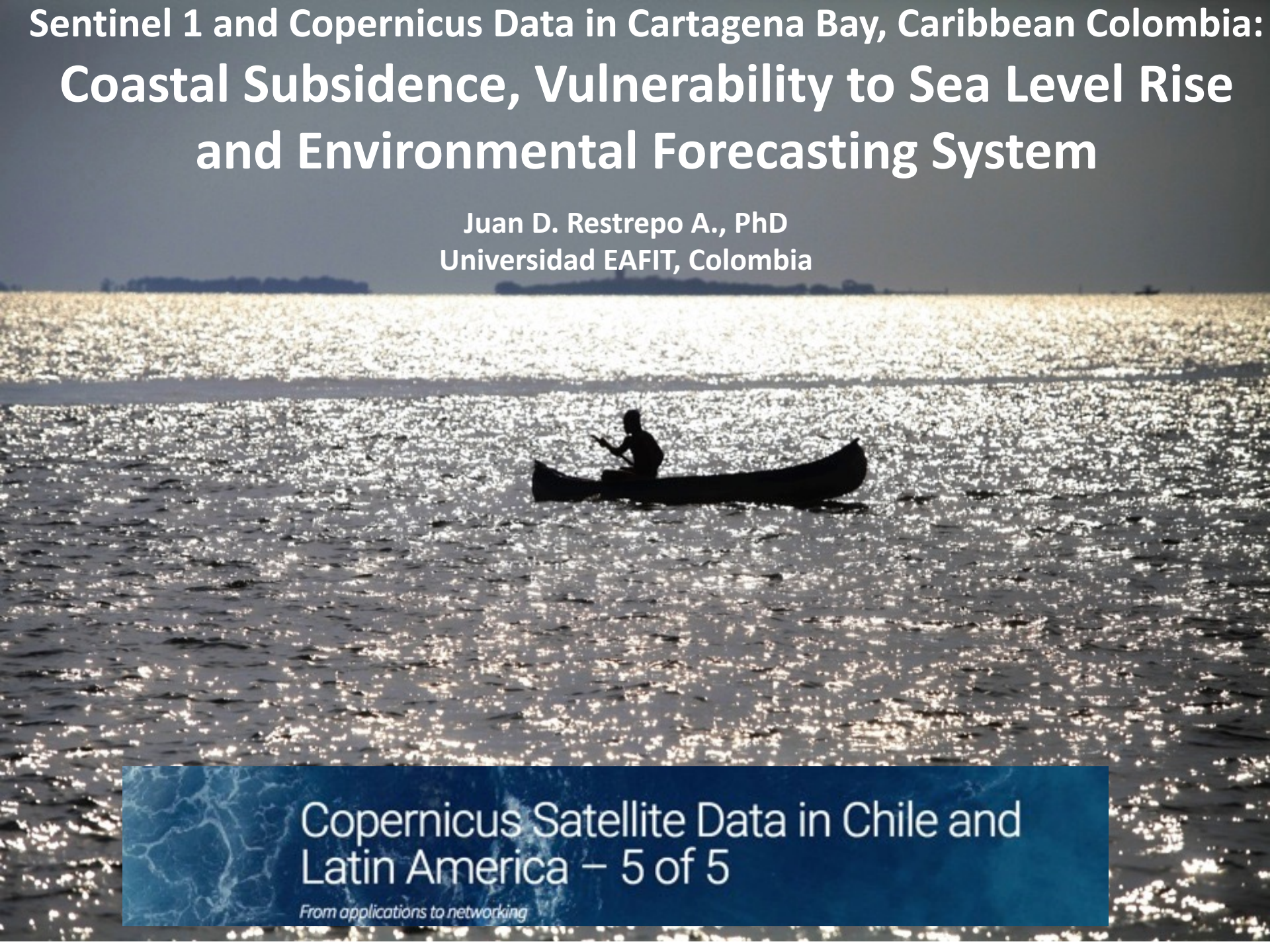


Sentinel 1 and Copernicus Data in Cartagena Bay, Caribbean Colombia: Coastal Subsidence, Vulnerability to Sea Level Rise and Environmental Forecasting System

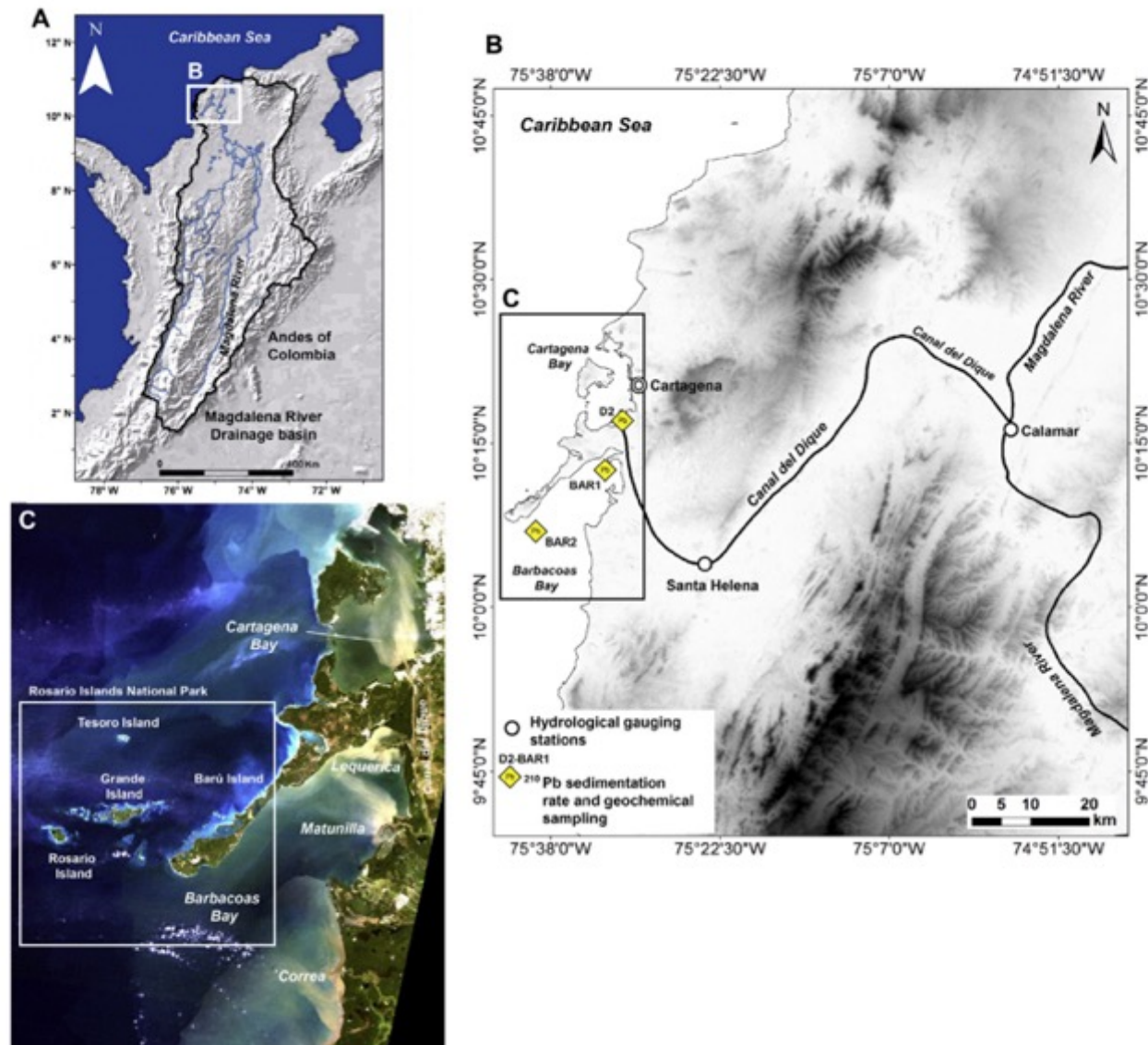
Juan D. Restrepo A., PhD
Universidad EAFIT, Colombia

A person is silhouetted while sitting in a canoe on a body of water. The water's surface is covered in bright, shimmering reflections from the sun, which is low on the horizon. The background shows a distant shoreline with some trees and structures under a clear sky.

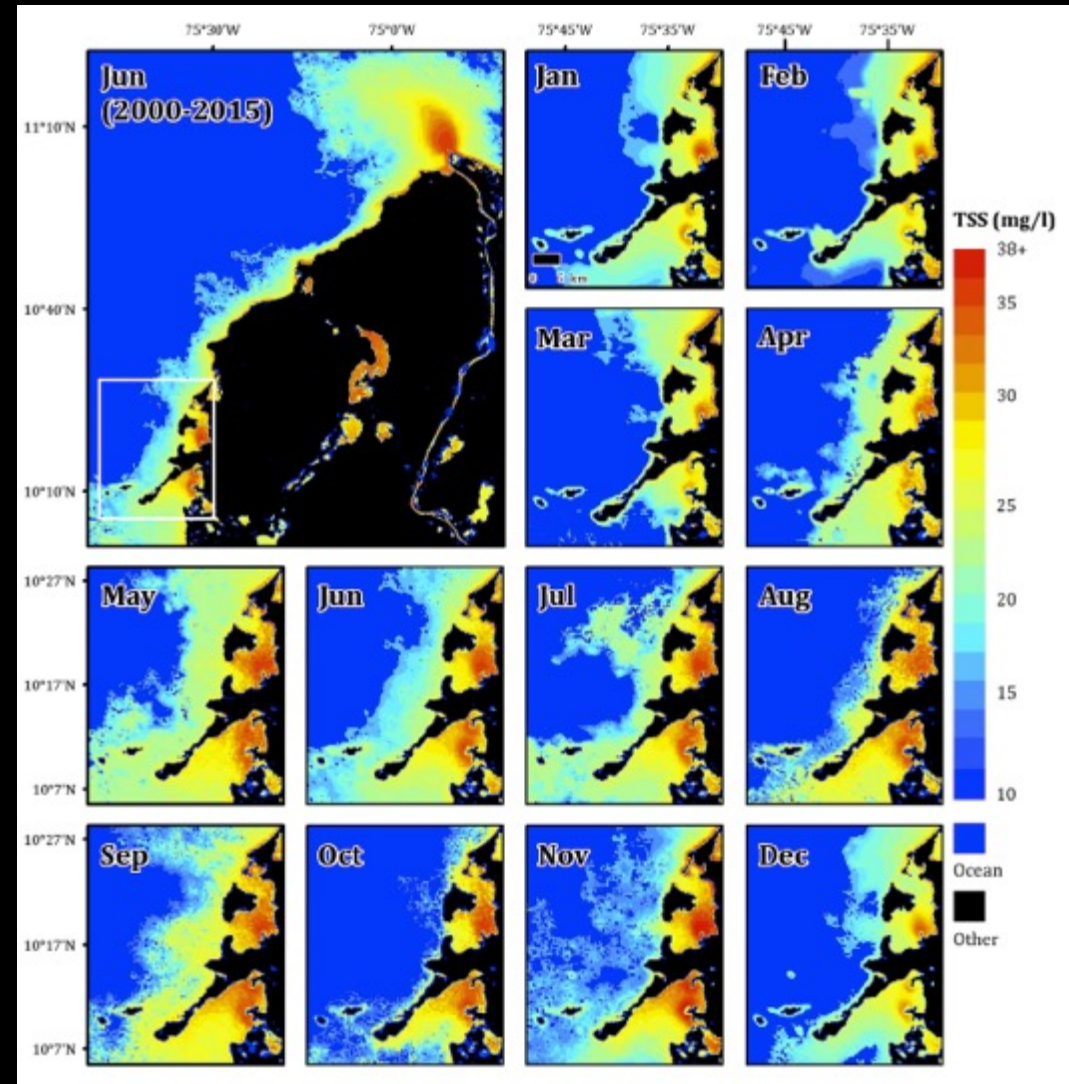
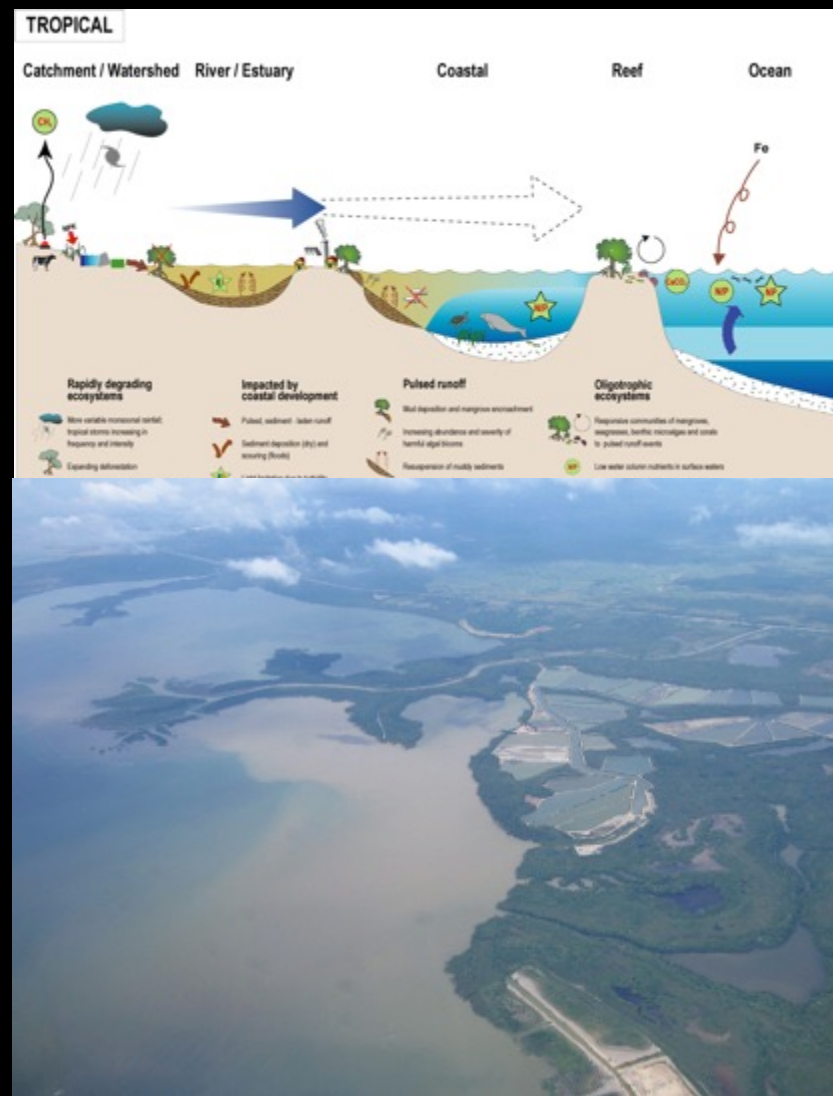
Copernicus Satellite Data in Chile and
Latin America – 5 of 5

From applications to networking

The geographical context of the Cartagena region



Estuaries and ecosystems in these Caribbean waters are impacted by continental runoff, sediment-nutrient loads, and pollution



Sentinel 1 Data: Coastal Subsidence and Sea Level Rise

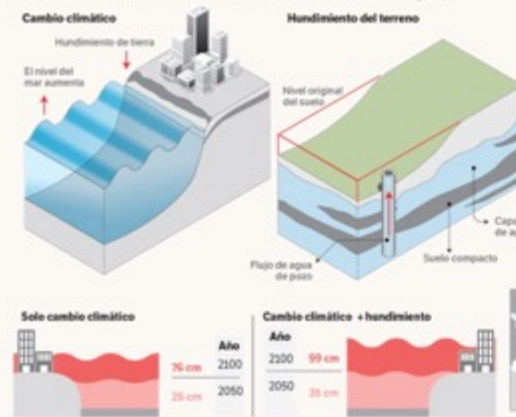


2 /



Temadeldía

Así aumentaría el nivel del mar en la Bahía de Cartagena



Las mediciones a partir del radar Sentinel 1 entre 2014 y 2020 (seis años) demuestran el hundimiento de las siguientes zonas



» En 2050, por culpa solo del cambio climático, el nivel del mar será 26 centímetros más alto que ahora.

Dique, con los resultados del procesamiento de imágenes de radar de los satélites de observación de la Agencia Espacial Europea Sentinel 1 y del Centro Aeroespacial Alemán, TerraSAR X. Así se afinaron los datos obtenidos. Pero la geología de Cartagena también demuestra que hay fallas tectónicas en el subsuelo, que son como "las cicatrices de la evolución del planeta, que se mueven de manera muy lenta", explicó Restrepo. Eso no significa que habrá terremotos, advirtió, "pero sí desplazamientos horizontales y verticales adicionales debidos a estas fracturas".

Lo cierto es que cada vez habrá más inundaciones por las calles de la ciudad y de las poblaciones vecinas y aunque estemos a más de 75 años de lo que las modelaciones indican, es necesario tomar medidas como prohibir el crecimiento de la ciudad en algunas zonas y ser muy cautos en la inversión de puertos; es decir, tener un POT que tenga en cuenta las conclusiones del estudio.

"Tenemos que prepararnos para el futuro", remató el oceanógrafo Restrepo. "Posiblemente Cartagena es el sistema ambiental más complejo que hay en Colombia". En ese sentido, propone planes de expansión de las estaciones GPS para continuar monitoreando el subsuelo y sus consecuencias en la superficie y en el nivel del mar de diferentes sectores de Cartagena.

