

Cambios geomorfológicos y sedimentarios en las desembocaduras de cuatro ríos en las costas de Puerto Rico en el año 2022

Luis Alberto Espada Rivera

Departamento de Geología, Facultad de Artes y Ciencias

Universidad de Puerto Rico,

Mayagüez, Puerto Rico

luis.espada2@upr.edu

Resumen- Las costas de Puerto Rico son ambientes transicionales muy dinámicos y cambiantes. Los puntos donde los ríos tienen sus desembocaduras ocurren modificaciones en la distribución de sedimentos y, por consiguiente, su geomorfología. Este proyecto tiene como objetivo utilizar técnicas de percepción remota para visualizar cambios en la línea costera en las desembocaduras de cuatro ríos en Puerto Rico. Estos ríos son La Plata, costa norte, Guayanés, costa este, Salinas, costa sur y Guanajibo, costa oeste. Investigaciones similares se han llevado a cabo, donde se demuestra que los cambios en líneas costeras en playas y desembocaduras de ríos están influenciados por factores naturales y antropogénicos. Los resultados demuestran que el Río La Plata tiene los cambios más importantes en cuanto a anchura de la desembocadura y largo de playa. Los otros ríos siguen patrones y cambios similares entre ellos. Estos cambios parecen estar asociados a los periodos de sequía o lluvias en el año, corrientes litorales y factores oceanográficos y costeros y el flujo del río, así como estructuras artificiales cercanas a las desembocaduras. Estos estudios son importantes para identificar el impacto en la costa de las estructuras artificiales y cuanto esto puede influir en los procesos naturales de estos ambientes. Esto se puede utilizar para la planificación costera, ubicación de la población, manejo de riesgos naturales y para áreas recreativas cercanas a estas zonas.

Palabras claves: Desembocaduras, ríos, playas, costa, sedimentos, cambios, geomorfología

Objetivos del proyecto

Este proyecto consiste en identificar los cambios geomorfológicos y distribución de sedimentos en las desembocaduras de ciertos ríos y en playas aledañas a lo largo de un año en Puerto Rico, utilizando técnicas de percepción remota. De igual forma se busca determinar si esos cambios pueden estar relacionados más a la influencia de los ríos o a procesos oceanográficos-costeros y si eso induce a erosión costera. Para esto se

utilizarán imágenes satelitales de un sensor específico, por lo que se establecerá si el mismo es útil para investigar y estudiar los cambios costeros. Adicional a eso, fotografías aéreas obtenidas mediante Drone se utilizarán para ser comparadas con las imágenes satelitales. El periodo de estudio es entre enero y diciembre 2022.

Introducción

Puerto Rico es un archipiélago localizado en el noreste del Mar Caribe, en las Antillas Mayores. Al ser una zona tropical, con una

geología variada, experimenta ciertos factores naturales que crean cambios dinámicos en sus ambientes naturales. La isla principal o grande, posee un sistema hidrográfico influenciado por su topografía y litología, donde sus ríos corren y acarrear sedimentos desde su interior montañoso hasta sus costas. Son en estos lugares donde se acumulan lo que geológicamente se conoce como Depósitos del Periodo Cuaternario, sedimentos relativamente recientes y no consolidados, producto de la erosión de rocas pre-existentes (Morelock, et. al. 1978). Cada una de estas costas presenta una geomorfología, batimetría y patrones costeros y oceanográficos diferentes, creando ciertos cambios temporales en las costas y playas, dependiendo del momento del año (Bush et. al. 2009). En ciertos puntos de las playas, son los ríos el medio de transporte principal de los sedimentos, depositando los mismos en las playas, siendo mayormente arena y en algunos lugares, grava y pedregal de composición siliciclástica. En ese punto de contacto con el mar, se crean modificaciones y ciertas distribuciones en los sedimentos que siguen ciertos patrones influenciados por varios factores físicos y temporales. En esta investigación se determinará esos cambios, utilizando imágenes satelitales y fotografías aéreas de cuatro desembocaduras en las costas norte, este, sur y oeste de la isla grande de Puerto Rico. La comparación de estas imágenes satelitales será útil para demarcar el cambio en la línea seco-mojado cercano a la desembocadura del río y las playas aledañas para determinar si esos cambios están influenciados por el río, factores costeros, oceanográficos u otros elementos naturales e incluso, antropogénicos.

Estudios previos han llevado a cabo una metodología similar para visualizar, entender, proyectar y hacer recomendaciones

relacionadas a los cambios y migraciones horizontales de las costas en playas arenosas. Un ejemplo de esto lo es el informe científico “Shoreline Dynamics Along a Developed River Mouth Barrier Island:

Multi-Decadal Cycles of Erosion and Event-Driven Mitigation”, donde se presenta la combinación de mapas para demarcar cambios costeros. Esa investigación se llevó a cabo en el estado de Massachusetts en Estados Unidos donde también se realizó un modelaje y caracterización de sedimentos en Plum Island y Merrimack River Inlet. En general, se encontró que los factores que crean cambios en la costa responden a ciertos periodos anuales, así como patrones naturales influenciados por el río y el océano, la fuente de sedimentos y estructuras antropogénicas (Hein, et. al. 2019). Similar a esto, aunque sin la influencia de un río, se realizó en la Isla de Mona, Puerto Rico un ejercicio similar. En este estudio titulado “A comprehensive study on coastline process and sedimentary dynamics, Sardinera Beach, Mona Island, Puerto Rico”, se obtuvo datos de perfiles de playa, medidas de corriente litoral, caracterización de sedimentos e imágenes satelitales de la costa oeste de la isla, para también visualizar la migración de la línea costera. Los hallazgos demostraron que estructuras antropogénicas en la playa, la granulometría de sedimentos y ciertos factores naturales afectan el transporte del material sedimentario a lo largo de esa costa y crean patrones estacionales de erosión. Estos estudios nos muestran la aplicación de técnicas de percepción remota en conjunto con otros métodos para analizar y entender los cambios dinámicos de las costas y a que pueden estar asociados los mismos (Rodriguez & Ramírez 2008).

Lugares de estudio

Para realizar este estudio, se eligió cuatro desembocaduras de ríos en las cuatro costas de Puerto Rico. Los ríos fueron previamente comparados con otros ríos en las costas, y aquellos que presentaron cambios más notables, así como acceso a los lugares fueron los elegidos para la investigación. La figura 1 muestra el mapa de ríos de Puerto Rico con las localizaciones de estudio.

Costa norte- Río La Plata

La desembocadura del río hacia el Océano Atlántico se ubica entre los barrios Higuillar y Mameyal en Dorado (18.475046, -66.254952). Este río es el más largo de Puerto Rico con aproximadamente 64 millas (103 km) de longitud, nace en la Sierra de Cayey, en Cayey y atraviesa 11 municipios en el área central y norte. En su trayecto, el río tiene 4 represas importantes. La boca del río comprende de una barrera alargada de sedimentos tipo arena y grava en menor cantidad, con composición terrígena de aproximadamente 70%. La Playa Grande El Paraíso queda al este de la desembocadura, mientras que la Playa Ojo del Buey queda al oeste, adyacente a Punta Boca Juana, promontorio de roca eolianita (Monroe, 1973) (Figura 2).

Costa este- Río Guayanés

Esta desembocadura ubica en el barrio Camino Nuevo en Yabucoa, (18.054871, -65.827476) hacia la Bahía de Yabucoa y el Pasaje de Vieques. Este río nace en la Sierra de Cayey en Yabucoa y solo atraviesa ese municipio, con 18.8 millas (30.2 km) de longitud. Aquí los sedimentos son tipo arena y gravilla con abundantes fragmentos de cuarzo y material granitoide. Playa Guayanés es la playa adyacente y justo al suroeste de la

desembocadura se colocó un jettie para mantener abierto el área drenada para el Puerto de Yabucoa. Esta desembocadura tiene dos canales, la del río principal y la de un caño, por lo que en ciertos momentos del año puede tener dos aperturas hacia el mar (Figura 3).

Costa sur- Río Salinas

La desembocadura del Río Salinas también conocido como Río Nigua se ubica en el barrio Río Jueyes en Salinas (17.968843, -66.311981) hacia el Mar Caribe. Este río es relativamente corto, surge de la unión de los ríos Lapa y Majada en el llano costero del sur en Salinas con aproximadamente 7.8 millas (12.5 km) de longitud, por lo que solo atraviesa ese municipio. Los sedimentos en la boca son tipo arena mediana a gruesa además de pedregal de composición mayormente terrígena. La Playa Coco es su playa adyacente (Figura 4).

