



CIENCIAS TÉCNICAS

Premio Anual de la Academia de Ciencias de Cuba, 2020

Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos asociados al agua en Santiago de Cuba

Liber Galbán Rodríguez ¹ * <http://orcid.org/0000-0002-2377-9008>
Mayelín González Trujillo ¹ <https://orcid.org/0000-0003-1661-9206>
Yanet María Urquiza López ² <https://orcid.org/0000-0003-3793-4790>
Lázaro Rodríguez Tamayo ³ <https://orcid.org/0000-0002-8023-2615>
José Ramón Cid Nacer ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-6012-7340>
Lucía de la Caridad García Naranjo ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7207-9657>
Virginia Vinajera Suarez ⁴ <https://orcid.org/0000-0003-4187-0400>
Yoan Torres Zapata ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-8461-2199>
Leonel Machado Ferrer ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-3116-7909>
Tomás Jacinto Chuy Rodríguez ⁵ <https://orcid.org/0000-0003-1452-0683>
Rafael Guardado Lacaba ⁶ <https://orcid.org/0000-0003-1075-8176>
Eduardo Beira Fontaine ⁷ <https://orcid.org/0000-0001-5701-8015>
Nuria Nápoles Fajardo ⁷ <https://orcid.org/0000-0002-3494-7396>
Ingrid Noelia Vidaud Quitana ⁷ <https://orcid.org/0000-0001-8067-1899>
Odalís Álvarez Rodríguez ⁸ <https://orcid.org/0000-0002-6251-4985>
Silvio V. Rodríguez Hernández ⁹ <https://orcid.org/0000-0003-4091-482X>
NerIs Rodríguez Matos ¹² <https://orcid.org/0000-0002-8094-273X>
Yunior Ramón Velázquez Labrada ¹¹ <https://orcid.org/0000-0002-8088-6686>
Pedro Cabrera Castro ¹ <https://orcid.org/0000-0001-7619-3396>
Onell Pérez Hernández ¹ <https://orcid.org/0000-0002-7217-8479>
Rafael Pacheco Moya ¹ <https://orcid.org/0000-0001-5766-6039>
María Teresa Durand Silveira ² <https://orcid.org/0000-0001-6355-0489>
Guadalupe Bermúdez Diéguez ² <https://orcid.org/0000-0003-1081-2988>
Eudel Michel Rojas ² <https://orcid.org/0000-0003-4874-5645>

¹ Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

² Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos Santiago de Cuba. Santiago de Cuba, Cuba

³ Instituto Superior Militar José Maceo Grajales. Santiago de Cuba, Cuba

⁴ Centro Provincial del Instituto de Meteorología. Santiago de Cuba, Cuba

⁵ Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Santiago de Cuba, Cuba

⁶ Universidad de Moa. Holguín, Cuba

⁷ Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

⁸ Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba

⁹ Unidad Científico Técnica, GEOCUBA Investigación y Consultoría. La Habana, Cuba

¹⁰ Departamento de Filosofía, Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

¹¹ Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

¹² Departamento de Filosofía, Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

*Autor para la correspondencia: liberg@uo.edu.cu



RESUMEN

Palabras clave

Agua; peligro; vulnerabilidad; riesgos; Santiago de Cuba

Introducción. En Santiago de Cuba convergen distintos peligros ambientales asociados al agua que constituyen una amenaza permanente a la vida humana y al desarrollo socioeconómico de la provincia (intensas lluvias, inundaciones, ciclones tropicales, entre otros.). Su estudio en función de la reducción de desastres constituye una prioridad para el Estado cubano. Con el objetivo de realizar un conjunto de acciones de investigación y desarrollo encaminadas a determinar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo que causa el agua tanto en la naturaleza, como en las obras de infraestructura de la provincia Santiago de Cuba, ante el posible impacto de distintos fenómenos ambientales. **Métodos.** Se integran investigaciones de un grupo multidisciplinario estructurado en 3 partes: Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos (PVR) en obras hidráulicas de Santiago de Cuba; estudios de PVR en cuencas hidrográficas de Santiago de Cuba y comportamiento espacial de la vulnerabilidad por el impacto de la humedad por capilaridad en edificaciones del centro histórico de la ciudad de Santiago de Cuba. **Resultados.** Herramientas y soluciones para fortalecer los sistemas de pronóstico y alerta temprana a la población e instituciones involucradas. Diseño de un nuevo procedimiento para la gestión de riesgos basado en la teoría de procesos, estudios de vulnerabilidad en obras hidráulicas y el agua como fenómeno de humedad capilar en las construcciones. Diagnósticos en cuencas hidrográficas y modelaciones de inundaciones; se actualizó la serie de precipitaciones mensuales de la provincia, así como diseño de **software** profesionales para la alerta temprana ante el impacto de eventos hidrometeorológicos extremos y acciones comunitarias para mejorar la cultura de riesgos.

