



FadARA
Facultad de la
Armada

**SEDE EDUCATIVA UNIVERSITARIA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**



UNDEF
Universidad de la
Defensa Nacional



Trabajo Final Integrador para el curso de Hidro - Oceanografía

Consecuencias de la evolución sedimentaria de la
isla Martín García y Timoteo Domínguez

Autor: TN Carlos Martín Barrientos
Tutor: Dr. José Luis Cavallotto

2023

Fecha de elevación
18/11/2023

INDICE

<i>Título</i>	<i>Pág.</i>
RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
METODOLOGÍA.....	4
PLAN DE TRABAJO.....	4
MARCO GEOLÓGICO.....	5
OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	7
RESULTADOS.....	8
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS – CONSECUENCIAS.....	12
SEDIMENTARIAS.....	12
NÁUTICAS / NAVIERAS.....	15
PARTE LEGAL – TRATADO DEL RÍO DE LA PLATA.....	17
CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20
ANEXOS	21

RESUMEN

Se analiza e interpreta información de la evolución sedimentaria del complejo isleño Martín García – Timoteo Dominguez, que a lo largo de los últimos 67 años ha incrementado su extensión areal por depósitos aluviales. A partir de los antecedentes y de la interpretación de imágenes satelitales, se miden superficies y realizan gráficos de la extensión areal del complejo isleño en determinados años. Luego de determinar las variaciones areales de la isla y de su entorno, se realizan gráficos con una proyección la extensión areal del complejo hasta el 2035. En base a lo expuesto anteriormente y a los resultados,

se analiza y especula sobre las consecuencias geológicas, navieras y legales que traerán los procesos sedimentarios estudiados.

PALABRAS CLAVE:

Isla Martín García, Timoteo Dominguez, depósitos aluviales, evolución

INTRODUCCION

La constante expansión del delta del Paraná genera albardones, islotes y una mayor extensión areal de las superficies isleñas existentes, Pittau, Sarubbi y Menéndez (2007) exponen la evolución del frente deltaico desde 1778 hasta el 2000 abordando tales procesos. La isla Martín García, se encuentra al SE del delta del Paraná y es afectada por su dinámica, ya que desde 1961 se observa el desarrollo de albardones e islotes sobre su sector norte, que de manera progresiva fueron acrecentando su superficie hasta convertirse en una isla propia denominada Timoteo Dominguez de soberanía Uruguay. En la actualidad, ambas islas se encuentran unidas mediante acreción sedimentaria, constituyendo una única isla. Cavallotto y Violante (2015) exponen esta dinámica con un seguimiento temporal de 40 años desde 1957 mediante el relevamiento fotográfico e interpretación de imágenes satelitales.

La dinámica deltaica y su continua expansión, causarán potenciales impactos significativos sobre las vías de navegación y conflictos de carácter internacional con la República Oriental del Uruguay, según artículos del Tratado del Río de la Plata y su frente marítimo. Este trabajo se desarrollará a partir de la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas, un plano batimétrico y la cuantificación de datos superficiales, con el objeto de realizar una proyección de las consecuencias de los procesos mencionados.

METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en el estudio de los antecedentes de Cavalotto y Violante (2015) y en la observación de imágenes satelitales de la Isla Martín García y Timoteo Domínguez desde 1985 hasta la actualidad, determinando las extensiones areales anuales y expresándolas en un gráfico de dispersión.

Luego se realizó una comparación de los valores, la proyección que describían y el sentido de los nuevos depósitos sedimentarios.

Posteriormente, se evaluó las consecuencias que estos procesos tendrían sobre el complejo isleño, las vías de navegación y sobre el tratado internacional del Río de la Plata.

PLAN DE TRABAJO

Este trabajo incluye la presentación del marco geológico del área de estudio, junto con las imágenes satelitales observadas durante el rango temporal al que se aborda, los valores areales anuales de las islas y la variación con respecto al período pasado.

Posteriormente se mostrarán una serie de consecuencias que los resultados expresados generarán sobre la geología, canales de navegación y en la política internacional de Argentina y Uruguay.

A partir de lo expuesto anteriormente y de las interpretaciones realizadas, se llegó a una conclusión que integra todos los conceptos abordados y consideraciones finales.

MARCO GEOLÓGICO

El complejo isleño Martín García – Timoteo Dominguez, está ubicado a 30.5 km de la desembocadura del río Uruguay, a 10 km de la costa argentina, 3 km de la costa uruguaya y 40km de la ciudad de Buenos Aires. Hacia el Este, el complejo está limitado por el Canal del Infierno, al Oeste y Sur por el Canal Buenos Aires y al Norte por el Canal del Este.