Sobre las conclusiones del estudio, Alex Saer Saker, director de cambio climático y gestión del riesgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dijo: "Los resultados nos invitan a pensar que la planeación y la política de la ciudad tienen que ser enfocadas a la adaptación. A cómo protegemos los espacios consensuados, comunidades e infraestructuras, para que Cartagena pueda ser viable en unos cuantos años, porque no solo se afectarían sus medios de vida, sino también sus medios de desarrollo: turismo, comercio, industria".

En 2050 el nivel del mar será 35 centímetros más alto que ahora

Cartagena se está hundiendo

Un grupo de científicos encontró que, debido a varios fenómenos naturales, la ciudad poco a poco se hunde, lo cual hará que el aumento del nivel del mar sea más alto de lo esperado. Sus resultados se publican en la revista "Scientific Reports". Sugieren que se prohíba el crecimiento en algunos puntos.



Desde 1950 el nivel del mar ha subido de manera constante en Cartagena. Hoy su tasa de ascenso es la segunda más alta de todo el Caribe, después de Haití, y es tres veces mayor que la de Panamá, su vecino geográfico y geológico. Cada año el nivel aumenta 7 milímetros (mm), de los cuales el cambio climático solo es responsable de 2,6 mm. ¿Por qué está sucediendo esto? ¿Qué está causando los 4 mm restantes? El Proyecto Basic, una investigación que reunió a científicos de las universidades e instituciones nacionales y extranjeras, entre ellas la EAFIT, la de Cartagena y la de Los Andes, intentó resolver

esa pregunta. Tras estudiar el cambio climático en la Bahía de Cartagena y analizar los datos de estaciones geodésicas permanentes (GPS) instaladas en tres puntos de la Bahía, imágenes satelitales y mareógrafos, encontró la respuesta: la ciudad se está hundiendo. Sus resultados se publican en la revista Scientific Reports, del grupo Nature.

"Si saca agua del suelo subterráneo, petróleo o gas, los suelos se compactan por el peso y por eso ese espacio queda vacío", explicó Juan Darío Restrepo, oceanógrafo y profesor investigador de EAFIT, en la socialización de los resultados hace unos días en Cartagena.

Además, Mamonal, Tierra Bomba, Barú y la Bahía de Cartagena están sobre al menos 45 volcanes activos de lodo, fenómeno que los geólogos llaman diapiromos. Así, entre 2017 y 2020, la Ciénaga de la Virgen, Pasacaballos y

Bocagrande reflejan las tasas más altas de hundimiento. En 2050, por culpa solo del cambio climático, el nivel del mar será 26 centímetros más alto que ahora. "Con un pequeño mar de leva se duplica; con cualquier brisa a sus calles se podrían inundar", dijo Restrepo. Pero si se suma el hundimiento del terreno, serán 35 centímetros. A 2000 la elevación llegará a un metro.

El estudio fue acompañado por el geofísico Shimon Widowski, de la Universidad Internacional de Florida, uno de los científicos que demostró el riesgo en que estaba el edificio Champlain Towers South, de Miami, que se desplomó el pasado 24 de junio.

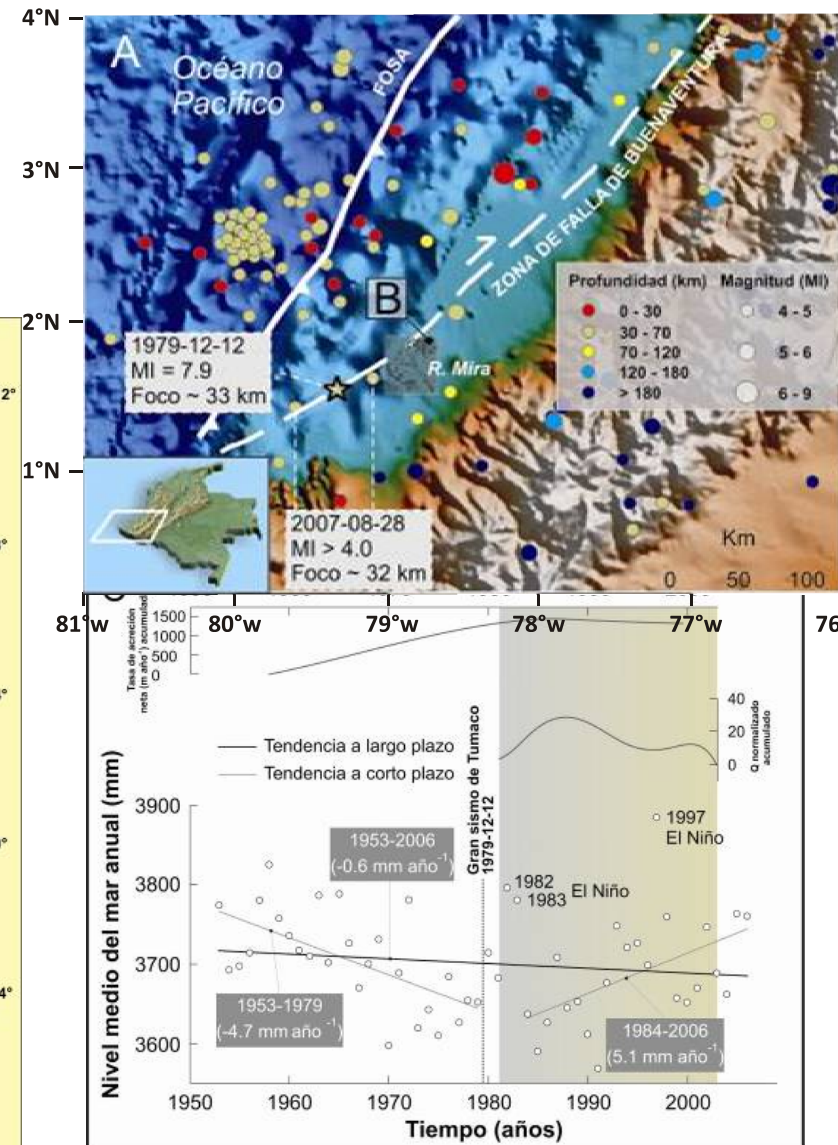
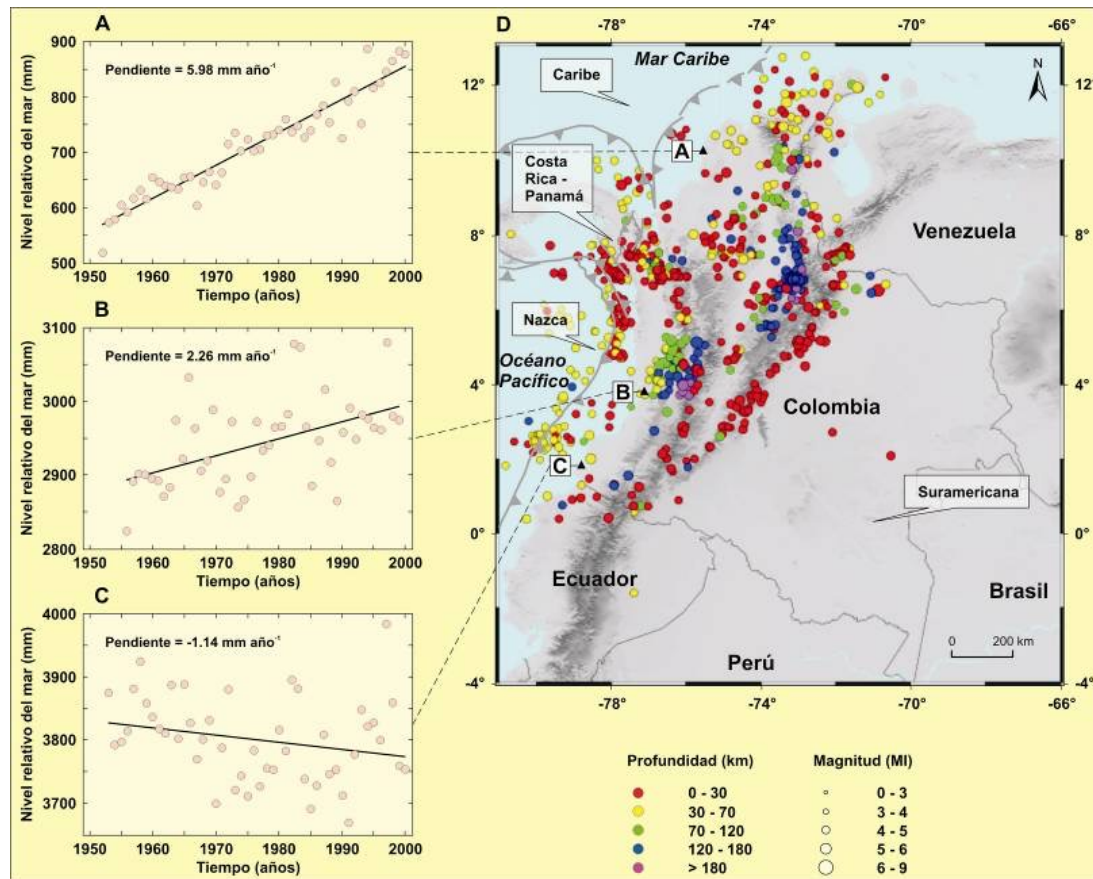
En diálogo con El Espectador, Widowski confirmó que los procesos naturales, incluido el vulcanismo de lodo y la compactación de sedimentos, producen el hundimiento observado en Cartagena. Y si bien "es poco probable

que los humanos puedan detener el hundimiento en Cartagena, pueden desempeñar un papel importante en la desaceleración de la tasa de aumento del nivel del mar y las futuras inundaciones en Cartagena al reducir la tasa de emisiones de carbono, como han defendido muchas organizaciones, incluido el IPCC".

Por su parte, el geodesta Héctor Mora, del Servicio Geológico Colombiano y coinvestigador en este estudio, dijo que "cuando hay exceso de humedad y se le pone el peso de las edificaciones, se compacta bastante" el terreno. Y agregó que la estimación cuantitativa de los valores posibles de subsidencia o hundimiento en Cartagena se basó en la combinación de datos recolectados durante varios años en tres estaciones de GPS ubicadas en Barú, en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) en Manzanal y en el Canal del

The Main Problem.....

In a country with high tectonic activity, most scenarios of sea level rise are extrapolations from global sea level trends or local tide gauge data, but without exploring the geologic contribution.

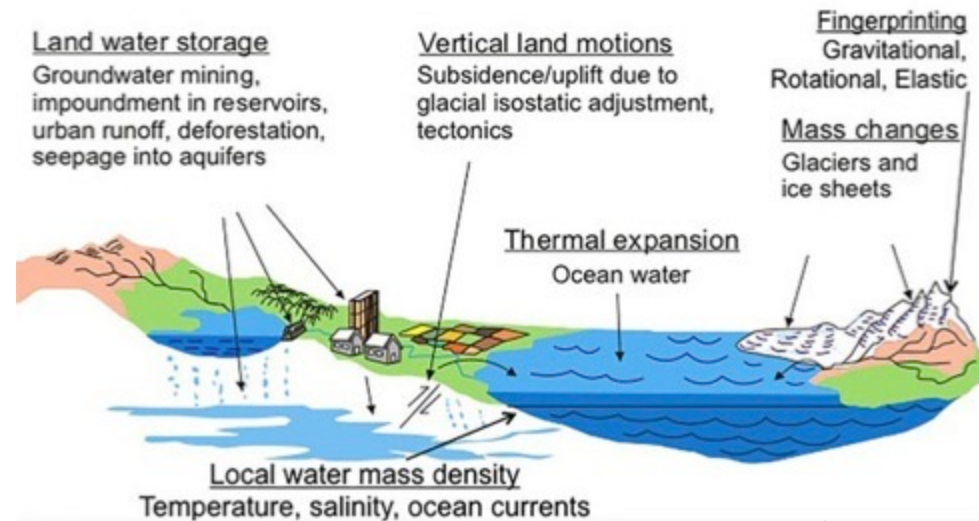


Restrepo, ed. 2008

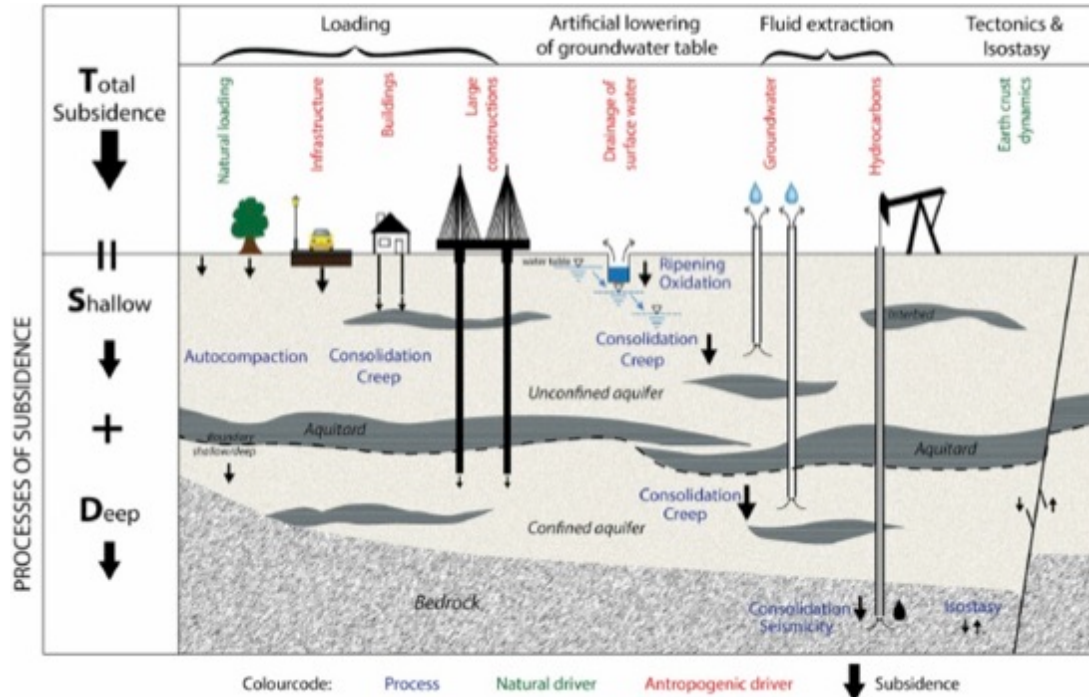
Some background about the Forces that control Sea Level rise

- Eustacy (Steric processes)
- Isostasy (Crust processes)

Causes of Sea Level Change

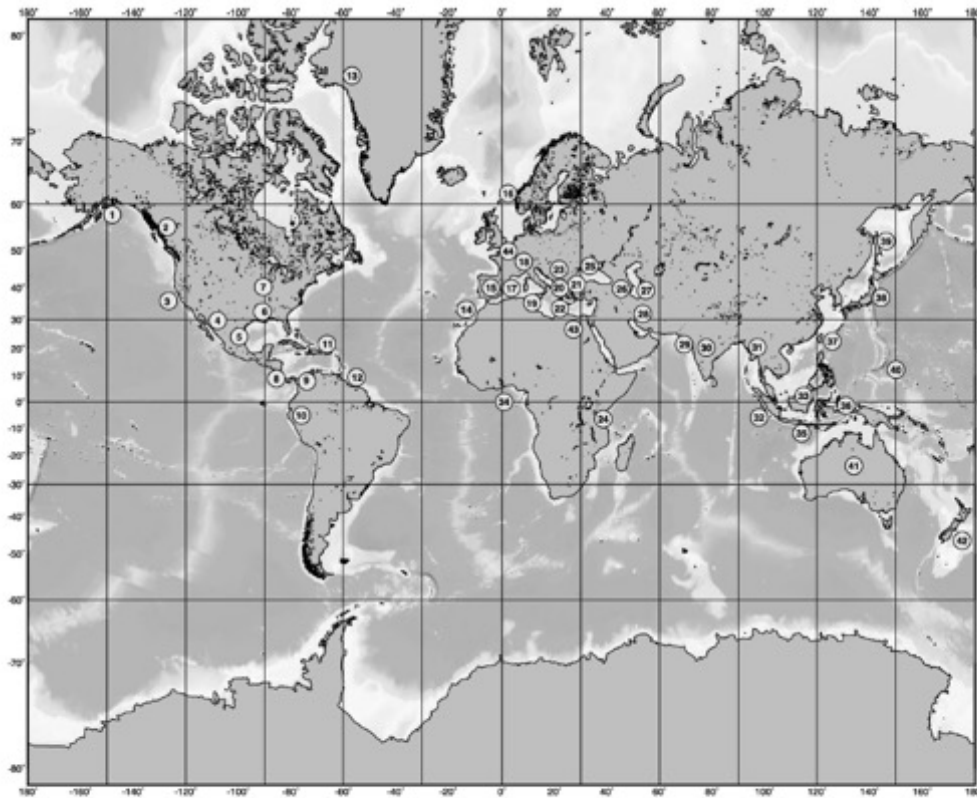


Horton et al. 2017.