Studies about hazard, vulnerability and risks associated with water in Santiago de Cuba

ABSTRACT

Introduction. Different environmental hazards associated with water converge in Santiago de Cuba, which constitutes a permanent threat to human life and to the socioeconomic development of the province (heavy rains, floods, tropical cyclones, among others). Its study in terms of disaster reduction is a priority for the Cuban State. Objective: Doing a group of research and development actions in order to assess the hazard, vulnerability and risk caused by water in nature, and in water supply systems of Santiago de Cuba province, in the face of the impact of environmental phenomena. **Methods.** Investigations of a multidisciplinary group structured in three parts are integrated: Studies of hazard, vulnerability and risks (HVR) in water systems of Santiago de Cuba; studies of HVR in watersheds and vulnerability behavior due to the impact of capillarity humidity in buildings from the historical center of Santiago de Cuba city. **Results.** Tools and solutions to strengthen forecasting and early warning systems for the population and institutions involved. Design of a new procedure for risk management based on the theory of processes, vulnerability studies in water supply systems, and water as a phenomenon of capillarity humidity in buildings. Watersheds diagnostics and flood modeling; the monthly rainfall series for the province was updated, as well as the design of professional software for early warning of extreme hydrometeorological events and community actions to improve risk culture.

Keywords

water; hazard; vulnerability; risk; Santiago de Cuba

INTRODUCCIÓN

La provincia Santiago de Cuba por su posición geográfica al sur de la Isla de Cuba, en contacto con el Mar Caribe (figura 1), ha sido impactada por numerosos fenómenos naturales causando situaciones de desastre en este territorio. Se destacan los eventos hidrometeorológicos extremos (intensas lluvias, huracanes, inundaciones) y otros de carácter

geológico como los sismos fundamentalmente, además del impacto de la actividad humana constante generadora de peligros, vulnerabilidades y riesgos (PVR).

En el caso de los estudios de PVR asociados al agua -tanto fenómeno causante del peligro natural, su comportamiento asociado a la infraestructura construida y las cuencas hidrográficas- desarrollados hasta la fecha en este territorio, cabe

señalar que, a pesar de constituir una valiosa propuesta para los planes de reducción de desastres, contienen algunas insuficiencias para su correcta implementación por parte de los decisores, las principales están relacionadas con:

- La provincia de Santiago de Cuba está expuesta a procesos y fenómenos geológicos cuyos efectos conducen a riesgos que pueden llegar a restringir el desarrollo económico y social del territorio, su gestión inadecuada ha ocasionado manifestaciones de daños en distintas localidades; por tanto, se evidencia la necesidad de dirigir las herramientas de gestión hacia el mejoramiento continuo del diagnóstico de riesgos y la reducción de la vulnerabilidad. ⁽¹⁾
- No se evalúa de forma integral las inundaciones costeras causadas por la combinación simultánea de las fuertes lluvias y las penetraciones del mar por efecto de la surgencia, ante el impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos. ⁽²⁾
- Las intervenciones para reducir las inundaciones urbanas en la ciudad de Santiago de Cuba, han sido ineficientes al no considerar detalladamente el estado técnico constructivo en que se encuentran los componentes del sistema de alcantarillado y evacuación de aguas pluviales. ⁽³⁾
- Los estudios realizados a obras hidráulicas estratégicas como las presas, no emplean metodologías de trabajo que integren la evaluación del impacto de los distintos fenómenos geoambientales. ⁽⁴⁾
- No se generalizan adecuadamente, y en muchos casos no están hechos, estudios detallados del comportamiento del agua en las cuencas hidrográficas. ⁽⁵⁾

- Insuficientes herramientas metodológicas y prácticas que permitan la evaluación espacial de la humedad por capilaridad en edificaciones, en función de una adecuada planificación de las técnicas de intervención. ⁽⁶⁾

