

SEGUIMIENTO AMBIENTAL DEL LECHO MARINO EN LAS CERCANIAS DE INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN

Mariana Quaglia (mariana.quaglia@total.com) – Francisco Bogado (francisco.bogado@total.com)
Total Austral S.A.

1) SINOPSIS

Total Austral S.A. realiza el seguimiento ambiental del lecho marino en cercanías de las plataformas Hidra Norte, Hidra Centro, Carina, Aries y el cabezal submarino Argo en el Mar Argentino frente a la costa de la provincia de Tierra del Fuego, en el marco de las especificaciones que da el Grupo Total para sus operaciones en el mundo. Estas instalaciones se encuentran dentro del área CMA-1, cuyos titulares son Wintershall Energía S.A., Pan American Sur S.A. y Total Austral S.A.

En este artículo se describe las operaciones realizadas y los datos obtenidos durante la campaña de muestreos y mediciones realizada en cercanías de las plataformas Hidra Norte, Hidra Centro, Carina, Aries y el cabezal submarino Argo operadas por TOTAL AUSTRAL. Los relevamientos de campo se realizaron entre los días 11 y 19 de octubre de 2011

Para ello se tomaron muestras de sedimento de fondo desde buque Seacor Lenga con una draga Van Veen o box corer, entre 50 y 100 metros de las plataformas o instalaciones submarinas, en las siguientes cantidades:

- *Hidra Norte: 3 puntos*
- *Hidra Centro: 2 puntos*
- *Carina: 3 puntos*
- *Aries: 3 puntos*
- *Argo: 3 puntos*

Asimismo, se tomó 1 muestra blanco en un lugar no disturbado. Se analizaron en total 15 muestras de sedimentos para análisis físico-químico y 45 muestras de bentos (incluyendo 3 réplicas en cada estación). Las muestras fueron referenciadas geográficamente usando un equipo posicionador GPS Garmin Map 76C.

En cuanto a la caracterización físico-química de los sedimentos, en las muestras con presencia significativas de sedimentos finos (limos arcillosos), se detectó la interfase redox (entre valores positivos y negativos), a unos 4-5 cm de profundidad. En las muestras con presencia de arenas y gravas (poca presencia de finos), como es de esperar, no se detectaron valores negativos (condiciones reductoras). Por otro lado, la mayor parte de los parámetros se encontraron por debajo del límite de cuantificación inferior del método analítico. De los parámetros que arrojaron valores por encima del límite de cuantificación del método analítico, con la excepción del bario y el manganeso, el resto no excedieron los niveles guías adoptados a los fines de este estudio.

Por su parte, el bentos fue muy abundante y diversificado, con un claro predominio de organismos filtradores (hidrozoos, tunicados, briozoos) y un aumento de la biomasa, riqueza específica y diversidad hacia las zonas más profundas. Desde el punto de vista biogeográfico, la fauna que habita los fondos someros de la plataforma continental frente a Tierra del Fuego puede considerarse como típica de la Provincia Biogeográfica Magallánica.

2) INTRODUCCIÓN

En el frente oceánico de Tierra del Fuego están definidas áreas para la exploración y explotación de hidrocarburos. Entre ellas se encuentra el área CMA-1, cuyos titulares son Wintershall Energía S.A., Pan American Sur S.A. y Total Austral S.A. y donde Total Austral realiza actividades relacionadas con proyectos de producción de gas y petróleo desde 1978.

En particular, Total Austral montó las instalaciones de producción costa afuera a partir de 1988. A modo general, podemos considerar las siguientes etapas para esos proyectos:

- Durante la fase exploratoria, se perforaron pozos que fueron abandonados definitivamente inmediatamente después de perforados.

También en esta etapa se analizaron detalladamente las características geológicas y la mejor posición a fin de ubicar las plataformas y los futuros pozos productivos.

- Una vez seleccionadas las posiciones, para cada proyecto, se instaló el jaquet donde se apoyó la plataforma de perforación con la que se realizaron los pozos. Luego se perforaron los pozos y se los conectaron a producción mediante líneas submarinas.
- Desde entonces, se realiza la extracción de gas y petróleo en la fase de operación y mantenimiento, desde plataformas no tripuladas.
- En el futuro, se deberá realizar la fase de decomisado cuando la vida útil de los pozos haya finalizado: los pozos serán abandonados técnicamente y removidas parcial o totalmente las instalaciones marinas.



Plataforma de perforación instalada sobre el jaquet de Vega Pleyade



Plataforma de producción Vega Pleyade

Cada etapa está caracterizada por diferentes efectos sobre el ambiente marino. En el caso de estas instalaciones los efectos sobre el ambiente relacionados a la instalación del jaket y la perforación son de mayor importancia que los relacionados a las etapas de operación, mantenimiento y posterior decomisado. Es de destacar que durante la operación y mantenimiento no se realizan vertidos desde estas instalaciones ni se registraron derrames. Además, cuando la vida útil de las instalaciones esté finalizada, las partes sumergidas de las estructuras pueden dejarse en el fondo del mar evitando nuevos disturbios, propios de la remoción, en la integridad del fondo marino.

Dado que las instalaciones se encuentran en etapa de operación y mantenimiento, el seguimiento ambiental se focalizó en los efectos sobre el ambiente consecuencia de la etapa de instalación de las plataformas y la perforación de los pozos. Específicamente esta etapa se diferencia por la modificación de la geoforma del fondo marino y el vertido de los recortes de perforación.

Teniendo en cuenta estos efectos, se plantearon para el relevamiento los siguientes objetivos:

- i. Determinar las variables físicas y químicas de los sedimentos del lecho marino.
- ii. Evaluar los efectos en la biota.

Cabe destacar que este tipo de seguimiento ambiental en las cercanías de las instalaciones de petróleo y gas se realiza de acuerdo a programas internacionales que el Grupo Total sigue en sus operaciones en todo el mundo.

Es necesario también tener en cuenta que se perforaron varios pozos exploratorios en la zona (fuera de las plataformas de producción instaladas). La ubicación de estos pozos fue considerada al momento de determinar la posición de los puntos de muestreo para evitar interferencias.

a) Historia y características principales de las instalaciones de Total Austral

El establecimiento del Grupo Total en Tierra del Fuego data del año 1978 con la obtención del primer permiso de exploración costa afuera, Cuenca Marino Austral - 1. Desde entonces Total Austral opera el área desarrollando tareas de exploración y producción.

HIDRA

La instalación de dos plataformas Hidra Centro e Hidra Norte y la perforación de sus pozos se realizaron en 1988. En las plataformas se encuentran las cabezas de 17 (diecisiete) pozos.

ARGO

Por no considerarse adecuado instalar infraestructuras pesadas (plataformas fijas), se prefirió a través de la perforación de 2 (dos) pozos submarinos ASM1 y ASM2 en 1998. Estos pozos fueron abandonados en el corriente año.

CARINA - ARIES

El desarrollo se compone de dos plataformas y la perforación de los pozos se realizó durante el año 2005. La plataforma CARINA en el momento del relevamiento poseía 2 (dos) pozos (con posterioridad al relevamiento se perforaron dos pozos más). La plataforma ARIES está integrada por 3 (tres) pozos.