Fig. 1: Delimitación del área de estudio



Fig. 2: Cuenca del Plata y la Isla Martín García (IMG) y Timoteo Domínguez (TD)

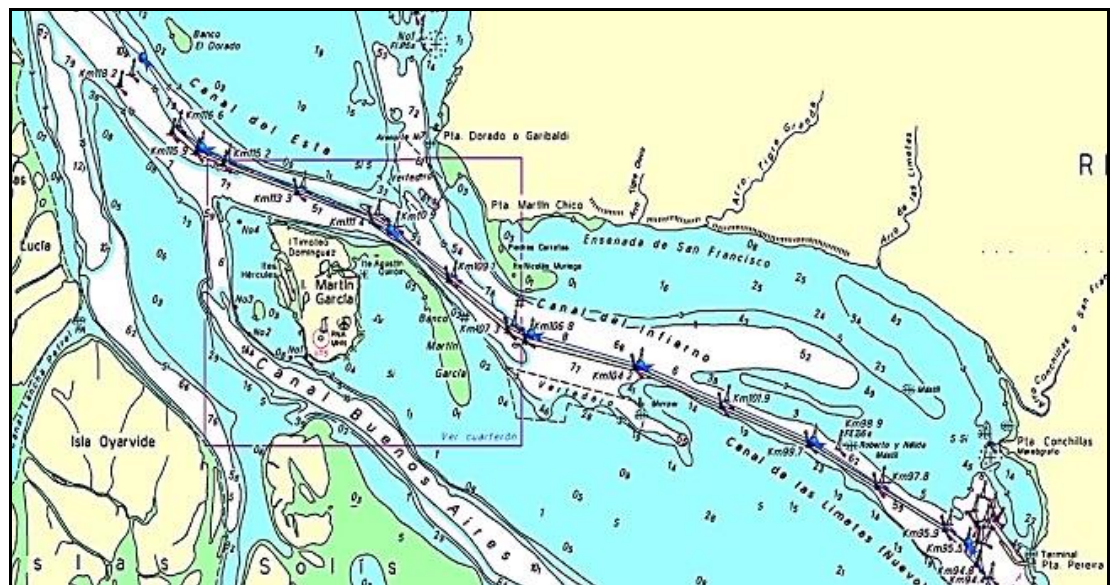


Fig.3: Los canales que rodean a la isla Martín Gacia y Timoteo Domínguez.

El Complejo es parte del sector interior del río de la Plata, el cual presenta en ese ámbito un continuo relleno aluvial de su lecho en respuesta a la depositación de la carga de sedimentos que trae el sistema fluvial distributivo del río Paraná, y en menor medida del río Uruguay, tal proceso se ve reflejado en el avance constante del frente del delta del Paraná (Sarubbi et al, 2006), en 27 y 70 m/año para los sectores Norte y Sur. Además se observa una disminución de la

profundidad de la Playa Honda y la aparición de bancos que afloran en baja marea junto con nuevas islas que se incorporan al frente deltaico.

Conjuntamente, se detecta el crecimiento superficial y de altura de bancos y albardones ya existentes.

El basamento rocoso de la isla Martín García constituido por rocas ígneas y metamórficas precámbricas, hace que se manifieste como una barrera rígida al avance de los sedimentos aluviales y por ese motivo se comporta como un foco de acumulación de los mismos en su costa de barlovento, lo que promovió el crecimiento de Timoteo Dominguez y otros bancos e islas menores que cuando aumentan sus dimensiones se derraman sobre las costas Este y Oeste y sobre los canales del Infierno, Buenos Aires y del Este (ver fig. 3).

En este contexto, Cavalotto y Violante (2015) determinan que Timoteo Dominguez se ha acrecionado sedimentaria y progresivamente a Martín García hasta la actualidad conformando una única Isla.

OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A fines de poder justificar la evolución aluvial del complejo Martín García – Timoteo Dominguez, se trabajó con imágenes satelitales históricas de la plataforma de Google Earth y su herramienta para generar polígonos y calcular sus áreas.

El registro comprende fotografías aéreas desde 1961 a 2003 y satelitales desde 1985 a 2023 obtenidas por los satelites Landsat y Copernicus.

Los resultados son expresados en un gráfico donde se compara la extensión areal por año, observando la evolución a lo largo del tiempo analizado.

RESULTADOS

Las imágenes satelitales obtenidas y su procesamiento se muestran en el **Anexo 1**.

A continuación se expresará una tabla con los valores obtenidos a partir de las comparaciones temporales de superficie en km², tanto de relevamientos fotogramétricos como de imágenes satelitales.

Año	Extensión en Km ²	Incremento Km ²
1956	0.29	
1969	0.54	0.25
1985	1.42	0.88
1988	1.61	0.19
1991	1.70	0.09
2003	1.83	0.13
2010	1.96	0.13
2016	2.09	0.13
2022	2.37	0.28
2023	2.40	0.03

Tabla 1: Cuadro de entrada simple, que expresa las extensiones areales en km² en función del año correspondiente y su relación con el período anterior.

A partir, de la tabla se confeccionó un gráfico lineal del área en función de la escala temporal y se agrega la línea de tendencia y su expresión matemática resultante.