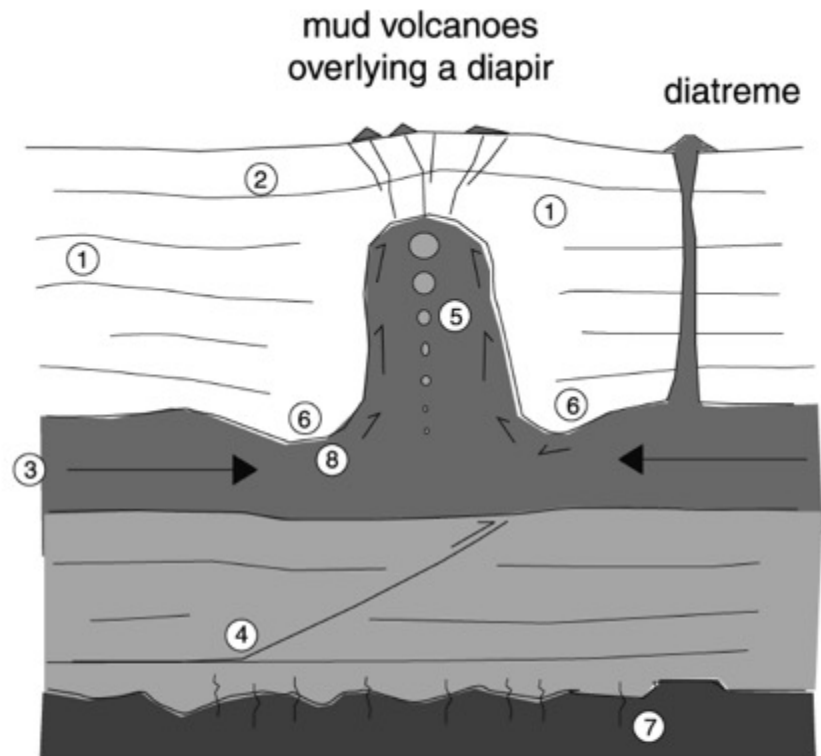


Minderhoud et al. 2015.

Diapirism: Gas and Mud Volcanoes



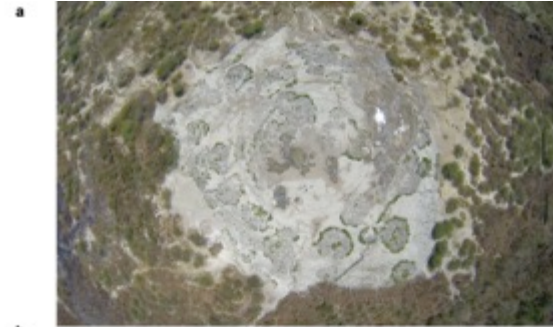
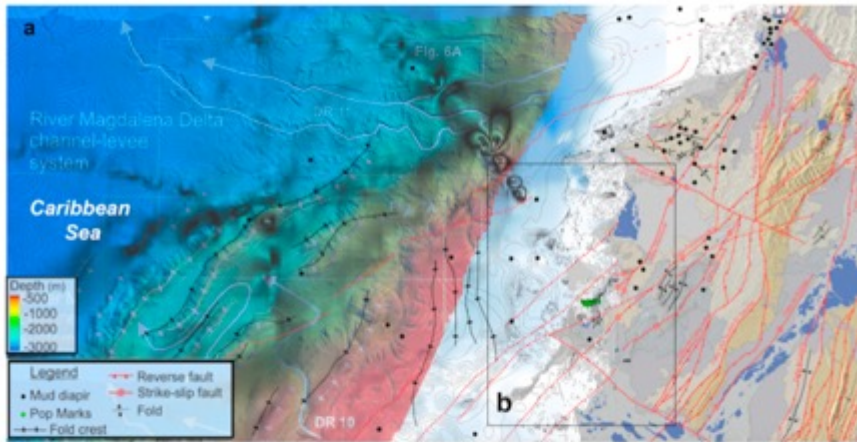
- | | | |
|---|--|--|
| 1 Alaskan Trench, Alaska Margin; Copper River Basin | 15 Spain | 30 India |
| 2 British Columbia, Canada | 16 Barents Sea, North Sea, Baltic Sea | 31 Burma |
| 3 Cascadia (Oregon, Washington) | 17 Alboran Sea | 32 Sumatra, Java |
| 4 California, Nevada | 18 Western Alps, Apennines/Italy | 33 Borneo, Brunai, Sabah/Malaysia |
| 5 Mexico, Gulf of Mexico | 19 Sicily | 34 Central Australia (Gosses Bluff) |
| 6 Texas, Mississippi, Louisiana | 20 Polesponnaeus/Greece, Adriatic Sea | 35 Timor-Ceram Arc |
| 7 Lake Michigan | 21 Aegean Sea | 36 Iran, Rayn, Papua New Guinea |
| 8 Costa Rica | 22 Eastern Mediterranean Sea | 37 Taiwan |
| 9 Colombia | 23 Roumania | 38 Ryukyu Trench, Nankai, Japan Trench, Ji |
| 10 Ecuador | 24 Tanzania/East Africa | 39 Sakhalin Island/Sea of Ochotsk |
| 11 Barbados | 25 Black Sea, Karth and Chinese Peninsulas | 40 Marianas |
| 12 Venezuela and Trinidad | 26 Caucasus (Taman, Georgia, Azerbaijan) | 41 Australia |
| 13 Greenland, North Atlantic | 27 Caspian Sea | 42 New Zealand |
| 14 Morocco/North Africa | 28 Iran, Turkmenistan | 43 Lybian Desert, Egypt |
| | 29 Mahran and Pabedian | 44 Netherlands |



fluid sources for overpressuring and mud extrusion:

- (1) pore fluid expulsion from compaction
- (2) biogenic methane from degradation of organic matter
- (3) lateral fluid flux through stratigraphic horizons or fault zones
- (4) fluid migration along deep seated thrusts
- (5) thermogenic methane and higher hydrocarbons
- (6) fluids from mineral dehydration (opal, smectite)
- (7) hydrothermal fluids, alteration of crustal rock
- (8) fluid expulsion from internal deformation within the diapiric intrusion

Geologic Setting of Cartagena



b

MUD VOLCANO EL RODEO LOCATED IN CARTAGENA



MUD ERUPTION OF EL RODEO VOLCANO IN 2014



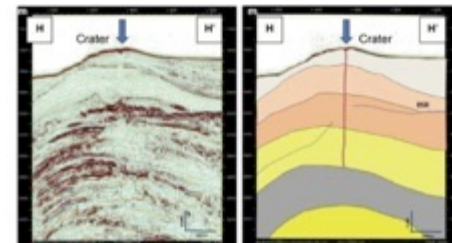
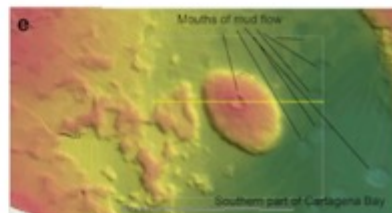
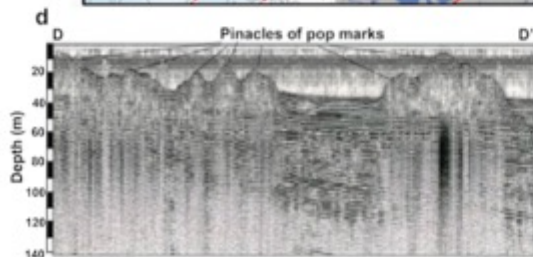
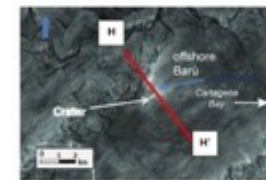
STRUCTURAL DAMAGES IN BUILDINGS 2014



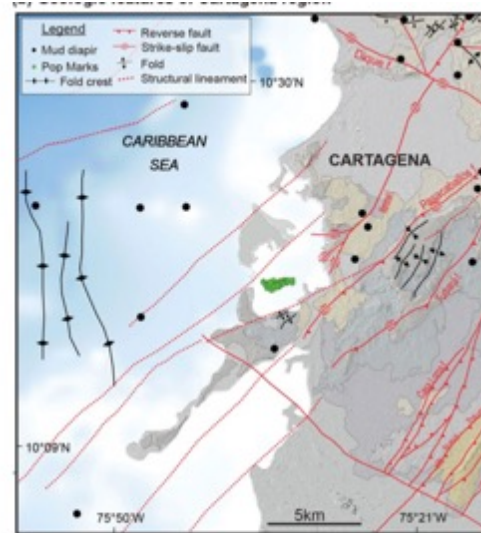
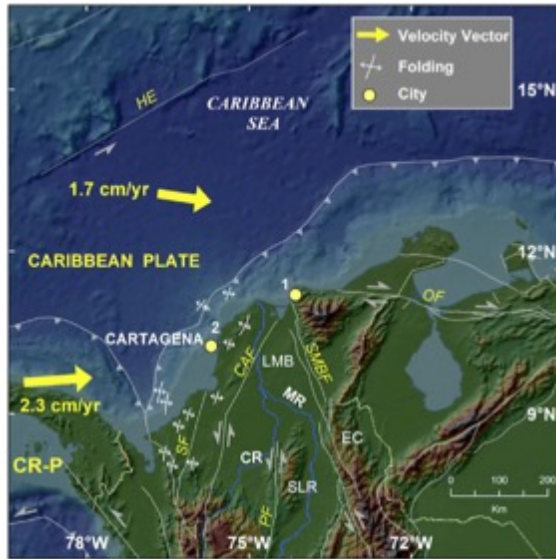
STRUCTURAL DAMAGES IN BUILDINGS 2014



c



Tide Gauge and Subsidence Estimations



(c) Gauging stations of relative sea level and subsidence



Historic district



Downtown

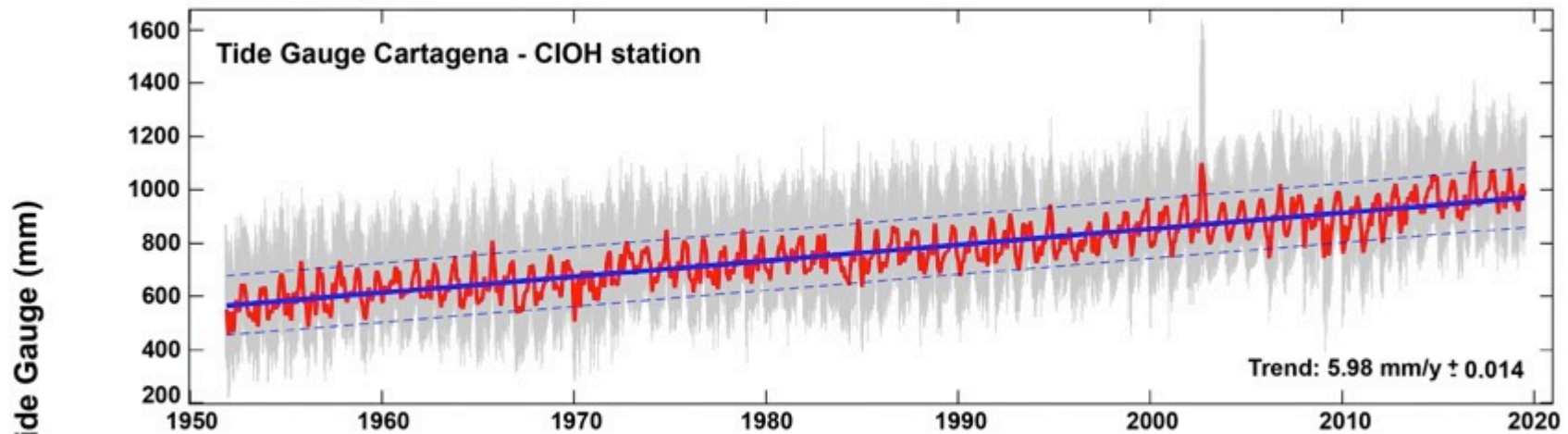


Legend

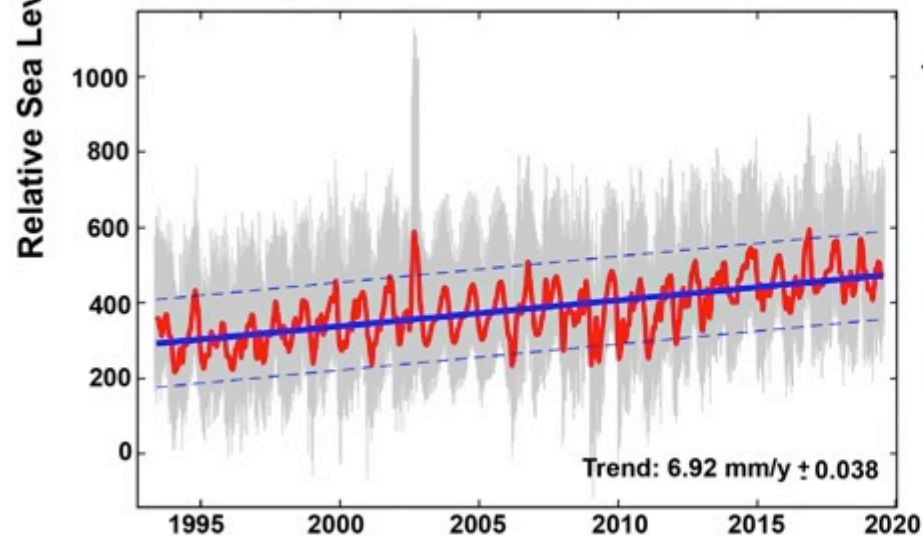
- GPS Geodetic stations (Colombian Geologic Survey)
- ▲ Tidal gauge at the Oceanographic Institute - Colombian Navy - CIOH
- InSAR data of subsidence utilizing Sentinel 1 and Terrasar X satellite images
- Offshore satellite altimetry data of mean sea level
- Pressure sensor deployment for water level measurements