Es necesario aclarar que en el momento en que se realizó este relevamiento, la plataforma de producción Vega Pleyade no había sido instalada aún. Esta plataforma entró en operación en 2016 y cuenta con 2 (dos) pozos.

b) Principales efectos ambientales sobre el lecho marino de las plataformas y sus descargas

Las principales presiones sobre el ambiente de las actividades de extracción de petróleo y gas incluyen la implantación de las instalaciones en el lecho marino y sus descargas tanto operativas como accidentales. Además podría haber efectos como la subsidencia, especialmente como consecuencia de las actividades de la producción, difícilmente evaluables por este tipo de relevamiento.

La identificación de efectos ambientales de las plataformas puede ser difícil de generalizar. Aunque la presencia física de la estructura es la característica común, algunas variables locales bióticas y abióticas influyen los efectos de cada plataforma en un modo diferente y único. La magnitud del efecto puede ser distinta dependiendo del número de instalaciones ubicadas en un área, las dimensiones de las estructuras y de factores biogeográficos y climáticos.

i. Efectos relacionados con la presencia de las plataformas en el lecho marino

Los efectos físicos en el lecho marino varían dependiendo de la sensibilidad asociada al área. Están relacionados con la presencia de líneas y otros equipos, incluyendo las patas de la plataforma. La estructura de la plataforma puede causar alteraciones por los cambios en el flujo local de agua, en la velocidad de erosión o sedimentación, modificación en el tamaño de grano y el contenido de materia orgánica de los sedimentos y como consecuencia en la biota presente. Se pueden causar disturbios del lecho marino por movilización de sedimentos. El volumen y distancia a la cual los sedimentos se dispersan depende del tamaño de partícula, peso y velocidades de las corrientes.

Se pueden causar modificaciones en la biota afectando la composición de la comunidad bentónica y la respuesta de organismos expuestos a las descargas relacionadas a la fase de instalación y perforación de pozos. Las líneas de conducción, patas de las plataformas e instalaciones submarinas pueden actuar como un refugio para peces y otros organismos marinos móviles y proveer un hábitat para organismos bentónicos habitualmente asociados con sustratos duros.

En nuestro caso, no se cuenta con datos ambientales anteriores a la instalación de las plataformas. Por lo tanto, no fue posible enfocarse en este tipo de efectos.

ii) Efectos relacionados con las descargas

En general, los recortes constituyen la principal descarga durante la etapa de perforación de pozos y el agua producida es el principal residuo acuoso resultante de las operaciones de producción. En estas instalaciones no se realiza vertido de agua de producción en el mar (todos los fluidos producidos son conducidos hasta la Planta de Tratamiento de Río Cullen).

Cabe destacar que no se registraron derrames de hidrocarburos o productos químicos en las plataformas desde la instalación. Asimismo, dado que no son tripuladas, las descargas de aguas negras y grises son esporádicas y de poco volumen.

Entonces básicamente los vertidos a considerar son los recortes durante la perforación. Estos vertidos estaban compuestos por los recortes (pedacitos de roca molida por el trépano) y una pequeña porción de lodos base aceite (utilizadas para algunas etapas de la perforación). Es decir pueden caracterizarse por la presencia de bario (de la baritina usada en los lodos) y el contenido de aceite propio de los lodos.

Después de la liberación al mar, las descargas sufren diferentes procesos ambientales como dilución (que puede ocurrir más o menos rápidamente de acuerdo a las condiciones oceanográficas), biodegradación (que cambia la concentración y composición), suspensión y resuspensión (sujeta a las velocidades de las corrientes), y depósito en el fondo (como en el caso de las sustancias insolubles o las partículas). En este caso particular, no se consideraron los efectos en la atmósfera dado que las descargas se produjeron por debajo de la superficie del agua y no entraron en contacto con el aire.

El efecto ambiental de una descarga es función de la concentración y el tipo de especies químicas presentes, su partición en el ambiente y la naturaleza del ambiente receptor y sus características dispersivas. Generalmente, los efectos que se producen en la biota dependen de factores como la biodisponibilidad, la bioacumulación, la biomagnificación, la toxicidad y la capacidad de los organismos de metabolizar las sustancias.

En el caso de las instalaciones de Tierra del Fuego, se realizó la descarga de recortes a medida que se avanzaba en la perforación de los pozos. Estos recortes fueron previamente tratados de manera de separarlos de los lodos y reducir la cantidad de aceites que contenían a menos de 5 % P/P. Estos vertidos fueron tratados y descargados de acuerdo a las normas internacionales para estas descargas vigentes en cada época, por lo que las cantidades de aceites fueron decreciendo y se reemplazaron por componentes más biodegradables y amigables con el entorno. En las últimas campañas de perforación costa afuera utilizaron lodos base aceite de baja toxicidad.

3) TRABAJO REALIZADO

a) Descripción de la campaña de muestreo

Las muestras se obtuvieron a fin de investigar el estado del fondo marino en las cercanías de las instalaciones, mediante análisis de laboratorio químico; y para determinar la presencia y abundancia relativa de organismos bentónicos. Fueron obtenidas desde el buque Seacor Lengua con una draga Van Veen de acero inoxidable AISI 304, con una capacidad de volumen de muestra de 21,20 dm³, y una superficie de muestreo del fondo marino de 13,49 dm².

Todas las muestras fueron referenciadas geográficamente usando un equipo posicionador GPS Garmin Map 76C. Las posiciones de cada muestra fueron registradas en la memoria del equipo, y luego bajadas en forma de archivo a una planilla de cálculo. A partir de allí los datos fueron manejados informáticamente.

Todas las posiciones fueron registradas en coordenadas geográficas, referidas al datum geodésico WGS 84. De acuerdo a las características del sistema GPS en la actualidad, se puede establecer que el error probable circular en todas las posiciones obtenidas es menor que 5 m, valor totalmente aceptable a los fines del estudio.

Las muestras para fines químicos se conservaron a una temperatura aproximada de 4° Celsius, en cámara de frío del buque, y durante el transporte, en conservadoras de frío hasta su arribo a laboratorio.

Por estación de muestreo, se tomaron tres réplicas, dando un total de 45 muestras de sedimentos y 15 estaciones de muestreo. Se tomaron fracciones de cada réplica, para conformar 1 muestra de sedimento por estación de muestreo para análisis físico-químico, dando un total de 15 muestras.

En los casos que no fue posible obtener una muestra no perturbada con draga Van Veen, se empleó un muestreador tipo Box Corer (ver foto) para tomar la muestra necesaria para realizar la medición de potencial redox in situ. Se realizaron mediciones de redox cada 1 cm, con el fin de encontrar la profundidad donde se producía la interfase entre valores positivos (condiciones oxidantes) y valores negativos (condiciones reductoras).



Muestreador tipo box corer



Draga Van Veen

Por su parte, la fauna bentónica se separó del sedimento en una zaranda con un tamaño de malla de 2 mm utilizando una manguera con agua de mar. La biota retenida en la zaranda se fijó a bordo en una solución de formaldehído al 6-7% en agua de mar, neutralizada con perborato de sodio (bórax). Las muestras se transportaron a Buenos Aires en bolsas plásticas con cierre hermético tipo “zip-lock”. En una primera etapa, se separó en el laboratorio el material biológico del resto de los rodados. Luego se lo tiñó sumergiéndolo 10 minutos en una solución de rosa de bengala y se reemplazó el formaldehído por alcohol al 70%. Los organismos se examinaron bajo microscopio estereoscópico (lupa binocular). Las especies coloniales ramificadas pasibles de fragmentación (varios hidrozooos) no se contaron, sino que sólo se consignó su presencia o ausencia en las muestras. En consecuencia, al momento de realizarse los análisis multivariados, su abundancia fue cuantificada como 1 individuo.