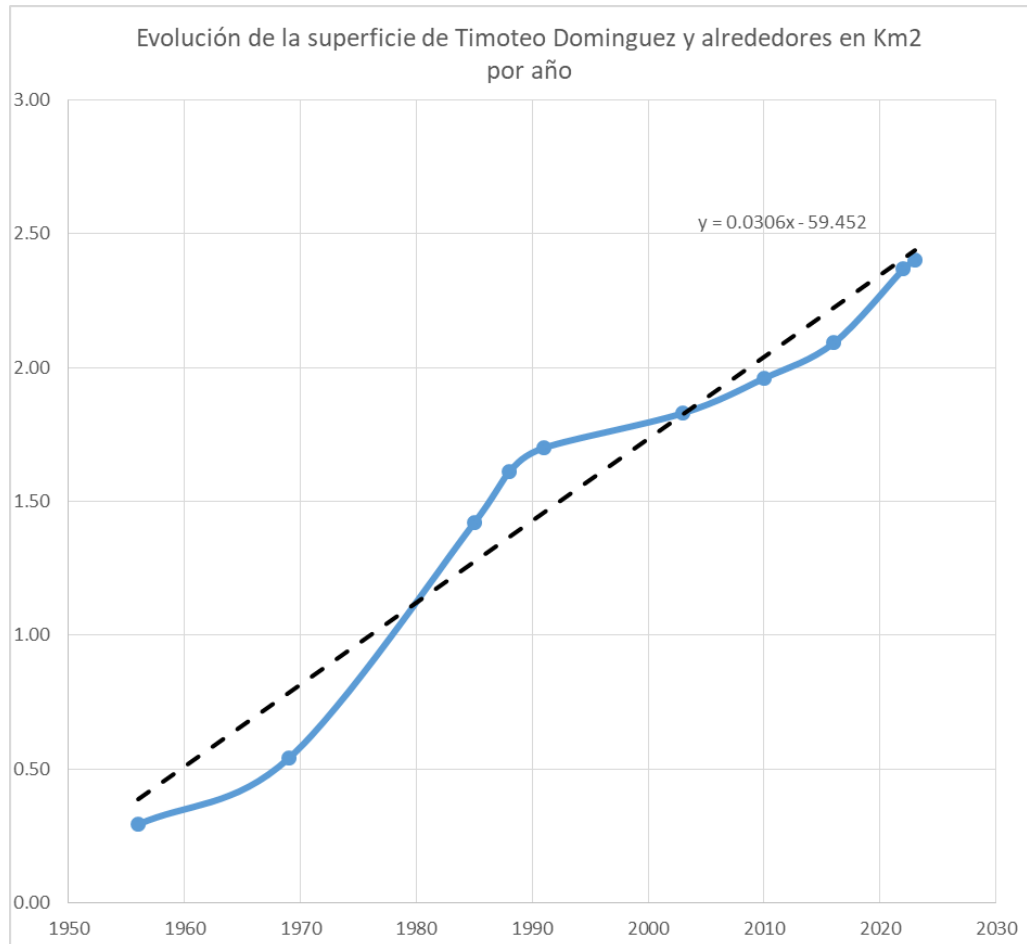


Grafico 1: Extensión superficial de Timoteo Dominguez en función del tiempo. Se expone la tendencia (lineal) y su ecuación correspondiente.

A partir de los valores y gráficos obtenidos se realizan los siguientes análisis:

En 1956 la superficie de los albardones que luego constituirían la Isla Timoteo Dominguez, era de 0.29km²; mientras que el último valor obtenido en 2023, expresa 2.40km². Por lo tanto se afirma que en los

últimos 67 años, el crecimiento de la superficie isleña y albardones próximos fue del 820.79%.

Según se observa en el **gráfico 1**, este desarrollo no ocurrió de manera lineal durante el tiempo de observación, ya que durante principios del 2000, este proceso disminuyó su intensidad. El Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera en su documento “Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones” (2015) demuestran una disminución de la precipitación respecto de la medias de las últimas dos décadas del siglo XX sobre el área de estudio. Esto probablemente obedece a una fluctuación de la precipitación de escala inter-decadal que morigeró la tendencia positiva de largo plazo. Esto ocurrió también en décadas anteriores asociadas con otro período seco como fue la década de 1950. Pero la tendencia positiva también se manifiesta a pesar de estos periodos secos ya que el promedio de la década del 2000 estuvo muy por encima del de 1950. La disminución de las precipitaciones provocó una baja en los caudales del río Uruguay y Paraná, otorgando una menor capacidad y competencia para transportar sedimentos y con ello generar depósitos de gran escala.

Luego, a partir del 2010 recupera el ritmo de depositación, incrementando la extensión areal de las islas superando los 2km².

Mediante un análisis haciendo foco en los promedios anuales, se observa que durante el rango desde 1956 a 2023 se observa una depositación media anual de 0,03148 km² es decir, 31500m²; mientras que en los últimos 7 años, este valor aumentó a 0.06314 km² que es igual a 63140m² (el promedio de seis campos de futbol anual).

