

# 3

Cartografía tridimensional de precisión de las zonas costeras, insumo básico para cuantificar impactos locales por ascenso del nivel del mar en el contexto del cambio climático

## Cartografía tridimensional de precisión de las zonas costeras, insumo básico para cuantificar impactos locales por ascenso del nivel del mar en el contexto del cambio climático

Álvaro Martínez Sanabria<sup>1</sup>

### Resumen

El calentamiento del planeta ha dejado de ser un planteamiento teórico para convertirse en una realidad que no puede pasar desapercibida ante la mirada indiferente de la población mundial y que afecta directamente a cada ser vivo.

El aumento de la temperatura de las aguas, como consecuencia del calentamiento global, tiene efectos expansivos, situación que sumada al derretimiento continuo de los casquetes polares y glaciales, motivan un incremento del nivel mar, que amenaza directamente islas, islotes, cayos y zonas costeras bajas, integralmente con las actividades que en ellas se desarrollan.

En el gobierno colombiano existe preocupación por los efectos del cambio climático en el territorio insular, costero y continental, especialmente por la incertidumbre de las magnitudes de sus impactos a

escalas regionales y locales que permitan, desde ya, determinar líneas de acción articuladas a todos los niveles del gobierno que identifiquen medidas de "Adaptación" para proteger la vida de los pobladores y sus actividades.

Este artículo muestra el papel que desempeña la tecnología LIDAR, como proveedor de datos de precisión, para la recreación de escenarios de inundación por ascenso del nivel del mar en las zonas costeras y los usos potenciales de los diferentes productos en la gestión del riesgo y ordenamiento del territorio que han sido socializados en diversos talleres regionales de sensibilización del Cambio Climático.

### Palabras clave:

*Cambio Climático, Escenarios de Inundación, Percepción Remota, Zona Costera, Dirección General Marítima, Gestión del Riesgo, LIDAR.*

<sup>1</sup> Ingeniero Catastral y Geodesta, Especialista en SIG División de Litorales y Áreas Marinas. Dirección General Marítima DIMAR. Ministerio de Defensa Nacional. Carrera 54 No. 26 - 50 Of. 102 CAN Bogotá, D.C. - Colombia. PBX: 2 200490 Fax: 2200490 ext. 2702 amartinez@dimar.mil.co



### Abstrac

The global warming has left to be a theoretical approach to be become a reality. This reality cannot pass unnoticed to the indifferent watch of the world population, because it affects directly to each alive creature of this planet.

The temperature increasing of the water, as a result of the global warming, has expansive effects, situation that added to the continue melting of the glacial and polar caps, increase the level of the sea, that threatens directly to islands, small islands, keys, and low coastal zones, integrally with the developed activities in that areas.

Inside of the Colombian government, national worry exists, by the effects of the climatic change in the continental, coastal, and insular territory, especially by the uncertainty of the magnitudes of their impacts to local and regional scales, that

permit since now, to determine courses of action articulated to all the levels of the government, that identify measures of "Adaptation" to protect the life of the population and their activities.

This presentation, shows the role that performs the LIDAR technology, as a accurately data supplier, for the flood settings recreation by ascent of the sea level in the coastal zones, and the potential uses of the different products in the management of the risk and planning of the territory. All products have been socialized in diverse regional workshops of sensitizing of the Climatic Change around our country.

### Keywords:

*Climatic Change, Flooding scenarios, Remote Sensing, Coastal Zone, General Maritime Direction, Risk Management, LIDAR.*

## Introducción

El calentamiento global es un tema de interés general que no puede pasar desapercibido ante la mirada indiferente de la población mundial, teniendo en cuenta que afecta directamente a cada ser vivo de este planeta, sin reconocer diferencias en ubicación geográfica, afinidad política, religión, actividad económica, estrato, profesión, edad y género. Hoy, el cambio climático es "Una Verdad Incómoda" como acertadamente lo ha llamado Al Gore.