Atendiendo a estas problemáticas y las indicaciones del Estado cubano respecto a la realización de estudios de PVR establecidas en la Directiva No.1 del Jefe de la Defensa Civil Cubana, ⁽⁷⁾ se persiguió resolver como problema científico: Los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos asociados al agua en obras hidráulicas, de infraestructura y cuencas hidrográficas de la provincia Santiago de Cuba, muestran limitaciones en los modelos numéricos, las metodologías empleadas y los detalles de su realización, tanto geográficos como en consideración a los componentes y cantidad de obras construidas; lo que impide tener un adecuado conocimiento de sus características detalladas para acciones posteriores de alerta temprana, mantenimiento y rehabilitación en función de la prevención de desastres. Planteándose como objetivo general realizar un conjunto de acciones de investigación y desarrollo encaminadas a determinar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo que causa el agua tanto en la naturaleza, como en las obras de infraestructura de la provincia Santiago de Cuba, ante el posible impacto de distintos fenómenos ambientales.

MÉTODOS

Para la ejecución de las investigaciones fueron diseñadas distintas metodologías y se emplearon otros procedimientos y métodos reconocidos tanto en la literatura científica publicada, como en las normas técnicas y procedimientos establecidos en la legislación vigente en Cuba. Estas han estado

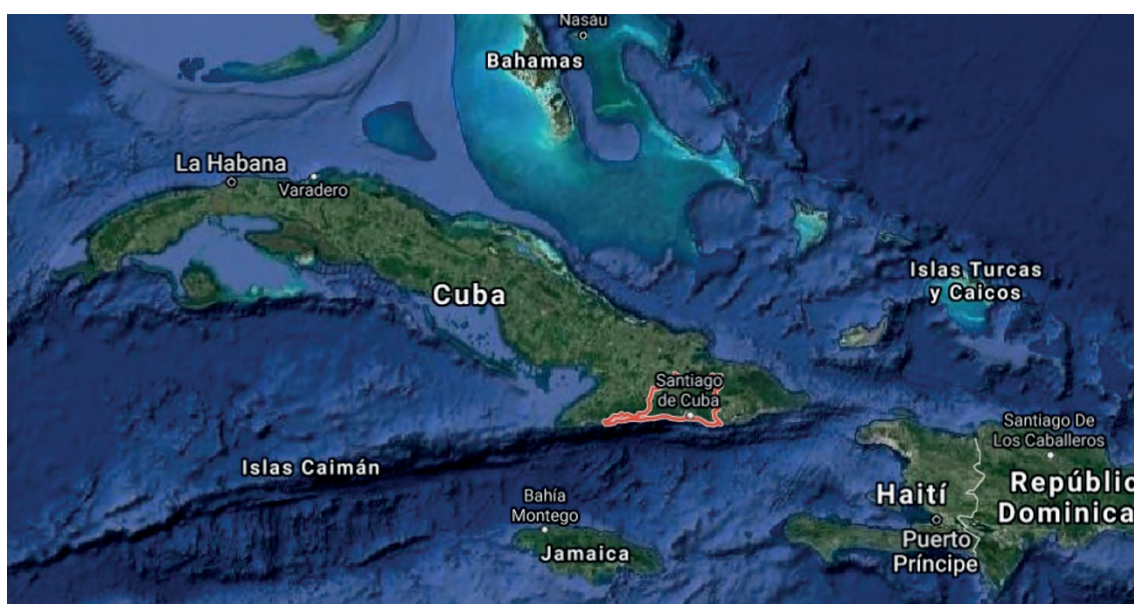


Fig. 1. Imagen satelital donde se muestra la ubicación geográfica de la provincia Santiago de Cuba.

soportadas en investigaciones doctorales, de maestría y trabajos de diploma de estudiantes del curso regular diurno de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Oriente; además de otras acciones individuales de investigación y desarrollo realizadas por los autores. Se destacan:

- Diagnóstico ambiental y de comportamiento del escurrimiento superficial detallado en cuencas hidrográficas empleando métodos hidrológicos conocidos.
- Estudios vulnerabilidad ambiental de sistemas de agua y saneamiento (acueductos, alcantarillado, estaciones de bombeo, redes hidráulicas internas en edificaciones, etc.) en áreas urbanas con metodologías previamente diseñada por los autores y otras de uso común en la profesión.
- Vulnerabilidad geoambiental en obras hidráulicas y otras infraestructuras con metodologías previamente diseñadas por los autores (presas, plantas de tratamiento, entre otras).
- Modelaciones de PVR que incluyen las inundaciones costeras totales con metodologías diseñadas por los autores empleando sistemas de información geográfica.
- Caracterización de las precipitaciones mensuales por municipios y provincial empleando métodos hidrológi-

cos conocidos, para su uso en otros estudios hidrológicos y de gastos máximos (inundaciones) en cuencas hidrográficas.

