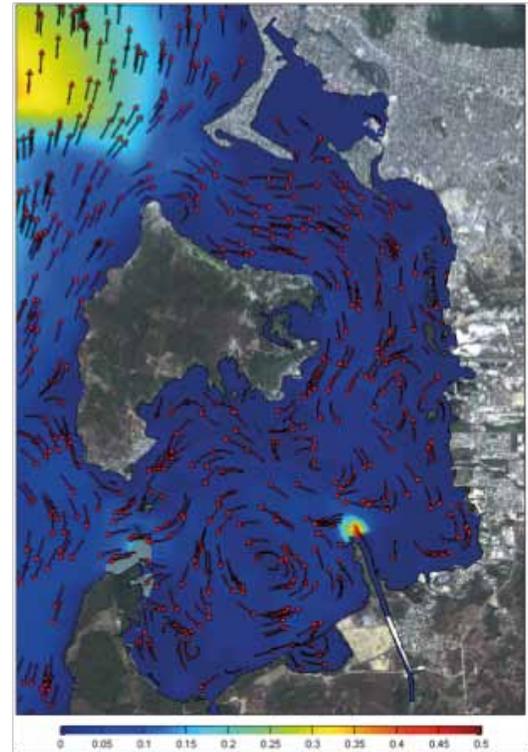


## MODELACIÓN MATEMÁTICA · UNA HERRAMIENTA PARA CONOCER EL FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO DEL SISTEMA Y PLANTEAR ALTERNATIVAS

El proyecto "Restauración Ambiental del Canal del Dique" tiene como objetivo restablecer y optimizar el sistema hidrológico y ecológico del Canal del Dique, ciénagas adyacentes y las zonas costeras. Esto requiere una comprensión integral del complejo sistema hidrológico y sedimentario del Canal, que se encuentra conectado al río Magdalena. Para ello, se revisaron a fondo los estudios existentes y se integró la información obtenida en las campañas de mediciones, realizadas por expertos del Consorcio Dique, las cuales describen el estado actual del sistema hidrodinámico, lo que permitirá realizar la calibración de los modelos matemáticos que fueron seleccionados.



**Figura 1.** Resultado de la simulación de inundación en el tramo medio del Canal. El azul oscuro denota inundaciones de gran profundidad y el azul claro representa inundaciones de menor profundidad. Por su parte, el color anaranjado muestra los terrenos no susceptibles a inundación en esta simulación. La red de puntos distribuidos en la imagen, muestra los puntos nodales de almacenamiento de agua.



**Figura 2.** Dirección de las corrientes en la Bahía de Cartagena y Bahía de Barbacoas. El penacho de color (azul claro, amarillo y rojo) alrededor de la boca del Canal muestra la concentración de sedimentos en el sitio actual de descarga del canal.

### Modelo matemático: Sobek 1D 2D

El Sobek 1D 2D es un sistema integrado de modelos numéricos basado en la resolución por diferencias finitas, que permite el estudio de la calidad de las aguas, intrusiones salinas, transporte de sedimentos y cambios morfológicos en ríos y estuarios.

### ¿Por qué es importante este modelo matemático para el proyecto del Canal del Dique?

Permitirá analizar la parte de aguas-abajo del río Magdalena hasta Barranquilla, el Canal del Dique y la