Científicos que durante años han investigado, analizado y medido constantemente el clima mundial y sus tendencias, coinciden en la existencia de un evidente calentamiento de nuestro planeta, lo cual resulta altamente preocupante y más aún cuando los expertos también coinciden en la "incertidumbre" de sus efectos, considerando como escasa la información de precisión existente en diversas variables, que permiten determinar milimétricamente las tasas y magnitudes de cambio que afectarán a cada sector y/o habitante.

Efectos inciertos se suman exponencialmente a otros efectos y variables inciertas. Por ejemplo, los patrones de lluvia y viento que han prevalecido durante cientos y miles de años y que han permitido la permanencia y subsistencia del hombre en el planeta, podrían cambiar. Así mismo, un pequeño cambio en el contenido de calor en los océanos redundará en un cambio aproximadamente 30 veces mayor en la atmósfera, siendo posible inferir que cambios mí-

nimos en el mar pueden influir considerablemente en el clima y temperatura global.

Las gestiones que al respecto adelanta el Gobierno Nacional requiere, de la participación decidida de los diferentes actores y especialmente de los aportes de las entidades técnicas y centros de investigación científica que permitan tomar las mejores decisiones para el país, utilizando tecnologías de geoinformación que ofrezcan información de precisión, para aumentar la confiabilidad de las estimaciones que al respecto se realicen.

## Materiales y métodos

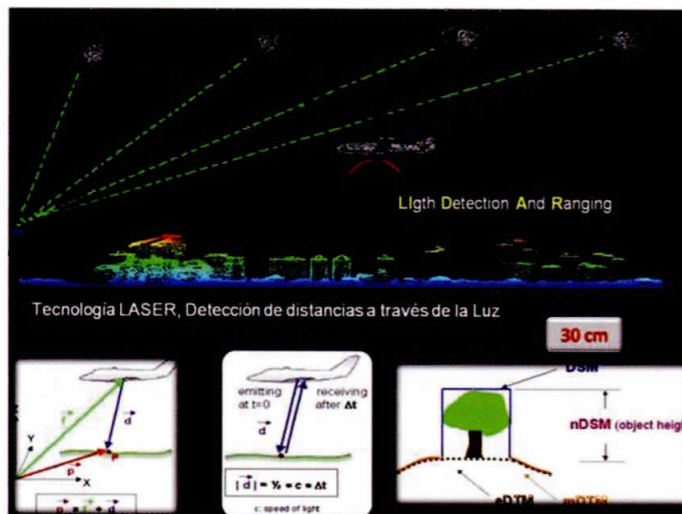
El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a través de la Oficina de Cambio Climático y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), realizan importantes gestiones en el contexto nacional e internacional, relacionado con el cambio climático. En el marco de la "Segunda Comunicación Nacional" y de la estrategia de educación, formación y sensibilización de públicos sobre el cambio climático en Colombia, han creado el sitio web [www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co); que facilita el acceso a la información y crea capacidades nacionales en dicha temática. Actualmente, se prepara una propuesta de documento CONPES de Cambio Climático que definirá los elementos de política nacional para abordar integral y ordenadamente las gestiones nacionales en esta temática.

**Figura 1.**  
Buque Oceanográfico  
ARC Malpelo



**Fuente:**  
Archivo Fotográfico  
Centro de Investigaciones  
Oceanográficas e  
Hidrográficas (CIOH)

**Figura 2.**  
Esquema básico  
operación sensor LIDAR



**Fuente:**  
elaboración propia /  
División de Litorales y  
Áreas Marinas - Dirección  
General Marítima

Por su parte, la Dirección General Marítima (DIMAR), como "Autoridad Marítima Nacional", realiza importantes esfuerzos institucionales tendientes a fortalecer los diferentes programas de investigación científica que conforman su agenda investigativa, especialmente en los Programas de Oceanografía, Hidrografía, Protección al Medio Marino y Manejo Integrado de Zonas Costeras, garantizando la producción de información técnico-científica de precisión, que permita disminuir el grado de incertidumbre nacional que infiere el Calentamiento Global.

