones, y mayor incidencia de acontecimientos climáticos extremos, entre otros cambios que afectan directamente los recursos hídricos, los ecosistemas, los asentamientos humanos, la seguridad alimentaria y la salud [1].

En el último siglo hubo un aumento de la temperatura promedio de aproximadamente un grado centígrado [2]. El nivel del mar aumentó 0,19 metros (0,17 a 0,21 metros) en el periodo de 1901-2010 [3; 4], estimándose una elevación de entre 24 y 30 cm hacia mediados del siglo XXI, debido a la expansión oceánica producida por el deshielo como consecuencia del calentamiento [1].

Los habitantes de islas bajas y ciudades cercanas a las costas sufrirán inundaciones y otros fenómenos climáticos; un tercio de la población que vive en zonas áridas experimentará perturbaciones asociadas al Cambio Climático (CC), y es de esperar, además, que se modifiquen los patrones meteorológicos, y en particular, exista un incremento de los eventos extremos, que suponen un riesgo adicional [5].

América Latina y el Caribe es una de las zonas más urbanizadas del planeta, con más del 50% de su población ubicada a menos de 1,5 kilómetros de la línea costera. Estudios revelan que solo un metro de elevación del nivel del mar es suficiente para inundar las zonas circundantes del 80% de los puertos de la Comunidad del Caribe CARICOM, y afectar entre el 49 y 60% de las mayores propiedades turísticas en la región, lo que, a su vez, reduciría las fuentes de agua dulce por la salinización y pondría en riesgo la disponibilidad de agua para consumo humano y para actividades como la agricultura y el turismo [6].

La incidencia reiterada de fenómenos meteorológicos extremos ha tenido un impacto negativo en la región del Caribe. A pesar de que su contribución a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero ha sido mínima, los pequeños estados insulares en desarrollo del Caribe y de otras regiones del mundo sufren desproporcionadamente grandes repercusiones del CC [7]. Los eventos asociados al aumento del nivel del mar representan una amenaza potencial para la infraestructura marino-costera: inundación permanente de áreas bajas, incremento de las áreas inundadas como efecto de tormentas o la ocurrencia de otros fenómenos hidrometeorológicos, y cambios en la línea costera asociados a procesos de erosión y sedimentación [8].

En la actualidad numerosos asentamientos costeros en Cuba se encuentran en peligro de desaparición por estas causas. Asimismo, la recurrencia de huracanes obliga a la evacuación frecuente de su población. Entre las posibles soluciones, especialistas y decisores han planteado la necesidad de su traslado hacia lugares más altos, lo cual no es generalmente aceptado por la población residente, habituada a vivir en contacto directo con el mar, que constituye parte importante de su identidad. En general, se trata de viviendas precarias con un alto grado de deterioro cuya resiliencia y adaptabilidad pudiera incrementarse utilizando recursos materiales y tecnologías que optimicen el costo inicial y de ciclo de vida, a la vez que su ubicación se mantenga en lo posible lo más cercana al mar.

El objetivo del presente artículo es proponer recomendaciones generales para el diseño apropiado y posible transformación de las viviendas en asentamientos costeros de Cuba con vistas a aumentar su resiliencia, luego

- [1] Siclari PG. Amenazas de cambio climático, métricas de mitigación y adaptación en ciudades de América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/185). Santiago (Chile): Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2021. [Consultado: 15 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/46575>
- [2] Herrán C. El Cambio Climático y sus consecuencias para América Latina. México: Fundación Friedrich Ebert, FES; 2012. [Consultado: 04 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09164.pdf>
- [3] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. https://www.unirioja.es/servicios/os/pdf/guia_sintesis_resumida_IPCC.pdf
- [4] Sánchez L, Reyes O. Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL; 2015.
- [5] Ríos D, Ceppi C, Menéndez K, Molero JJ. Cambio climático, fenómenos meteorológicos extremos y análisis de riesgos. Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. [Internet]. 2013 [Consultado: 15 de octubre de 2021]; 106(1-2): [147-156 pp.]. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/01106.pdf>
- [6] Islas M. El Caribe frente al cambio climático: Hacia una nueva geografía. En: Laguardia J (coord.). Cambio Climático y sus impactos en el Gran Caribe. Buenos Aires: CLACSO; 2020. p. 197-211. [Consultado: 04 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20200928053822/Cambio-climatico-impactos.pdf>
- [7] OPS. Plan de acción del Caribe sobre la salud y el cambio climático. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud; 2020. [Consultado: 06 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51827/PAHOCDE000120_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] Iturralde MA, Serrano H. Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta 2100. La Habana: Academia; 2015.

de diagnosticar sus problemas y potencialidades sobre la base del estado del arte sobre la temática y las mejores prácticas internacionales [9].

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en tres etapas. En la primera se elaboró el marco teórico a partir de la búsqueda de información a escala nacional e internacional para caracterizar el estado del arte en relación con el cambio climático, la resiliencia de las zonas costeras y el ciclo de vida de las edificaciones, e identificar las mejores prácticas del repertorio a escala global. En esta etapa predominaron los métodos de la investigación teórica, a partir de la revisión documental, el procesamiento de la información recopilada, mediante análisis comparativos, cualitativos y cuantitativos, y la discusión teórica de los resultados.

En la segunda etapa, de diagnóstico, se procedió a caracterizar de manera general y específica los 142 asentamientos humanos costeros afectables de forma permanente en Cuba al año 2050 y al año 2100 por la subida del nivel medio del mar (N.M.M.).

Para ello, la información bibliográfica recopilada se complementó con la aplicación de métodos de la investigación empírica, como la observación de la realidad a través de fotos satelitales, videos e información disponible en Internet, ya que las limitaciones impuestas por la pandemia de Covid-19 impidieron la observación directa mediante trabajo de campo en el terreno. Sobre esa base se caracterizaron de manera general las zonas costeras, los asentamientos y las viviendas, teniendo en cuenta el pronóstico elaborado por el Instituto de Planificación Física (IPF) sobre las afectaciones esperadas para diversos escenarios [10] (Figura 1).