Relative Sea Level Rise

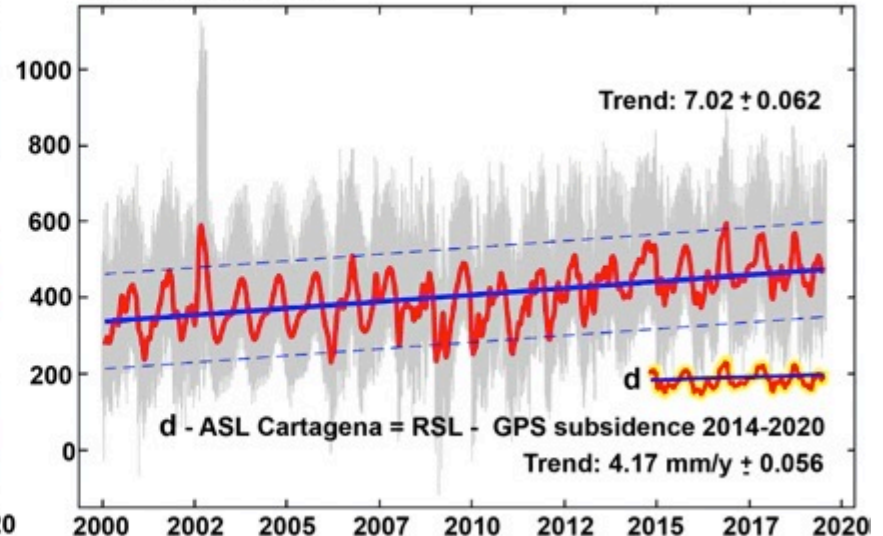
a - RSL 1952-2019



b - RSL 1993-2019



c - RSL 2000-2019

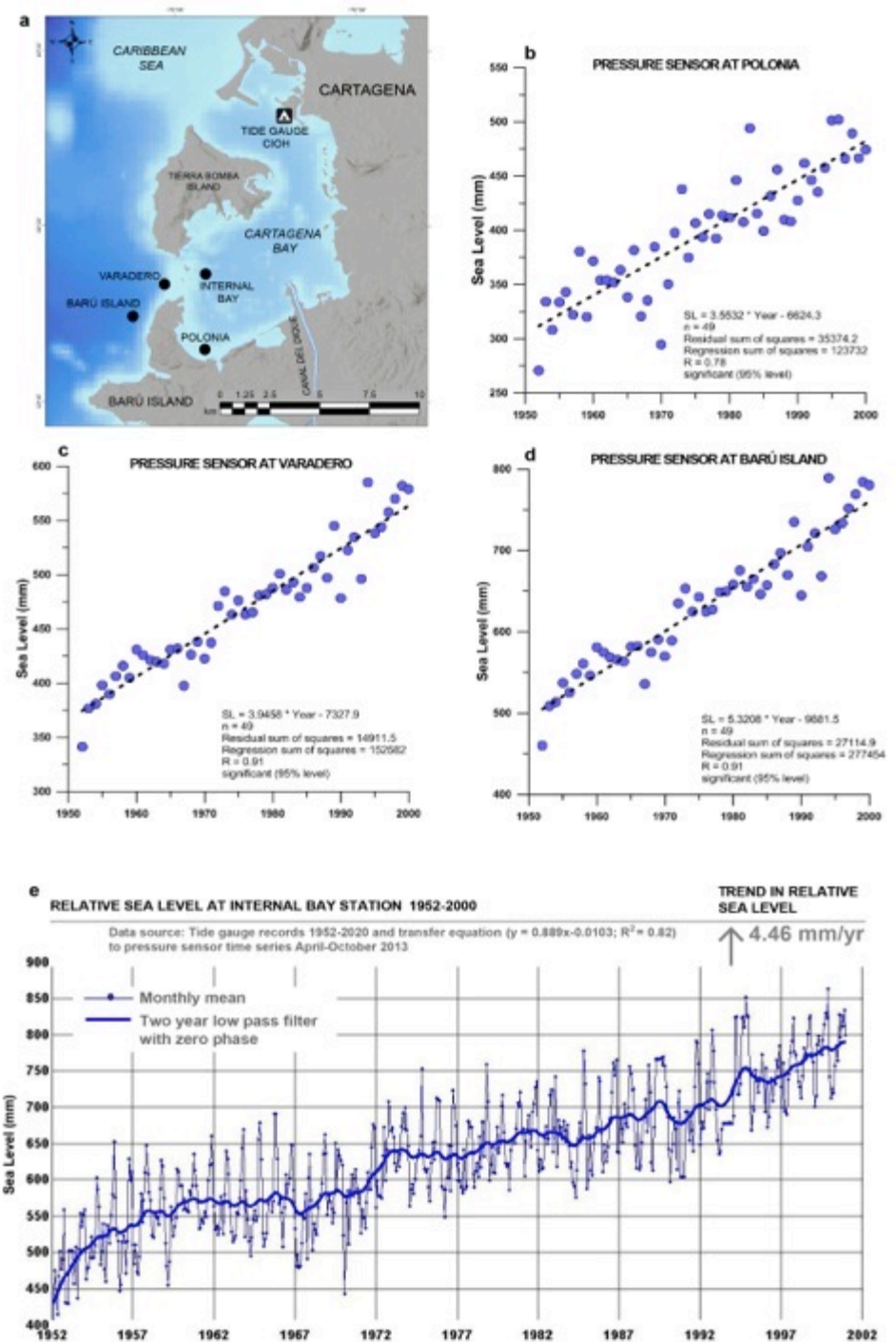


d - ASL Cartagena = RSL - GPS subsidence 2014-2020

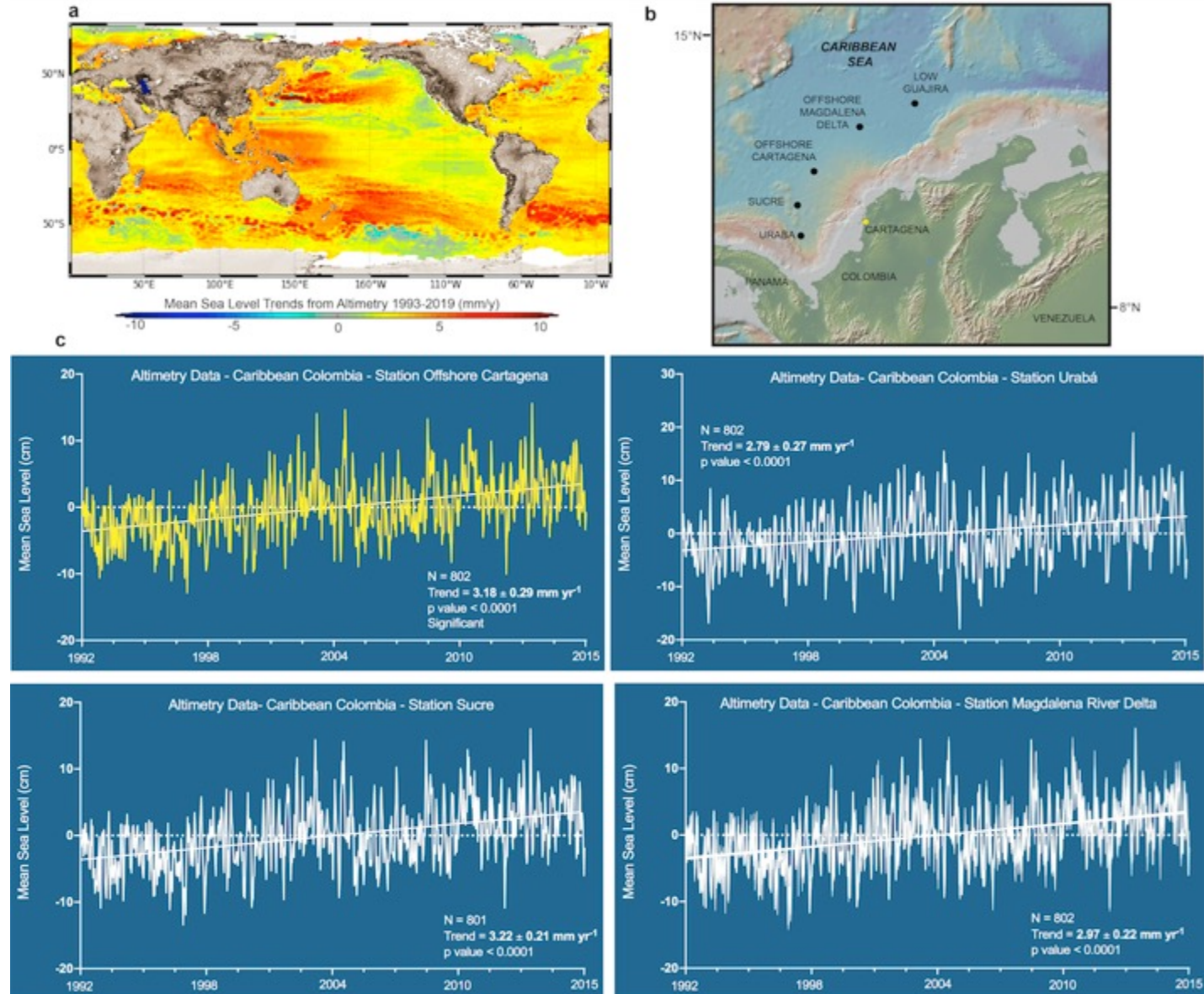
Trend: $4.17 \text{ mm/y} \pm 0.056$

Pressure Sensor Data

- Rise of RSL of 4.46 mm/yr (1952-2020) is of the same magnitude as that observed in previous sea level studies.



The Eustatic Component of Relative Sea Level Offshore of Cartagena – Satellite Data



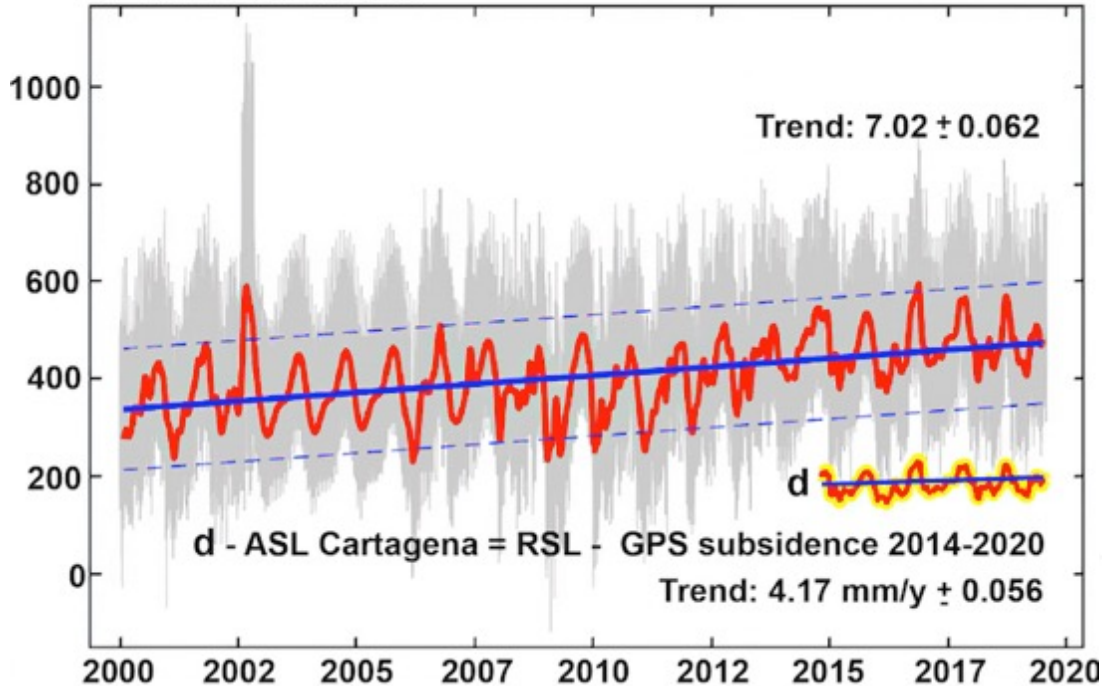
3.18 mm/yr

Restrepo et al. 2021
(Nature Sc.Rep.)

GPS Subsidence Rates

- Barú = -3.81 mm/año
- CIOH = -2.85 mm/año

c - RSL 2000-2019

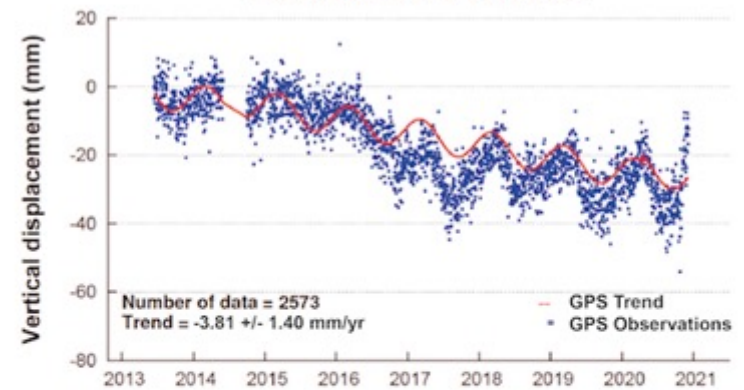


d - ASL Cartagena = RSL - GPS subsidence 2014-2020

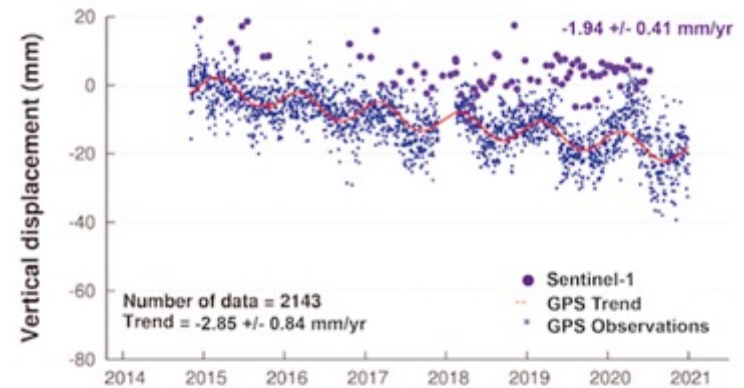
Trend: $4.17 \text{ mm/y} \pm 0.056$

- The subsidence rates of 2.85 mm represents 41% of the increasing relative sea level.

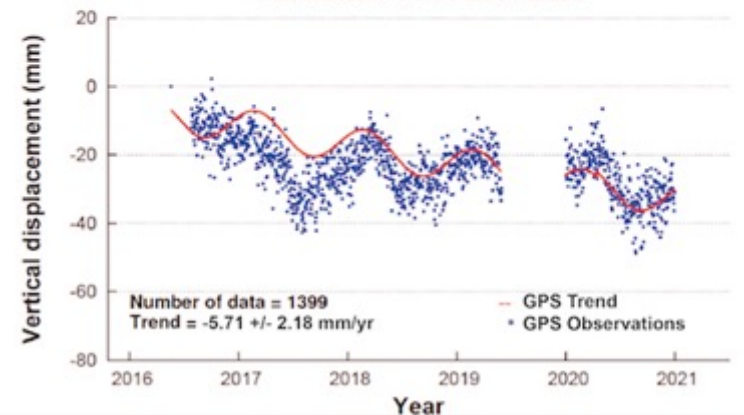
Subsidence BARU 2013-2020



Subsidence CIOH 2014-2020



Subsidence VCTG 2016-2020



Subsidence Estimations with Sentinel 1 (2014-2020) and TerraSAR X (2017-2020)

a) Sentinel-1 2014-2020

Ascending mode track



Descending mode track



b) Terrasar X - 2017-2020

Vertical cumulative displacements (cm)



Vertical cumulative displacements (cm)

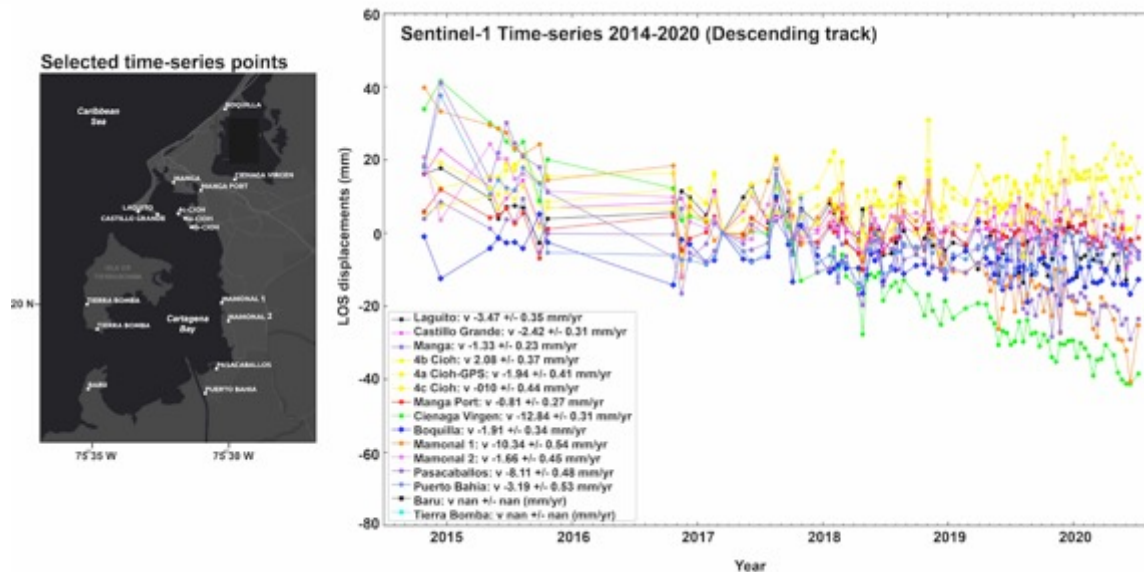
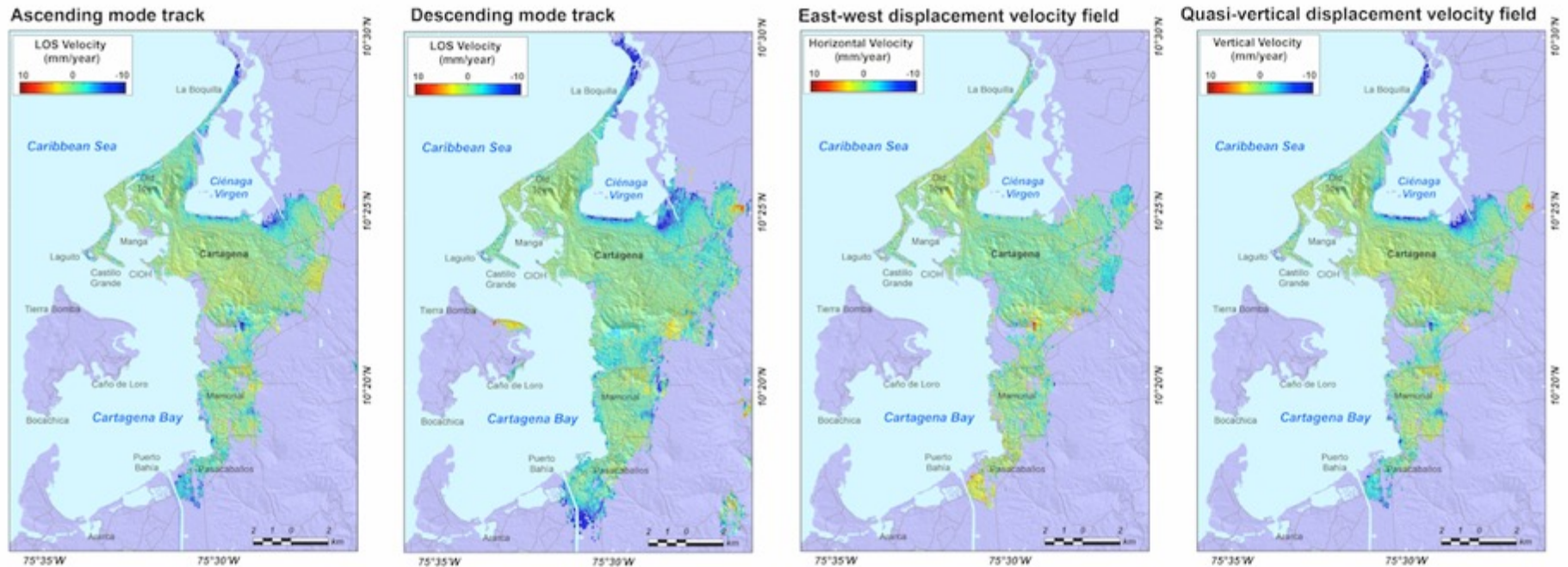


East-west cumulative displacements (cm)