El clima, como indicador del calentamiento global, debe ser analizado bajo un enfoque integral que involucre entre otros aspectos la interacción Tierra - Atmósfera - Océano. En este sentido, las plataformas investigativas de DIMAR, conformadas por buques oceanográficos y personal altamente capacitado, realizan año tras año cruces oceanográficos, que permiten monitorear la temperatura de nuestros mares y su incidencia en las condiciones climáticas. (Figura 1.)

Por su parte, el Programa de Manejo Integrado de Zonas Costeras avanza decididamente en el mapeo tridimensional de las zonas costeras e insulares colombianas, utiliza tecnologías de punta para la obtención de cartografía de precisión como es el sensor (Ligth Detection And Ranging) LIDAR (Figura 2), a partir del cual se reconstruyen virtualmente las condiciones topográficas de las zonas mapeadas, permite la recreación de escenarios de inundación por aumento del nivel del mar e identifica zonas costeras bajas vulnerables ante cada escenario recreado.

Los resultados obtenidos y productos generados hablan por sí solos y se convierten en una importante herramienta de planeación para las autoridades locales y nacionales, permiten identificar geográficamente sobre un mapa, las zonas más susceptibles a sufrir inundaciones, ya sea por el aumento del nivel medio del mar o por el paso de un huracán, tormenta tropical, u otro fenómeno que, en cualquier caso, son materializaciones de la permanente interacción Tierra - Atmósfera - Océano.

El proceso de modelación implícito en la construcción de escenarios de inundación es técnicamente complejo y dispendioso, requiere de personal especializado en el manejo y procesamiento de los datos provenientes del sensor LIDAR y su integración con otras fuentes de datos georreferenciados. Las tareas implícitas en el proceso han sido desarrolladas por especialistas de la División de Litorales y Áreas Marinas de DIMAR, que incluye la generación de productos multimedia de fácil uso por usuarios no especializados (Figura 4), y otros para usuarios avanzados en la manipulación de datos geográficos a partir de geoservicios.

## Resultados y discusión

- El cambio climático es una realidad, el mundo que conocemos hoy está cambiando. La velocidad, frecuencia y magnitud de cambio aumenta cada vez más rápido, la continuidad de la especie humana en el planeta depende de las decisiones que hoy se tomen. Si bien, Colombia no es uno de los países que emite mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, que acelera el cambio climático, si posee más de 3.000 kilómetros lineales de costa, y cerca del 50% de su territorio es marino; argumentos válidos que invitan a reflexionar y actuar, entendiendo el contexto global para

**Figura 3.**  
Ejemplo mapa  
tridimensional  
elaborado con  
datos LIDAR



**Fuente:**  
Elaboración propia /  
División de Litorales  
y Áreas - Marinas  
Dirección General  
Marítima



**Figura 4.**  
Escenario de  
inundación  
recreado para  
el sector de  
"El Laguito"  
(Cartagena de  
Indias D. T. y C.)

**Fuente:**  
Elaboración  
propia a partir de  
datos altimétricos  
obtenidos por  
un sensor LIDAR.  
División de Litorales  
y Áreas Marinas -  
Dirección General  
Marítima

tomar medidas en lo local. (Hay que ver el bosque y no solo el árbol).

- Las organizaciones y/o entidades técnicas del orden nacional, regional y local deben aportar información técnica de precisión, como insumos que permitan alimentar los diferentes modelos que anticipen en alguna medida los posibles efectos del cambio climático en las zonas costeras colombianas. DIMAR entiende el problema y aporta información de precisión para el análisis de los posibles efectos del fenómeno en el contexto nacional, como los geodatos obtenidos en el marco del proyecto de mapeo tridimensional de

las zonas costeras colombianas y los numerosos datos obtenidos en los cruceros oceanográficos. En ambos casos, se aportan granos de arena institucionales que potencialmente pueden aportar en la identificación de acciones de adaptación ante el fenómeno, en las zonas costeras.