En el caso de organismos solitarios que sufren fragmentación en el momento de la fijación (poliquetos, ofiuroideos, nemertinos) se tomaron todos los recaudos para no sobreestimar su abundancia: en poliquetos se contó el número de cabezas, en ofiuroideos el número de discos centrales. Los organismos provistos de esqueletos o habitáculos que perduran luego de su muerte (moluscos, poliquetos Sabellariidae o Serpulidae) solo se censaron cuando estaban vivos en el momento de la obtención de la muestra. La identificación de los taxones se realizó utilizando bibliografía y claves para la fauna de invertebrados del Atlántico Sudoccidental. Las abundancias se volcaron en una planilla de cálculo. La riqueza específica (número de especies) y el índice de diversidad de Shannon (empleando logaritmos naturales) se calcularon mediante la rutina DIVERSE del paquete PRIMER (*Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*, Clarke & Warwick, 2001). Las abundancias por m² pueden ser obtenidas multiplicando el número de organismos/colonias hallado en 3 dragas por 2,471.

La biomasa total de las especies móviles de cada muestra (peso húmedo escurrido) se obtuvo en una balanza analítica digital Chyo JK-180 con una precisión de 1 mg.

A fin de analizar la afinidad entre estaciones de muestreo, se confeccionó una matriz triangular de similitud utilizando el índice cuantitativo de Bray-Curtis. Previamente, los datos fueron transformados mediante raíz cuarta ($x' = x^{1/4}$) a fin de disminuir la influencia exagerada de algunas especies dominantes (Clarke & Warwick, 2001). Luego se confeccionó un dendrograma utilizando el algoritmo de ligamiento promedio.

b) Ubicación de los puntos de muestreo

La siguiente tabla detalla las coordenadas, profundidad y distancia al sitio donde se generó el vertido:

Sitio	Muestra	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Distancia al sitio (m)
HN	PHN S1	S52° 49.178	W68° 13.207	25	104
		S52° 49.174	W68° 13.178		107
		S52° 49.174	W68° 13.176		107
	PHN S2	S52° 49.165	W68° 13.371	25	249
		S52° 49.207	W68° 13.371		221
		S52° 49.218	W68° 13.287		124
	PHN S3	S52° 49.429	W68° 12.856	25	515
		S52° 49.388	W68° 12.865		456
		S52° 49.368	W68° 12.878		422
HC	PHC S1	S52° 50.288	W68° 10.808	33	193
		S52° 50.266	W68° 10.786		148
		S52° 50.279	W68° 10.821		182
	PHC S2	S52° 50.105	W68° 10.670	34	186
		S52° 50.105	W68° 10.729		158
		S52° 50.098	W68° 10.678		192
CAR	CAR S1	S52° 45.539	W67° 12.853	80	341
		S52° 45.517	W67° 12.640		535
		S52° 45.445	W67° 12.802		327
	CAR S2	S52° 45.349	W67° 13.072	80	143
		S52° 45.356	W67° 13.071		131
		S52° 45.353	W67° 13.087		134
	CAR S3	S52° 45.464	W67° 13.206	80	148
		S52° 45.415	W67° 13.423		373
		S52° 45.440	W67° 13.366		310
ARG	ARG S1	S52° 43.300	W68° 12.734	70	679
		S52° 43.358	W68° 12.587		619
		S52° 43.355	W68° 12.625		608
	ARG S2	S52° 43.325	W68° 12.565	70	685
		S52° 43.331	W68° 12.537		688
		S52° 43.336	W68° 12.526		685
	ARG S3	S52° 43.504	W68° 12.346	70	599
		S52° 43.484	W68° 12.283		679
		S52° 43.444	W68° 12.228		770

ARI	ARI S1	S52° 40.883	W68° 2.483	70	210
		S52° 40.830	W68° 2.530		319
		S52° 40.796	W68° 2.553		387
	ARI S2	S52° 41.034	W68° 1.933	70	583
		S52° 40.921	W68° 2.006		514
		S52° 40.978	W68° 2.061		435
	ARI S3	S52° 41.133	W68° 2.069	70	497
		S52° 41.151	W68° 2.294		338
		S52° 41.194	W68° 2.441		371
BL	BL S1	S52° 47.162	W67° 37.130	73	
		S52° 47.287	W67° 36.698		
		S52° 47.408	W67° 36.351		

Referencias

SITIO: Denominación de la ubicación.

PHN: Zona de muestreo asociada a Plataforma Hidra Norte.

PHC: Zona de muestreo asociada a Plataforma Hidra Centro.

CAR: Zona de muestreo asociada a Plataforma Carina.

ARI: Zona de muestreo asociada a Plataforma Aries.

ARG: Zona de muestreo asociada al cabezal submarino Argo.

BL: Sitio de muestra blanco.

En la Figura 1, se presenta en forma gráfica la ubicación regional de todas las estaciones de monitoreo establecidas a los fines del estudio. En las Figuras 2 a 7 se muestran vistas locales de los muestreos, asociados a cada uno de las plataformas.

Figura 1 Ubicación de las estaciones de sedimentos.