Promedio anual	1956 -2023
0.031486836 km ²	

Promedio anual	2016 -2023
0.063145429 km ²	

Además se realizó una proyección hasta 2035 a partir de diferentes rangos temporales.

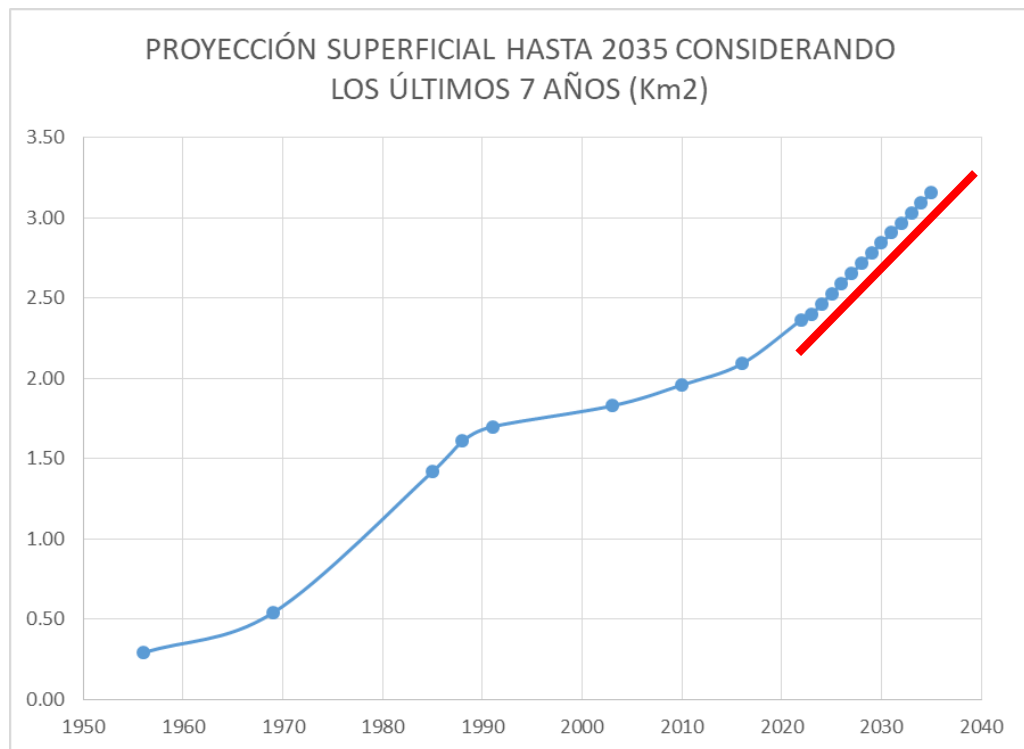


Gráfico 2: Proyección areal de Timoteo Dominguez y albardones próximos a IMG, considerando la tasa de depositación desde 2016 a 2023

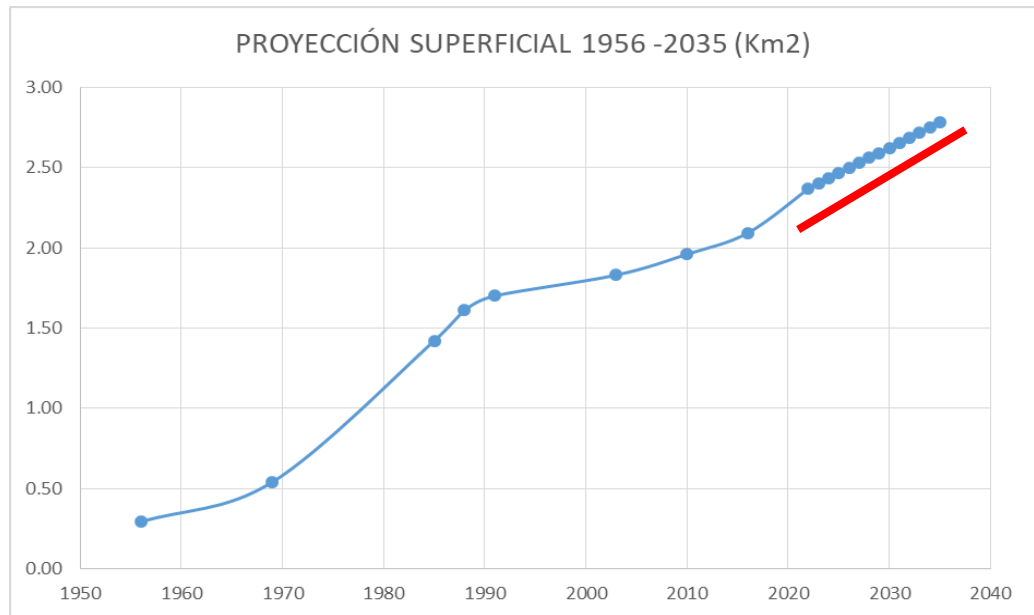


Gráfico 3: Proyección areal de Timoteo Dominguez y albardones próximos a Isla Martín García, considerando la tasa de depositación desde 1956 a 2023.