# RESTAURACIÓN DEL SISTEMA CANAL DEL DIQUE

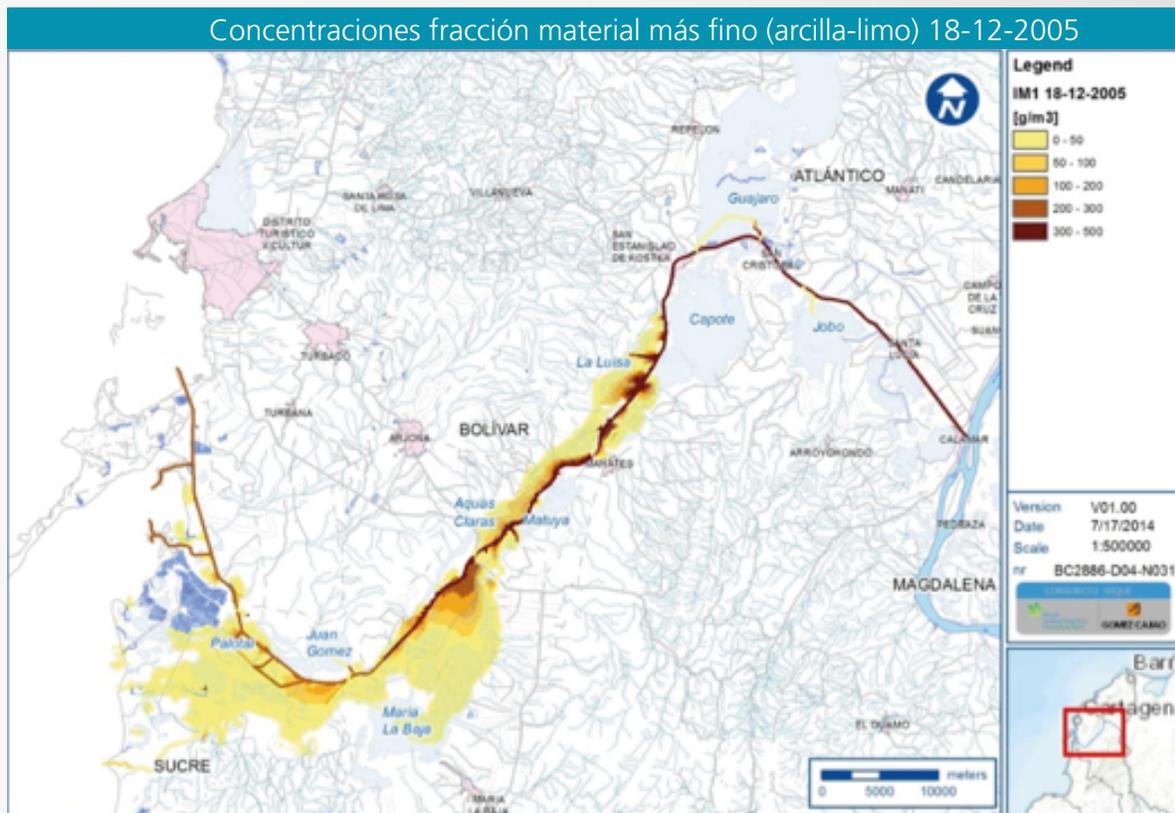
zona costera (que abarca la Bahía de Cartagena, la Bahía de Barbacoas y las Islas del Rosario y San Bernardo).

En la primera etapa del proyecto los modelos matemáticos serán utilizados para la evaluación hidráulica y sedimentológica del sistema, con el fin de evaluar y comparar diferentes alternativas, así como determinar su impacto en el medio ambiente, y para ayudar en la evaluación y selección de la alternativa recomendada al Fondo Adaptación.

Esto significa que el modelo hará posible estudiar el comportamiento de las aguas en todo el sistema, es decir en el Canal, las ciénagas, los caños de conexión y las bahías (de Barbacoas y Cartagena), para simular diferentes escenarios en donde se establece los lugares que son susceptibles de inundarse, la forma en que este proceso se daría y fijar así alternativas de solución para cada una de estas posibles situaciones.

En las siguientes etapas del proyecto, también se utilizarán estos modelos para apoyar el diseño detallado de las obras finales y el sistema automatizado de manejo del proyecto, que es la columna vertebral del mismo. Este sistema permitirá manejar de manera controlada los caudales del Canal (Control activo de caudales) y los niveles de las ciénagas del Sistema Canal del Dique, de tal manera, que se controlen las inundaciones y permita la restauración ambiental de este importante ecosistema.

El objetivo de los estudios con estos modelos matemáticos es proporcionar información precisa sobre la hidrodinámica de las ciénagas, la variación que tiene durante el año el nivel del agua de las estaciones en río Magdalena y el Canal del Dique, los niveles de inundación y su extensión, el transporte de sedimentos finos, y la intrusión de agua salada, con el fin de caracterizar el sistema. Esta información será