Sentinel 1 Displacements

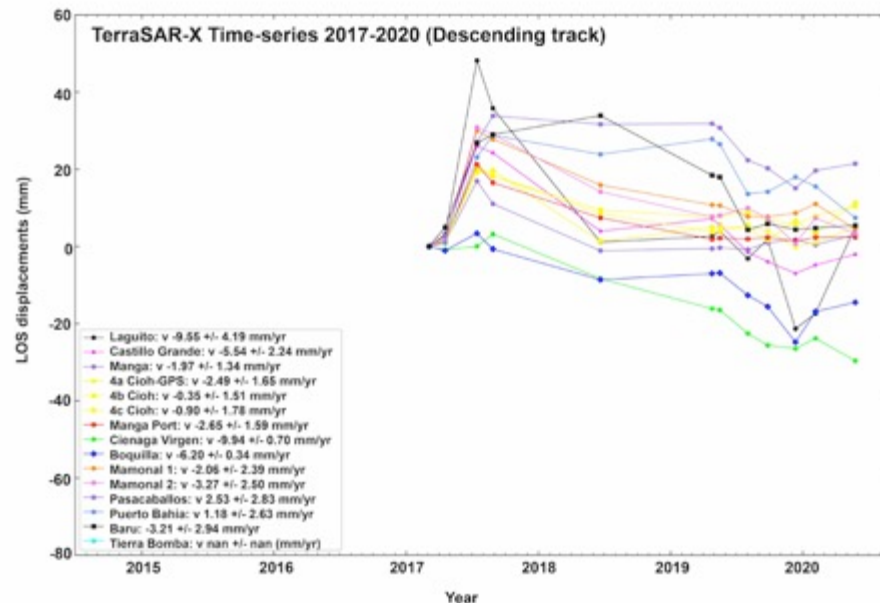
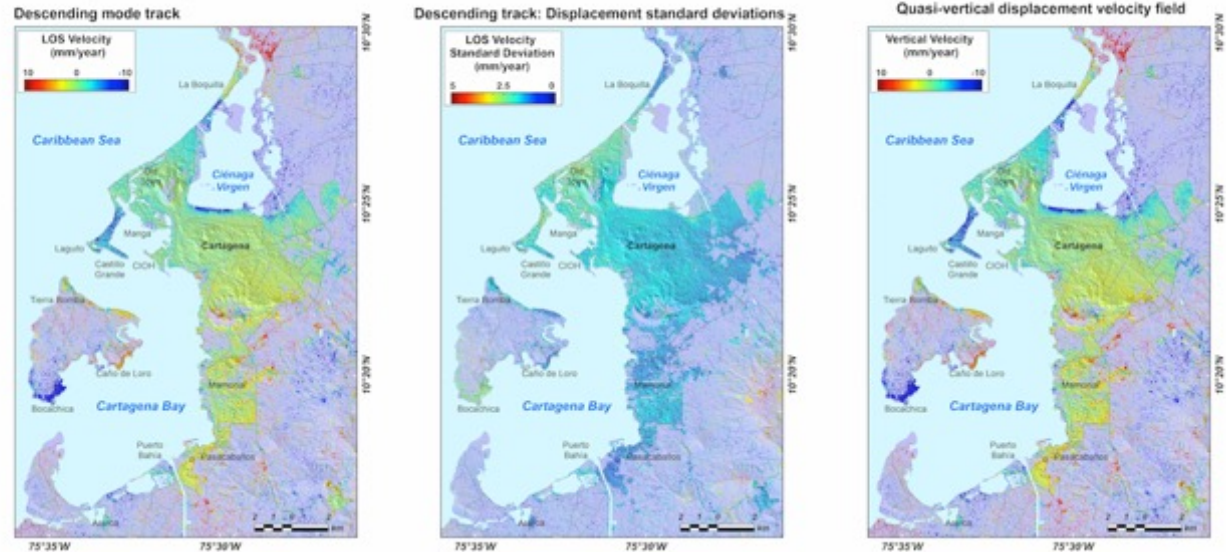
a) Sentinel-1 (2014-2020)



Subsidence Estimations with Sentinel 1 (2014-2020) and TerraSAR X 2017-2020

Similar magnitudes to other places like al Gulf of Mexico, Miami and Asian cities !!

b) TerraSAR-X (2017-2020)

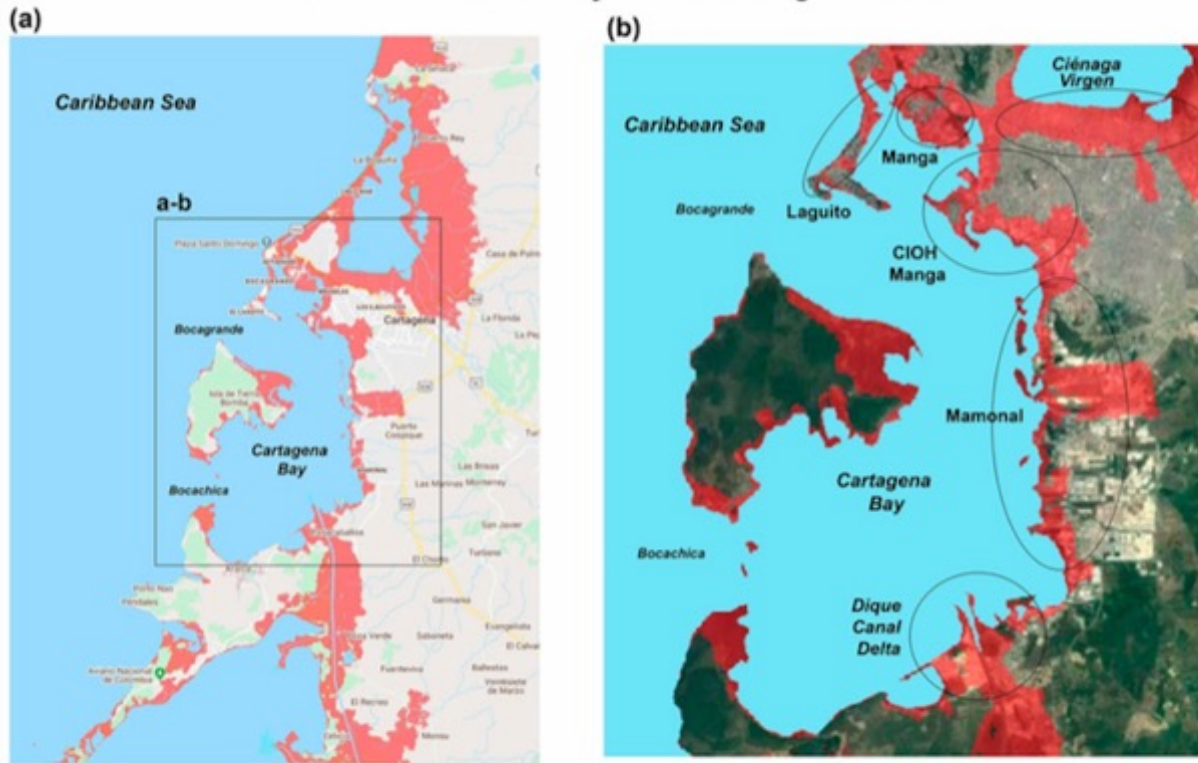


Bay site	Cumulative vertical movement (mm)
Boca Grande	-32.5
Laguito	-21.2
Castillo Grande	-20.9
Manga	-10.9
CIOH-GPS	-16.4
Ciénaga Virgen	-72.3
Mamonal	-16.7
Pasacaballos	-42.1
Puerto Bahía	-23.9
Boquilla	-11.8

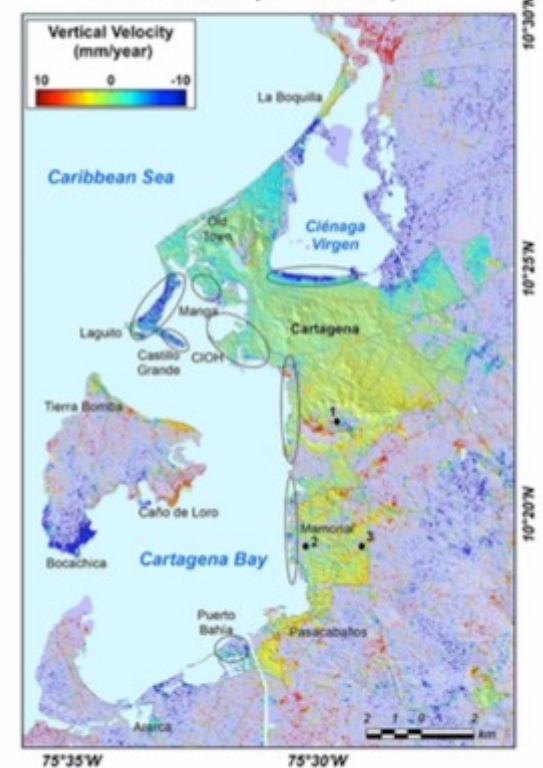
Flooding Scenarios in 2100

- High LIDAR precision DEMs show that flooding sites in Cartagena coincide with the observed subsidence trends in many coastal regions.

Areas below water level by 2100 according to Coastal DEM



(c) Quasi-vertical displacement velocity field
TerraSAR-X (2017-2020)

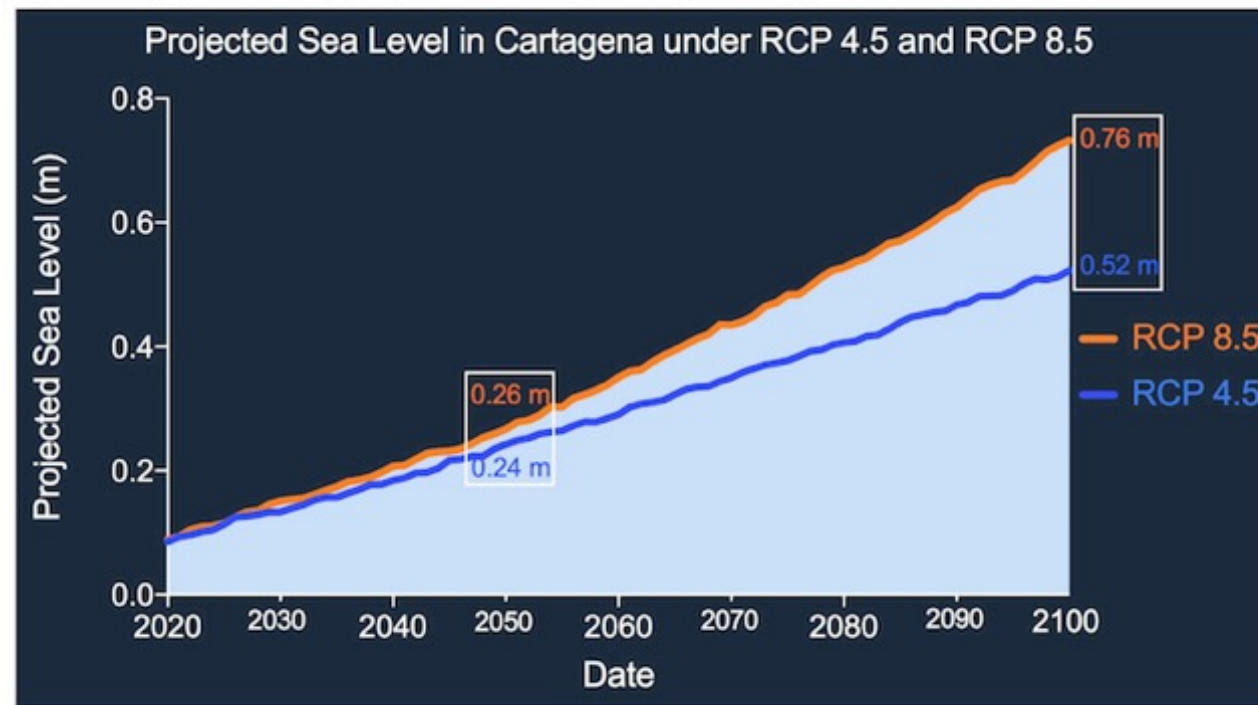


<https://climatecentral.org/pdfs/2019CoastalDEMReport>

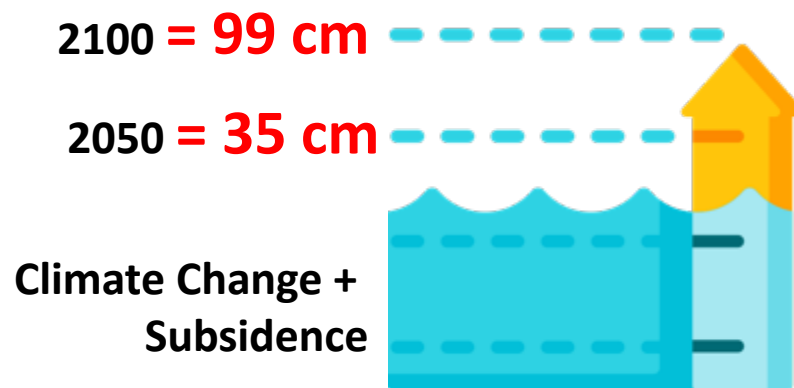
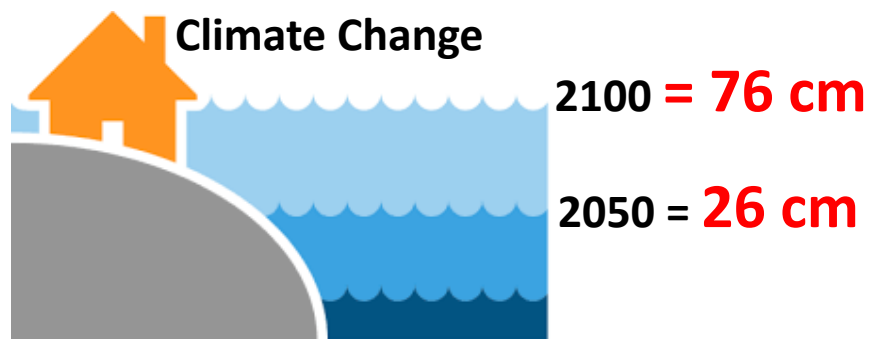
Restrepo et al. 2021
(Nature Sc.Rep.)

Scenarios of Sea Level Rise 2050 and 2100 once including Sentinel 1 Data

(d) Sea level projections in Cartagena (Climate Data Center, University of Hamburg)



Coastal flooding in Castillogrande during the storm surges in November 2020



Research available at Open Access in Nature Scientific Reports

www.nature.com/scientificreports

scientific reports

 Check for updates

OPEN

Coastal subsidence increases vulnerability to sea level rise over twenty first century in Cartagena, Caribbean Colombia

Juan D. Restrepo-Ángel¹✉, Héctor Mora-Páez², Freddy Díaz², Marin Govorcin³,
Shimon Wdowinski⁴, Leidy Giraldo-Londoño², Marko Tosic¹, Irene Fernández¹,
Juan F. Paniagua-Arroyave¹ & José F. Duque-Trujillo¹

EL ESPECTADOR

BOGOTÁ COLOMBIA FUNDADO EN 1887 N° 39.123 19 DE SEPTIEMBRE DE 2021 72 PÁGINAS www.elespectador.com ISSN 01222856 \$4.200



SOS por la bahía de Cartagena

Durante siete años un grupo de científicos monitorearon y midieron el agua de este ecosistema y la salud de sus habitantes. Encontraron que los niveles de contaminantes, como mercurio, plomo y níquel, están por encima de lo permitido. Es una calamidad ambiental y un riesgo para la salud pública, dicen los investigadores. / **Vivir p. 24**

En la investigación participaron las universidades Eafit, Cartagena y los Andes, con apoyo de entidades como Cardique. Financió el Centro de Investigaciones para el Desarrollo. / Foto de Robinson Henao

D
Domingo



Este periódico fue impreso
con tintas vegetales

La gobernanza de la bahía de Cartagena, otro reto

La gobernanza está en manos de todos los habitantes y usuarios de la bahía de Cartagena, y para ejercerla con conciencia, dice el economista Juan Camilo Cárdenas, de la Universidad de los Andes, hay tres ejes: el monitoreo ambiental, la restauración y la conservación.

Pero en la gobernanza el tema de la finan-

cación es fundamental. ¿Quién debe asumir? ¿Turistas, empresarios o ciudadanos? ¿Solo empresarios? Porque "si usted cierra la llave del turismo, cierra la llave de la economía que usan los cuerpos de agua de la bahía" y los afectan. "Lo que hay que hacer" continúa Cárdenas, "es ponerlos a andar, definir la tasa y recaudar esa plata".

de pesca con días de turismo y así obtener ingresos por ambas actividades. Y para las empresas, "los decretos ya están para aplicarles tasas retributivas a estos actores que usan los cuerpos de agua de la bahía" y los afectan. "Lo que hay que hacer" continúa Cárdenas, "es ponerlos a andar, definir la tasa y recaudar esa plata".

Una de las propuestas es aplicarles tasas retributivas a los diferentes actores que usan los cuerpos de agua.



El proyecto invitó a 40 personas de las comunidades para hacer una "traducción del conocimiento".

“Enterarse de que estamos tragando agua de mierda... Esto no puede seguir así”.



La pesca artesanal es una de las actividades afectadas por las altas concentraciones de metales.

Vivir

Primera entrega

Es un hecho: la bahía de Cartagena es un paciente terminal

Durante siete años un grupo de científicos monitorearon y midieron el agua de esta bahía y la salud de sus habitantes. Encontraron que los niveles de contaminantes como mercurio, cromo, plomo y níquel están por encima de lo permitido. Es una calamidad ambiental y un riesgo para la salud pública, dicen los investigadores.