Bajo este mismo enfoque y con el fin de aportar en la difícil tarea de identificar los posibles efectos de la materialización del cambio climático en las zonas costeras colombianas, la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), cuya Secretaría es ejercida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), actualmente gestiona la publicación interinstitucional titulada "Impactos del ascenso del nivel del mar por el Cambio Climático, para el litoral del Departamento del Magdalena", la cual se enmarca en el plan de acción del Grupo de Observación de la Tierra y articula los importantes aportes de otras entidades del orden nacional, como la Oficina de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Comisión Colombiana del Océano (CCO), IDEAM, IGAC, INVE-MAR, Gobernación del Magdalena, Universidad del Magdalena, entre otras. Se espera que los resultados investigativos de esta iniciativa se presenten al país en el primer semestre del 2010.

- Cumpliendo con los compromisos institucionales adquiridos por la Dirección General Marítima en el marco de la "Primera Reunión Ordinaria de la Comisión Colombiana del Océano", celebrada el 2 de abril de 2009 y presidida por el Vicepresidente de la República, DIMAR ha venido apoyando la realización de talleres regionales de sensibilización respecto a las posibles consecuencias del cambio climático en las zonas costeras e insulares de la geografía nacional, los cuales han sido dirigidos especialmente a go-

bernadores, alcaldes y demás funcionarios encargados de planear estratégicamente el desarrollo de sus entes territoriales. (Figura 5).

**Figura 5.** Socialización escenario de inundación recreado para áreas urbanas de Santa Marta, D.T.C. e H.



**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos altimétricos obtenidos por un sensor LIDAR. Primer Taller Regional de Sensibilización del Cambio Climático - CCO. División de Litorales y Áreas Marinas - DIMAR

La DIMAR ha presentado algunos de los productos que desarrolla la División de Litorales y Áreas Marinas, relacionados con la recreación de escenarios de inundación para las zonas costeras, utilizando la información resultante del proyecto de mapeo tridimensional de las costas con tecnología LIDAR, los cuales permiten visualizar las áreas inundables, a partir de la construcción de una realidad virtual, que reconstruye la topografía de las áreas de interés y sus coberturas, gracias a las bondades ofrecidas por software especializado

en el procesamiento y manipulación de datos tridimensionales.

## Conclusiones

- Los eventos de inundación son considerados como el riesgo natural con mayor incidencia e impacto en el ámbito social y económico de una región. El análisis y estudio detallado del comportamiento de las áreas inundables, así como el índice de vulnerabilidad de las poblaciones potencialmente afectadas requiere de cartografía de precisión que permita anticipar las consecuencias de su materialización. La vocación de uso de la información espacial obtenida a través del uso de un sensor LIDAR, sin duda aporta a la consecución de este objetivo.
- DIMAR ha enfatizado en la importancia de reconocer las zonas costeras e insulares como áreas de "Alto Riesgo", por ser propensas a sufrir inundaciones por efectos del ascenso del nivel medio del mar, o por fenómenos meteorológicos tales como tormentas y huracanes que cada año aumentan su frecuencia e intensidad y que causan grandes

daños materiales en el litoral, afectando las infraestructuras portuarias, turísticas, industriales, viales y demás coberturas y actividades que sobre ella se desarrollan.

- Las iniciativas que en este sentido adelanta la entidad solo pretenden aportar a las iniciativas del orden nacional que lidera el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, a través de la Oficina de Cambio Climático y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- La Vicepresidencia de la República ha resaltado la importancia del trabajo técnico que desarrolla DIMAR y ha enfatizado en la necesidad de articular la gestión del riesgo en las zonas costeras y los bienes de uso público con los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial, de los municipios costeros. Así mismo, se hace un llamado a los gobernantes regionales y locales para empezar a tomar decisiones a nivel país, que permitan en el mediano y largo plazo la adaptación de las zonas costeras del territorio colombiano, para enfrentar los efectos del cambio climático.

## Referencias Bibliográficas

- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS "JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉS"  
- INVEMAR. Programa holandés de asistencia para estudios en cambio climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe Insular y Pacífico), y medidas para su adaptación. Informe Técnico No. 1. Santa Marta. 2003.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Vulnerabilidad y adaptación de la zona costera Colombiana al ascenso acelerado del mar. Bogotá, D.C., diciembre, 200.

www.cambioclimatico.gov.co  
www.ipcc.ch Intergovernmental Panel on Climate Change.