- Diseño de nuevas herramientas informáticas para el pronóstico y alerta temprana de los fenómenos hidrometeorológicos empleando software conocidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados obtenidos se dividen en 3 líneas fundamentales según se expresa a continuación.

Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos en obras hidráulicas de Santiago de Cuba: Caracterización del estado en que se encuentran varias obras hidráulicas ante el impacto de terremotos, intensas lluvias, entre otros fenómenos. Obras hidráulicas significativas como: Las presas Gilbert, Gota Blanca y Parada ⁽⁴⁾ (figura 2), los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial de la zona baja del centro histórico de la ciudad, ⁽³⁾ el poblado Boniato, el Distrito Abel Santamaría, San Pedrito zona alta, Consejo Popular Agüero- Nuevo Vista Alegre, entre otros. ⁽⁸⁾

Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos en cuencas hidrográficas de Santiago de Cuba: Se diseñó un procedimiento general para la gestión de peligros, vulnerabilidades y

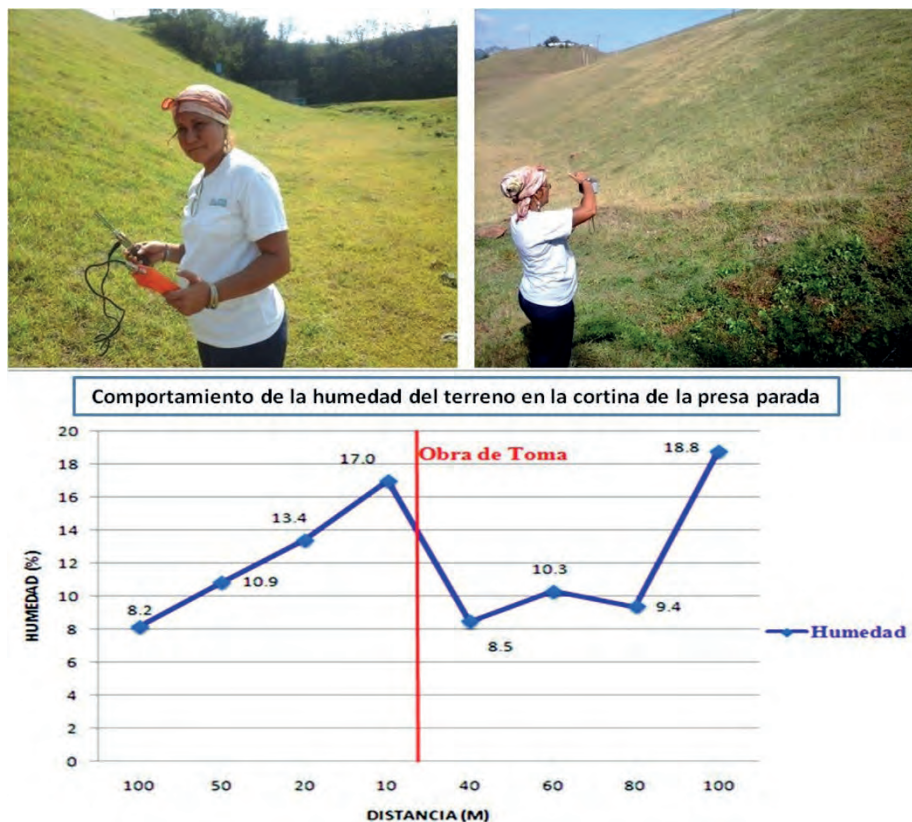


Fig. 2. Imágenes durante las mediciones realizadas de humedad del suelo que compone la cortina de la presa Parada y sus resultados graficados. ⁽⁴⁾

riesgos geológicos para la provincia basado en la gestión por procesos, con resultados novedosos en su aplicación, entre los que se encuentran: un sistema de mapas de PVR soportados en SIG (figura 3) y varias recomendaciones para la mejora continua de la gestión. ⁽¹⁾

Se identificó el potencial hídrico detallado de cuencas hidrográficas de interés provincial y municipal como Sevilla en el municipio Guamá, ⁽⁵⁾ en Baconao y Magdalena, ⁽⁹⁾ en Santiago de Cuba. Además de modelar en un SIG las inundaciones costeras totales en el área costera de la desembocadura del