LIBETH POSADA
CORRAJINE
@libethposada

Me duele lo que les voy a contar. La bahía de Cartagena agoniza. Necesita un respirador, porque le falta oxígeno, un buen antibiótico, porque las bacterias ya son resistentes y los más comunes; usan trapos que traquen todos los sedimentos provenientes del Canal del Dique, y una herramienta que baje los niveles de metales pesados, porque están afectando los organismos que aún tienen de sobrevivir en sus aguas. Lo dice la ciencia: durante siete años un grupo de investigadores estuvieron midiendo y monitoreando la calidad ambiental de las aguas y los sedimentos de la bahía, el nivel toxicológico de los peces y la salud de sus habitantes. Sus resultados les presentaron hace poco en Cartagena y ya están en manos de las autoridades para que tomen acciones. También proponen soluciones.

Estos científicos forman parte del proyecto Basic, en el que participan las universidades Eafit, Cartagena y Los Andes. En financiación, principalmente, por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIDR), por su parte en inglés, con el apoyo de Cardigap y la Fundación Interán Echeverri (Órgano). La historia es la siguiente.

Un preocupante escenario

¿Cómo se ve actualmente esta bahía que se convirtió en escenario? Una aguas turbias, de color de la arcilla, que ya no son saladas por la cantidad de agua dulce provinien-

te del río Magdalena, y que además están estancadas. Dicen los científicos del proyecto Basic que la renovación de las aguas es muy lenta, pues ocurre cada dos o tres meses, y lo que sale es igual de contaminante a lo que llega. Esto sucede principalmente en la bahía interna que es fija en su línea geográfica y tiene dos bocas: Bocagrande y Bocagrande. Es decir, la bahía no se descontamina naturalmente.

Aí, "habíamos un estuario 'territo' que ha estado acumulando por décadas la degradación ambiental del país", de acuerdo con el oceanógrafo Juan Darío Restrepo, de la Escuela de Ciencias de la Universidad Eafit y director científico del proyecto.

Y estos contaminantes, que son de diferentes tipos, pueden llegar hasta las islas del Rosario y San Bernardo, ampliando su radio de acción y llegando a ser la bahía externa, que se extiende más afuera por sus dos bocas, según "los pulmones de agua dulce que provienen del Canal del Dique", continúa Restrepo (ver mapa).

Nada queda del recuerdo del esmeralda: Ambiente José Vicente Magallón cuando en su libro, El Canal del Dique, historia de un desastre ambiental, explica las causas por las cuales Pedro de Heredia fundó la ciudad de Cartagena en 1533. Es que la bahía de Cartagena era segura, "muy abrigada y profundísima, tenía mejor clima, con brisas más frescas", ofrecía interesantes posibilidades defensivas, con varios estrechos donde construir fortalezas para cerrar el paso del enemigo. Pero tenía una ventaja: la definitiva su conexión del Río Grande de la Magdalena, que era, en todo caso, la gran avenida para explorar los territorios y altavoces andinos, con ciénagas sanas para

los europeos tierras fértiles libres de fiebre amarilla".

Hasta 1952, relata, sus aguas eran cristalinas y corrientes, porque en ese año, "por primera vez en la historia, en un canal empujado de 134,5 kilómetros, las aguas del río Magdalena llegaron a la bahía de Cartagena, y con ellas, los fines en suspensión, las tarjillas y demás vegetación de agua dulce".

Los enemigos de los que tiene que defenderse ahora son otros. Vivimos.

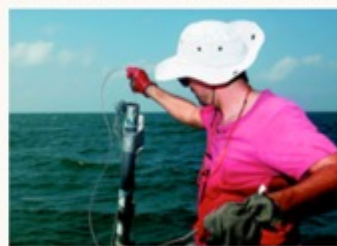
La ciencia dibuja la situación actual de la bahía

¿Qué produjo este desastre que afecta a quienes la habitan o viven de sus aguas? Los culpables son muchos: es el propio Canal del Dique que transporta, resuspende industrial y los desechos causados por la deforestación y el cambio en el uso de la tierra. Ese río lleva sedimentos que ocurren en la bahía. El proyecto Basic dice que en 26 años han llegado 52 millones de toneladas y entre 2008 y 2015 la cantidad de sedimentos aumentó en un 48 %.

Pero que ocurre la navegación hay que dragar con relativa frecuencia, y cuando se draga se resuspenden metales como el mercurio que se encuentra en el fondo de la bahía, por los derrames de Alcalá de Colombia en la década de los años 70. Un estudio realizado por Invermar en 2009 concluyó que las concentraciones de mercurio debajo de la bahía están 27 veces más altas que el umbral de riesgo probable. Y la biología molecular Doris Gómez Camargo -directora del Laboratorio de Investigación de la Unidad Molecular (Unimol) y del doctorado de medicina tropical de la Universidad de Cartagena, a cargo del componente de salud in-



Juan Darío Restrepo, oceanógrafo e investigador de la escuela de Ciencias de la Universidad Eafit, es el director científico del proyecto. Foto: Libeth Posada



Los investigadores midieron la calidad del agua por siete años.

te lo comprobó con análisis de sangre tomados en población de Barrú, Aracá y Tierrabonita. "En Barrú hay nivel de alerta", dijo durante la entrega de resultados en días pasados.

Pero "el mercurio no es el único agresor comunitario", explicó Restrepo. También hay cromo que si bien en la primera fase del proyecto (2014-2017) los científicos encontraron concentraciones lige-

ramente más altas del umbral de riesgo potencial, agregó el candidato Mario Tosié, líder investigador del componente de calidad de agua y sedimentos, y gerente del proyecto, en la fase dos (2018-2020) detectaron un punto en la parte norte de la zona industrial de Manzanal, donde las concentraciones se duplicaron. Los estudios liderados por Tosié revelaron la presencia de cadmio, níquel y plomo por encima de los niveles permitidos, provenientes del Canal del Dique, también encontraron cobre, arsénico y zinc, que llegan desde el canal y de Manzanal.

Otro problema es la falta de oxígeno en las aguas por exceso de nutrientes y de materia orgánica que vienen de las aguas residuales industriales y del Canal del Dique. "Las concentraciones de oxígeno están por debajo del límite en las profundidades de la bahía de Cartagena", afirmó Tosié, es decir debajo de cinco metros.

Esto también tiene que ver con que el agua dulce que desemboca por el canal queda en la superficie por ser más ligera y se mueve. Uno vive por las olas. Pero debajo y hasta el fondo del mar tiene lugar un proceso, la eutrofización: "Las aguas bajo el agua necesitan luz y nutrientes para crecer. Cuando hay exceso, crecen mucho y mueren. Y su descomposición consume todo el oxígeno y deja el agua hipóxica, sin oxígeno, lo cual es malo para el ecosistema y para los peces", explicó Tosié.

Los investigadores detectaron una cuarta fuente de contaminación: las aguas residuales domésticas negras y grises que escurren a la bahía por fallas en el sistema de bombeo, en el de alcantarillado o simplemente porque algunas poblaciones vecinas no cuentan con este servicio.

Así, las aguas de la bahía de Cartagena, con bacterias en Cartagena, por encima de lo normal. Hay coliformes fecales, enterococos y Echerichia coli. Están en las aguas de las playas donde la turista nada y hace deporte. "El ensucio que contrató Aguas de Cartagena restaca todo el popo y las aguas negras mar adentro", argumentó Restrepo. "La situación de calamidad ambiental y de riesgo en la salud pública es muy grande por todo lo que tenemos en la bahía".

Así afecta a las comunidades y al ecosistema. "Eso hallazgo que ustedes han encontrado no pueden quedarse como un dato estadístico en la ciudad de Cartagena", insistió María Aroca, alta consultiva nacional de comunidades negras. "No lo vamos a permitir. Tienen que haber acciones por el Consejo de Estado, que ordene la creación del denominador 'Plan Maestro de Restauración Ecológica para la bahía de Cartagena', debido a sus altos niveles de contaminación. En un plan que ya en Eafit son conscientes. Están en ese proceso para incluirlo en el plan maestro".

Los investigadores del proyecto aseguran que la población ciudadana de la bahía sufre de enfermedades relacionadas con el agua en el sistema digestivo, lesiones dermatológicas y perfiles metabólicos alterados.

"Lo que más encontramos fue



síntomas con enfermedades respiratorias, pero no encontramos una población desaturada. Hay enfermedades en la piel que creo que son producto del agua", dijo la profesora Gómez, que corresponde al 23 %.

La segunda fase de Basic invitó a 40 personas de las comunidades y 20 representantes institucionales para hacer una "traducción del conocimiento", contó Tosié, con quienes iniciaron un programa de capacitación comunitaria que se convirtió en un diplomado avalado por las tres universidades. "Ha sido trabajado hombres a hombre entre ellos nosotros", dijo Miria.

¿Qué se "cocina" ahora?

El camino es largo, pero hay esperanza, aunque no lo vean ni sus hijos ni sus nietos. Cardigap, como autoridad ambiental de la bahía, se unió a Basic para hacer realidad los ideas una, apoyar los esfuerzos que están haciendo los portuarios de la Universidad de Algarve, Flavio Martins y José Janeiro, expertos en modelación matemática en temas ambientales y en oceanografía, para implementar sistemas de alerta temprana de las condiciones de las aguas de la bahía. Y eso, formular un programa de restauración ecológica, "algo que para la Corporación es fundamental, en relación con la sostenibilidad de la bahía de Cartagena", de acuerdo con Benjamín Delgado, de la Subdirección de Gestión Ambiental de Cardigap.

Se refiere a la sostenibilidad preferida por el Consejo de Estado, que ordena la creación del denominador "Plan Maestro de Restauración Ecológica para la bahía de Cartagena", debido a sus altos niveles de contaminación. En un plan que ya en Eafit son conscientes. Están en ese proceso para incluirlo en el plan maestro".

La propuesta de Basic es incidir en las decisiones públicas a través de los resultados de sus investigaciones. En ese sentido, Delgado le contó a El Espectador que "ya se están haciendo monitoreos en los puntos de descargas de empresas industriales de Manzanal. Está implementando la nueva norma de vertimientos y está haciendo más restrictivas las obligaciones en cuanto a los límites permisibles, sobre todo de metales pesados".

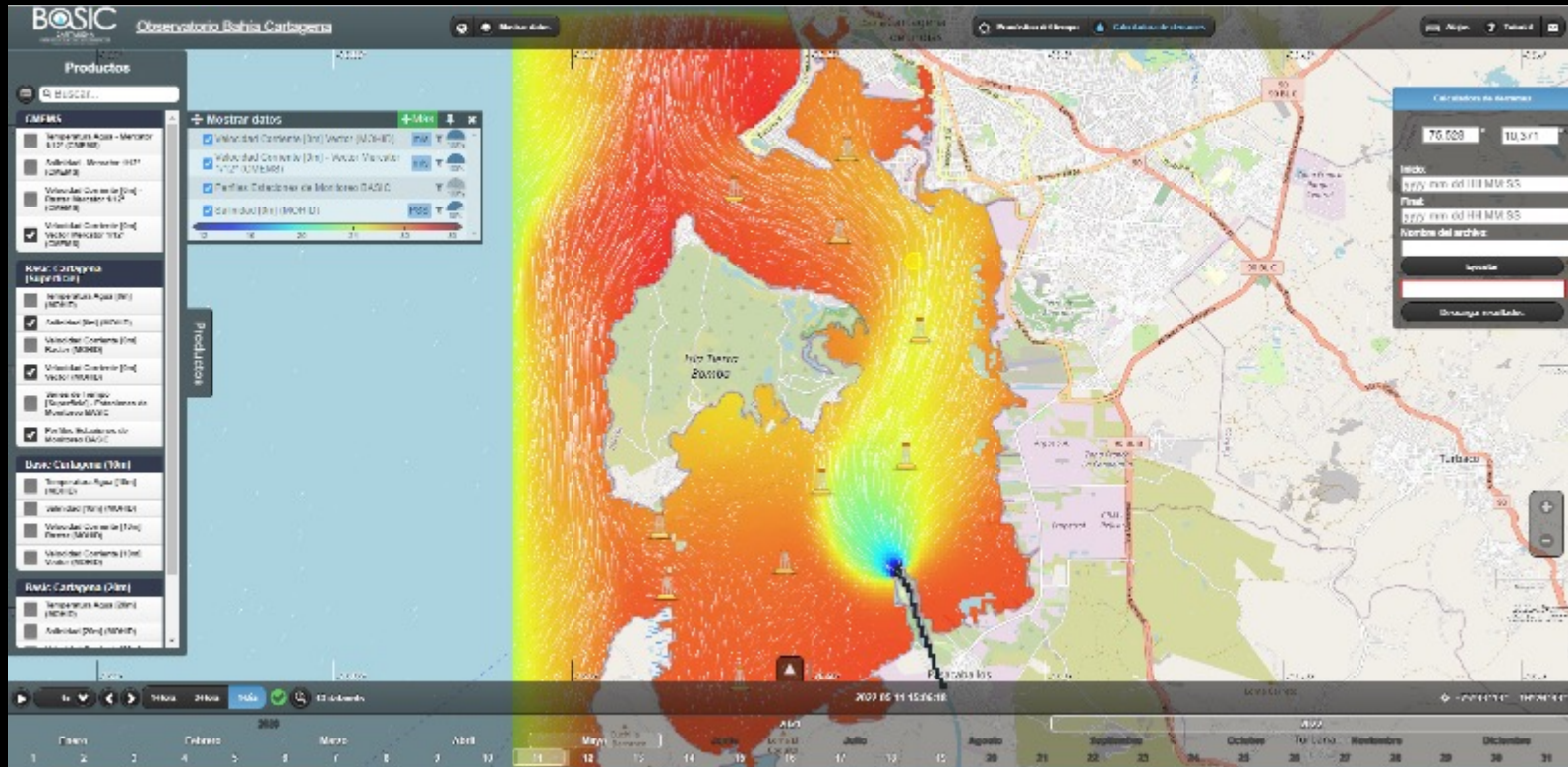
Basic contribuyó además a la emisión de la resolución que crea el Comité Ambiental Interinstitucional para el manejo de la bahía de Cartagena, por parte del Ministerio de Ambiente.

La profesora Gómez dijo que lo más importante es proveer del servicio de agua potable a toda la población. "Eso cambia la vida. Y segundo, que tengan los puntos de salud al servicio. No conozco a Barrú ni tengo puntos de salud". Tosié recomendó controlar los vertimientos de aguas residuales domésticas, las actividades del dragado, contar con herramientas como sistemas de alertas tempranas en tiempos para regular la gestión de las playas y pronosticar cómo serían las trayectorias de los derrames.

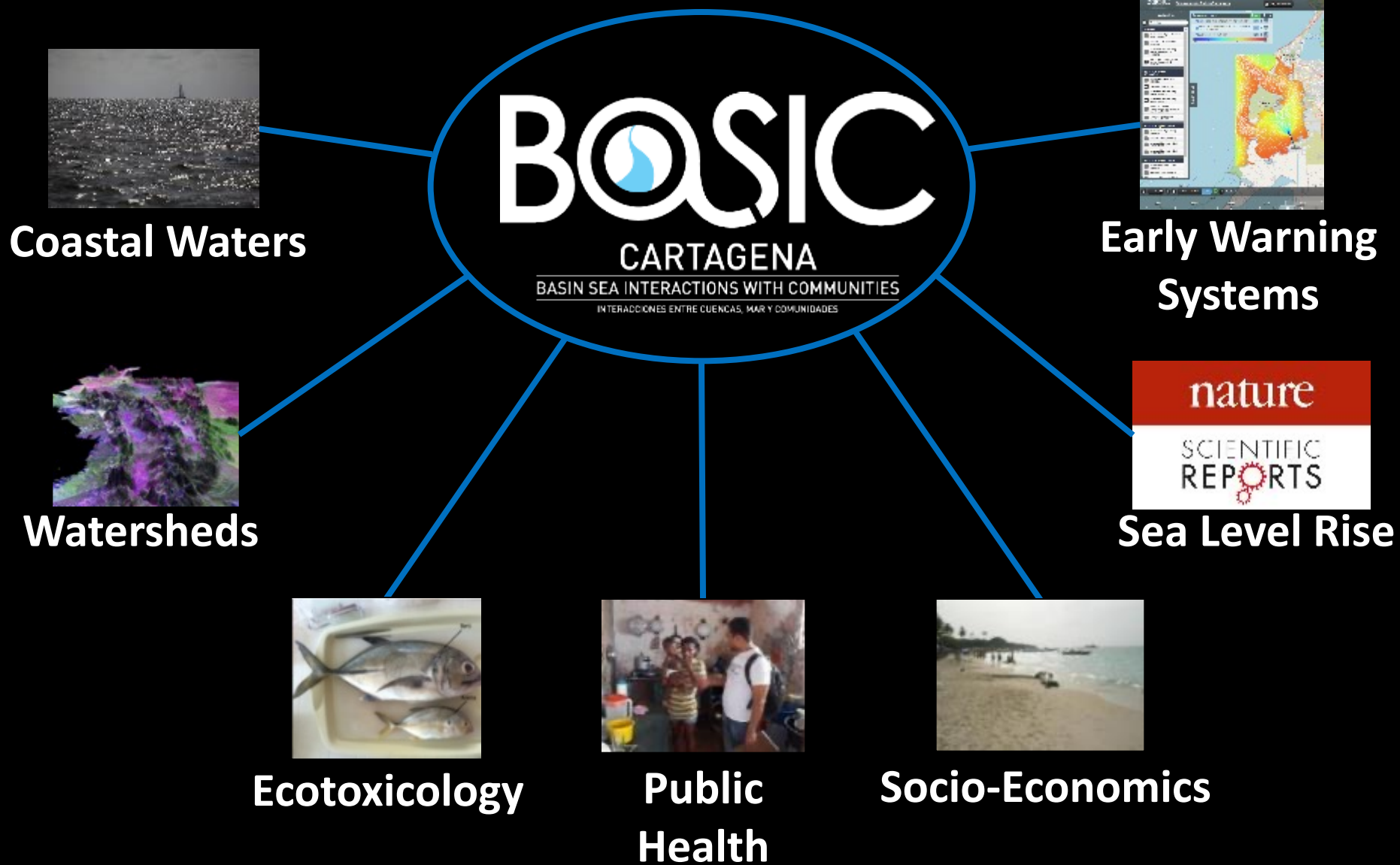
Con la modelación se busca conocer con precisión el alcance de los vertimientos y caudales que salen del Canal del Dique, porque incluso pueden llegar hasta las islas del Rosario. Mediciones iniciales muestran que habría que reducir en un 90 % la carga de sedimentos para no afectar las aguas lejanas.