Costa oeste-Río Guanajibo

El Río Guanajibo desemboca entre los barrios Guanajibo de Cabo Rojo y Guanajibo de Mayagüez (18.168146, -67.180372) hacia la Bahía de Mayagüez y el Canal de la Mona. Este río de 26.2 millas (42.2 km) de longitud nace en las colinas semi áridas del sur en Sabana Grande y recorre 5 municipios del área suroeste. Los sedimentos en la desembocadura son tipo arena y guijarros de composición mayormente terrígena. Su playa adyacente lo es Playa Guanajibo y justo hacia el suroeste de la boca se encuentra Punta Guanajibo, un promontorio de roca serpentinita. El puente de la carretera PR-102 se encuentra justo encima de esta desembocadura (Curet, 1986) (Figura 5).



Figura 1 Mapa de ríos en Puerto Rico con las localizaciones en la costa norte, este, sur y oeste

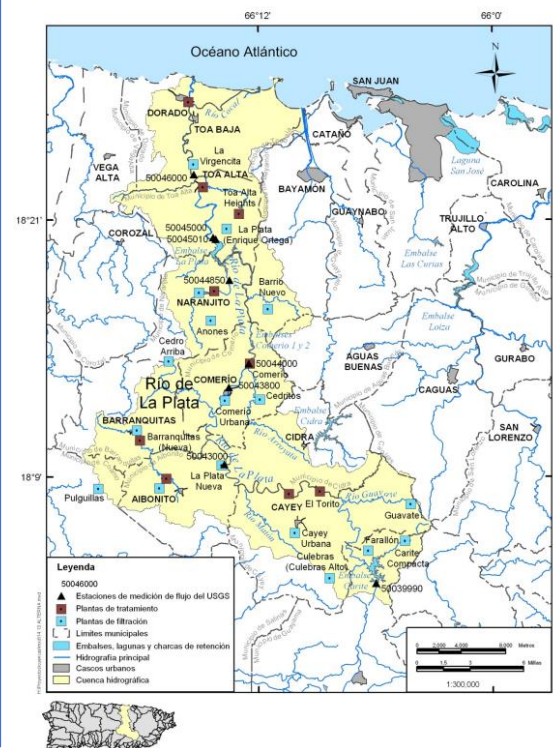




Figura 2 Desembocadura del Río La Plata y su cuenca hidrográfica (drna.pr.gov)

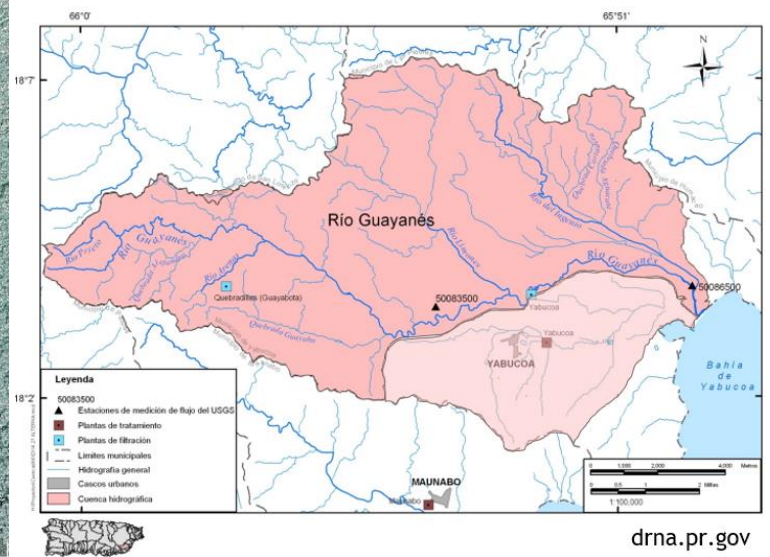




Figura 3 Desembocadura del Río La Plata y su cuenca hidrográfica (drna.pr.gov)

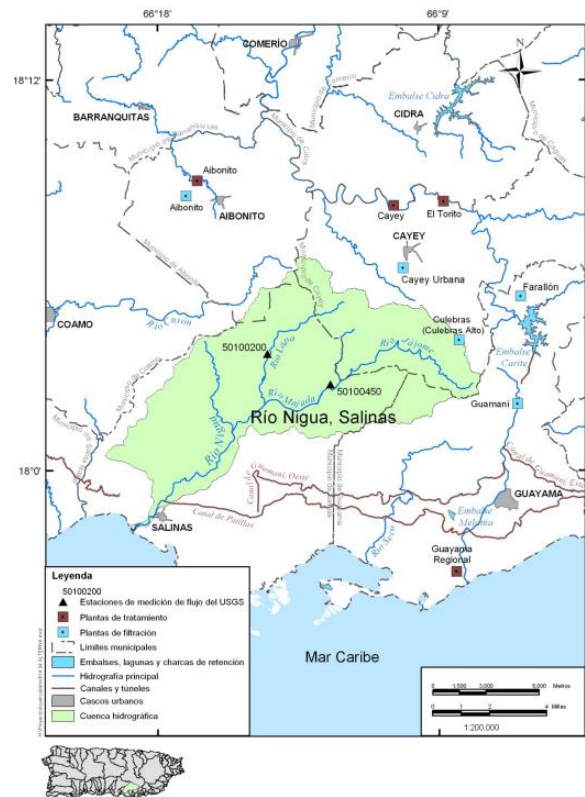
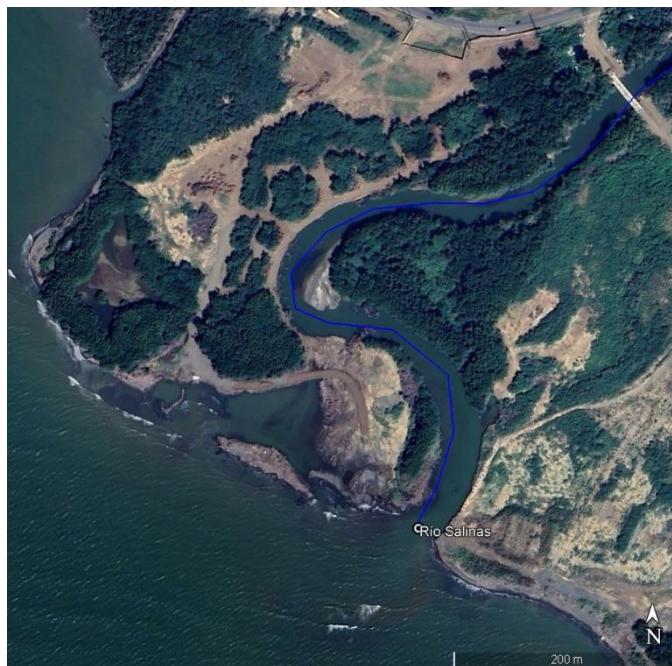
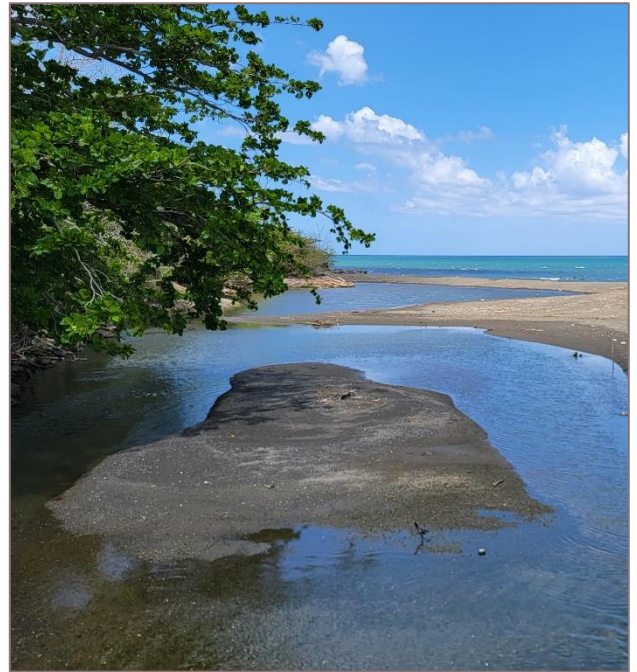




Figura 4 Desembocadura del Río Salinas y su cuenca hidrográfica (drna.pr.gov)



Metodología

los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de 2022, en días del mes en que los lugares estuvieran cubiertos por nubes. Posteriormente se descendieron al programa para análisis de imagen geoespacial Environment for Visualizing Images (ENVI), aquí las imágenes fueron procesadas utilizando la herramienta Pansharpening para disminuir su píxel de resolución espacial de 30 metros a 15 metros. Luego se realizó un mejoramiento adicional a la imagen modificando su brillantez y contraste, para realizar el procedimiento de comparación. Para esto, en cada mes se delimitó la línea seco-mojado de la playa, desembocadura y parte del canal del río, solapando las líneas y dejando juntas sobre la imagen más reciente que sería diciembre 2022. Ya con las líneas trazadas se midió la distancia horizontal de los cambios mayores en esas áreas (ENVI, 2023).