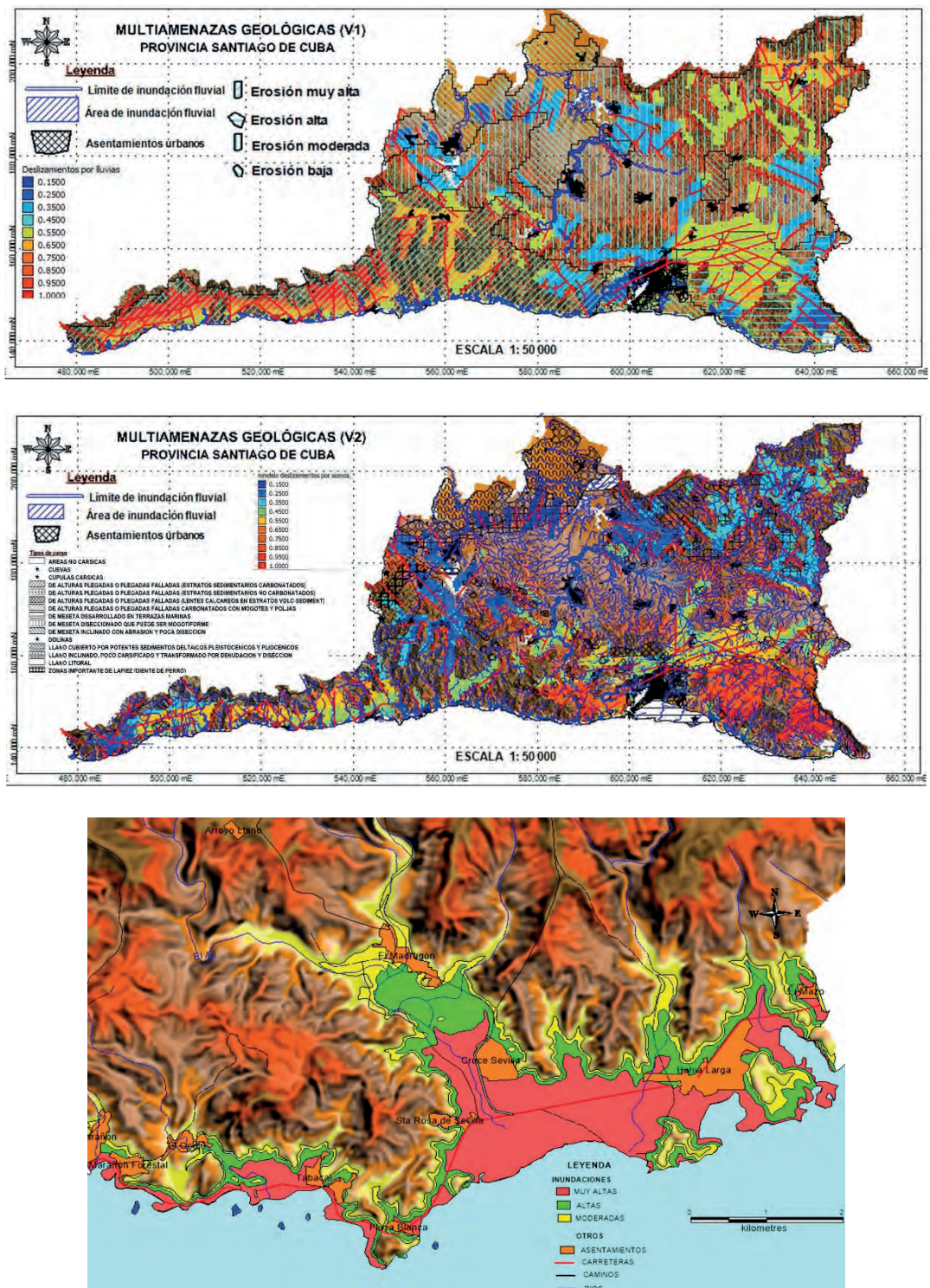


Fig. 3. Arriba: Imágenes del mapa de zonación ingeniero geológica de multiamenazas de la provincia Santiago de Cuba. ⁽¹⁾. Debajo: Área de inundaciones por efecto conjunto de las intensas lluvias y la surgencia en la desembocadura del Río Sevilla municipio Guamá. ⁽¹⁰⁾

Rio Sevilla municipio Guamá ⁽¹⁰⁾ (figura 3) y en el sector costero Siboney-Sigua ⁽²⁾.