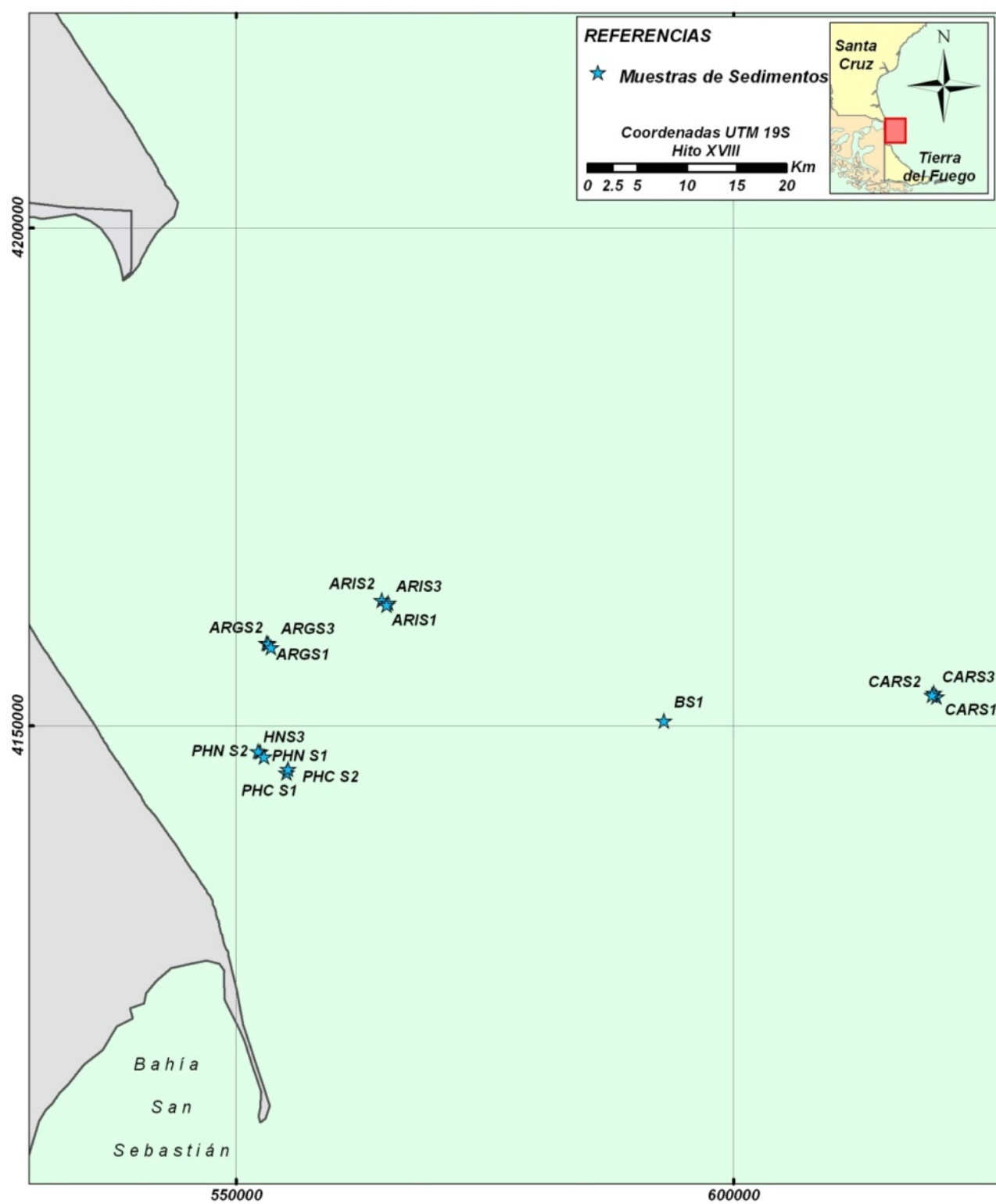


Figura.2 Ubicación de las estaciones de sedimentos, relativa al cabezal submarino Argo.

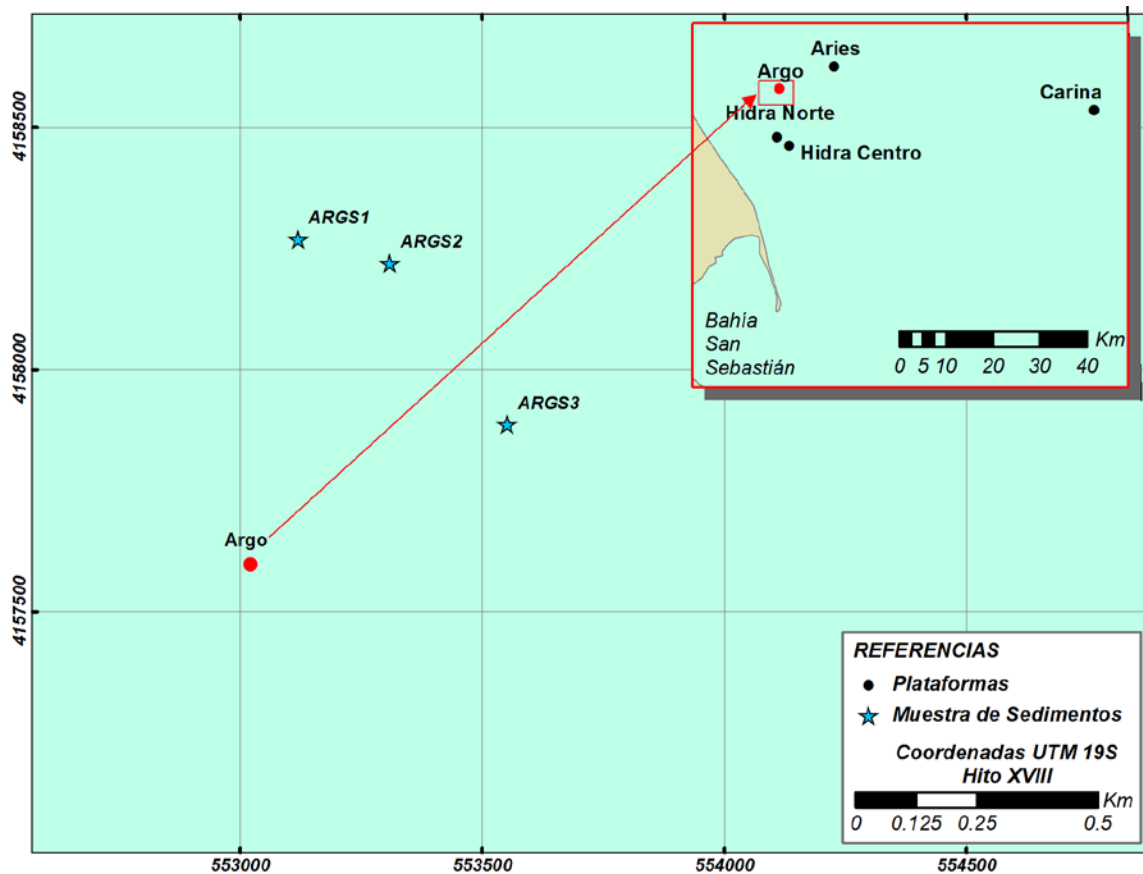


Figura 3 Ubicación de las estaciones de sedimentos, relativa a la plataforma Aries.