Los lugares de estudio fueron visitados entre los días 21 y 23 de abril de 2022 donde se obtuvo notas y observaciones de campo, tales como localización, condiciones del tiempo y cobertura del cielo por nubes, tipo de sedimentos y fotos aéreas obtenidas mediante un Vehículo Aéreo No-tripulado (Drone) DJI Mini 2 con resolución de imagen de 4K. Las fotografías tomadas se realizaron a una altura de 600 pies (182.9 m) de altura con vista vertical y vistas oblicuas de 45° y 25° a 400 pies (121.9 m) de altura con vista norte-sur, sur-norte, este-oeste y oeste-este. Cada foto tenía una escala de 1.25 metros. Estas se utilizarán para comparar con las imágenes satelitales de marzo 2022. Las fotos de libreta de campo y fotos obtenidas con el drone oblicuas se incluirán en el Apéndice.

Resultados

Imágenes satelitales

Río La Plata-El cambio más notable en la desembocadura del Río La Plata se visualizó en lo alargado de la barra de sedimentos. Esto a su vez crea que la boca esté abierta o cerrada. En los meses de marzo y junio la boca se encontraba más estrecha, mientras que en septiembre y diciembre la boca era más ancha, la barra de sedimentos no tapaba la desembocadura. El cambio más notable fue entre junio y septiembre cuando el largo de la barra disminuyó aproximadamente 352 metros, dejando la salida del río con aproximadamente 390 metros de anchura en septiembre (Figura 6).

Río Guayanés- El caso de la desembocadura del Río Guayanés, con dos canales, es variable. Tanto en marzo, como en diciembre, se halló 1 canal abierto, mientras

que, en junio, la desembocadura estaba prácticamente cerrada, o con un canal muy angosto. El cambio más notable fue en septiembre donde se visualizó dos salidas separadas, dejando un islote de sedimentos en medio, la boca más ancha tenía 88 metros. El cambio de ancho de playa más importante fue entre marzo/junio y septiembre de 112 metros (Figura 7).

Río Salinas- El canal y desembocadura del Río Salinas se mantuvo relativamente similar a lo largo del año. Los cambios más notables ocurrieron al noroeste de la boca donde el río se unía al mar en una forma paralela a la costa. El cambio más notable en ancho de playa fue entre marzo y junio/septiembre con 85 metros. El momento de ancho máximo de la desembocadura fue en marzo, con 82 metros (Figura 8).

Río Guanajibo- En la desembocadura del Río Guanajibo el cambio más notable fue entre marzo y diciembre donde la barra aumento una longitud de 93 metros entre ambos meses. La boca se encontraba más angosta en marzo y junio, mientras que en septiembre y diciembre era más ancha. Ese ancho máximo fue en septiembre con 177 metros. En este caso la desembocadura mostró una leve migración hacia el este, creando mayor erosión en la Playa Guanajibo (Figura 9).

La tabla 1 muestra la apertura o ancho de desembocadura máxima y mínima, donde todos los ríos con excepción del Río Salinas presentaron ancho máximo en septiembre. El ancho mínimo en el Río Guayanés fue en marzo, mientras que en los ríos La Plata y Guanajibo el ancho mínimo fue en junio y en el Río Salinas en diciembre. La gráfica 1 resume los datos del cambio en el ancho de la

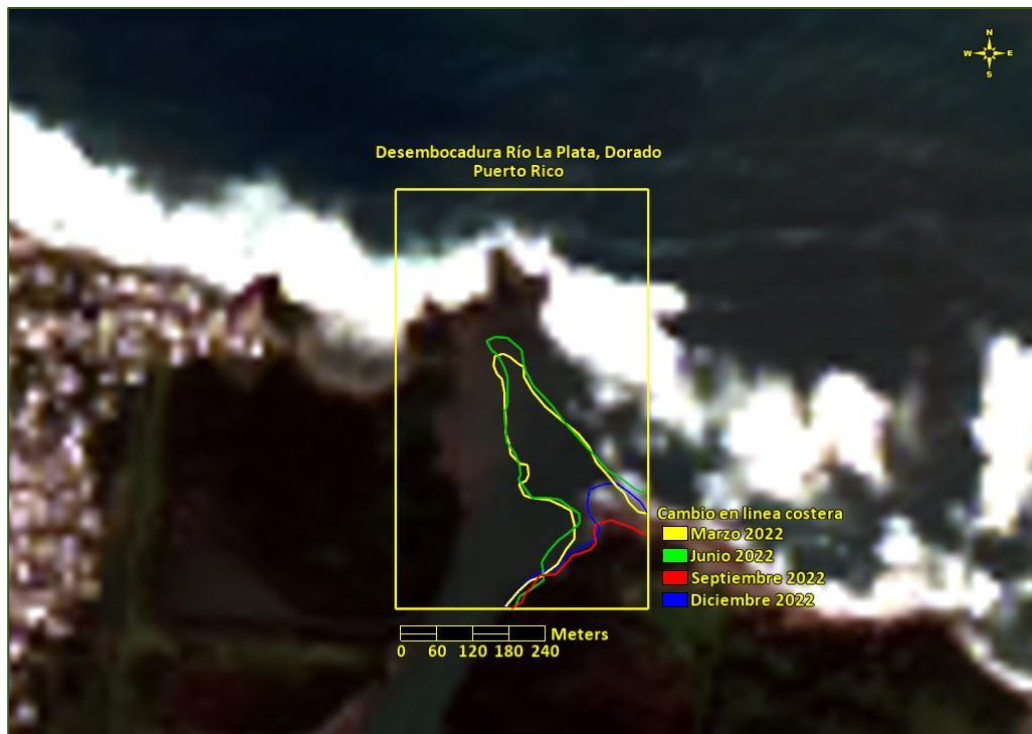


Figura 6 Cambios en la línea costera asociado a la desembocadura del Río La Plata. La línea blanca demarca el cambio más notable. La imagen es de diciembre 2022.

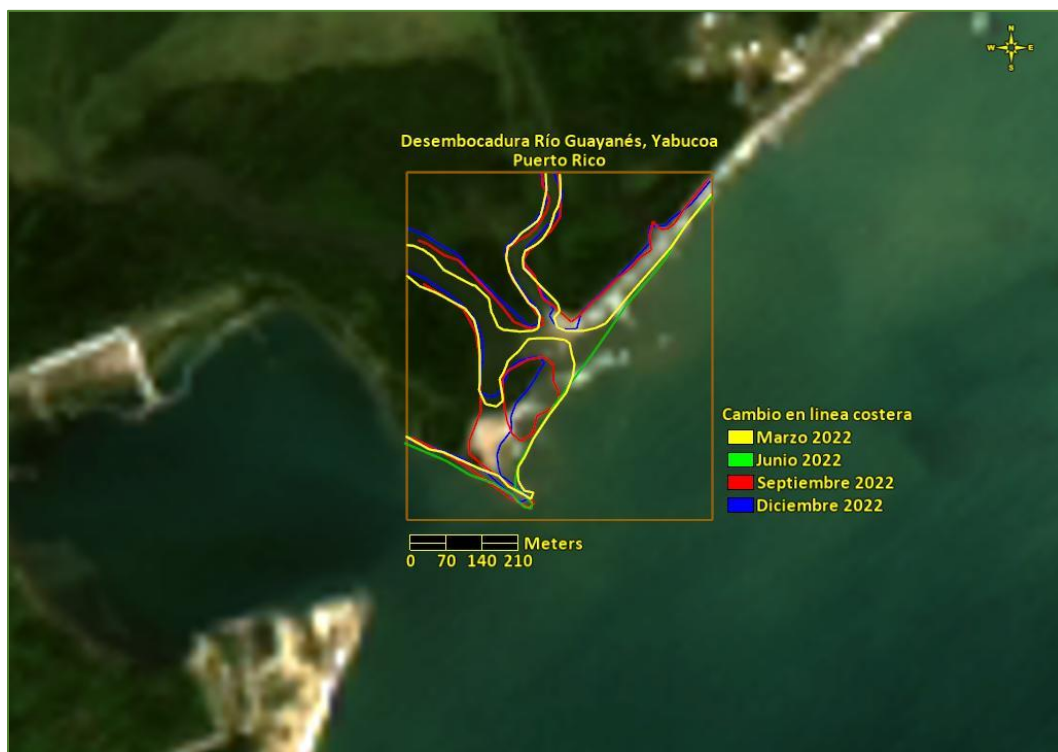


Figura 7 Cambios en la línea costera asociado a la desembocadura del Río Guayanés. La línea blanca demarca el cambio más notable. La imagen es de diciembre 2022.