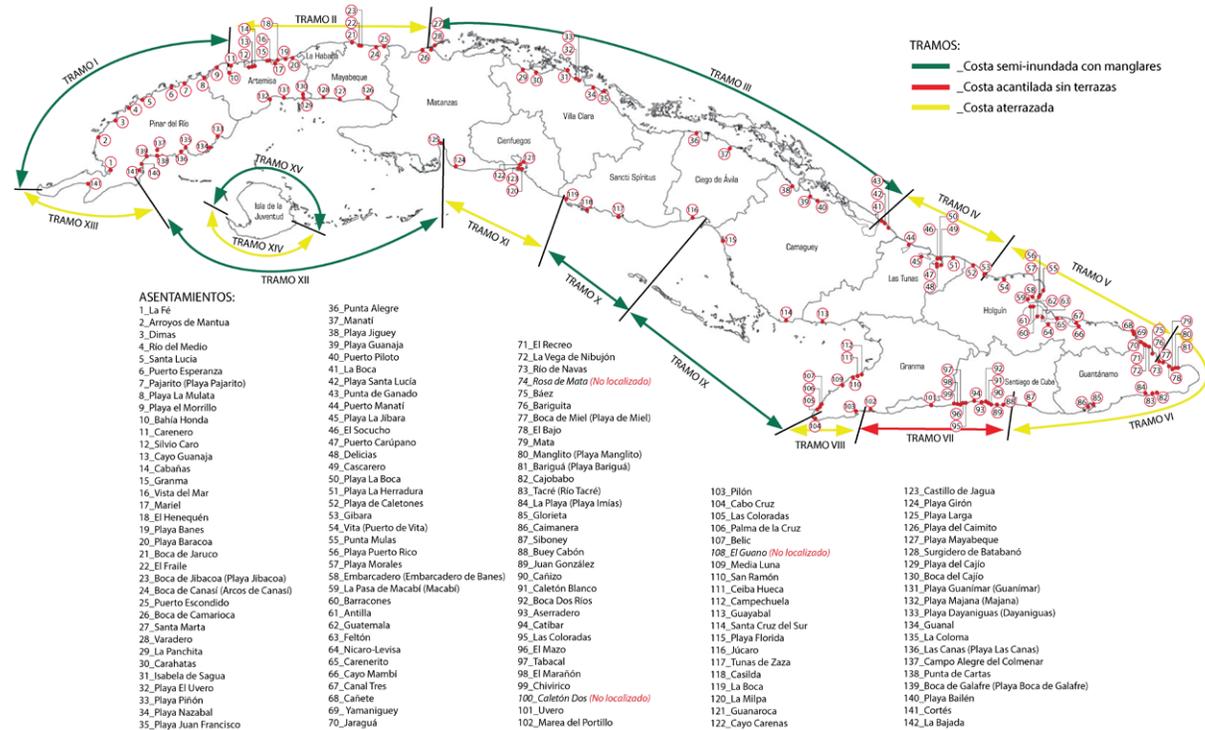


Figura 1. Plano de 142 asentamientos humanos afectables de forma permanente en Cuba al año 2050 y 2100 por la subida del N.M.M. Se excluyen asentamientos de La Habana, Isla de la Juventud y los asentamientos con categoría "Ciudad" del resto de las provincias. Elaboración: Autoras, según datos del IPF [10].

[9] Díaz A, Navarro L, Rodríguez M. Soluciones de diseño para vivienda en zonas costeras [tesis]. La Habana: Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Facultad de Arquitectura; 2022.

[10] IPF. Profundización de las vulnerabilidades al Cambio Climático en asentamientos humanos costeros y otras áreas a los años 2050 y 2100 y la búsqueda de soluciones de adaptación (PROYECTO 8). La Habana: Instituto de Planificación Física, 2020.

De este universo se seleccionó como objeto de estudio una muestra intencionada de los asentamientos donde se prevé la ocurrencia de inundación parcial para 2050, localizados en los tramos de fajas costeras de sustrato areno-limo-turboso parcialmente inundados. Fue esta la zona costera seleccionada, ya que, debido a su geomorfología, es la de mayores probabilidades de inundaciones ocasionadas por diversas causas en los asentamientos en ella localizados. A esta muestra se le realizó una observación más detallada para identificar y caracterizar otras variables objeto de estudio como, las bases económicas, las formas de vida, la dependencia del mar, los tipos urbanos y arquitectónicos, los materiales empleados y los recursos disponibles. (Figura 2). Toda la información recopilada sobre los asentamientos objeto de estudio quedó reflejada en fichas que sirvieron de base para completar el diagnóstico y fundamentar las estrategias y acciones a acometer en cada caso.

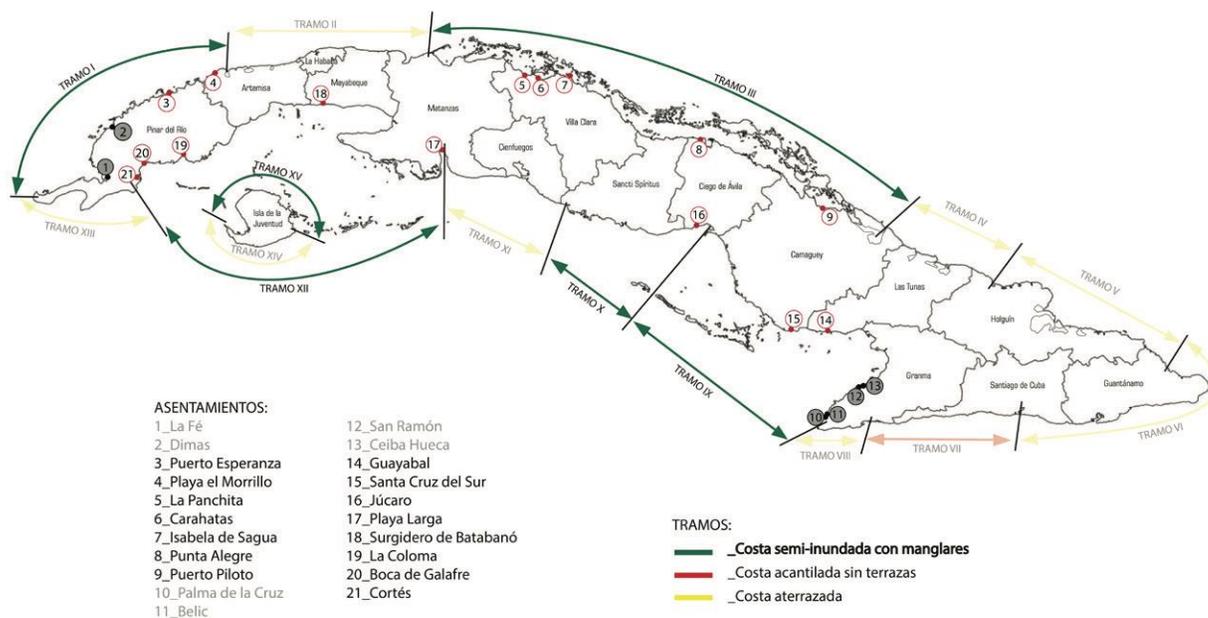


Figura 2. Plano de 21 asentamientos que componen la muestra objeto de estudio: asentamientos costeros localizados en tramos con costas SEMI-INUNDADAS CON MANGLARES. Fuente: Elaborado por las autoras, según datos del IPF [10].

Teniendo en cuenta el marco teórico elaborado, el estado del arte, la valoración del repertorio, y el diagnóstico de los asentamientos objeto de estudio en Cuba, en la tercera etapa, o fase propositiva, se elaboró una propuesta de principios de actuación y de diseño en la que se definieron las principales acciones a acometer en cada una de las situaciones identificadas, a escala urbana y arquitectónica. En esta etapa predominaron los métodos de planeamiento y diseño. Se partió de las mejores prácticas identificadas en el repertorio internacional y en las acciones de adaptación desarrolladas por la población en los asentamientos objeto de estudio. Estas fueron evaluadas según las bases conceptuales elaboradas, con vistas a proponer su posible adecuación a las condiciones cubanas, o cómo mejorar su impacto según las particularidades de los asentamientos objeto de estudio.

Resultados y discusión

Escenarios para Cuba

Desde 2012, Planos *et al* [11] reconocían un incremento de las inundaciones moderadas y fuertes en las costas cubanas durante las últimas décadas. Según esta fuente, aunque el incremento del nivel del mar previsto asociado al cambio climático no influyera de forma notable en la sobreelevación, su impacto pudiera conducir al incremento de la entrada del mar en tierra para las costas bajas, que son las que han sido objeto de estudio en la presente investigación, y al acercamiento de la línea de rompiente del oleaje. Por tanto, las inundaciones que hasta entonces habían sido consideradas como de moderado alcance, pudieran pasar a ser intensas. Sobre esa base, se proponían desde entonces, acciones de “retroceso”, abandonando áreas vulnerables para no construir más en ellas; de “acomodamiento”, al conservar los ecosistemas con concepciones constructivas y de infraestructura adaptables a las inundaciones temporales en zonas bajas, y de “protección”, mediante la regeneración de manglares y playas con soluciones blandas, acciones educativas y sistemas de monitoreo, entre otros.

Los principios de diseño y las propuestas de transformación para la adaptación elaboradas en la presente investigación constituyen una continuación particular y más precisa, de algunas de aquellas propuestas. Sin embargo, en la Segunda Comunicación Nacional de Cuba en 2015 [12], se ofrecieron opciones de mitigación para el sector residencial, más dirigidas específicamente hacia la eficiencia de los equipos electrodomésticos, y también a la generación eléctrica y los sectores del transporte, industrial, agropecuario, forestal y de los desechos.