En el gráfico 2 se evidencia una mayor pendiente ascendente que el gráfico 3, que incluye periodos de menores precipitaciones.

El aumento de la extensión areal proyectada causará impactos desde el enfoque sedimentario, naviero y legal.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS – CONSECUENCIAS

SEDIMENTARIAS:

El crecimiento de la isla Timoteo Dominguez y su acreción con Martín García, resulta de los depósitos aluviales que se desarrollan sobre la desembocadura del río Uruguay y el frente deltaico del Paraná. La isla Martín García, que posee un basamento rocoso de origen precámbrico, actúa como un obstáculo para los sedimentos transportados en suspensión, rólido y saltación por los ríos y canales

mencionados, favoreciendo a su acumulación de manera subacuática y posteriormente mostrando un desarrollo subaéreo.

A partir de esta mayor acumulación, producto del entrampamiento, se produce una somerización de las aguas próximas a la isla y se crea un ambiente más favorable a la retención y depositación de sedimentos, generando islotes y albardones que a su vez, actuarán como futuras barreras sedimentarias.

En 2019, el Servicio de Hidrografía Naval llevó a cabo un relevamiento batimétrico en el sector costero del complejo isleño en estudio. Solo se relevó el 50% del área diagramada, debido a la presencia de acumulaciones sedimentarias, aledaños al complejo isleño, que complicaban la navegación segura. En el plano generado, se evidencia este sector por la falta de datos batimétricos (ver fig. 3).

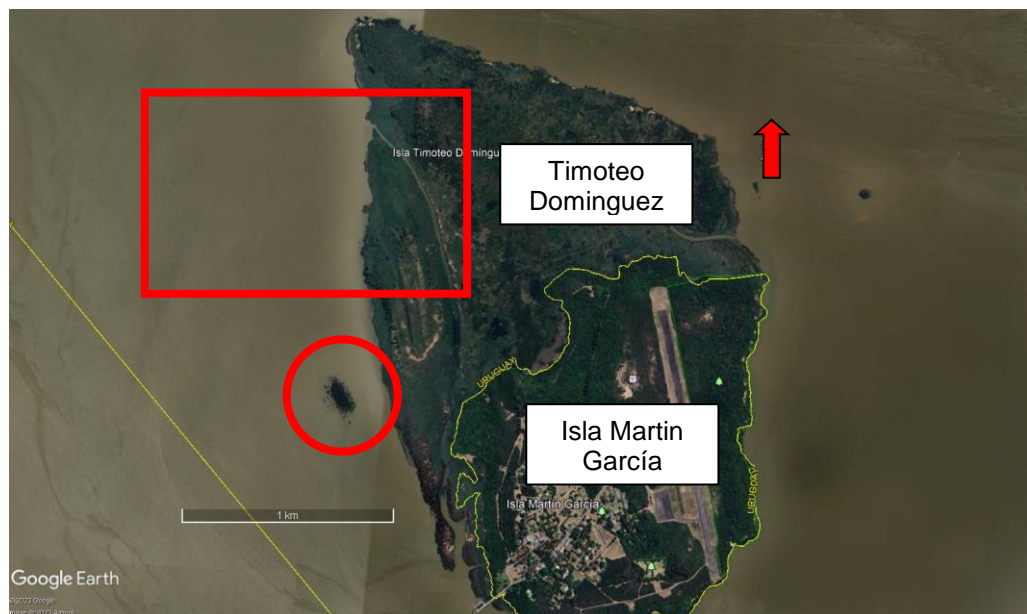


Fig. 4: Imagen aérea del complejo isleño. Encuadre rectangular indicando el sector del plano batimétrico del SIHN y circular, señalando un islote en desarrollo



Fig. 5: Corte del Plano batimétrico del SIHN (2019). Sobre el complejo isleño se observan curvas de nivel en marrón, y en color azul canales mareales que atraviesan la isla.

La constante somerización de las aguas en estos sectores queda comprobada en el plano batimétrico de la fig. 3.

El desarrollo subacuático de depósitos aluviales generará islotes que junto con la expansión de las especies florales favorecerán a un mayor entrapamiento de los sedimentos, dando como resultado una extensión en las dimensiones areales y/o la aparición de nuevas islas.



Fig. 6: Islote en desarrollo, a 200m hacia el W del complejo isleño,(ver círculo en fig. 4).

Las condiciones limitantes de la evolución de los islotes, están constituidos por la continuidad del aporte sedimentario a través de los cursos fluviales del Río Uruguay y Paraná.

El crecimiento de los albardones del frente deltaico, según Medina y Codignotto, (2013), se debe en respuesta al incremento de las precipitaciones registradas desde la década del 70 en la región centro y norte de Argentina. Al ser esto una consecuencia directa del calentamiento global, o en su defecto, de la variabilidad climática local, se puede afirmar que el factor climático es también responsable de la dinámica progradacional anteriormente citada. Se afirma que este enunciado, es válido para el desarrollo de Timoteo Dominguez y los albardones próximos, a lo largo del rango temporal estudiado.