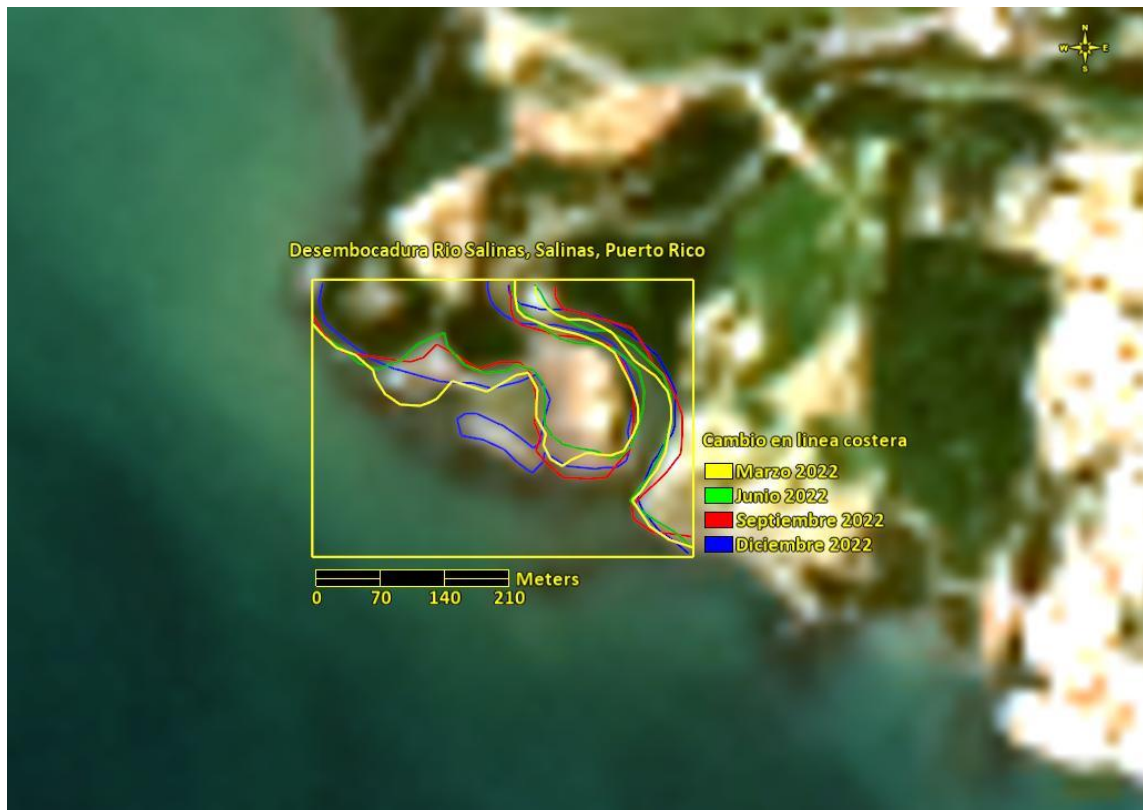


Figura 8 Cambios en la línea costera asociado a la desembocadura del Río Salinas. La línea blanca demarca el cambio más notable. La imagen es de diciembre 2022.

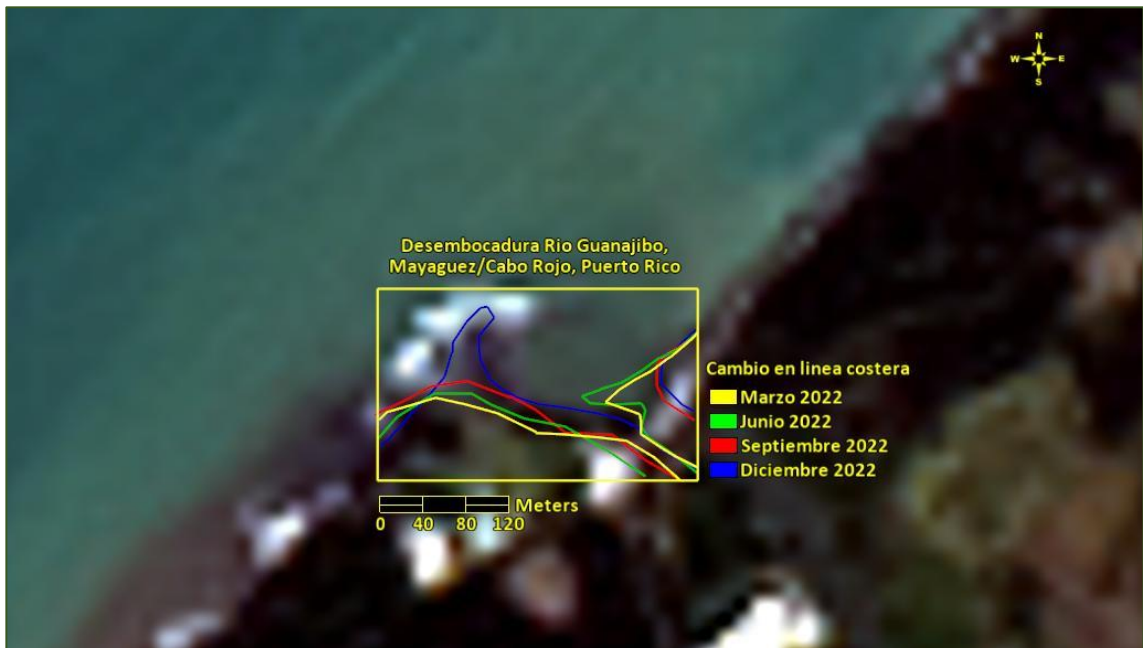


Figura 9 Cambios en la línea costera asociado a la desembocadura del Río Guanajibo. La línea blanca demarca el cambio más notable. La imagen es de diciembre 2022.

desembocadura de los ríos para abril 2023, en base a las fotos aéreas. La gráfica 2 muestra los cambios más notables en largo o ancho de playa cercano a las desembocaduras de los ríos.

Fotos aéreas

Río Guanajibo- Fotos tomadas el 21 abril 2023 a las 11:16 a.m. Ese día el ancho de la desembocadura fue de 12.5 metros, por lo que la barra de sedimentos estaba ancha y alargada. La Playa Guanajibo presentaba erosión. En comparación a marzo 2022, que la desembocadura estaba más ancha y hacia el noroeste, en este momento la boca se encontraba más cerrada y en dirección hacia el norte (Figura 10).

Río La Plata- Fotos tomadas el 22 abril 2023 a las 12:56 p.m. En ese momento el ancho de la desembocadura se encontraba en 150 metros. La barra de arena se encontraba alargada, igual que en marzo 2022 (Figura 11).

Río Guayanés- Fotos tomadas el 23 abril 2023 a las 11:54 a.m. La desembocadura era de un canal en ese momento con una anchura de 12.6 metros. La boca tenía una forma peculiar de “S”. En comparación con marzo 2022, el área se encontraba relativamente similar (Figura 12).

Río Salinas- Fotos tomadas el 23 abril 2023 a las 3:01 p.m. La boca tenía una anchura de 14.6 metros. En comparación con marzo 2022, en este momento la desembocadura se encontraba más cerrada, y en su área noroeste presenta erosión de costa (Figura 13).