Según la Tarea Vida [2017] [13] la superficie terrestre que quedaría sumergida de forma permanente para el 2050 abarcaría un área estimada de 2 691,47 km² (2,4%) y crece en 2100 hasta 6 371,05 km² (5,8%), ligeramente superior a la prevista por Planos en 2012 (2,32% y 5,45% respectivamente) [11], con un ascenso del nivel medio del mar estimado de 0,27m y 0,85m a 2050 y 2100. Además, se ha previsto una disminución de la producción agrícola y crianza de animales.

En la Tercera Comunicación Nacional, 2020 [14] se actualizaron las proyecciones del aumento del nivel del mar realizadas en la primera década del presente siglo, con valores de 29,3 y 95,0 cm para los años 2050 y 2100, respectivamente. Entre las proyecciones planteadas en ese último documento, se encuentran el intento de reducir la vulnerabilidad en 15 zonas priorizadas del país. Aparece la necesidad de medidas de adaptación en el ordenamiento territorial y urbano, además de la alimentación, la energía, la pesca, la producción agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques. Se llega, incluso, a hablar de proyectos de viviendas de mayor confort, con iluminación y ventilación sin depender de la climatización artificial, y cosecha de agua entre otras recomendaciones. También se mencionan regulaciones y prohibiciones urbanas para asentamientos expuestos al ascenso del nivel medio del mar; acomodo y relocalización de viviendas de asentamientos costeros afectables, y cambio de funciones de espacios sometidos a eventos de inundación por espacios públicos con edificaciones ligeras, todo lo cual está incorporado en las propuestas desarrolladas en la presente investigación.

[11] Planos E, Guevara AV, Rivero R, Pérez, R, Centella A, Fernández A, et al. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba [Internet]. 2015 [Consultado: 15 de octubre de 2021]; 5(3): 9 p. Disponible en: <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/247>

[12] CITMA. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; 2015. [Consultado: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/02Comunicaci%C3%B3n%20ONUCambio%20Climatico_Cuba.pdf

[13] CITMA. Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba. LA Habana. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; 2017.

[14] CITMA. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente; 2020. [Consultado: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>

Buenas prácticas internacionales

Con vistas a identificar principios de resiliencia aplicados en entornos costeros se seleccionó una muestra de once ejemplos considerados como buenas prácticas a escala internacional, incluyendo, tanto proyectos ejecutados, como propuestas teóricas resultantes de concursos e investigaciones. Seis de ellos se localizan en América Latina y los cinco restantes, en Europa y América del Norte. Aunque la mayoría constituyen nuevas realizaciones, también se incluyen casos de transformación de viviendas existentes para adaptarse al cambio climático y minimizar sus impactos.

De modo general se constató el uso de materiales propios del clima y la geografía de cada lugar, o provenientes de desechos urbanos, contribuyendo a su re-uso o reciclaje (botellas de PET, neumáticos, entre otros, para los sistemas de flotación). También se evidencia el necesario trabajo con la población para comprender sus necesidades, y promover el arraigo y el entendimiento de la ineludible adaptación.

Las principales tendencias identificadas en el diseño arquitectónico se clasificaron en: viviendas palafíticas; flotantes; de cierres transformables, protectores del calor y permeabilidad variable; con empleo de ecotécnicas, y espacios transformables según la estación del año.

Viviendas palafíticas (sobre pilotes): Las viviendas palafíticas han sido la respuesta ancestral al fenómeno de las inundaciones, fundamentalmente en pueblos pesqueros. Emplean una estructura compuesta por pilotes hincados al suelo que permiten elevarlas sobre el nivel de algún cuerpo de agua o un terreno pantanoso. Su estructura brinda una mayor resiliencia y protege al núcleo vital de la vivienda sobre una cota segura, que deja la planta baja libre e inundable, con lo cual se reduce la vulnerabilidad y se favorece la adaptación.

Viviendas flotantes: Aplican los conceptos de flotabilidad de un barco. Pueden localizarse sobre el agua, amarradas a un muelle y con capacidad de desplazarse de un sitio a otro al igual que una embarcación, o bien ancladas en el terreno, de manera que se eviten los desplazamientos y los movimientos de la marea, brindando la posibilidad de que la vivienda pueda situarse sobre tierra firme o flotar en el momento de la inundación. Esta tipología es conocida como vivienda "anfibia" y consiste en asentar la casa sobre grandes y resistentes pilares para que, en la medida que el nivel de agua suba, la edificación también se eleve, deslizándose por los pilares y flotando en la superficie del agua. Una vez que retrocede el agua, las viviendas descienden a su posición original [15].

Cierres transformables: En estos casos se conciben grandes aberturas para garantizar la iluminación y ventilación naturales, susceptibles de ser transformadas según las necesidades, para proteger la vivienda y hacerla más segura ante algún fenómeno natural temporal. Las fachadas adaptables permiten lograr una total hermeticidad cuando sea necesario.

Cierres protectores del calor y permeabilidad variable: El calentamiento global es otro de los efectos negativos del cambio climático, por lo que se reitera el empleo de estrategias bioclimáticas activas y pasivas que garanticen un mayor confort higrotérmico en los espacios interiores y contribuyan a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Ecotécnicas para mitigar el cambio climático: En estos casos, se adiciona el aprovechamiento de fuentes renovables de energía, como estrategias de protección ambiental y por tanto, de mitigación de los efectos del cambio climático.

[15] Concepción L. Sistematización de Prácticas de Adaptación al Cambio Climático del Hábitat Popular en Caso de Estudio Cubano [tesis]. Santa Clara: Universidad Central de las Villas Marta Abreu de las Villas, Facultad de Construcciones; 2017.

Espacios transformables según la estación del año:

La flexibilidad espacial y la posibilidad de ampliación o reducción en las viviendas, son estrategias de diseño que favorecen su transformación según las necesidades de los habitantes. La transformación de las viviendas también favorece su adaptación al cambio climático.

Asentamientos costeros en Cuba

Se estima en 262 la cifra de asentamientos costeros en Cuba, de los cuales, 181 serán afectados por la elevación del N.M.M. En una investigación precedente [9] se caracterizaron de manera general, las zonas costeras, los asentamientos y las viviendas ubicadas en estos. A partir del pronóstico elaborado por el Instituto de Planificación Física (IPF) [10] sobre las afectaciones esperadas para diversos escenarios, se tomaron como objeto de estudio 21 asentamientos que cumplieran con los siguientes elementos: a) poseer la clasificación de poblados o urbanos, b) con inundación parcial prevista para 2050 (con afectación parcial sobre el área de uso residencial menor al 75% y mayor al 1%), c) ubicados en costa semi-inundada con manglares y d) con una mayor vinculación con el mar, lo cual se refleja en su arquitectura, costumbres y forma de vida.

Diagnóstico de la muestra objeto de estudio

Mediante la revisión de imágenes satelitales de los asentamientos costeros y sus áreas residenciales, se clasificaron en seis tipos según su morfología urbana: perpendicular a la costa; longitudinal a la costa; longitudinal a la costa con extensión hacia el interior; en forma de península; longitudinal a la costa con ramificaciones hacia el interior; alejados de la costa con acceso a ella; siendo la más común en la muestra la disposición longitudinal a la línea de costa, y el menos recurrente el tipo península. (Figura 3)

Por lo general, están conformados por viviendas aisladas, con mucha dispersión y descontrol del crecimiento urbano, como resultado de la informalidad generada por la población que emigra hacia estos asentamientos buscando el mar como sustento económico.

Según las fuentes consultadas y la información sobre los ingresos económicos de la población residente, se percibe una marcada influencia del mar en su sustento, ya sea directamente a través de la pesca, o indirectamente, por el turismo que atrae, como resultado de lo cual, el alquiler y la inclusión de servicios gastronómicos asociados a la vivienda son actividades con mucha recurrencia.