NAUTICAS / NAVIERAS

La constante somerización del sector, el desarrollo de islotes y bancos, constituye un riesgo para la navegación segura. Como se puede observar en la figura 5, el muelle ubicado al SO de la Isla

Martin García también actúa como obstáculo para los sedimentos provocando su depositación.



Fig. 7 y 8: La constante sedimentación sobre el muelle de la Isla Martín García, resulta una complicación para aquellas naves que desean amarrar. El muelle también actúa como barrera para la retención de los sedimentos.

El complejo isleño posee al O el canal Buenos Aires y al E el canal Martín García. Ambos, deben ser dragados y profundizados periódicamente por los procesos anteriormente descritos.

Solo en 2019, el gobierno argentino informó una inversión de USD 129.000.000 para el dragado y profundización del canal Martín García.

Como resultado, los 106 km del Canal Martín García alcanzaron una profundidad de 34 pies en fondos blandos y 38 en fondos duros. Una constante sedimentación provocará el relleno de los canales de navegación y con ello el requerimiento de dragar constantemente con el objeto de evitar varaduras y peligros para la seguridad náutica.

PARTE LEGAL - TRATADO DEL RÍO DE LA PLATA

El Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo representa un acuerdo legal de alcance internacional que establece los fundamentos para la colaboración entre dos naciones en una región de aguas de uso compartido. Suscrito el 19 de noviembre de 1973, este tratado proporciona el marco jurídico necesario para la preservación del medio ambiente y la promoción del desarrollo sostenible de los usos y recursos asociados al Río de la Plata.



Fig. 9: El Tratado fija los límites del Río de la Plata; con el Río Uruguay, es el paralelo de Punta Gorda, con el océano Atlántico, la recta imaginaria que une Punta del Este (ROU) con Punta Rasa del Cabo San Antonio (RA).

Este marco, establece una franja de jurisdicción exclusiva, adyacente a la línea de costa de cada país. En la franja superior del Río de la Plata la jurisdicción es de 2 millas de ancho y en el medio de 7 millas.

A continuación se detallarán los artículos del “**Capítulo VIII – Islas**”, por resultar de interés para el trabajo desarrollado

“TRATADO DEL RÍO DE LA PLATA - CAPITULO VIII

Islas

ARTICULO 44. Las islas existentes o las que en el futuro emerjan en el Río, pertenecen a una u otra Parte según se hallen a uno u otro lado de la línea indicada en el artículo 41, con excepción de lo que se establece para la Isla Martín García en el Artículo 45.

ARTICULO 45. La Isla Martín García será destinada exclusivamente a reserva natural para la conservación y preservación de la fauna y flora autóctonas, bajo jurisdicción de la República Argentina, sin perjuicio de lo establecido en el **Artículo 63**.

ARTICULO 46. Si la Isla Martín García se uniera en el futuro a otra isla, el límite correspondiente se trazará siguiendo el perfil de la Isla Martín García que resulta de la carta H-118 a la que se refiere el artículo 41. Sin embargo, los aumentos por aluvión de Martín García, que afecten sus actuales accesos naturales a los canales de Martín García (Buenos Aires) y del Infierno, pertenecerán a esta Isla.”

Los artículos mencionados expresan que el material aluvial que emerja en el río, en forma de islotes y/o islas, serán de soberanía del país según se hallen de un lado u otro de la línea divisoria. Esto implica que todas aquellas islas que se generen por la acumulación de depósitos aluviales en las proximidades de la Isla Martín García (de soberanía argentina) serán de soberanía uruguaya a excepción de

aquellos depósitos originados por la misma. Esto se debe a la ubicación de la Isla Martín García posicionada dentro de los límites uruguayos.

Se interpreta que en un posible escenario a futuro, la Isla Martín García se encuentre rodeada (casi encerrada) de nuevas islas uruguayas, lo que representaría un punto de debate del derecho internacional entre ambos países.

CONCLUSIONES

La creciente y constante expansión de los depósitos aluviales en proximidades de la Isla Martín García desde la década del '60 provocó la conformación de la Isla Timoteo Domínguez de soberanía uruguaya y otras consecuencias abordadas como ser navieras y legales.

En un futuro próximo se espera que esta dinámica continúe, ya que el avance del delta del Paraná queda evidenciado en trabajos de investigación que han sido empleados como bibliografía y corroborados en esta investigación.

Las consecuencias náuticas están relacionadas a la disminución de las profundidades de los diferentes canales, cuyos efectos aumentan en mareas bajas diarias y aquellas de cuadratura, incrementando la posibilidad de varaduras no solo en el sector de estudio sino en todo el frente deltaico y Río de La Plata.