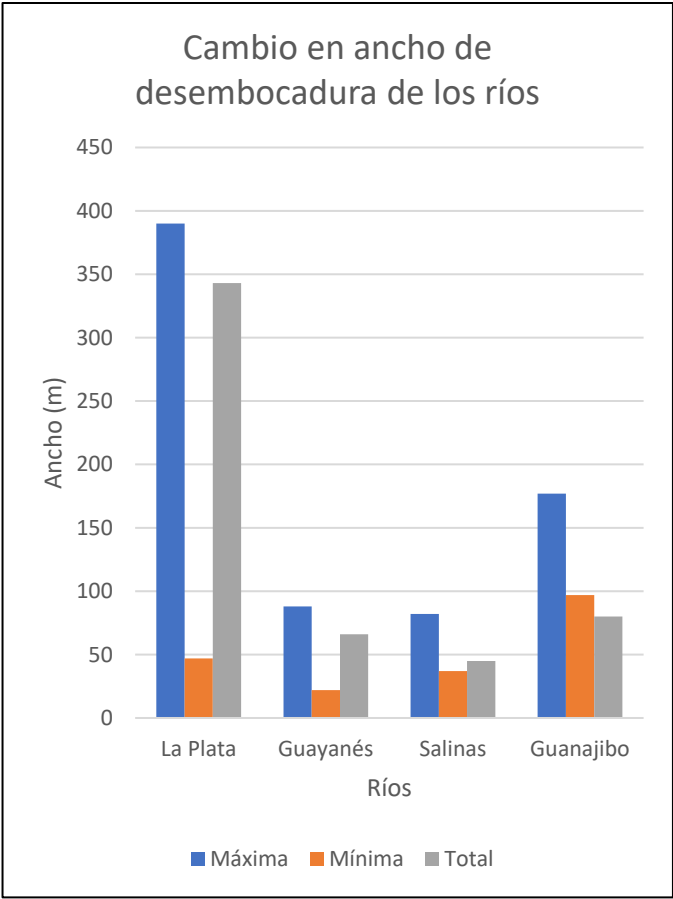
La gráfica 3 muestra la anchura de las desembocaduras en el momento en que se tomó la fotografía con el dron en abril 2023.

Discusión

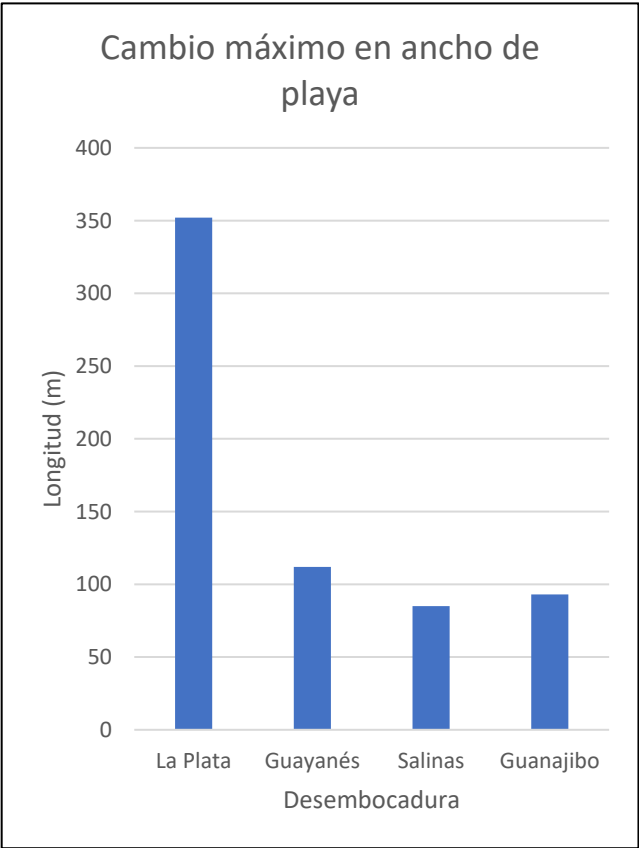
Los ríos presentan diferentes geomorfologías en sus costas, dependiendo de ciertos factores como el mes o temporada del año, descarga del río, corrientes litorales y eventos extremos como huracanes. En el caso del Río La Plata, con una cuenca hidrográfica más grande entre los ríos seleccionados, presenta variaciones que parecen seguir un patrón temporal influenciado por el flujo riveraño. En los primeros meses del año siguiendo a la temporada de menos precipitación, la desembocadura tiene mayor influencia de la corriente litoral y oleaje, donde la playa adyacente se alarga creando la barra de sedimentos. En el periodo de lluvia en septiembre, la descarga del río rompió la barra, dejando una boca más ancha. Ya en diciembre, la barra comenzaba a alargarse, hasta llegar al punto donde se encontraba en abril 2023. El Río Guayanés parece tener una influencia mayor de la descarga del río y su caño. En el periodo seco parece secarse y tener mayor influencia de la corriente litoral. En septiembre, y respondiendo a la descarga del río, presentó dos desembocaduras. Se debe puntualizar que justo al suroeste de esta desembocadura hay una estructura artificial (jettie) que puede influenciar la distribución de los sedimentos en la costa. En el Río Salinas los cambios no fueron muy demarcados. La desembocadura puede presentar influencia tanto del río como costera, ya que la misma muchas veces parece correr de manera paralela a la costa. El Río Guanajibo muestra una desembocadura bastante dinámica y cambiante, influenciada más por las corrientes litorales, sin embargo, el flujo del río es importante también. Ambos factores moldean la forma en que la desembocadura puede estar en cierto periodo del año. Aquí es importante añadir el factor infraestructura, ya que el puente puede

Apertura de la desembocadura de los ríos					
Río	Ancho Máximo (metros)	Mes	Ancho Mínimo (metros)	Mes	Diferencia total (metros)
La Plata	390	Septiembre	47	Junio	343
Guayanés	88	Septiembre	22	Marzo	66
Salinas	82	Marzo	37	Diciembre	45
Guanajibo	177	Septiembre	97	Junio	80

Tabla 1 Apertura máxima y mínima de las desembocaduras de los ríos medida en las imágenes satelitales.



Gráfica 1 Cambios máximo y mínimo en las desembocaduras de los ríos. También se muestra la diferencia entre ambos cambios, como Total.



Gráfica 2 Cambios máximo en el largo o ancho de playa cercano a la desembocadura de cada río.



Figura 10 Foto Drone de la desembocadura del Río Guanajibo. Escala 20 metros.