Según la dependencia económica del mar, en el presente trabajo los asentamientos estudiados se han clasificado en cuatro grupos: aquellos cuya fuente de ingreso no depende del mar; los que tienen dependencia no exclusiva, ya sea por la playa o la pesca; y los que toda su actividad económica se relaciona con él.

Tipos de Morfología Urbana

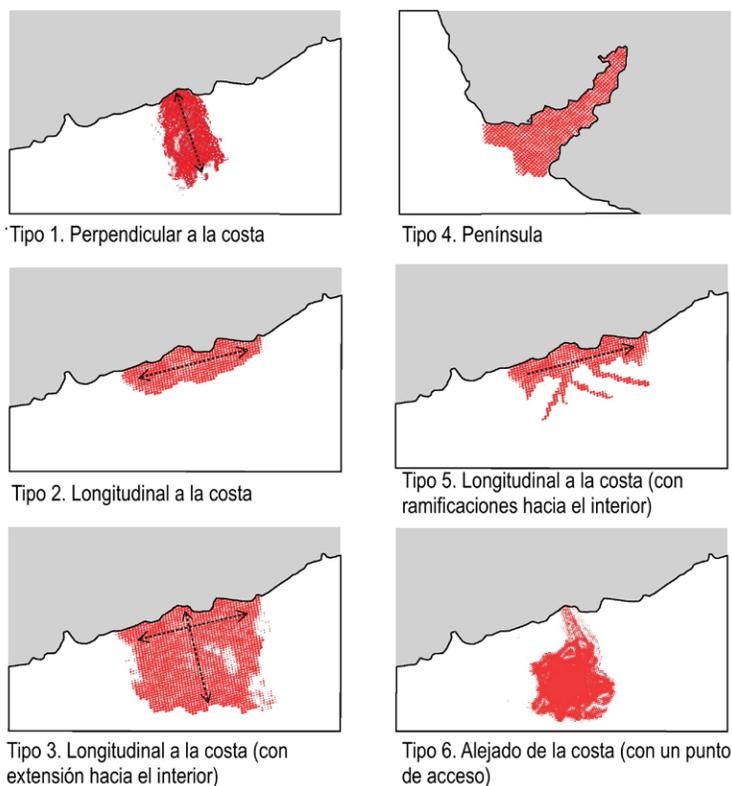
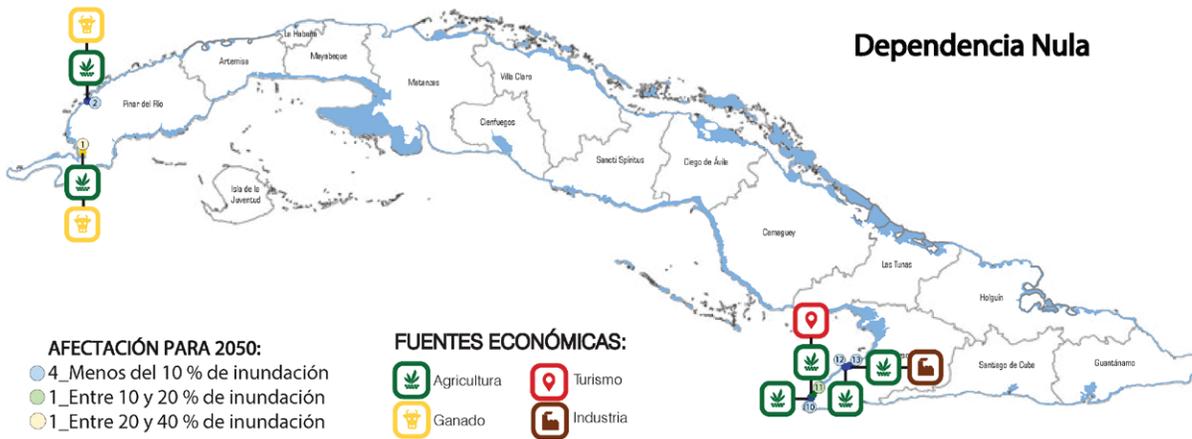


Figura 3. Esquemas de los tipos de morfologías urbanas que se aprecian en los 21 asentamientos humanos costeros localizados en tramos con costas semi-inundadas con manglares. Fuente: Elaborado por las autoras.

En aquellos de dependencia nula existen otras fuentes de ingreso bien definidas, en las que se muestra una población dedicada a actividades básicas, entre las que destacan la agricultura, que suele ser una importante fuente de empleo, así como la silvicultura, la ganadería y el desarrollo industrial. (Figura 4)

Los asentamientos de playa que presentan una dependencia media del mar, en general poseen mejores condiciones económicas, sobre todo cuando reciben turistas de la provincia, lo cual genera viviendas de alquiler y veraneo. Todos ellos desarrollan, además, la pesca y la agricultura, u otras actividades económicas como ganadería, avicultura y desarrollo industrial. (Figura 5) Cuando la dependencia media del mar no responde a la playa, sino a la pesca, también se desarrollan actividades como la agricultura, la ganadería y la industria. (Figura 6)



- _De los asentamientos con dependencia nula el único que tiene una afectación un poco mayor es La Fé, con 35.31%
- _Para 2100 la afectación de La Fé se eleva considerablemente (casi entra en el grupo de afectación total)
- _En el caso de Palma de la Cruz y Ceiba Hueca, del año 2050 al año 2100 pasan de un grupo de afectación a otro

DEPENDENCIA NULA				
Nombre de los Asentamientos	Actividades económicas	Afect. para 2050 (%)	Viviendas Máximas Afectadas 2050	Afect. para 2100 (%)
1-La Fé	Agricultura / Ganado	35.31	70	71.66
2-Dimas	Agricultura / Ganado	1.17	32	7.45
10-Palma de la Cruz	Agricultura	1.82	6	1.83
11-Belic	Agricultura / Turismo (municipal)—sin playa	12.98	68	21.37
12-San Ramón	Agricultura	4.2	82	4.2
13-Ceiba Hueca	Agricultura / Industria	4.58	62	10.88

Figura 4. Análisis de las principales fuentes económicas, dependencia (económica) del mar (nula), porcentaje de afectación para 2050 y 2100 y máxima cantidad de viviendas afectadas para 2050. Elaboración: Autoras, según datos del IPF, 2020. [10]



DEPENDENCIA MEDIA (con playa)				
Nombre de los Asentamientos	Actividades económicas	Afect. para 2050 (%)	Viviendas Máximas Afectadas 2050	Afect. para 2100 (%)
3-Puerto Esperanza	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura	1.73	70	10.29
4-Playa El Morrillo	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura	12.13	63	32.02
5-La Panchita	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura / Ganado	28.15	107	45.84
8-Punta Alegre	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura	44.3	176	55.86
14-Guayabal	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura / Industria	49.55	445	56.72
15-Santa Cruz del Sur	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura / Industria	6.11	503	6.48
20-Boca de Galafre	Turismo (provincial) / Pesca / Agricultura	31.73	161	46.17

Figura 5. Análisis de las principales fuentes económicas, dependencia (económica) del mar (media, por playa), porcentaje de afectación para 2050 y 2100 y máxima cantidad de viviendas afectadas para 2050. Elaboración: Autoras, según datos del IPF, 2020. [10]



DEPENDENCIA MEDIA (solo con pesca)				
Nombre de los Asentamientos	Actividades económicas	Afect. para 2050 (%)	Viviendas Máximas Afectadas 2050	Afect. para 2100 (%)
6-Carahatas	Pesca / Agricultura / Ganado	69.49	177	96.58
18-Surgidero de Batabanó	Pesca / Agricultura / Ganado / Industria	14.41	369	89.53
19-La Coloma	Pesca / Agricultura / Industria	45.79	947	70.13
21-Cortés	Pesca / Agricultura / Industria	1.01	11	5.25

Figura 6. Análisis de las principales fuentes económicas, dependencia (económica) del mar (media, por pesca), porcentaje de afectación para 2050 y 2100 y máxima cantidad de viviendas afectadas para 2050. Elaboración: Autoras, según datos del IPF, 2020. [10]