"La bahía es un paciente en cuidados intensivos", concluyó Restrepo. Por eso, ciudadanos, tomadores de decisión locales y nacionales deben sumar esfuerzos para evitar que se nos muera. ■

Cartagena Bay Observatory and Copernicus Data



- Real-time forecasts of coastal water conditions
- Online & public: <http://bahiacartagena.omega.eafit.edu.co>



2014 - 2022

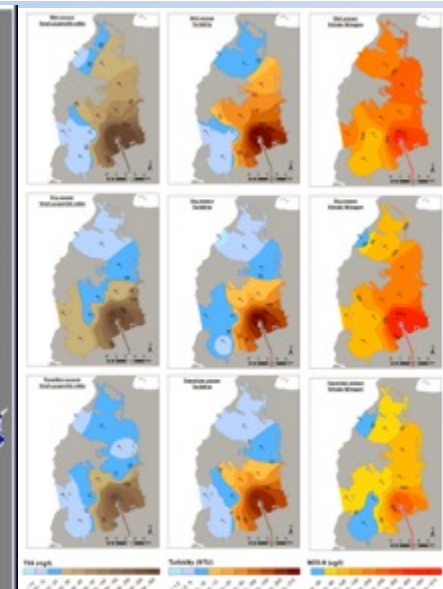
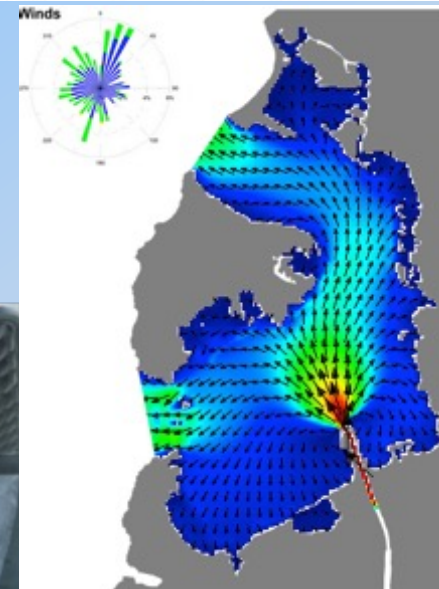
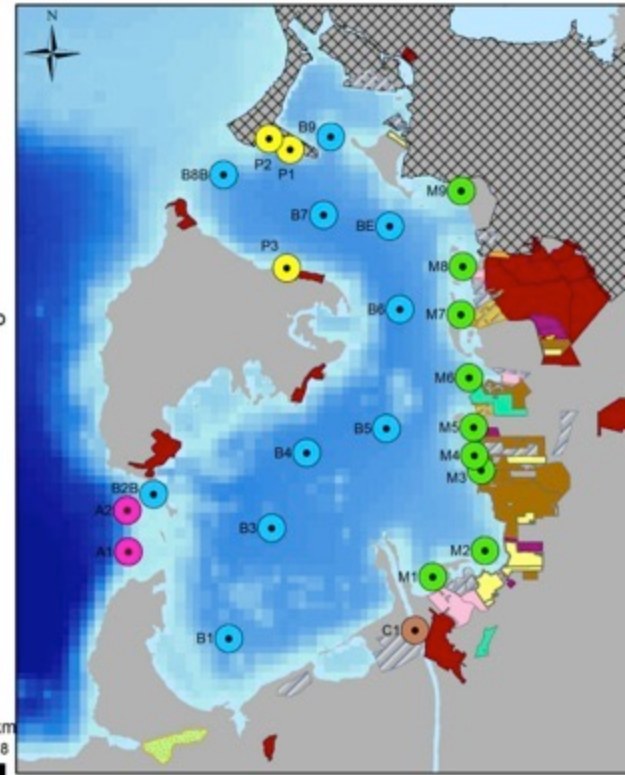
Monitoring waters and sediments of Cartagena Bay Unique program in Colombia

- 28 sites.
- 23 Variables of water and sediment quality.
- 8 years of monthly monitoring.
- Results statistically robust.
- 3D Model calibration (75m resolution)
- Inversión: \$USD 1.2 million.
- More than 1600 hours of sampling.

LEYENDA

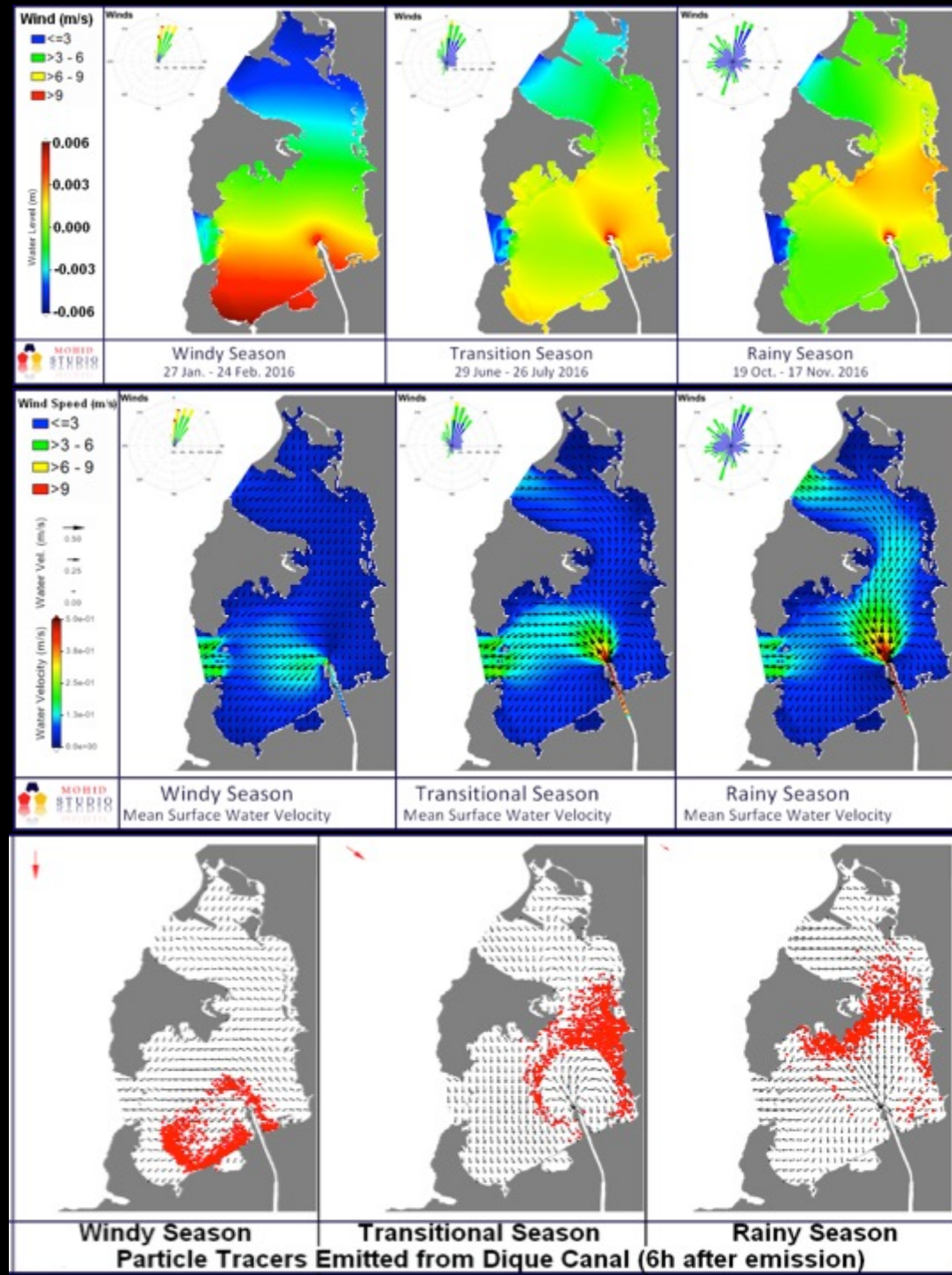
Puntos de Monitoreo

- Arrecife Varadero
 - Bahia Cartagena
 - Canal del Dique
 - Zona Mamonal
 - Playas Turísticas
 - ▨ Cubertura de Alcantarillado
 - Poblaciones sin Alcantarillado
- ### Industrias
- Alimentos
 - Camaricultura
 - Cemento
 - Eléctrico
 - Fabricación Metalica
 - ▨ Instalación Portuaria
 - Cuero
 - Petróleo
 - Plástico
 - Químicos y Agroquímicas
- ### Batimetría (m)
- 0
-72



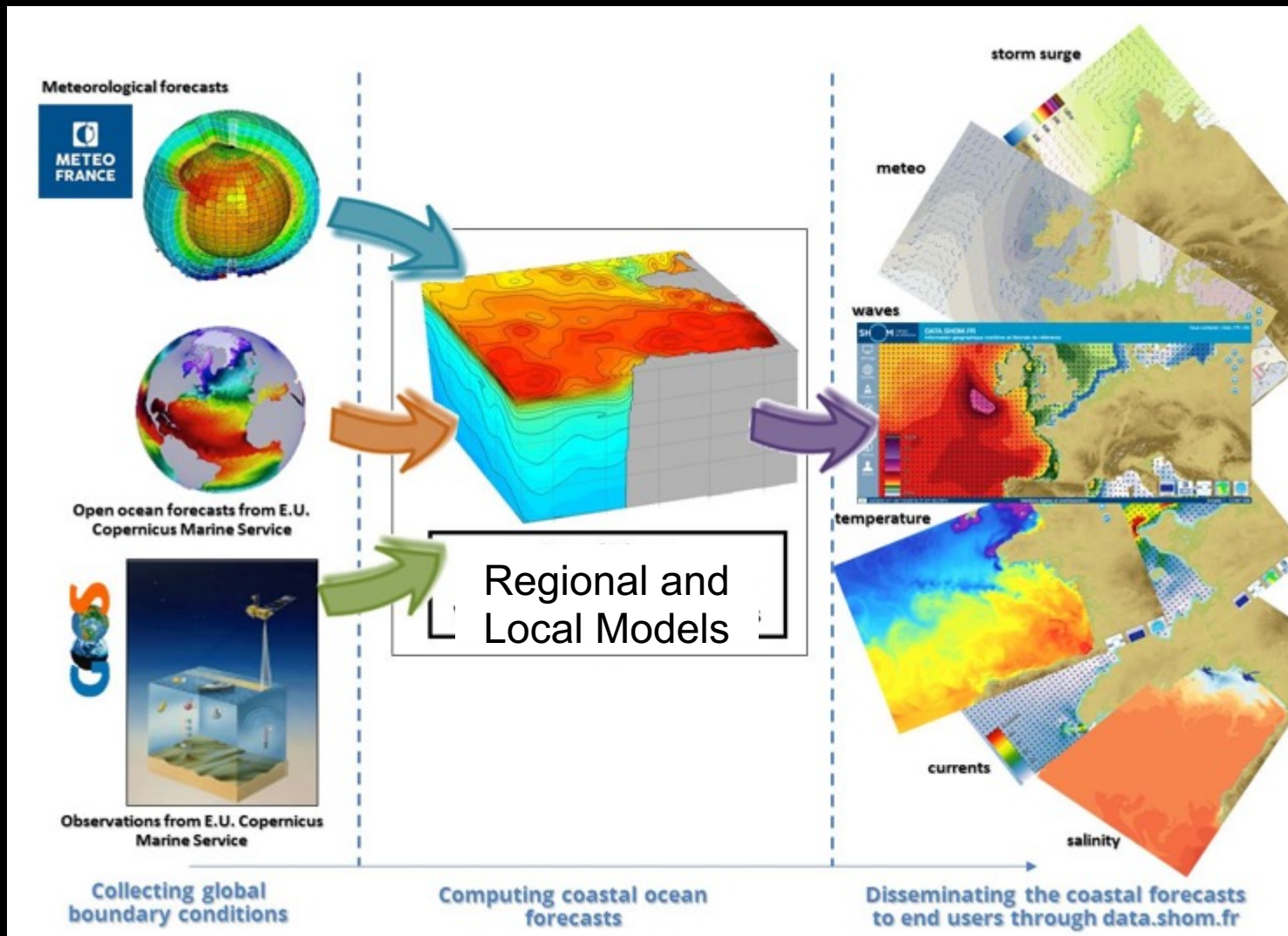
The 3D Water Dispersion Model with 8 years of in-situ calibration

- MOHID Model with high spatial resolution (75 m).
- Calibrated with 8-year water and sediment sampling.
- Built with our partners at CIMA, University of Algarve, Portugal.

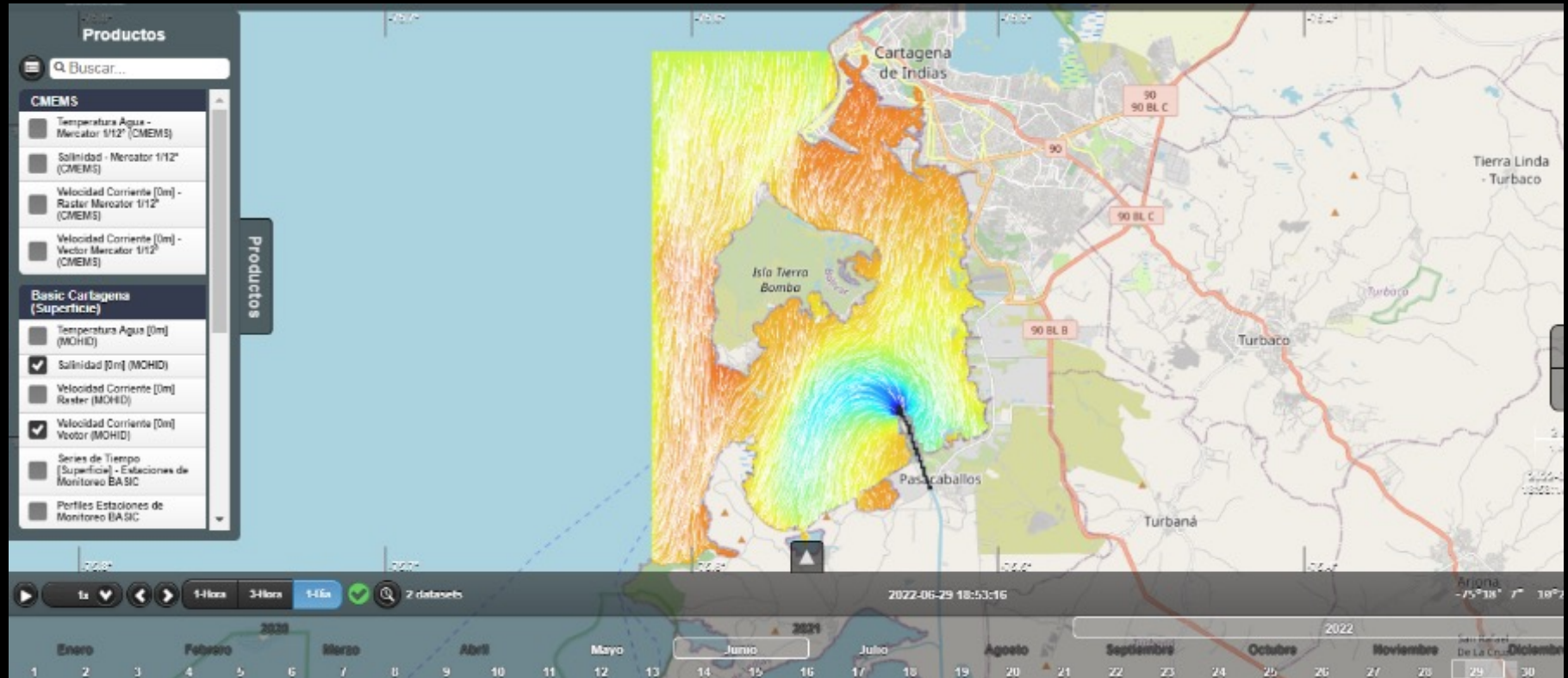


Building the Cartagena Bay Observatory: Data Bases

- 2014-2017 - 3D modeling
- 2018-2020 - Developing the platform
- 2021-2023 – Launching the platform on the web