Actualización del registro de lluvias históricas en la provincia Santiago de Cuba, llevadas de 40 años (1962-2002) a 70 años (1947-2017) aplicados a la influencia e impacto de las temporadas de lluvias intensas y sequías y, la estimación general del potencial hídrico superficial con que cuentan las cuencas hidrográficas de la provincia Santiago de Cuba hasta el 2018. ⁽¹¹⁾ Diseño de un programa de gestión ambiental para la cuenca hidrográfica de interés nacional del río Baconao, entre otros. ⁽¹²⁾

Diseño de una aplicación web para la alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos, como herramienta de toma de decisiones en la prevención de desastres (figura 5); ⁽¹³⁾ y un software profesional para el pronóstico de inundaciones costeras por penetración del mar (figura 4). ⁽¹⁴⁾

Estudios sobre la reducción de la reserva hídrica por el efecto de erosión y por azolve de la presa Charco Mono, con propuestas de acciones de recuperación y mantenimiento; ⁽¹⁵⁾ Plan de acciones desde el enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras para fortalecer la cultura meteorológica, en

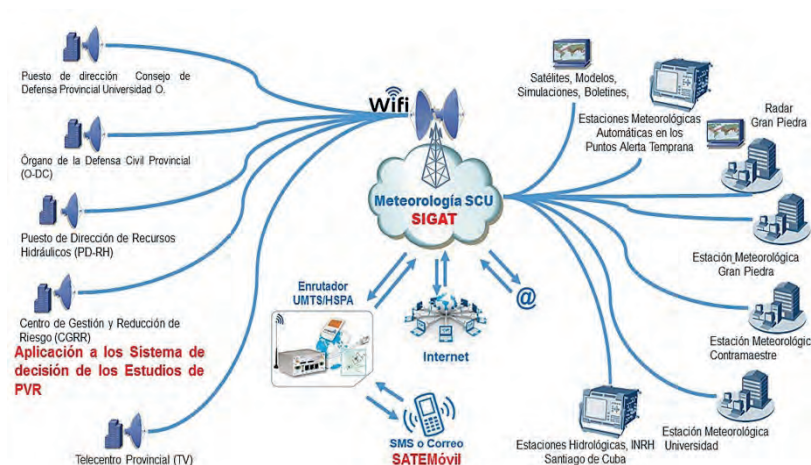


Fig.4. Imagen de 3 interfaces de trabajo de la aplicación web para la alerta temprana (arriba). Despliegue del Sistema SIGAT en la provincia Santiago de Cuba (debajo). ⁽¹³⁾

los pobladores de la localidad de Siboney como herramienta para el enfrentamiento al cambio climático (figura 5).⁽¹⁶⁾

Comportamiento espacial de la vulnerabilidad por el impacto de la humedad por capilaridad en edificaciones del centro histórico de la ciudad de Santiago de Cuba (figura 5).⁽⁵⁾

Conclusiones

Por primera vez, desde el punto de vista hidrológico, fueron caracterizadas en detalle varias cuencas hidrográficas de la provincia Santiago de Cuba, llegando a conocer elementos importantes para su correcta explotación y gestión integrada en función de la reducción de desastres.

Fueron realizadas distintas evaluaciones de peligros, vulnerabilidades y riesgos, regionales, en obras hidráulicas y estructurales significativas de la provincia Santiago de Cuba empleando metodologías novedosas, llegándose a conocer el estado de vulnerabilidad en que se encuentran ante el impacto de terremotos, intensas lluvias, humedad, entre otros fenómenos; así como, se obtuvo un conjunto de mapas nuevos para la evaluación territorial de peligros, amenazas, riesgos y multiamenazas.

Se diseñaron herramientas informáticas nuevas para la alerta temprana ante el impacto de fenómenos peligrosos tales como: ciclones tropicales, inundaciones costeras, deslizamientos, entre otros relacionados con la acción del agua, que sirven para la toma de decisiones en la provincia Santiago de Cuba.

Agradecimientos

Especial agradecimiento por su valiosa contribución a los siguientes especialistas: Dra C. Celene Milanés Batista.