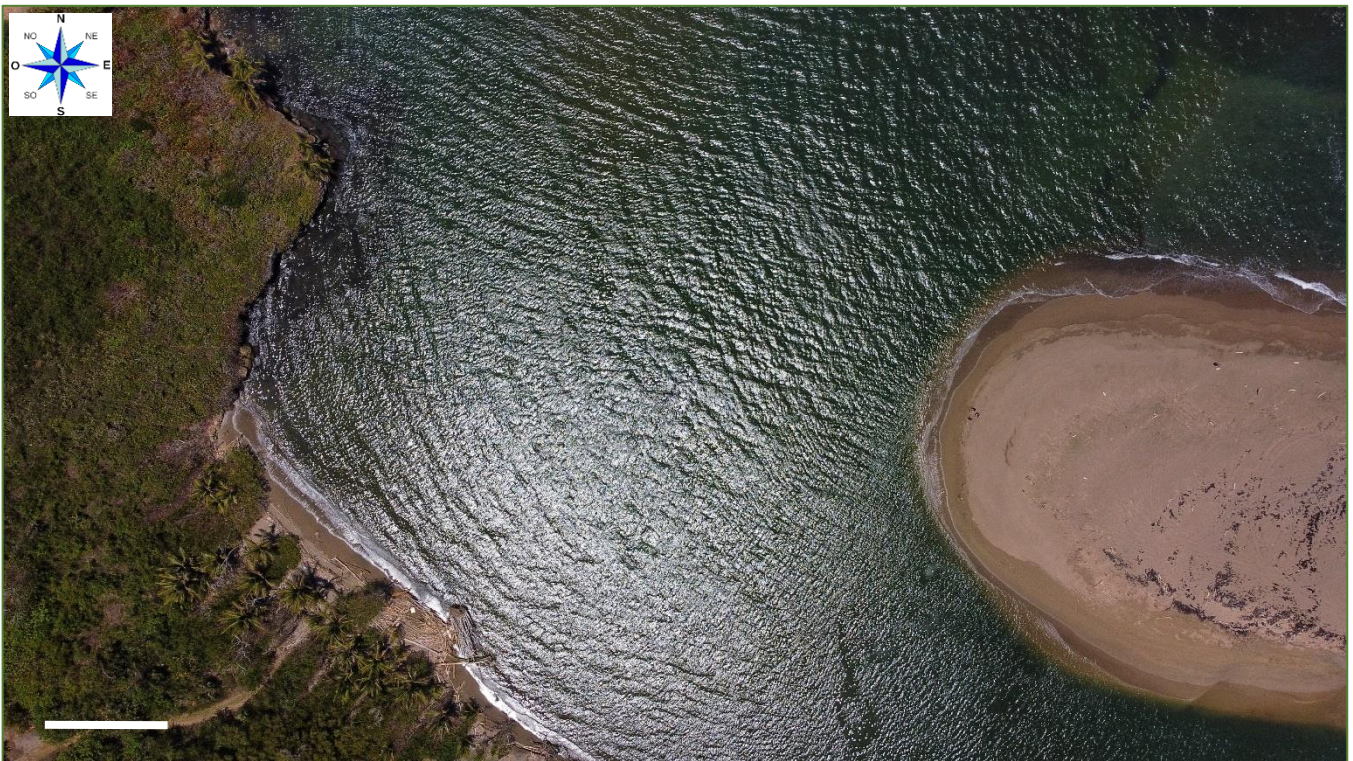


Figura 11 Foto Drone de la desembocadura del Río La Plata. Escala 20 metros.



Figura 12 Foto Drone de la desembocadura del Río Guayanés. Escala 20 metros.

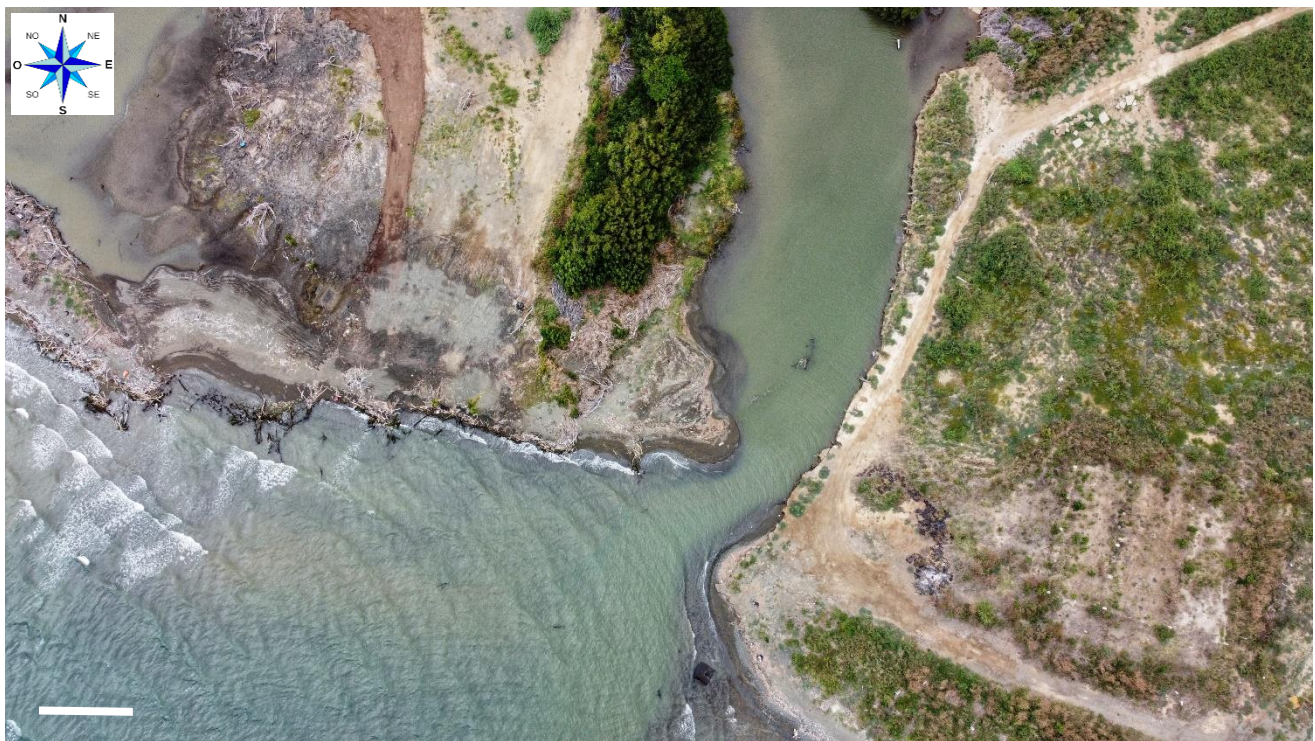
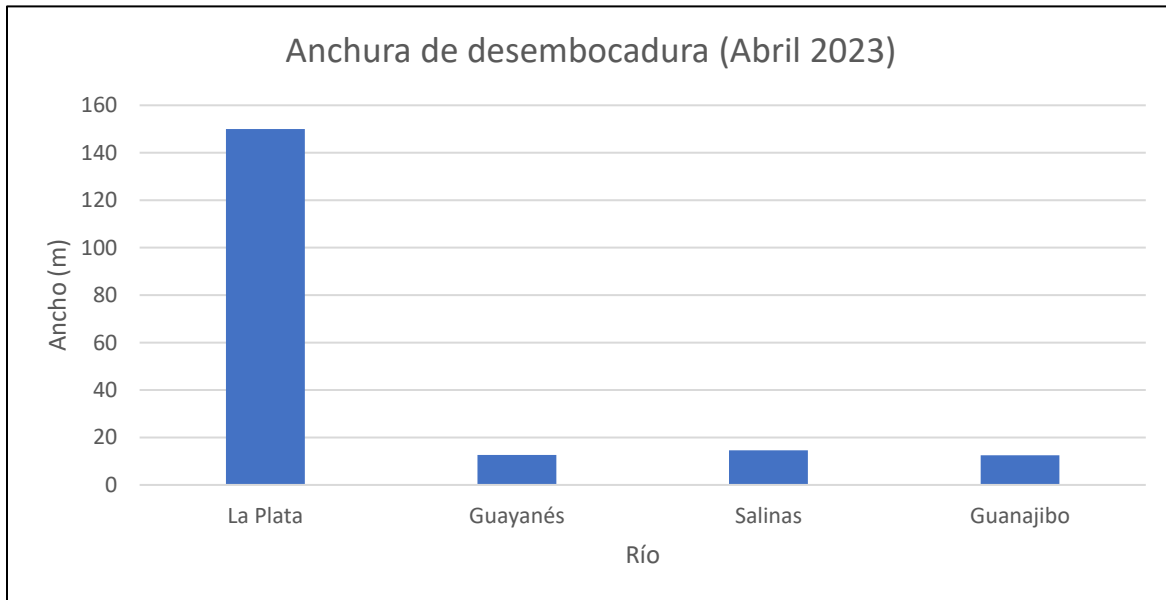


Figura 13 Foto Drone de la desembocadura del Río Salinas. Escala 20 metros.



Gráfica 3 Anchura de las desembocaduras de los ríos en abril 2023.

ocasionar interrupciones en el flujo del material sedimentario. En términos generales, los sedimentos transportados por los ríos también modifican la desembocadura y su geomorfología parece estar dominada por procesos oceanográficos y costeros, sobre todo en los primeros meses del año, siguiendo la época más seca. En septiembre y diciembre, los ríos influyen más por las descargas de periodos intensos de lluvias o huracanes, en este caso el Huracán Fiona, que también pudo provocar cambios debido a la marejada ciclónica. Los cambios más importantes ocurrieron en la desembocadura del Río La Plata, mientras que el Río Salinas presentó cambios menores, aun con el evento de inundación severa que afectó este municipio en septiembre por el huracán. En junio, fue el momento donde la mayoría de las bocas estaban angostas, y en septiembre, más ancha. En cuanto a las imágenes satelitales utilizadas, no fueron del todo útiles para este tipo de investigación, ya que la resolución espacial debe ser menor para una

imagen más clara. El beneficio de este sensor y satélite es que tiene una resolución temporal de 16 días donde es muy útil para este tipo de comparaciones.