Los asentamientos con alta dependencia del mar presentan la mejor situación económica como consecuencia de los ingresos provenientes del turismo. Todos desarrollan, además, la pesca como una de sus actividades principales. Contradictoriamente, en el pronóstico ofrecido por el IPF (2020) [10] se evidencia que los que poseen asentamientos costeros con menor dependencia económica del mar serán los menos afectados por el aumento de su nivel, por lo que no sería necesario trasladar las viviendas existentes. (Figura 7)

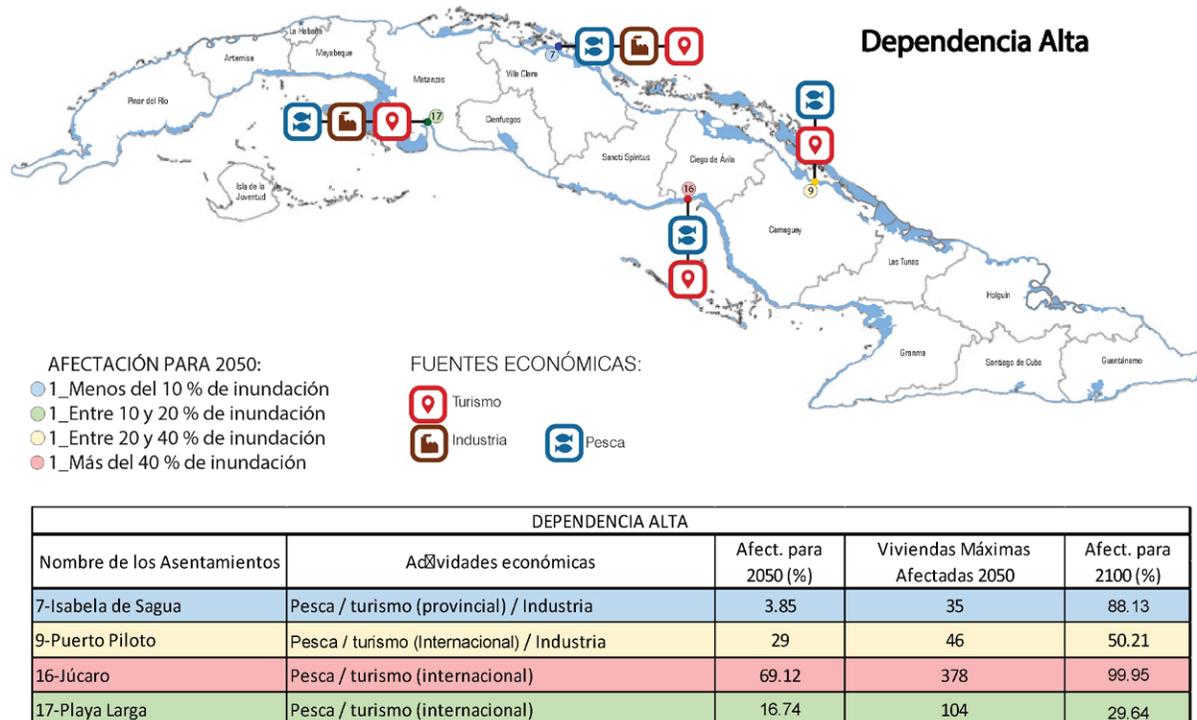


Figura 7. Análisis de las principales fuentes económicas, dependencia (económica) del mar (alta), porcentaje de afectación para 2050 y 2100 y máxima cantidad de viviendas afectadas para 2050. Elaboración: Autoras, según datos del IPF, 2020. [10]

Las viviendas

Se pudo constatar la diversidad de las viviendas en cuanto a la forma y los materiales de construcción empleados de acuerdo con el contexto, las posibilidades económicas, los recursos disponibles y la tradición constructiva heredada. De modo general, predominan las viviendas aisladas unifamiliares de bajo estándar, de uno y dos niveles, localizadas generalmente cercanas al borde costero. (Figuras 8 y 9)



Figura 8. Vivienda en Isabela de Sagua, Villa Clara. Fuente: Tomado de Internet.

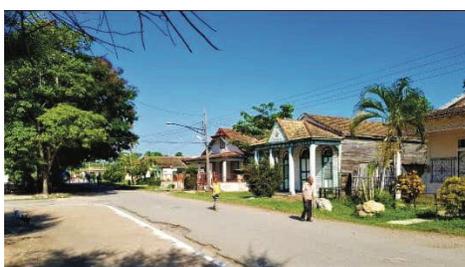


Figura 9. Viviendas en Santa Cruz del Sur. Fuente: Tomado de Internet.

Se aprecia una mezcla que incluye modelos tradicionales y viviendas contemporáneas, estatales o autoconstruidas. La tradición vernácula se ha ido perdiendo, los materiales naturales se han ido sustituyendo por otros más resistentes y duraderos, con lo cual también ha cambiado la forma de las viviendas.

A partir de la observación se identificaron cinco tipos volumétricos básicos según la forma de la cubierta, con variantes en función de la presencia de otros elementos como cobertizo y diversos tipos de portal o galería: A. Dos aguas, perpendicular al frente, B. Dos aguas, paralela al frente, C. Cuatro aguas, D. Cuatro aguas, pareada o en hilera, E. Horizontal o a un agua. La tipología que más abunda en los 21 asentamientos seleccionados, es el tipo A, y el menos común es el D. (Figura 10)

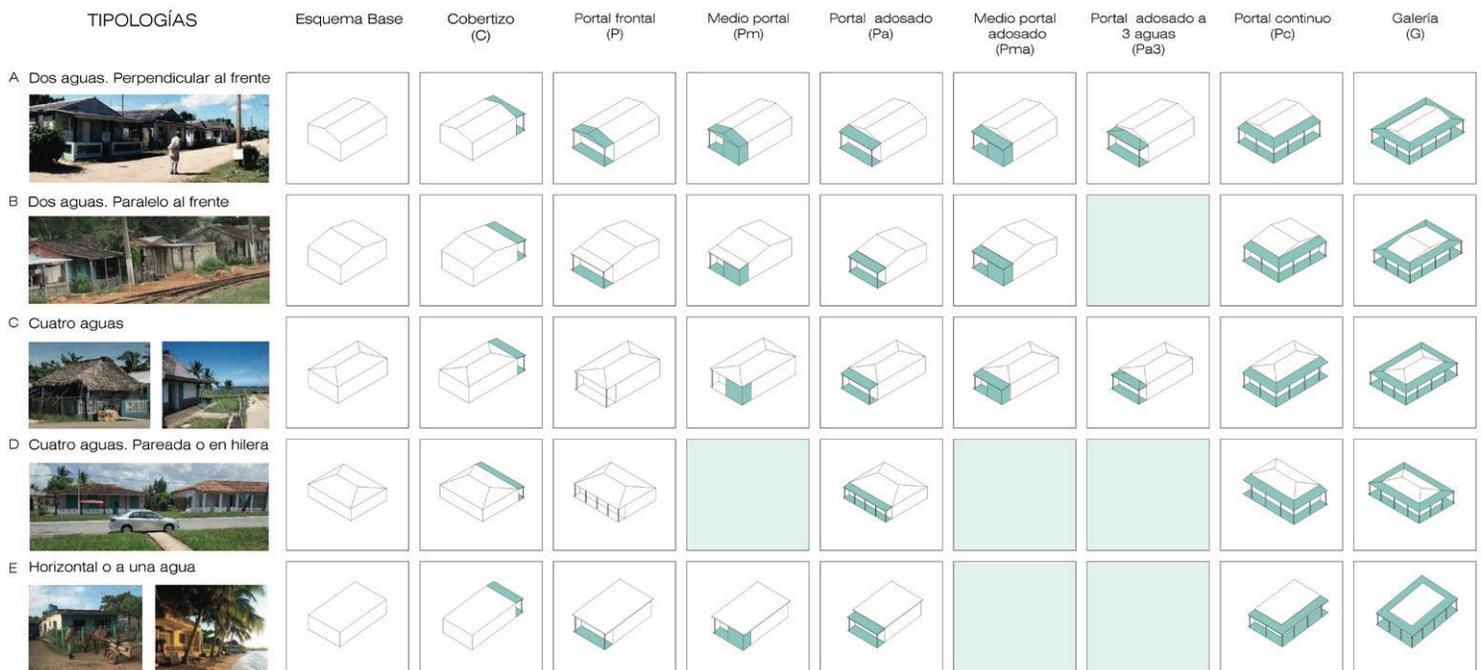


Figura 10. Cuadro resumen de las diferentes tipologías arquitectónicas existentes en los asentamientos costeros. Elaboración: Autoras.