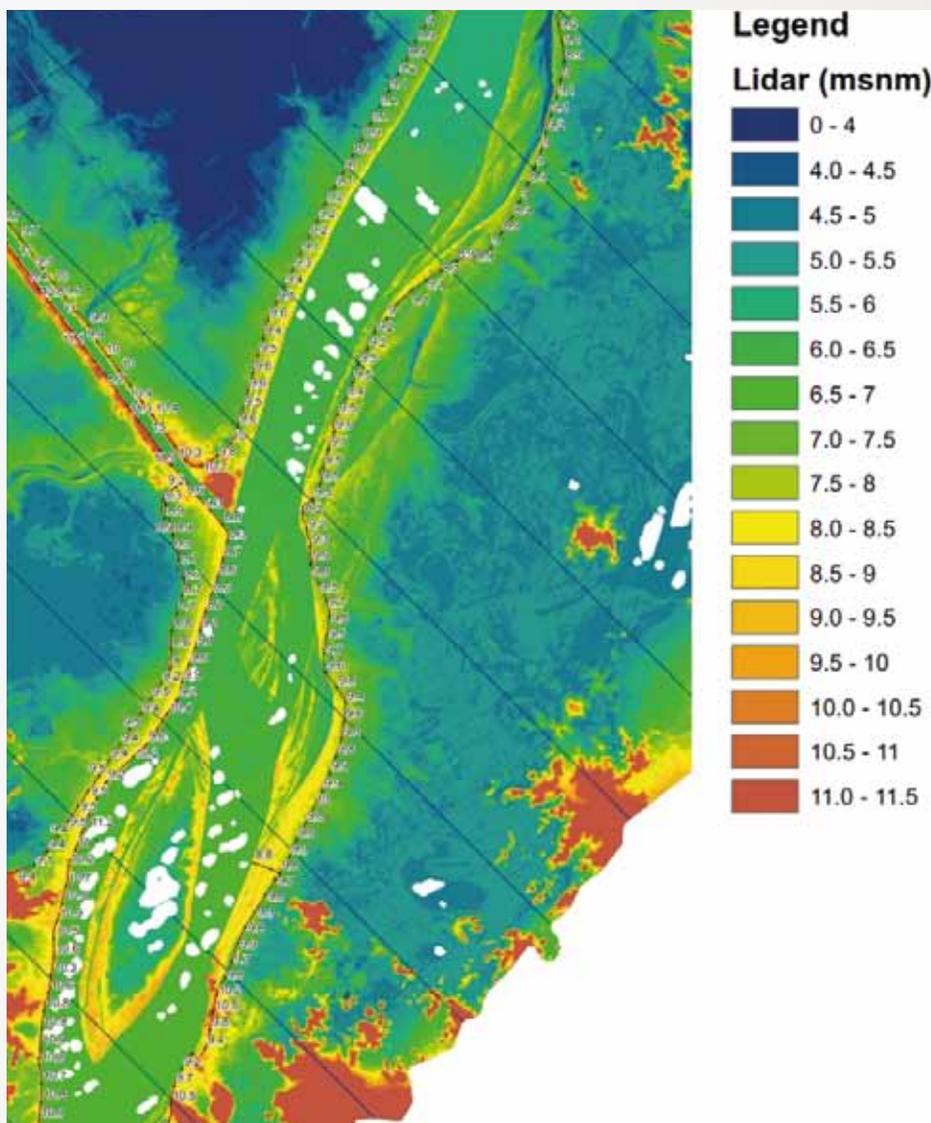


**Figura 3.** Distribución de sedimento en suspensión del canal del Dique a las ciénagas, como resultado de desbordamiento y flujo a través de los años. El color oscuro representa mayor acumulación de sedimentos, en tanto que el más claro muestra menor sedimentación.

# RESTAURACIÓN DEL SISTEMA CANAL DEL DIQUE

fundamental en la formulación y el detalle de las alternativas en aspectos como los sistemas y medidas de seguridad contra las inundaciones, la adecuada gestión de sedimentos, la intrusión de agua salada, las dinámicas hidrológicas y ecológicas de ciénagas, las condiciones para la pesca, la acuicultura y la agricultura, así como el abastecimiento de agua potable y la optimización de la navegación.

Esta es la primera vez que se utiliza este modelo en el Canal del Dique, con la información integrada y actualizada de la topografía aerotransportada LIDAR (acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) (escala 1:1000) y las batimetrías medidas en el Canal del Dique, río Magdalena, bahías y las ciénagas. La tecnología LIDAR se utiliza en geología, sismología y física de la atmósfera para establecer distancias entre un emisor láser y una determinada superficie u objeto y a su vez las batimetrías permiten establecer los niveles de profundidad de fondos lacustres y marinos.