Conclusión

Como se demostró en la investigación, las desembocaduras de los ríos son ambientes costeros muy dinámicos con modificaciones constantes. Los cambios más importantes en anchura de desembocadura y longitud de barra de sedimento fue en el Río La Plata en la costa norte. En la costa este y oeste los cambios en las desembocaduras parecen ser moderados, dependiendo de periodos prolongados de lluvias. El río de la costa sur presentó cambios menos variados. El tamaño de las cuencas hidrográficas está directamente relacionadas al aporte de sedimentos. Los factores de corrientes litorales, oleaje, fondo marino y geomorfología influyen también en la distribución de los sedimentos en esas costas.

En este caso se vieron dos desembocaduras donde la influencia de estructuras artificiales parece tener cierta influencia al transporte de los sedimentos en la costa y su acumulación. Estos datos están sujetos a revisión debido a que las imágenes satelitales no son del todo claras. En base a las fotografías aéreas obtenidas en abril 2023, se puede mostrar un patrón similar en las desembocaduras en comparación con los primeros meses del 2022. Estos estudios son importantes para identificar el impacto en la costa de las estructuras artificiales y cuanto esto puede influir en los procesos naturales de estos ambientes transicionales. Esto se puede utilizar para la planificación costera, ubicación de la población, manejo de riesgos naturales y para áreas recreativas y educativas cercanas a estas zonas.

Recomendaciones

Proyectos como este, se deben llevar a cabo considerando otra fechas y localizaciones para tener un patrón más claro de los cambios en las costas. Se debe considerar alguna modificación sustancial en el cauce de los ríos aguas arriba, por ejemplo, entre 2022 y 2023 y cercano a su desembocadura, el Río La Plata se ha canalizado y a este momento no se ha culminado, esto puede tener alguna influencia también en su área costera. Se debe considerar otras imágenes satelitales y sensor, donde tenga mejor resolución espacial, y conservando la misma resolución temporal del utilizado en esta ocasión. Finalmente, se debe continuar monitoreando estas áreas con fotografías aéreas usando drones ya que con esta técnica se puede validar los resultados de una manera más certera.

Referencias

Bush, D., Neal, W., Jackson, C., 2009. Summary of Puerto Rico's vulnerability to coastal hazards: Risk, mitigation, and management with examples. The Geological Society of America, 460-11 p. 149-165.

Curet A.F. (1986). Geologic map of the Mayagüez and Rosario quadrangles, Puerto Rico. US Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/imap/1657/plate-1.pdf>

DRNA Cuenca del Río Grande de la Plata <https://www.drna.pr.gov/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/inventario-recursos-de-agua/cuencas-hidrograficas/Cuenca%20del%20Rio%20Grande%20de%20La%20Plata.pdf>

DRNA Cuenca del Río Guayanés <https://www.drna.pr.gov/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/inventario-recursos-de-agua/cuencas-hidrograficas/Cuenca%20del%20Rio%20Guayanes.pdf>

DRNA Cuenca del Río Nigua Salinas <https://www.drna.pr.gov/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/inventario-recursos-de-agua/cuencas-hidrograficas/Cuenca%20del%20Rio%20Nigua.pdf>

DRNA Cuenca del Río Guanajibo <https://www.drna.pr.gov/historico/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/inventario-recursos-de-agua/cuencas-hidrograficas/Cuenca%20del%20Rio%20Guanajibo.pdf>

ENVI (2023).

Google Earth (2023).

Hein C.J., Fallon A.R., Rosen P., Hoagland P., Georgiou I.Y., FitzGerald D.M., Morris M., Baker S., Marino G.B. and Fitzsimons G. (2019) Shoreline Dynamics Along a Developed River Mouth Barrier Island: Multi-Decadal Cycles of Erosion and Event-Driven Mitigation. Front. Earth Sci. 7:103. doi: 10.3389/feart.2019.00103 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2019.00103/full>

Monroe, W.H. (1973). Geologic map of the Vega Alta quadrangle, Puerto Rico. US Geological Survey. <https://pubs.usgs.gov/gq/0191/plate-1.pdf>

Morelock, J., Correa, C., Grove, K., Trumbull, J., (1978). Shoreline of Puerto Rico: Coastal Zone Program, Department of Natural Resources of Puerto Rico, 45 pgs.

NASA Landsat Science (2023). <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>

Rodríguez, A., Ramírez, W. (2008) A comprehensive study on coastline process and sedimentary dynamics, Sardinera Beach, Mona Island, Puerto Rico. University of Puerto Rico, Mayagüez. Pgs. 1-68.

Apéndice



Norte-Sur



Sur-Norte



Este-Oeste



Oeste-Este



Figura 14 Foto-Drone de la desembocadura del Río Guanajibo el 21 de abril 2023.



Norte-Sur



Sur-Norte



Este-Oeste



Oeste-Este



Figura 15 Foto-Drone de la desembocadura del Río La Plata el 22 de abril 2023.



Norte-Sur



Sur-Norte



Este-Oeste



Oeste-Este



Figura 16 Foto-Drone de la desembocadura del Río Guayanés el 23 de abril 2023.



Norte-Sur



Sur-Norte



Este-Oeste



Oeste-Este



Figura 17 Foto-Drone de la desembocadura del Río Salinas el 23 de abril 2023.



Figura 18 Río Guanajibo y sus alrededores



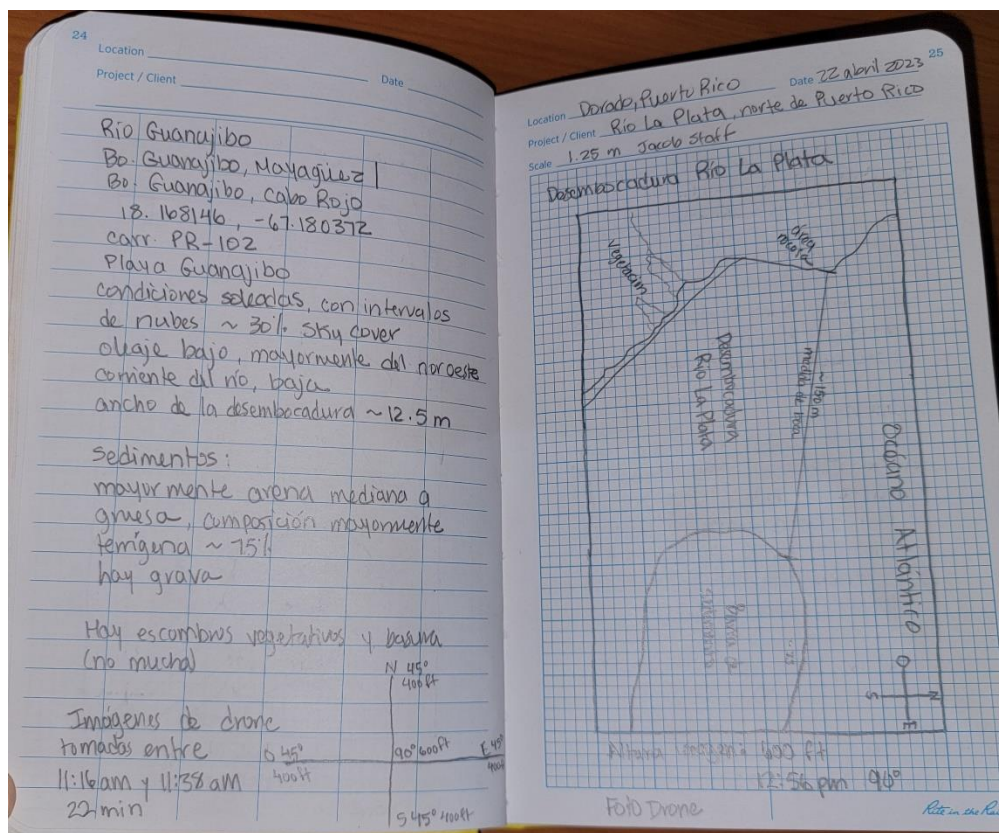
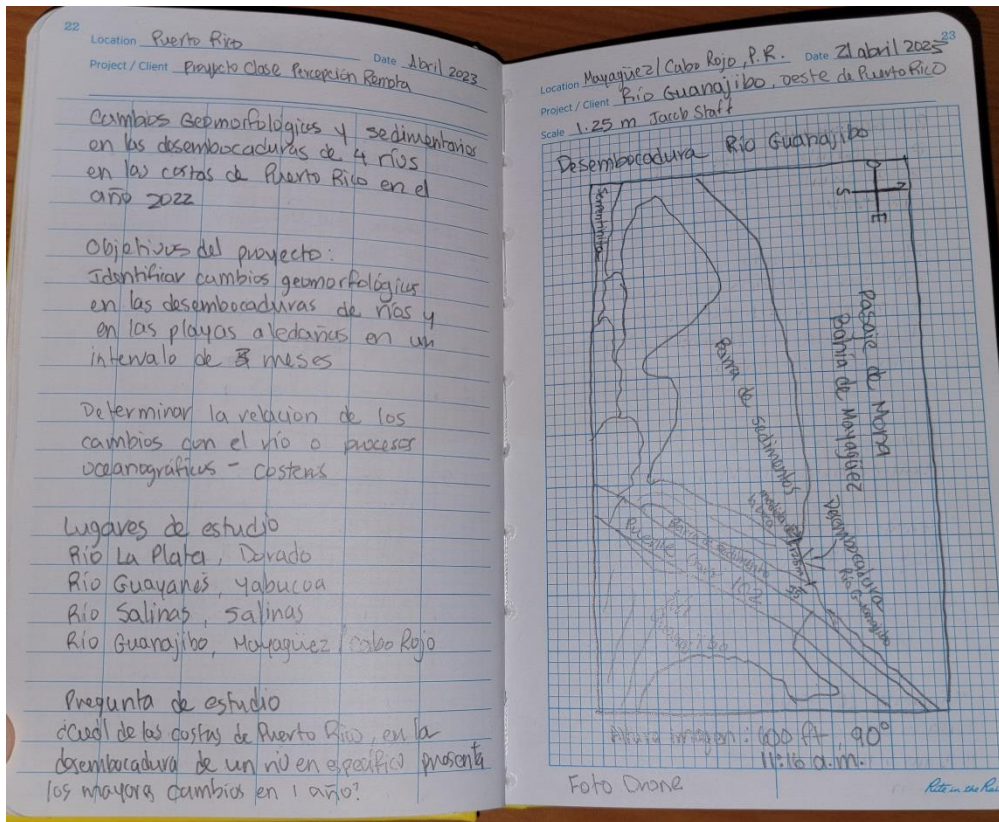
Figura 19 Río La Plata y sus alrededores