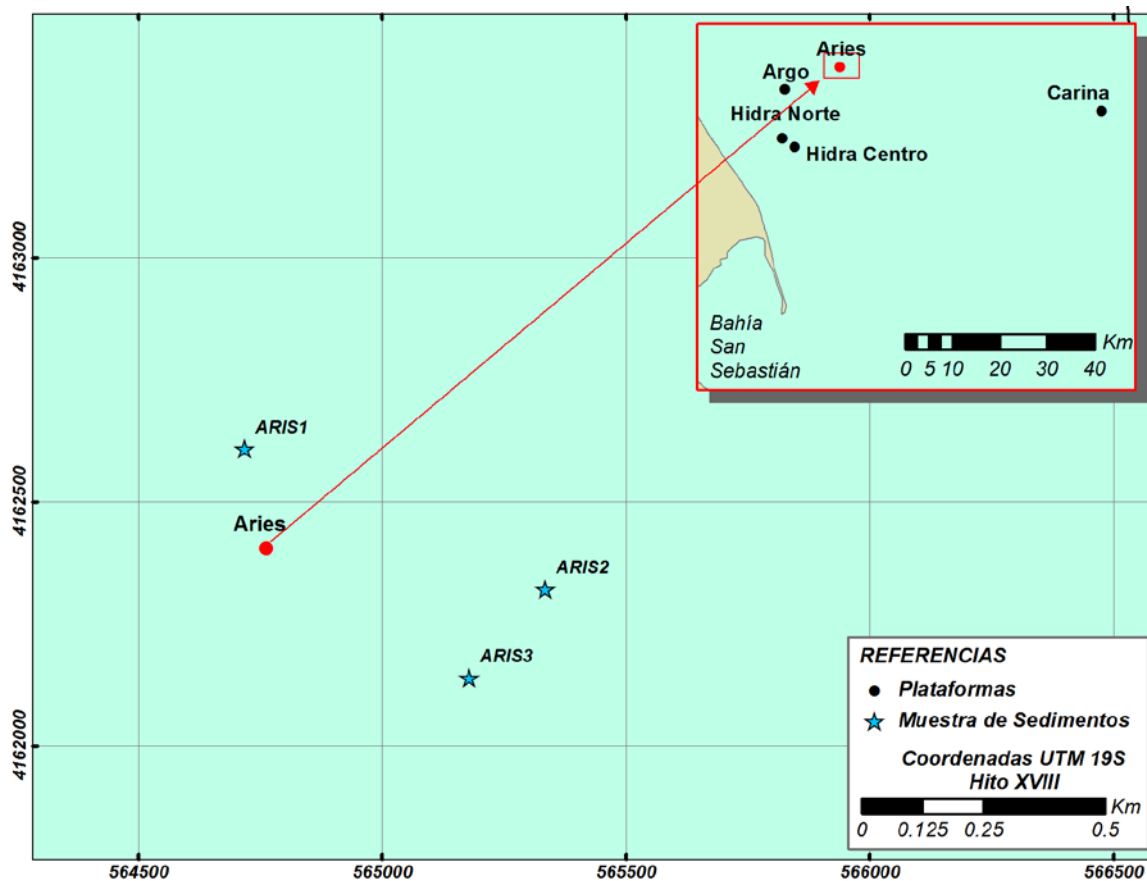


Figura 4 Ubicación de las estaciones de sedimentos, relativa a la plataforma Carina.

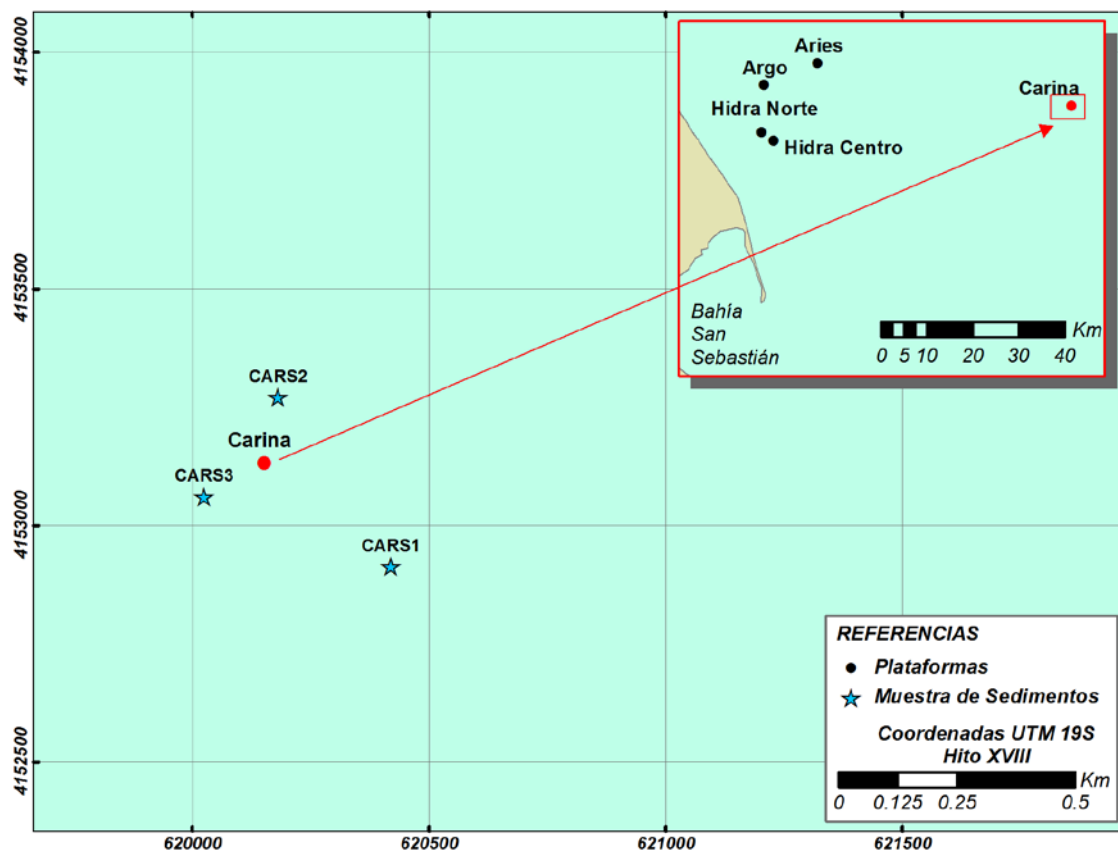


Figura 5 Ubicación de las estaciones de sedimentos, relativa a la plataforma Hydra Centro.

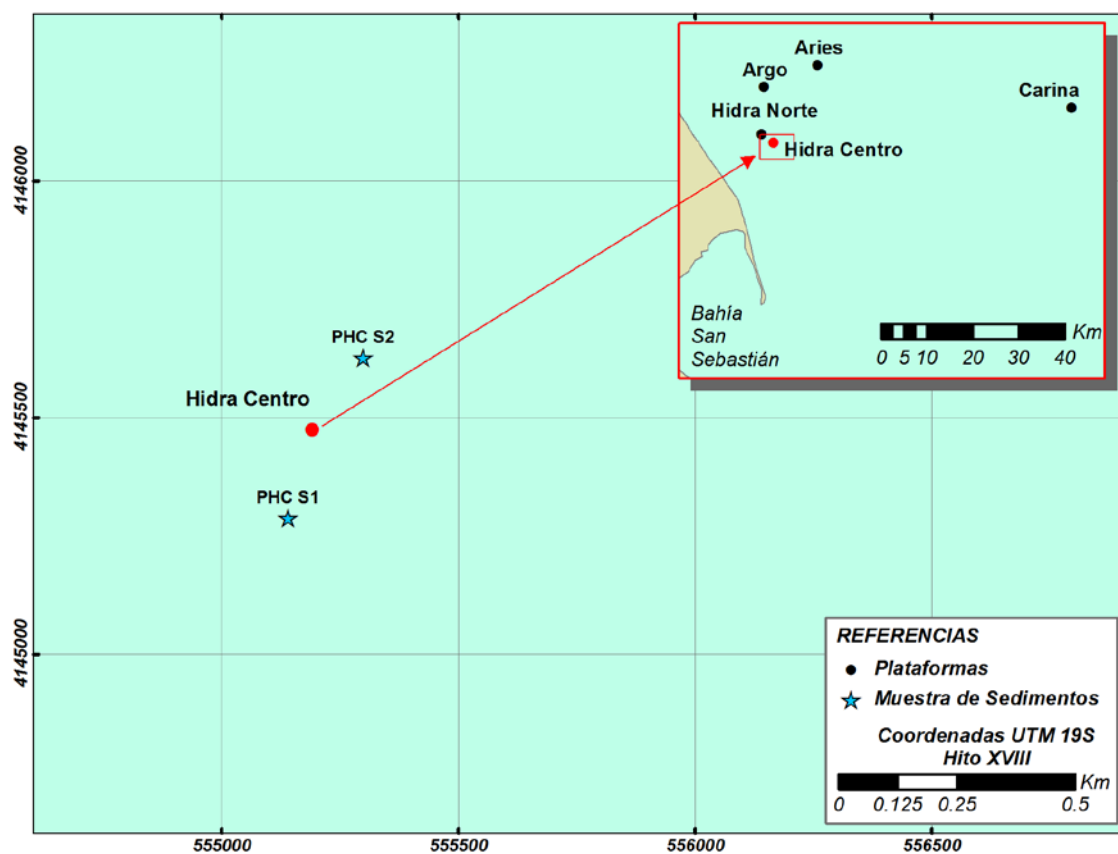


Figura 6 Ubicación de las estaciones de sedimentos, relativa a la plataforma Hidra Norte.