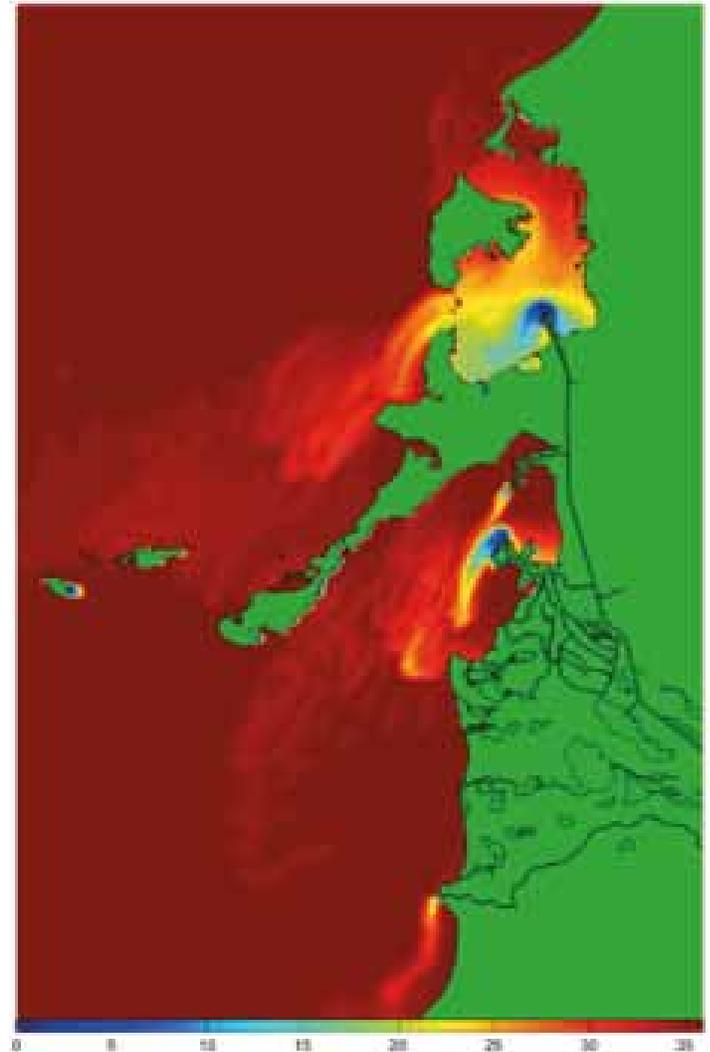
*Figura 4.* LIDAR de alta precisión, se aplicó para obtener secciones transversales para el modelo hidráulico del Canal del Dique, incluyendo las llanuras de inundación y ciénagas.

Con estos datos, fue posible generar un modelo acoplado que conecta el Canal del Dique con el río Magdalena, por lo que es posible evaluar el impacto de las medidas en el Canal sobre el nivel y las descargas de agua en el río Magdalena directamente. Es la primera vez que un modelo matemático, para el sistema, ha sido desarrollado de forma integrada.

Los modelos se han calibrado con datos de terreno e hidráulicos precisos. Con este fin todas las estaciones de niveles de agua han sido verificadas topográficamente y el nivel de referencia corregido y unificado al sistema Magna Sirgas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Éste es el sistema de referencia oficial del país que garantiza la compatibilidad de las coordenadas colombianas con las técnicas espaciales de posicionamiento y con los conjuntos internacionales de datos geo-referenciados.

La puesta en marcha, por parte del Consorcio Dique, de la red de las 16 estaciones automáticas de medición de registro continuo de niveles de agua en las ciénagas y en el Canal, facilitan la mejor comprensión de la interacción ciénaga – canal y ciénaga – ciénaga.

Se han tomado fotografías aéreas de las inundaciones que han sido utilizadas para verificar el funcionamiento del modelo para inundaciones y para estudiar la conectividad de las ciénagas. ■



**Figura 5.** Distribución de agua dulce en la capa superior del agua en la Bahía de Cartagena y Bahía de Barbaças (10 de marzo, 2014).