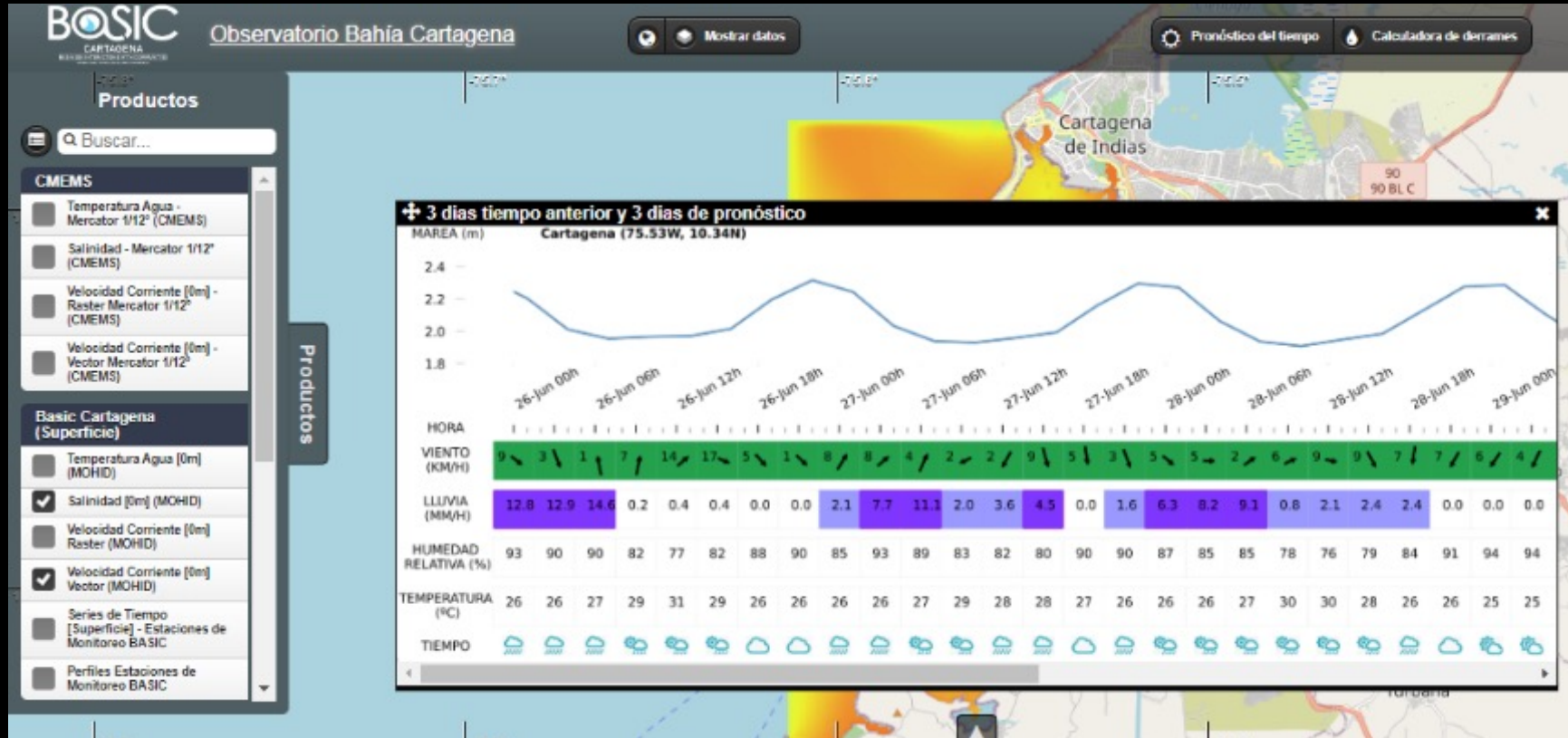


Cartagena Bay Observatory



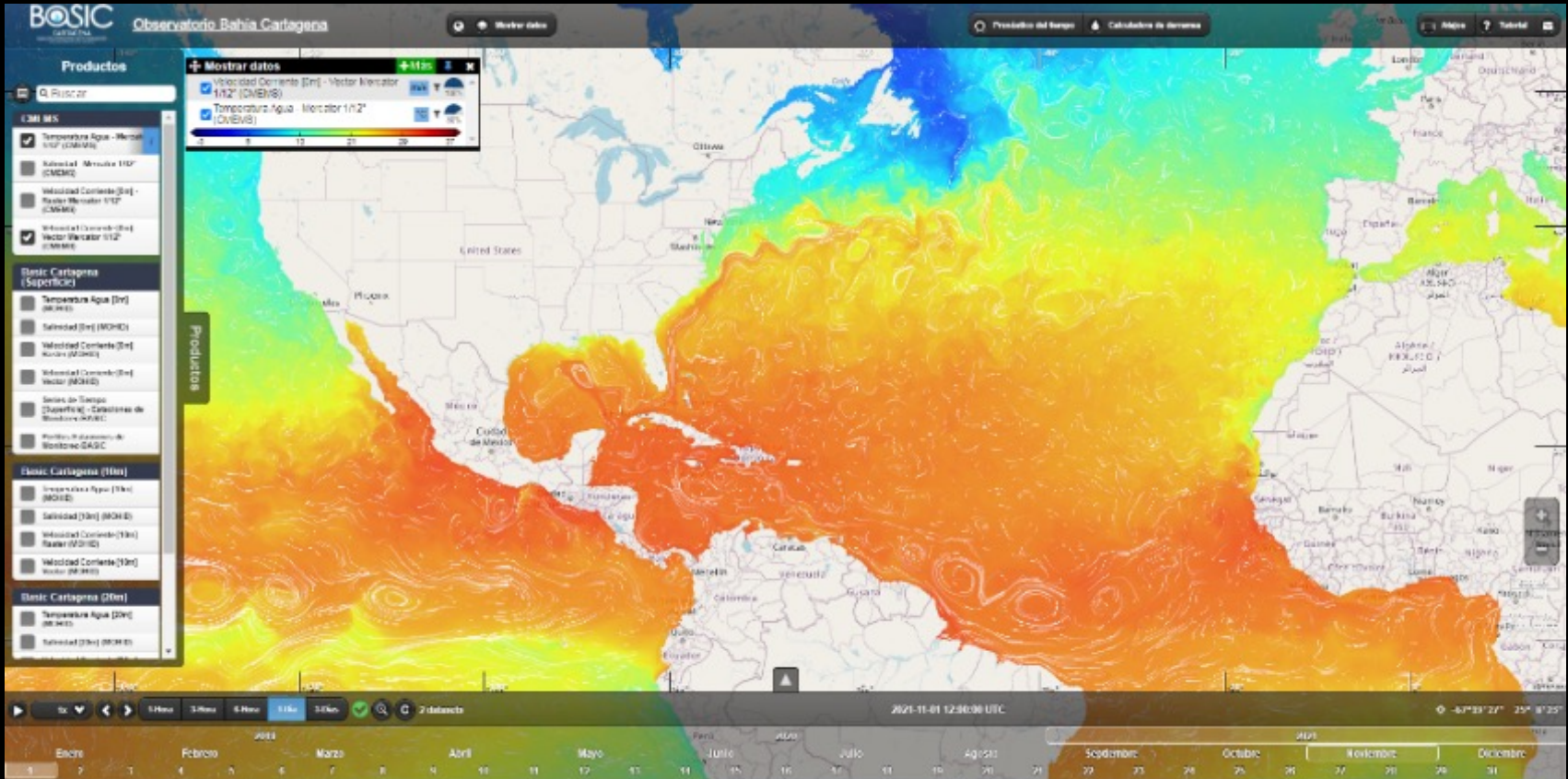
- Real-time data of currents, temperature and salinity
- Data from 30 previous days and 3 day forecast

Cartagena Bay Observatory



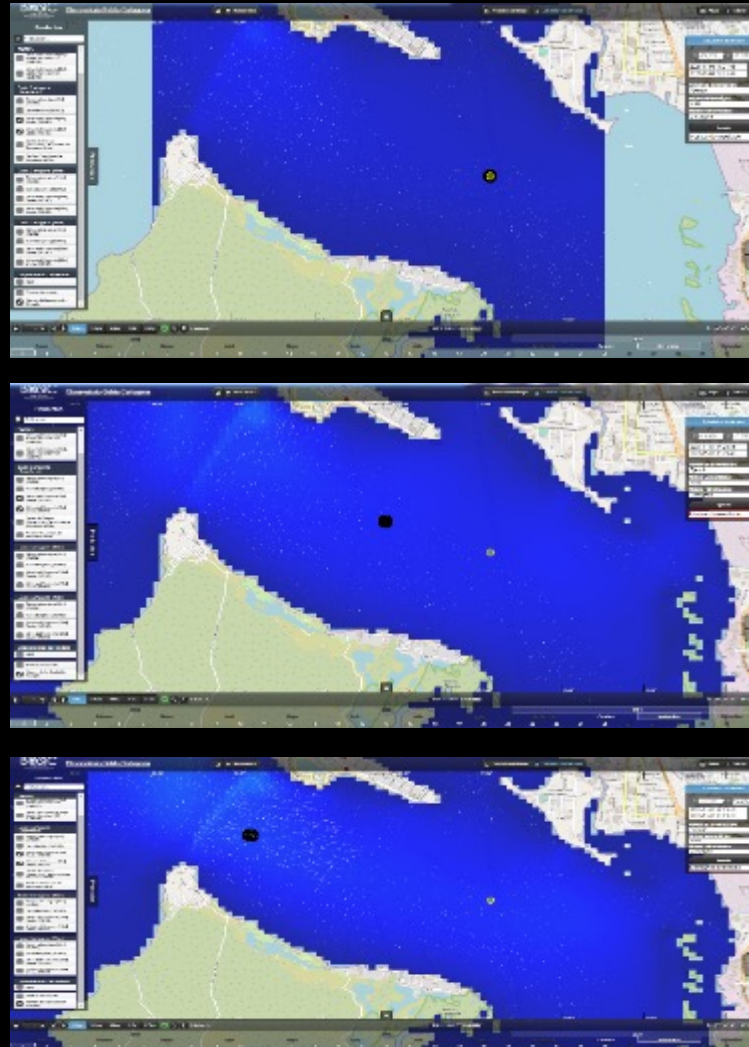
- Weather forecast and tidal levels
- Data from 3 previous days and 3 day forecast

Cartagena Bay Observatory



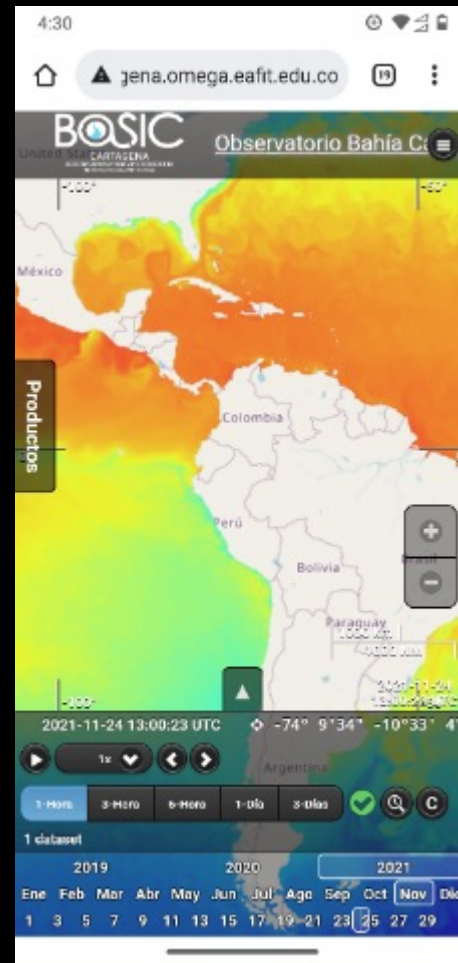
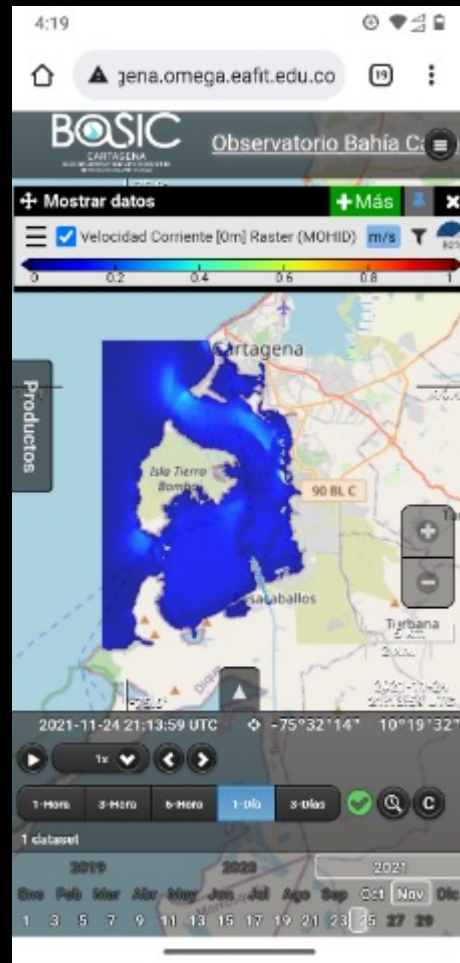
- Global level data from Copernicus Data Service of the European Union

Cartagena Bay Observatory



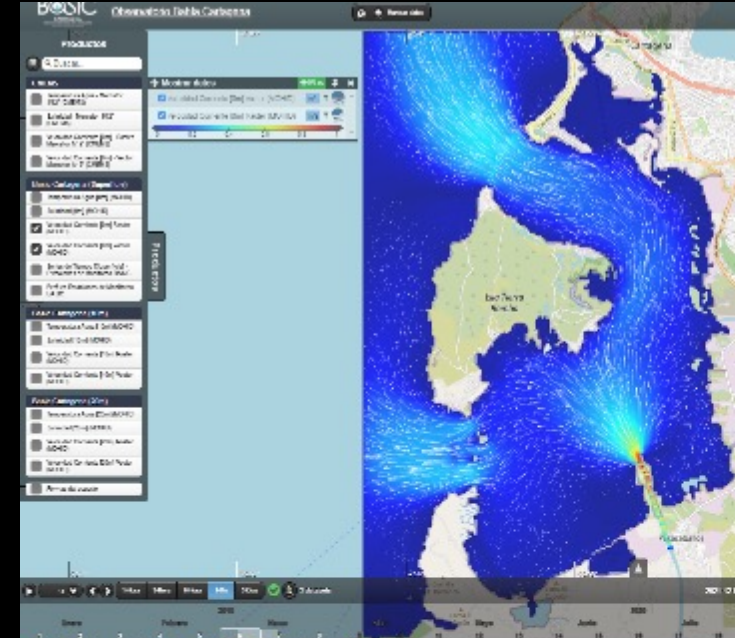
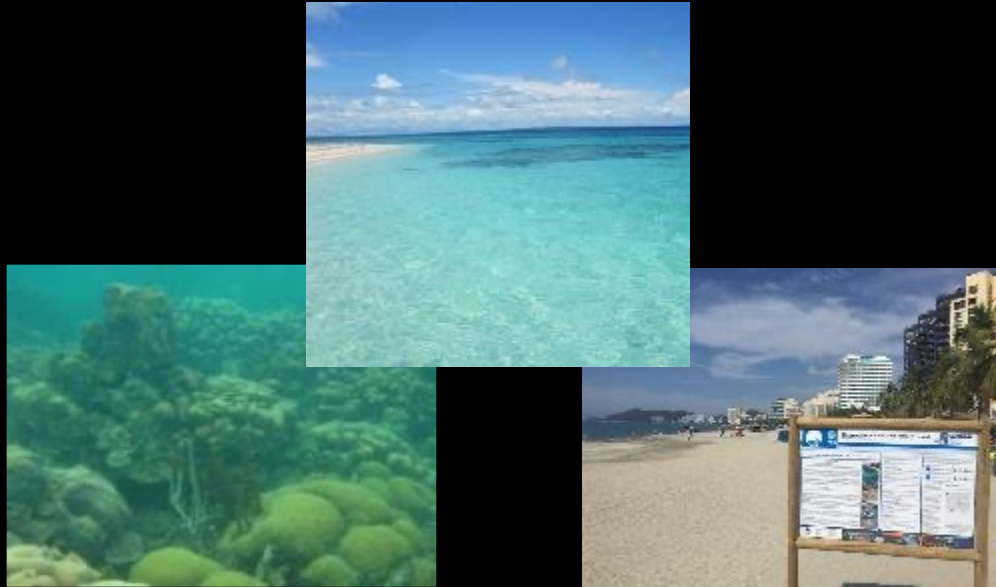
- Oil Spill Tool – forecasts trajectory of a potential spill

Cartagena Bay Observatory



➤ Mobile-navigator compatible!

Cartagena Bay Observatory



- Coming soon: Real-time forecasts of sediment dispersion
- Importance for Sustainable Tourism:
 - Coral Reef Conservation
 - Beach Management

BOASIC
CARTAGENA
BASIN SEA INTERACTIONS WITH COMMUNITIES
INTERACCIONES ENTRE CUENCAS, MAR Y COMUNIDADES

You are welcome to use the Cartagena Bay Observatory

<http://bahiacartagena.omega.eafit.edu.co/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