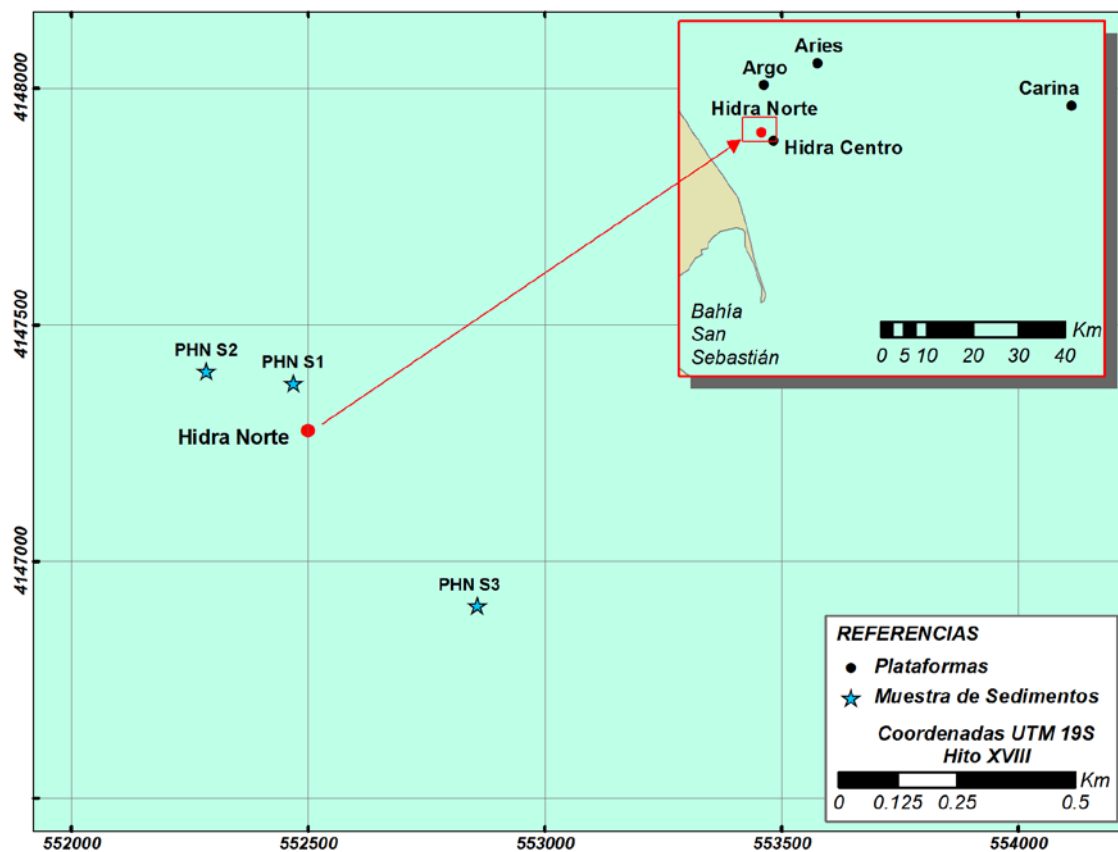
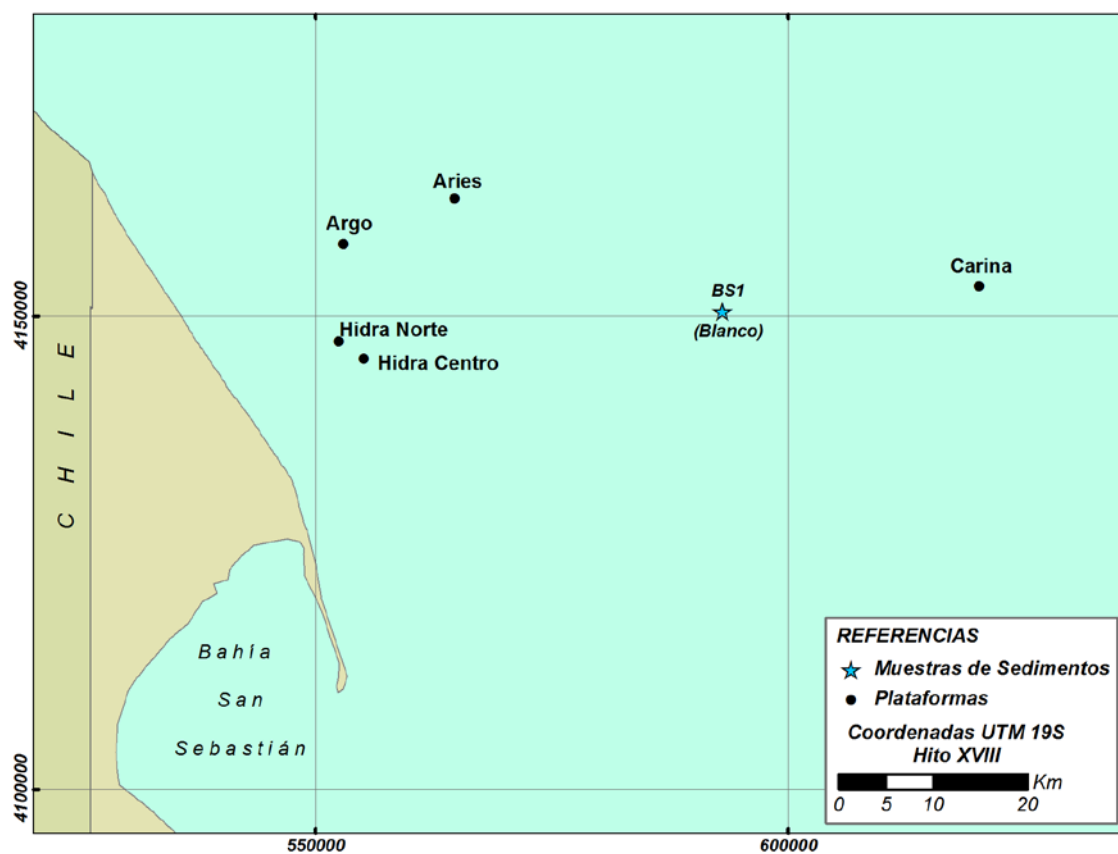


Figura 7 Ubicación de la estación de sedimento (muestra blanco), relativa a todas las plataformas.



4) RESULTADOS OBTENIDOS

Sedimentos

A continuación, en la tabla se presentan los resultados de las mediciones de potencial redox, realizados in situ. Se observa que en las muestras con presencia significativa de sedimentos finos (limos arcillosos), se detectó la interfase (entre valores positivos y negativos), a unos 4-5 cm de profundidad. En las muestras con presencia de arenas y gravas (poca presencia de finos), como es de esperar, no se detectaron valores negativos (condiciones reductoras).