Es de destacar que este proceso puede generar un punto de conflicto internacional referido a la soberanía uruguaya de las islas que resultasen de la acumulación de material aluvional en cercanías de la Isla Martín García de soberanía argentina. Por lo expuesto anteriormente, se considera necesario realizar un seguimiento y un

debate en las próximas reuniones de la Comisión Administradora del Río de la Plata.

BIBLIOGRAFÍA

Cavallotto José Luis y Violante Roberto A. (2015). *Evolución del complejo isleño Martín García – Timoteo Dominguez*. Sección Geología Marina, Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval.

Comisión Administradora del Río de la Plata (1973). *Tratado del río de La Plata y su frente Marítimo*. web:
<https://www.comisionriodelaplata.org/>

Medina Rubén Alberto ^{1,2} y Codignotto Jorge Osvaldo ^{3,4}, (2013). *Evolución del delta del río Paraná y su posible vinculación con el calentamiento global*. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. 3 Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), 4 CON ICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Pittau Marcos y Sarubbi, Angel Menendez, (2007). *Análisis del avance del frente del delta del río Paraná*. Instituto Nacional del Agua, Laboratorio de Hidráulica.

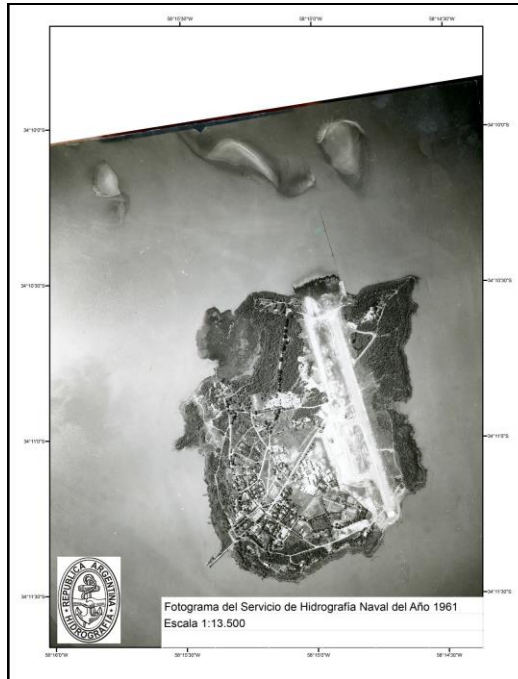
Vera, Carolina y Barros, Vicente, (2015). *Cambio climático en Argentina; tendencias y proyecciones*. Comunicación nacional de la Republica Argentina a la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Jefatura de Gabinete de Ministros, Gobierno de la República Argentina.

ANEXOS

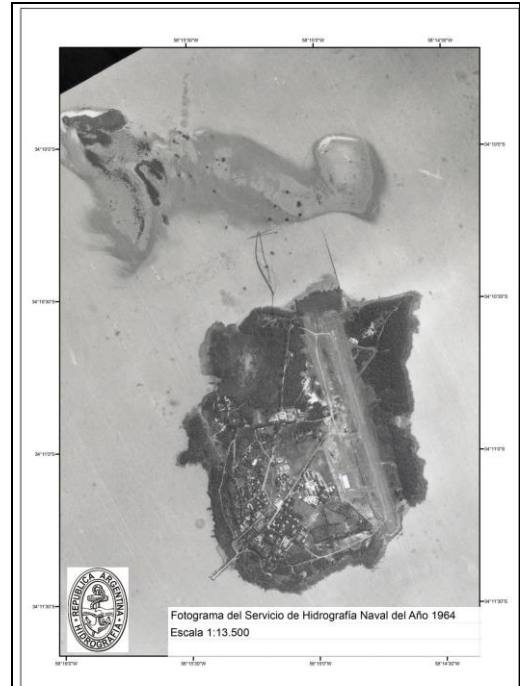


FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y SATELITALES HISTÓRICAS DE LA ISLA MARTIN GARCÍA Y TIMOTEO DOMINGUEZ