Corporación Universidad de La Costa, Barranquilla, Colombia. Ing. Alain Paneque Martínez y Dr C. Segundo Pereda Hernández del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente en Santiago de Cuba. Ing. George Masfarroll Cadet de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos Santiago de Cuba, DPRH Santiago de Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Galbán Rodríguez L. 2015. Procedimiento para la gestión y reducción de riesgos geológicos en la provincia Santiago de Cuba. Informe de Tesis de Doctorado. Archivos de la Facultad de Geología y Minería. Universidad de Moa, Holguín, Cuba.
- Rodríguez Tamayo L. 2017. Cartografía de peligro de inundaciones costeras en el municipio Santiago de Cuba sector costero Sigua-Siboney, empleando sistemas de información geográficos. Tesis de Maestría en Geomática. Archivos de la Academia Naval Granma. La Habana. Cuba.
- Galbán Rodríguez L, De Los Ángeles Céspedes Y, Cabrera Castro PM. 2019. Metodología para evaluar la vulnerabilidad geoambiental de un sistema de alcantarillado. Caso de estudio zona baja del centro histórico de Santiago de Cuba. Memorias del XIV Congreso internacional de Ingeniería Hidráulica. La Habana. Cuba. ISBN: 978-959-247-177-1.
- Urquiza López Y, Galbán Rodríguez L, Nápoles Sayous N, Chuy Rodríguez TJ. 2017. El impacto de fenómenos geoambientales en cortinas de presas de tierra de Cuba. Revista Ciencia en su PC. [internet] 2017;(1):56-69. ISSN: 1027-2887. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181351125005>
- Ramos Aguilar E. 2018. Diagnóstico de las potencialidades hídricas de la cuenca hidrográfica del río Sevilla en el municipio Guamá. Informe de tesis en opción al título de Ingeniero hidráulico. Directores: DrC. Liber Galbán Rodríguez, MSc. Guadalupe Bermúdez.

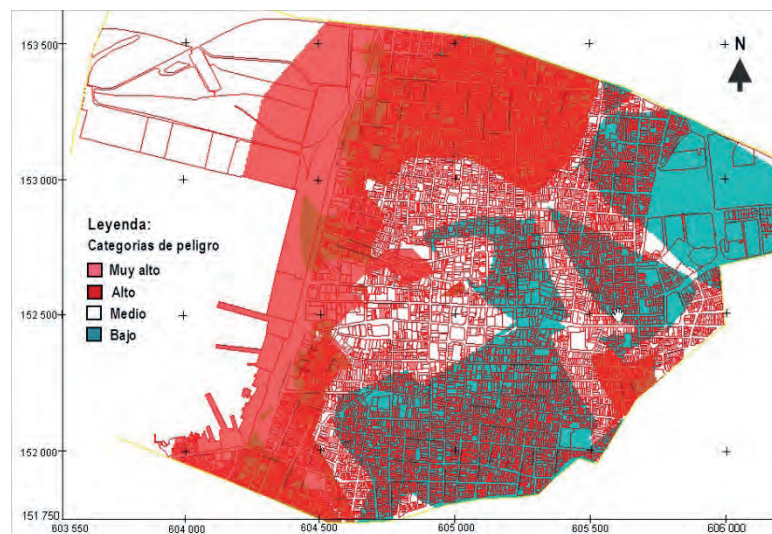


Fig. 5. Escenarios de peligro del fenómeno de humedad por capilaridad en el Centro Histórico Santiago de Cuba.⁽³⁾

- dez Diéguez. Archivos del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
6. González Trujillo M. 2018. Metodología para la evaluación del comportamiento espacial de la humedad por capilaridad en edificaciones. Tesis en opción a título de Doctor en ciencias técnicas-Ingeniería Hidráulica. Archivos de la Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Cuba.
7. Directiva No. 1/2018 del Presidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización, y preparación del país para las situaciones de desastres. La Habana. Cuba.
8. Michel Rojas E; Cabrera Castro P. 2019. Evaluación de las afectaciones tecnológicas y estructurales en la estación de bombeo de aguas residuales Lorraine. Memorias del XIV Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. La Habana. Cuba. ISBN: 978-959-247-177-1.
9. Ramírez González R. 2019. Evaluación del potencial hídrico superficial de la cuenca hidrográfica del río Magdalena en el municipio Santiago de Cuba. Informe de tesis en opción al título de Ingeniero hidráulico. Directores: DrC. Liber Galbán Rodríguez, Ing. Alain Paneque Martínez. Archivos del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
10. Duran Rodríguez, Fernando. 2018. Determinación del peligro por inundaciones costeras en Santiago de Cuba: Sector Sevilla municipio Guamá. Informe de tesis en opción al título de Ingeniero hidráulico. Directores: DrC. Liber Galbán Rodríguez, MSc. Lázaro Rodríguez Tamayo. Archivos del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
11. Durand Silveira MT. 2017. Actualización del potencial hídrico de la Provincia Santiago de Cuba. Revista Voluntad Hidráulica. 2017/ No.121/ La Habana. Cuba. ISSN 0505-9461.
12. Machado Ferrer L. 2017. Sistema de gestión ambiental para la cuenca hidrográfica del río Baconao. Tesis en opción al título de Master en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Archivos del Centro de Estudios de Manejo de Zonas Costeras, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
13. Cid Nacer JR. 2018. Aplicación web, y de los Sistemas Integrados de Gestión Alertas Tempranas, Proyecto de tesis en opción al título de Máster en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Archivos del Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras. Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Cuba.
14. Torres Zapata, Yoan. 2019. CBR-PRONIC. Sistema Basado en Casos para el pronóstico de inundaciones costeras por penetraciones del mar y su contribución al MIZC. Proyecto de tesis en opción al título de Máster en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Archivos del Centro de Estudios de Zonas Costeras. Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Cuba.
15. Cabrera Alayo, Rider. 2018. Mantenimiento de Presas por azolve. Caso de estudio. Conjunto hidráulico Charco Mono. Informe de tesis en opción al título de Ingeniero hidráulico. Director: DrC. Segundo Pereda Hernández, MSc. Onell Pérez Hernández. Archivos del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
16. Vinajera Suarez, Virginia. 2019. La cultura meteorológica desde el Manejo Integrado de Zonas Costeras como herramienta de enfrentamiento al cambio climático en la UCAPMI Siboney. Proyecto de tesis en opción al título de Máster en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Archivos del Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras. Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Cuba.