Tabla de resultados de los valores de Potencial Redox en sedimentos. S/D: Sin dato.

Muestra	Redox					Observaciones
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	
PHNS1	215	195	140	-7	-55	Limo gris verdoso blando.
PHNS2	304	100	-1	-20	S/D	Limo gris verdoso blando.
PHNS3	237	170	75	-20	-50	Arcilla y limo arenoso gris verdoso
PHCS1	S/D					Limo gris verdoso, arena y grava. No se pudo determinar por la alta presencia de grava
PHCS2	245		230		S/D	Limo gris verdoso, arena y grava. No se pudo determinar por la alta presencia de grava
CARS1	200	150	100	40	-20	Arena mediana 75%, limo gris verdoso, grava y conchilla.
CARS2	165	100	57	-15	-45	Arena mediana 75%, limo gris verdoso, grava y conchilla.
CARS3	210	130	90	-32	-50	Arena mediana 75%, limo gris verdoso, grava y conchilla.
ARGS1	250	195	180	60	-30	Arena fina y mediana con limo gris verdoso oscuro y grava. Algunas piedras D50 5 cm.
ARGS2	260	120	25	-10	S/D	Arena fina y mediana con limo gris verdoso oscuro y grava
ARGS3	280	200	110	70	30	Arena fina y mediana con limo gris verdoso oscuro y grava
ARIS1	230	210	180	175	S/D	Limo gris verdoso con arena oscura y grava. Piedras de 5 cm. de diámetro.
ARIS2	148	40	-35	-70	-90	Limo gris verdoso con arena oscura y grava.
ARIS3	230	225	200	-40	S/D	Arena oscura, limo gris-verdoso y grava.
BLS1	280	230	200	-35	S/D	Arena, limo gris verdoso y grava

De los resultados analíticos de las 15 muestras de sedimentos, se puede observar que la mayor parte de los parámetros analíticos se encontraron por debajo del límite de cuantificación inferior del método analítico (hidrocarburos totales, hidrocarburos alifáticos lineales de C6 a C10, hidrocarburos alifáticos lineales de C10 a C40, benceno, tolueno, etilbenceno, m,p-xileno, o-xileno naftaleno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno, cadmio, plomo, mercurio, cobre, zinc, cromo total, estaño, arsénico, selenio, vanadio, aluminio, antimonio, plata, berilio, molibdeno). De los parámetros que arrojaron valores por encima del límite de cuantificación del método analítico, con la excepción del bario y el manganeso, en el resto (fósforo total, cobalto, níquel, manganeso, talio) no se excedieron los niveles guía adoptados a los fines de este estudio. En ese sentido, en el marco de la ausencia de niveles guía de calidad de sedimentos a nivel nacional, se han utilizado referencias internacionales, provenientes de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), de Estados Unidos.

Si bien no se han podido encontrar referencias internacionales sobre niveles guía asociados al aluminio, debe considerarse que el aluminio es un elemento constitutivo del suelo y la corteza terrestre, y que según EPA (Environmental Protection Agency), el rango de concentración natural de aluminio en suelos va de 7.000 a 100.000 ppm. Los valores encontrados en sedimento (que estrictamente no es suelo, pero originariamente se encuentra vinculado a éste), se encuentran cercanos al límite inferior de este rango.

Tabla de resultados para bario y manganeso

Manganeso	Bario	Parámetro
mg/kg	mg/kg	Unidad
590	< 50.0	ARG S1
695	< 50.0	ARG S2
580	< 50.0	ARG S3
520	< 50.0	ARI S1
540	110	ARI S2
670	170	ARI S3
490	< 50.0	BL S1
400	51,2	CAR S1
414	180	CAR S2
400	66,8	CAR S3
570	105	PHC S1
460	< 50.0	PHC S2
490	< 50.0	PHN S1
460	< 50.0	PHN S2
470	120	PHN S3
260	48	Niveles Guía (*)

Los resultados se expresan en masa seca.

NOAA Screening Quick Reference Table for Inorganics in Solids. AET (Apparent Effect Threshold) approach

Bentos

La biodiversidad total fue de 151 taxones, la mayoría de ellos identificados a nivel específico, variando entre 13 y 85 taxones por estación. La abundancia, biomasa, riqueza específica y diversidad (índice de Shannon) de los invertebrados bentónicos hallados en 3 dragas de 13,49 dm² se detallan en la tabla de más abajo.

Diversidad (Shannon, log _e)	Biomasa (g)	Riqueza específica	Abundancia	
2,228	17,691	33	1508	PHC1
2,205	11,949	33	893	PHC2
2,515	9,725	19	38	PHN1
2,359	6,001	13	17	PHN2
2,737	11,525	25	54	PHN3
2,666	11,040	48	646	ARG1
2,847	39,685	59	807	ARG2
2,830	43,782	59	625	ARG3
2,937	16,097	42	193	ARI1
2,843	19,574	53	396	ARI2
2,772	3,951	38	233	ARI3
3,662	159,547	80	450	CAR1
3,616	112,460	85	699	CAR2
3,682	67,954	80	482	CAR3
3,479	58,178	76	487	BL1

La biomasa total de las especies móviles presentó un mínimo en las estaciones obtenidas alrededor de la plataforma Hidra Norte, la única zona en donde el sustrato fue limo-arcilloso y estuvieron prácticamente ausentes los rodados. Las biomásas máximas se observaron en las tres estaciones provenientes de las inmediaciones de la plataforma Carina. Los valores de este parámetro dependieron principalmente de la presencia de algunas especies muy voluminosas, tales como ascidias coloniales, el cangrejo *Peltarion spinosulum*, el erizo *Abatus cavernosus*, el pepino de mar *Hemioedema spectabilis*, el caracol *Adelomelon ancilla*, y los poliquetos *Glycera americana* y *Aglaophamus macroura*, entre otras.

La riqueza específica mostró una variación similar a la observada para la biomasa. Los valores mínimos se observaron en las estaciones ubicadas alrededor de la plataforma Hidra Norte (13 a 25 especies) y los máximos se hallaron en las estaciones obtenidas en las proximidades de la plataforma Carina (80 a 85 especies). Esto puede explicarse por la ausencia de grava y pedregullo en Hidra Norte, lo cual limita su fauna principalmente a organismos infaunales de sedimentos finos, como varias especies de poliquetos detritívoros. La elevada biodiversidad de las muestras provenientes de Carina se debería a que fue la zona más profunda (80 m), en donde aparecieron varias especies con colonias calcáreas quebradizas, que no podrían prosperar en fondos someros, dado que serían dañadas por la energía de las olas y corrientes. En consecuencia, se presentaron en Carina briozoos erectos rígidos, que estuvieron ausentes o fueron raros en las muestras de otras plataformas, tales como *Bientalophora regularis*, *Adeonella* sp., *Calvetia dissimilis*, *Cellarinella dubia*, *Galeopsis pentagonus*, *Hornera* sp., *Nevianipora milneana*, *Ogivalia elegans* y *Reteporella magellensis*. Asimismo, briozoos incrustantes como *Fenestrulina horrida*, *Smittoidea sigillata* y *Buffonellodes simplex* fueron exclusivos de Carina, y *Ellisina incrustans* solo se encontró en Carina y la estación blanco.