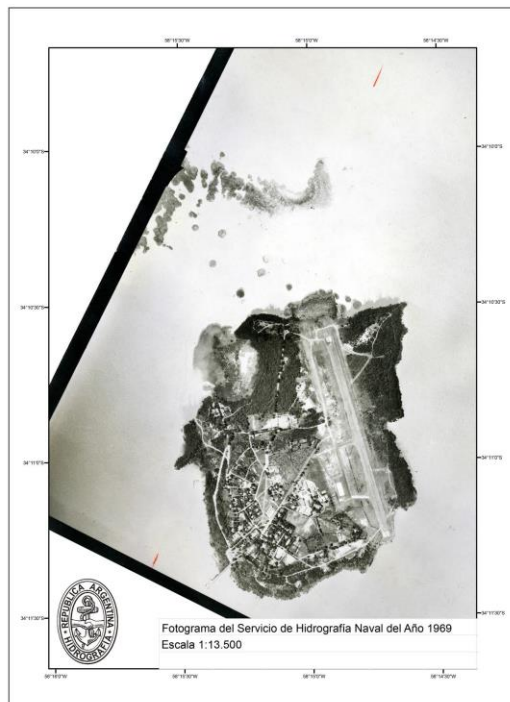
FOTOGRAFÍAS AÉREAS



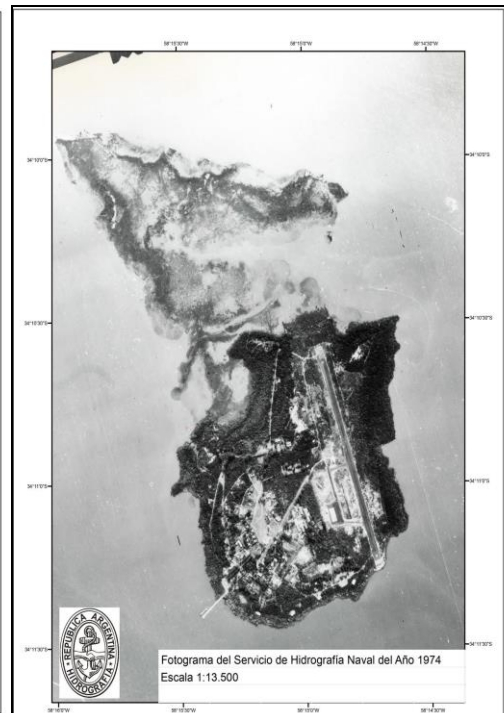
1961



1964

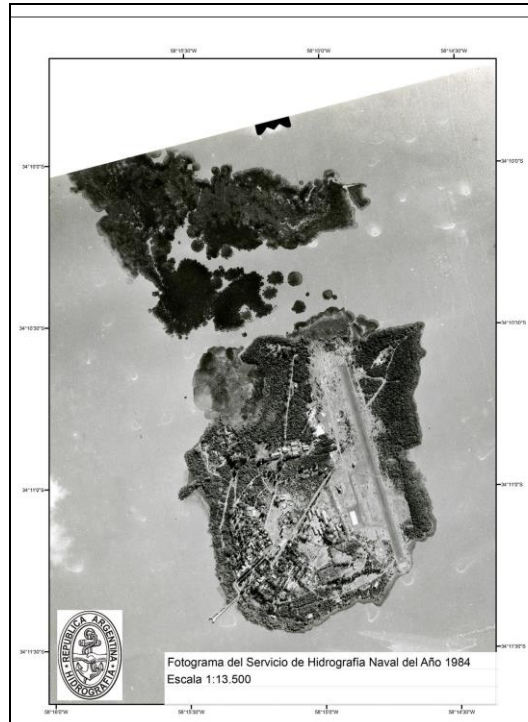


1969

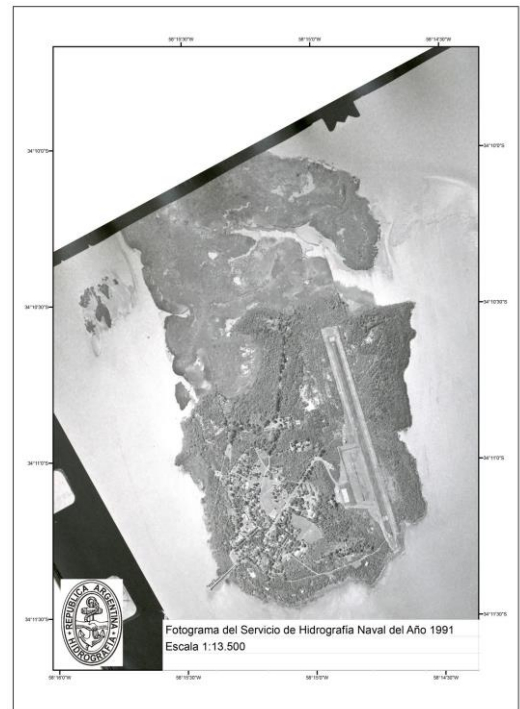


1974

**ARMADA ARGENTINA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR**



1984



1991

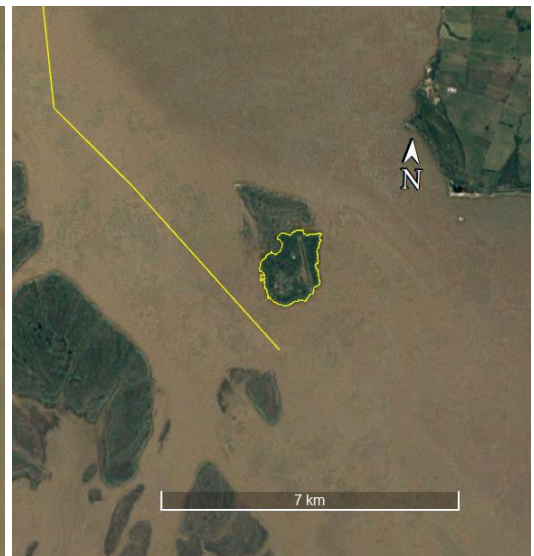


2003

IMÁGENES SATELITALES



1985



2003



2010



2016



2022

2023