En relación con los materiales empleados para la construcción de las viviendas, de manera general se identifican dos tipos de muros exteriores: de madera o de albañilería (ladrillos cerámicos o bloques de mortero). Sin embargo, las cubiertas presentan mayor diversidad, según la región geográfica. En todos los casos se emplean cubiertas de guano, tejas metálicas, de asbesto cemento o cerámicas y losas de hormigón, pero mientras que en occidente predomina este último, en oriente abunda más la teja metálica.

Soluciones populares para reducir la vulnerabilidad

En aras de protegerse de los efectos del CC y los frecuentes eventos meteorológicos extremos, la población que habita en estos asentamientos ha ido desarrollando diversas acciones espontáneas de adaptación y resiliencia frente a los fenómenos hidrometeorológicos. Esa experiencia acumulada asimila también las tradiciones constructivas locales mediante el uso de recursos autóctonos, que han demostrado un significativo grado de efectividad [15].

Entre las mejores prácticas identificadas se encuentra el uso de barreras naturales y artificiales ante la penetración del mar. Las naturales consisten en cercas rústicas de madera en la primera línea de costa y barreras de mangles que pueden resultar efectivas para mitigar variaciones moderadas [16] del nivel del mar, mientras que las artificiales se logran mediante muros de materiales pétreos (hormigón y albañilería), que funcionan como rompeolas, reduciendo el embate promedio del mar. Estas barreras pueden resultar más efectivas que las naturales, aunque tienen un mayor impacto ecológico [17].

También es común el cambio o sustitución de materiales por otros más resistentes en la sección inferior de los muros exteriores, que generalmente es la más afectada por la humedad, o el reforzamiento estructural de una sección de la vivienda que es usada como refugio en caso de eventos extremos. En ocasiones se crean pequeños núcleos rígidos provisionales para resistir el evento. La sustitución de materiales por otros más durables también se aplica a las cubiertas, acciones que, por lo general, se realizan luego del paso de un evento hidrometeorológico extremo. [17]

Otra práctica habitual consiste en la protección del mobiliario y otras pertenencias en el interior de la vivienda, colocándolos a una altura no alcanzable por el nivel del mar [15]. Por último, también es posible reubicar la vivienda dentro del asentamiento, mediante la construcción o compra de una nueva más resistente al medio y a eventos extremos, en terrenos más seguros. A esto se suman las iniciativas estatales de reconstrucción de las viviendas afectadas por eventos extremos [17].

Recomendaciones. Principios de actuación y de diseño

Para los 21 asentamientos seleccionados en las franjas de costa semi-inundada con manglares, que estarán parcialmente inundados en 2050 [10], se proponen principios de actuación según la clasificación adoptada. (Figura 11) Para ello se tuvo en cuenta la subida esperada del N.M.M.y la cantidad (mínima y máxima) de viviendas que estarían afectadas en 2050,

- [16] Cabrera R. Estudio de caso del asentamiento Carahatas para la adaptación del hábitat costero al cambio climático en el Proyecto ADAPTO [tesis]. Santa Clara: Universidad Central de las Villas Marta Abreu de las Villas, Facultad de Construcciones; 2019.
- [17] Acosta HD. Propuesta de soluciones adaptativas para el hábitat aplicable al impacto del cambio climático en Cuba [tesis]. Santa Clara: Universidad Central de las Villas Marta Abreu de las Villas, Facultad de Construcciones; 2018. [Consultado: 15 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/qvl85gdy-propuesta-soluciones-adaptativas-habitat-aplicable-impacto-cambio-climatico.html>
- [18] Rodríguez Fernández EL (Coord.), García S, Más V, Morcate F, Recondo R., Rodríguez W, Soto M, Zardoya MV La Arquitectura del Movimiento Moderno. Selección de Obras del Registro Nacional. La Habana: Unión, 2011.

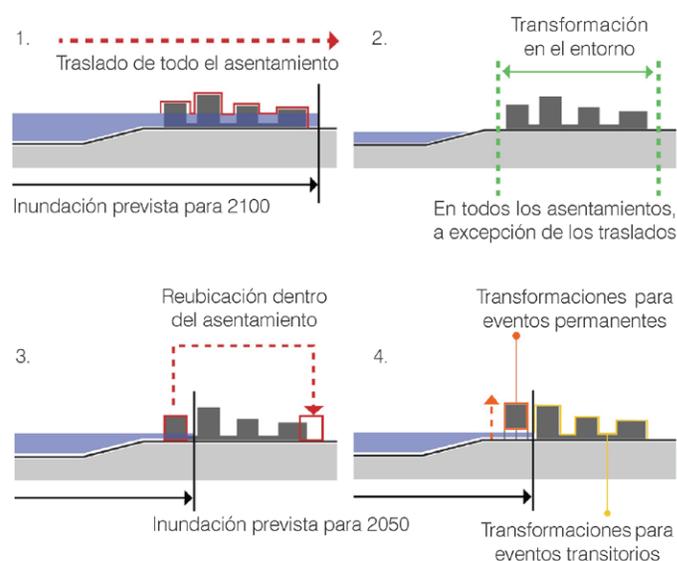


Figura 11. Principios de actuación que se llevarán a cabo en los asentamientos. Elaboración: Autoras.

así como la situación esperada para 2100, según los pronósticos [10], y el estado técnico constructivo de las viviendas existentes.

Los asentamientos que tendrán una afectación casi total para 2100 (más del 85% del área del asentamiento quedará inundada) deberán ser totalmente trasladados hacia un lugar lo más cercano posible al asentamiento de origen, pero sin riesgo de inundación permanente. A mediano plazo podrá transformarse el entorno urbano y reubicar algunas viviendas, mientras que a corto plazo deberá transformarse el entorno inmediato de las viviendas en riesgo de inundación. Podrían reubicarse en el mismo asentamiento aquellas viviendas localizadas bajo la cota de inundación para 2050 que presentan un mal estado técnico constructivo, las que están cerca del fin de su ciclo de vida, y aquellas cuyo rescate y transformación no sea rentable.

Los asentamientos que no serán trasladados deberán transformarse para eventos transitorios o permanentes, según la ubicación de las viviendas con respecto a la cota de inundación prevista para 2050. Las que se encuentren por debajo de ese nivel, posean una buena resistencia y se encuentren al inicio de su ciclo de vida, deberán ser transformadas para adecuarse a la elevación del nivel del mar como evento permanente. Las ubicadas por encima de esa cota solo se verán afectadas por eventos extremos de corta duración por lo cual debe preverse su posible transformación transitoria en esos momentos.

Como parte de los resultados, se proponen principios generales de diseño a aplicar tanto en las transformaciones del entorno y las viviendas, como en las nuevas inserciones que se realicen, teniendo en cuenta las necesidades sociales, los efectos del cambio climático y la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos.

Transformaciones en el entorno

Accesibilidad: Adaptar y reforzar el sistema de infraestructuras urbanas a través de puentes, pasarelas y caminos elevados, que se comuniquen con el acceso principal de la vivienda.