Recibido: 10/06/2021

Aprobado: 22/09/2021

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada.

Contribución de los autores

- Conceptualización: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo
- Curación de datos: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, Yanet María Urquiza López, Lázaro Rodríguez Tamayo, María Teresa Durand Silveira, Pedro Cabrera Castro, Onell Pérez Hernández, Eudel Michel Rojas, Guadalupe Bermúdez Diéguez, Rafael Pacheco Moya
- Análisis formal: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo
- Adquisición de fondos: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo
- Investigación: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, José Ramón Cid Nacer, Yanet María Urquiza López, Lucía de la Caridad García Naranjo, Virginia Vinajera Suarez, Lázaro Rodríguez Tamayo, Yoan Torres Zapata, Leonel Machado Ferrer
- Metodología: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, María Teresa Durand Silveira, Yanet María Urquiza López, Lázaro Rodríguez Tamayo
- Administración del proyecto: Liber Galbán Rodríguez
- Recursos: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, María Teresa Durand Silveira.
- Software: José Ramón Cid Nacer, Yoan Torres Zapata, Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, Lázaro Rodríguez Tamayo
- Supervisión: Liber Galbán Rodríguez, Tomás Jacinto Chuy Rodríguez, Rafael Guardado Lacaba, Ingrid Noelia Vidaud Quitana, Eduardo Beira Fontaine, Nuria Nápoles Fajardo, Silvio V. Rodríguez Hernández, Neris Rodríguez Matos, Yuniór Ramón Velázquez Labrada y Odalis Álvarez Rodríguez

- Validación: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, Tomás Jacinto Chuy Rodríguez, Rafael Guardado Lacaba, María Teresa Durand Silveira, Pedro Cabrera Castro, Onell Pèrez Hernández, Eudel Michel Rojas, Guadalupe Bermúdez Diéguez, Rafael Pacheco Moya
- Visualización: Liber Galbán Rodríguez, Mayelín González Trujillo, Pedro Cabrera Castro, Onell Pèrez Hernández, María Teresa Durand Silveira
- Redacción-borrador original: Liber Galbán Rodríguez
- Redacción-revisión y edición: Liber Galbán Rodríguez, Pedro Cabrera Castro

Financiación

La investigación fue financiada con fondos estatales procedentes del Proyecto: "Investigaciones del agua para su aprovechamiento en

la producción de alimentos, tratamiento de residuales y evaluación de obras hidráulicas con diferentes usos". Asociado al Programa nacional de Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente: "DISA- Desarrollo de Investigaciones Sismológicas Aplicadas en la República de Cuba" (2017-2020). Además de otras contribuciones institucionales propias de los organismos a que pertenecen sus autores.

Cómo citar este artículo

Galbán Rodríguez L, González Trujillo M, Urquiza López YM, Rodríguez Tamayo L, *et al.* Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos asociados al agua en Santiago de Cuba. An Acad Cienc Cuba [internet] 2022 [citado en día, mes y año];12(2):be1094. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1094>