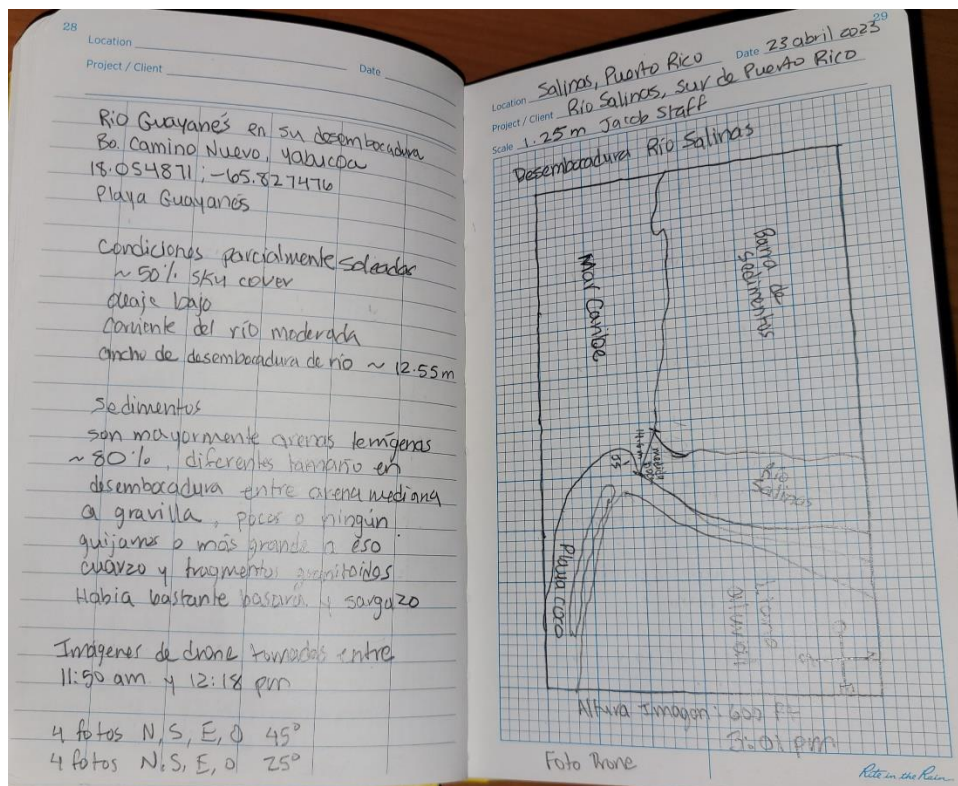
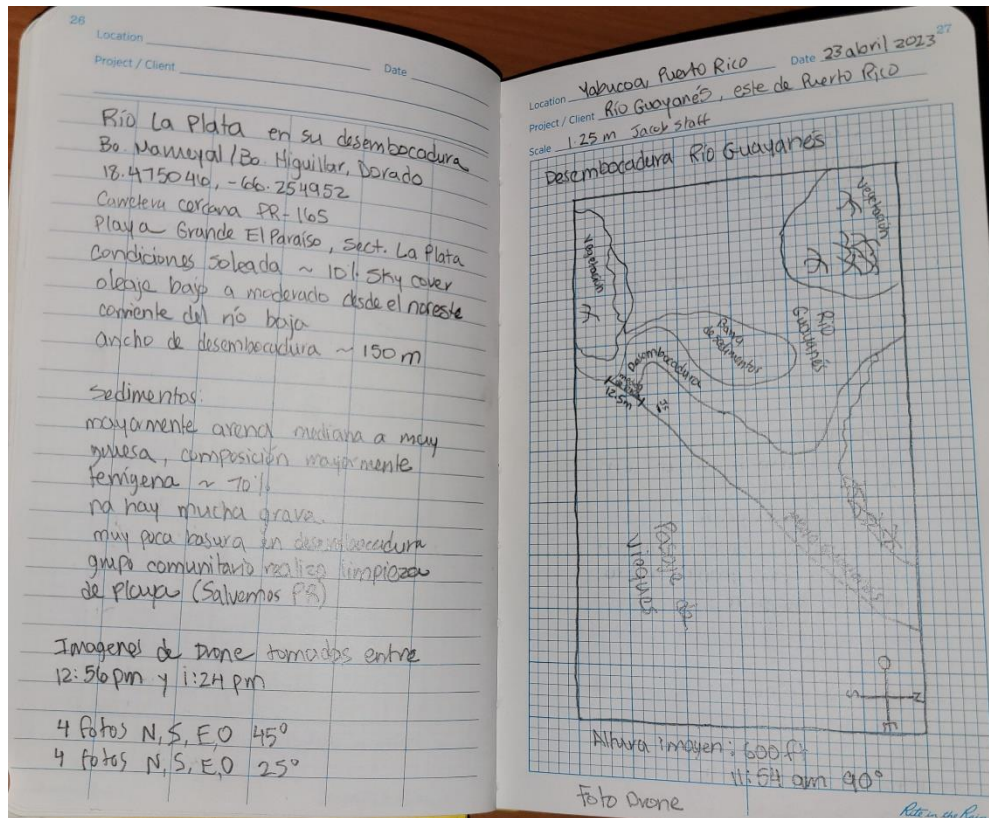


Figura 20 Río Guayanés y sus alrededores



Figura 21 Río Salinas y sus alrededores





30 Location _____ Date _____
 Project / Client _____

Rio Salinas en su desembocadura
 B. Rio Jueyes, Salinas
 17.98843 - 66.31198
 Carr. arcana PR-1
 Playa Coco
 Condiciones mayormente nubladas
 ~ 60% Sky cover
 oleaje bajo a moderado desde el
 Suroeste
 Corriente del río baja
 anchura de desembocadura ~ 14.64m

Sedimentos:
 arenas medianas a gruesas y
 guijarros y adoquines
 composición mayormente ferrígena
 ~ 80%
 hay basura, algunos caminos
 hechos por el humano

Imágenes de drone obtenidas entre
 3:00pm y 3:10 pm

4 fotos N, S, E, O 45°
 4 fotos N, S, E, O 25°

Figura 22 Notas de campo



Figura 23 Instrumento utilizado para la escala en las fotos de drone