Barreras de protección: Conservar o restaurar los ecosistemas de barrera natural como los manglares ante fenómenos climáticos, adaptables en el largo plazo para reducir el impacto de las olas sobre la línea de costa y la velocidad y fuerza del viento. Plantar arbustivas en la primera línea de costa para ralentizar la velocidad del agua, dirigir su recorrido y controlar la erosión costera (jardín pluvial). También es posible construir diques rompe olas con elementos naturales como estacas de madera. Crear barreras temporales en zonas con poco espacio disponible u otras donde la instalación de una barrera permanente pueda entorpecer el uso (sacos o elementos rellenos de agua o arena, diques hinchables, barreras modulares y compuertas estancas mecanizadas). Asimismo, para contener la inundación pueden crearse barreras de tierra, taludes, diques, pendientes o terraplenes integrados en el paisaje.

Diseño de las viviendas

Interpretación contemporánea de la tradición vernácula costera que consiste en el uso de los materiales tradicionalmente empleados, que constituyen recursos disponibles en el asentamiento, mediante sistemas constructivos adaptados al entorno y adecuados al clima, usando formas básicas para construir lugares habitables y confortables, como techos inclinados, portales, terrazas, viviendas elevadas y uso de áticos.

Incorporación de las buenas prácticas del Movimiento Moderno cubano, que asimiló creativamente y con gran sabiduría la tradición espacial (sencillez de la expresión formal; integración al paisaje circunstante; fluidez espacial, grandes aberturas, y adecuación al clima) [18]. Esto pudiera entrar en contradicción con la protección requerida ante eventos extremos, por lo que la arquitectura tendría que transformarse para adaptarse al cambio de las condiciones ambientales, a través de cierres móviles o desmontables, o adicionando otros elementos que protejan temporalmente las zonas vulnerables.

Identidad: Los diseños deben partir de las tradiciones y formas de vida de la población, con una fuerte influencia y dependencia del mar, la agricultura, la ganadería y el turismo, por lo que se requieren espacios para almacenar equipamiento de trabajo, viviendas de alquiler y espacios productivos, siempre partiendo de las buenas soluciones de la arquitectura vernácula costera.

[19] Izquierdo C. Viviendas de madera resilientes a huracanes. Guía sobre construcción y reparaciones seguras. Dominica: Hábitat para la humanidad Internacional, HPHI; 2018. [Consultado: 04 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.habitat.org/sites/default/files/documents/20181009_CASAS%20MADERA%20RESILIENTES%20HURACANES_Dominica_print-compressed.pdf

Factibilidad económica: Las viviendas deben ser económicas, con costos al alcance de usuarios humildes que viven de la pesca y la agricultura. Es necesario diseñar con criterios de flexibilidad y adaptación para aprovechar al máximo el espacio construido, según la evolución de la familia y con posibilidad de usos productivos.

Progresividad / Flexibilidad: Es fundamental que los usuarios tengan la posibilidad de modificar sus hogares según sus necesidades. La vivienda progresiva permite la evolución en el tiempo mediante la ampliación, reducción, completamiento, o mejoramiento, según las fases concebidas.

Conservación del patrimonio construido: Las viviendas que deban ser salvadas de la destrucción por eventos extremos o inundaciones podrán ser transformadas de forma permanente. Esta decisión dependerá del deterioro ocasionado por el tiempo que llevan resistiendo los efectos del cambio climático, la infraestructura que las sostiene y el tiempo de vida útil que le resta a la vivienda.

Reubicación cercana a la localización actual: Cuando sea inevitable la demolición de viviendas habitadas que corren riesgo de inundación permanente y deban ser sustituidas es importante tener en cuenta que los pobladores de estos asentamientos se encuentran muy arraigados al sitio en que viven y sus ingresos económicos dependen del mar, por lo que es imprescindible que las nuevas viviendas se construyan en el entorno actual.

Previsión de inundación en nuevos asentamientos de viviendas: Construir por detrás de la línea de inundación prevista para 2050, a distancia peatonal del mar y dentro del asentamiento.

Sobre la estructura y la envolvente:

Elevar las viviendas: Las viviendas deberán elevarse por encima de la cota de inundación pronosticada para 2050, sobre una estructura (pilares, pilotes o muros de carga) resistente al medio agresivo, dejando una transparencia hidráulica que permita la escorrentía a través de las edificaciones sin obstrucciones.

Viviendas flotantes o anfibas: A las viviendas a transformar que se encuentren sobre pilotes, se les podrá adosar un sistema de flotación, para que cuando las inundaciones sobrepasen su nivel de piso se adapten, con una estructura móvil en sentido vertical, que permita su conservación.

Estructura modular: Favorece la flexibilidad, modificación y fácil distribución de los espacios.

Paneería modular exterior e interior: Se puede producir en serie, es fácil de montar y desmontar, y permite la flexibilidad de uso de los espacios, genera menos cantidad de desechos en la etapa de deconstrucción y posibilita el reuso y reciclaje.

Estructura metálica: Es ligera y permite uniones secas que favorezcan el montaje y desmontaje al final de la vida útil de la vivienda, con vistas al reciclaje. Estos elementos deberán tener un tratamiento inoxidable previo.

En la Figura 12 se presentan de forma esquemática, las recomendaciones generales de diseño de las viviendas en relación con la estructura y la envolvente.

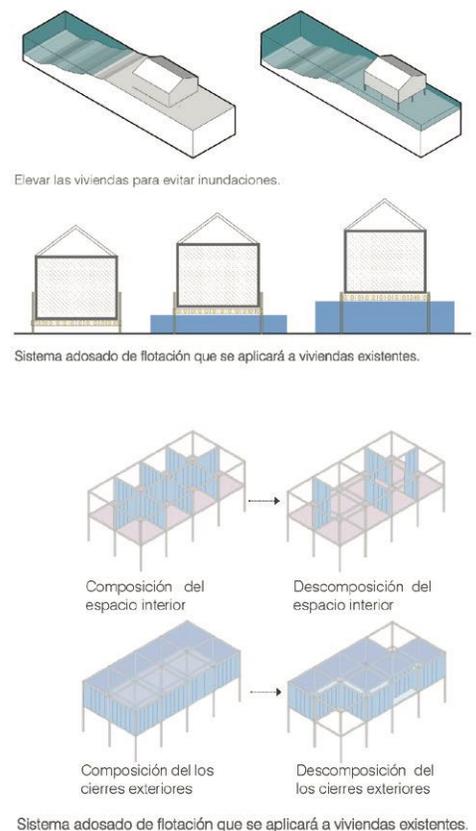


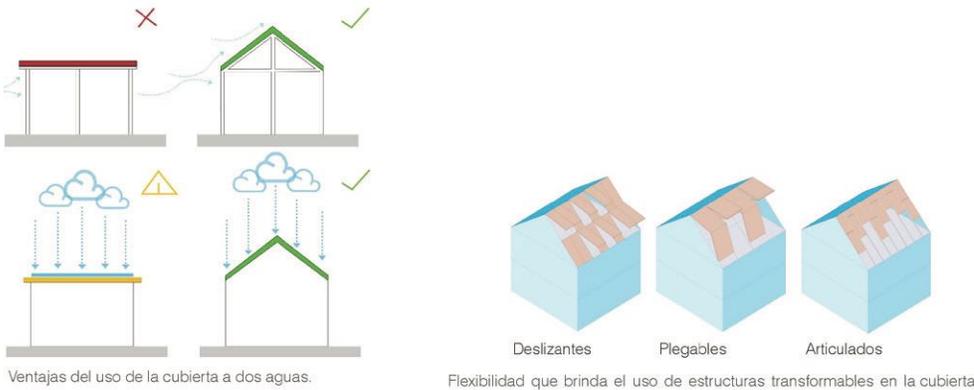
Figura 12. Recomendaciones generales de diseño de las viviendas. Sobre la estructura y la envolvente. Elaboración: Autoras.

Sobre la cubierta:

Cubierta a dos aguas: La cubierta inclinada favorece la rápida evacuación del agua, su forma ofrece poca resistencia a la acción del viento y recibe menor cantidad de radiación solar que la cubierta horizontal, además de que la estructura es más resistente [19].

Estructuras transformables: Es posible aprovechar la cubierta como elemento de cierre, donde puedan existir grandes aberturas que se cierren durante el período de tormentas para proteger la edificación.

En la Figura 13 se presentan de forma esquemática, las recomendaciones generales de diseño de las viviendas en relación con las cubiertas.



[20] FEMA. Guía del constructor de viviendas para la construcción costera. SERIE DE Hojas Informativas Técnicas. Estados Unidos: Federal Emergency Management Agency; 2010. [Consultado: 04 de noviembre de 2021]. Disponible en: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema499_2010_edition_spanish.pdf

Figura 13. Recomendaciones generales de diseño de las viviendas. Sobre la cubierta. Elaboración: Autoras.

Sobre los vanos:

Cierres transformables: Utilizar cierres que permitan abrir o cerrar por completo el espacio, dependiendo de la necesidad, y que, además, favorezcan el control de la luz y el viento (incluidos los de tormenta), a diferencia de las ventanas fijas tradicionales que no permiten eliminar los límites espaciales entre el exterior y el interior.

Uso de elementos desmontables: Empleo de celosías y barandillas que puedan desmontarse, para que en caso de eventos extremos no sean desprendidos por fuertes vientos.

Instalación temporal de tormenteras: Emplear tormenteras, principalmente para proteger ventanas de vidrio, que pueden ser destruidas durante eventos extremos, por la incidencia de fuertes vientos o de escombros arrojados [20].

Sobre la organización espacial:

Vías de escape seguras: Conviene disponer de vías de evacuación y áreas de refugio sobre el nivel de inundación, contemplando la estrategia de planificación para el peor de los supuestos, en el que se necesite un acceso de emergencia para servicios de rescate por barcos; para ello incluir terrazas y balcones en pisos altos.

Espacios seguros elevados: Priorizar espacios seguros dentro de la vivienda que permitan resguardar y proteger los equipos electrodomésticos (áticos, mezanine, refugios, espacios bajo escalera), con el aprovechamiento del espacio en vertical.

Planta Baja para actividades temporales: Las zonas inundables se destinarán cuando sea posible y tengan una altura bajo viga de 2,40 m, para actividades secundarias de la vivienda.

Sobre las instalaciones:

Aprovechamiento de las fuentes renovables de energía: Se debe prever el empleo de sistemas fotovoltaicos, calentadores y secadores solares, que se desmontarán en caso de tormentas y se almacenarán hasta pasado el evento.

No empotrar instalaciones: Dejar las instalaciones a vista minimiza el costo de la vivienda, facilita su fácil instalación y mantenimiento en caso de rotura.

Recolección de agua de lluvia: Se puede utilizar cualquier superficie no permeable en techos o patios donde escurra el agua de lluvia y sea factible recolectarla, reduciendo la dependencia del suministro externo de agua potable y la escorrentía hacia el predio con sus efectos erosivos, además de ayudar a controlar las inundaciones. Esto se realiza a través de canales hacia un tanque de recolección pluvial.

En la Figura 14 se presentan de forma esquemática, las recomendaciones generales de diseño de las viviendas en relación con los vanos, la organización espacial y las instalaciones.

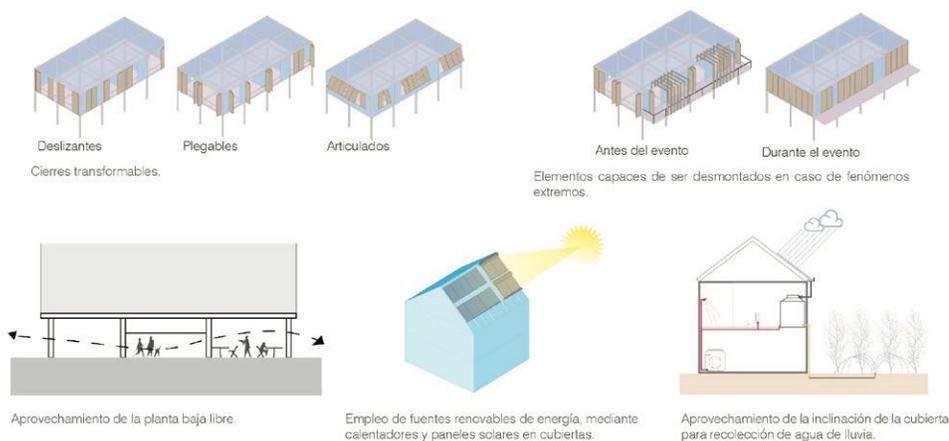


Figura 14. Recomendaciones generales de diseño de las viviendas. Sobre los vanos, la organización espacial y las instalaciones. Elaboración: Autoras.

Conclusiones

Entre las principales afectaciones que el Cambio Climático ocasiona a los asentamientos costeros en El Caribe se encuentran la elevación de la temperatura y el nivel medio del mar, y el incremento de la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, todo lo cual generará importantes impactos ambientales, económicos y sociales. En este sentido, la gestión para mejorar la resiliencia de los asentamientos humanos costeros debe considerar el ciclo de vida de las viviendas y su durabilidad en las estrategias, tanto para la transformación de las existentes, como en los nuevos diseños que puedan ser deconstruibles al final de su vida útil.

Las buenas prácticas internacionales demuestran que es posible hacer más resilientes las viviendas costeras mediante soluciones palafíticas, flotantes y transformables con empleo de diversas ecotécnicas.

Se estima la existencia de 262 asentamientos costeros en Cuba, distribuidos en 15 tramos caracterizados por tres tipos de faja costera, de los cuales, 181 se verán afectados por la elevación del nivel medio del mar. En la muestra seleccionada de 21 asentamientos objeto de estudio se identificaron 6 tipos morfológicos, predominando el desarrollo longitudinal a la línea de costa, y 5 tipos volumétricos de vivienda.

Se concluye que en la toma de decisiones es imprescindible considerar el ciclo de vida. Según la magnitud de la inundación y la calidad de las viviendas se proponen cuatro posibles principios de actuación que incluyen el traslado total de los asentamientos más vulnerables, la transformación del entorno urbano y de las viviendas ante eventos permanentes o transitorios, y la reubicación de viviendas dentro del propio asentamiento, haciéndolas más resilientes mediante soluciones palafíticas, flotantes y transformables, con empleo de diversas ecotécnicas.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses que pudieran representar un riesgo para la publicación del artículo.

DECLARACIÓN DE DE LA CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dayra Gelabert Abreu: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – revisión y edición.

Dania González Couret: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – revisión y edición.

Arleet Díaz San Juan: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – revisión y edición.

Larisbel Navarro Michelena: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – revisión y edición.

Michelle Rodríguez Triana: Conceptualización, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura – revisión y edición.



Dayra Gelabert Abreu
Arquitecta. Doctora en Ciencias Técnicas.
Profesora Auxiliar Facultad de Arquitectura
de la Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría CUJAE, Cuba.
E-mail: dayragelabert@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7765-7217>



Dania González Couret
Arquitecta. Doctora en Ciencias. Profesora
Titular Consultante Facultad de Arquitectura
de la Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría CUJAE, Cuba.
E-mail: daniagcouret@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7765-7217>



Arleet Díaz San Juan
Arquitecta. Especialista A en Obras de
Arquitectura e Industriales, ECOT, La
Habana, Cuba.
<https://orcid.org/0009-0009-2399-3344>



Larisbel Navarro Michelena
Arquitecta. Especialista C de Proyectos e
Ingeniería, EMPROY 2, La Habana, Cuba.
<https://orcid.org/0009-0003-3946-7193>



Michelle Rodríguez Triana
Arquitecta. Especialista B de Proyectos e
Ingeniería, EPROYIV, La Habana, Cuba.
<https://orcid.org/0009-0003-0121-2638>