La diversidad, medida por el índice de Shannon, fue mínima (2,2) en las estaciones más someras (Hidra Centro) con predominio abrumador de pocas especies de briozoos incrustantes, y fue máxima (3,5 a 3,7) en las estaciones más profundas (Carina y estación blanco), en donde aparece el elenco de especies frágiles y quebradizas detallado en el párrafo anterior.

Algunas especies fueron características de ciertas zonas. Por ejemplo, un sipunculo de coloración anaranjada solo se presentó en las muestras de Carina y el conspicuo hidrocoral rosado *Errina antarctica* apareció solo en Argo y la estación blanco, siendo muy frecuente en esta última.

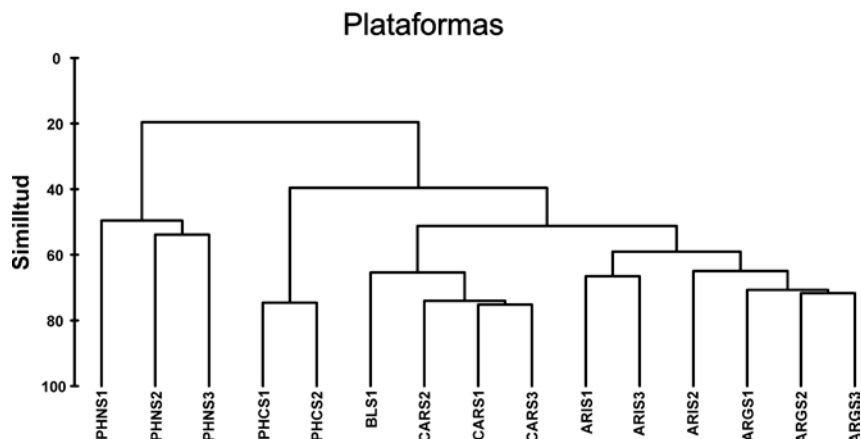
La abundancia de organismos bentónicos alcanza un mínimo en las tres estaciones de Hidra Norte, cuyo número de individuos es un orden de magnitud menor al del resto de las estaciones. Como ya se comentó, esto se relaciona con el predominio de las fracciones finas y la ausencia de rodados en dicha zona. El número de individuos/colonias es máximo en las dos estaciones de Hidra Centro, debido a la abundancia de rodados y al gran número de colonias de briozoos incrustantes, entre los que predominan *Smittina jullieni*, *Andreella patagonica*, *Chaperiopsis galeata* y *Umbonula alvareiziana*. *Chaperiopsis galeata*, *Electra monostachys*, y en menor medida *Umbonula alvareiziana*, serían especies típicamente costeras, ya que muestran una marcada preferencia por las estaciones de aguas someras, siendo muy abundantes en Hidra Centro y escasas o ausentes en el resto de las plataformas.

Es interesante señalar que algunos organismos bentónicos fueron escasos o directamente estuvieron ausentes, y sin embargo fueron muy abundantes los vestigios de su presencia. Tal es el caso de los habitáculos pétreos del poliqueto sabelárido *Idanthyrsus armatus* o los tubos calcáreos del poliqueto serpúlido *Serpula narconensis*, ambos cementados a piedras y por lo general vacíos o rellenos de sedimento limo-arcilloso. Del mismo modo, fue raro encontrar vivo al braquiópodo *Terebratella dorsata*, aunque fueron muy frecuentes sus valvas. El otro braquiópodo, *Magellania venosa*, apareció vivo como juvenil, pero casi la totalidad de los caparazones grandes estaban vacíos o llenos de sedimento. Las valvas de braquiópodos pueden persistir unidas o separadas y en una inspección apresurada pueden ser confundidas con las de los moluscos bivalvos.

El dendrograma ilustra la similitud entre estaciones en función de su composición faunística, calculada mediante el índice cuantitativo de Bray-Curtis. El resultado obtenido aplicando este método multivariado puede explicarse tanto en función de la distancia entre plataformas como por la influencia de la granulometría del sedimento. Las tres estaciones de Hidra Norte aparecen aisladas de todas las demás, lo cual era esperable debido a que poseen casi exclusivamente sedimentos finos y por lo tanto carecen de la mayoría de los organismos coloniales incrustantes. La estación blanco se vincula faunísticamente con las tres de Carina, lo que puede explicarse en función de su cercanía y por poseer una

profundidad similar (73 m). A pesar de su proximidad con Hidra Norte, Hidra Centro aparece faunísticamente más próxima al grupo formado por Blanco-Carina-Aries-Argo, ya que comparte con esas plataformas a la fauna incrustante típica de rodados. La excepción aparente a este patrón es la estación 2 de Aries, que en vez de vincularse con las otras dos de esa zona, resultó más próxima a las tres estaciones obtenidas en Argo.

Dendrograma ilustrando la similitud (índice de Bray-Curtis) entre estaciones en función de su composición faunística.



5) ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En cuanto a la caracterización físico-química de los sedimentos, en las muestras con presencia significativas de sedimentos finos (limos arcillosos), se detectó la interfase redox (entre valores positivos y negativos), a unos 4 - 5 cm de profundidad. En las muestras con presencia de arenas y gravas (poca presencia de finos), como es de esperar, no se detectaron valores negativos (condiciones reductoras).

Por otro lado, la mayor parte de los resultados analíticos se encontraron por debajo del límite de cuantificación inferior del método. De los parámetros que arrojaron valores por encima del límite de cuantificación del método analítico, con la excepción del bario y el manganeso, el resto no excedieron los niveles guías adoptados a los fines de este estudio. En este sentido, es importante aclarar que en la muestra blanco el bario no se encontró excedido, pero sí lo estuvo el manganeso, lo que indicaría que los niveles de manganeso corresponderían a concentraciones naturales.

En base a modelados de la zona en corto plazo (6 meses aproximadamente) se esperaba que los mayores espesores de los recortes se encuentren hacia el sureste. Es necesario destacar que, en el caso de estas instalaciones, el tiempo transcurrido desde el vertido es de 10 a 30 años aproximadamente, por lo que los sucesivos ciclos de suspensión – deposición en el fondo - resuspensión impliquen una disminución en el espesor de recortes depositados sobre el lecho marino, ampliándose la superficie cubierta por los mismos.

Sin embargo, utilizando el bario como indicador de la presencia de recortes de perforación, puede observarse que:

- No se lo detectó en las muestras cercanas a Argo: esto puede deberse a que los puntos de muestreo se encuentran al norte de los pozos (contrario a los puntos en que se espera mayores espesores de recortes).
- Las muestras cercanas a las plataformas Hidra que dieron positivas fueron las ubicadas al sur o sureste de las instalaciones.
- La ubicación sureste es la que también arrojó presencia en Aries.
- En Carina todas las estaciones dieron valores de bario: al norte, suroeste y sureste, incluso la concentración más alta es la del punto norte.

Si se tiene en cuenta la secuencia temporal, Carina fue la última plataforma instalada y la más alejada de la costa, por lo que probablemente se encuentre menos representada por la modelación realizada.

Otro punto interesante a destacar es que no se detectó presencia de hidrocarburos de alta toxicidad en ningún caso.

Se podrían justificar los valores de bario similares en los puntos de muestreo relacionados a las plataformas Hidra y en Aries y que incluso los primeros sean superiores a algunos de Carina por el número de pozos (directamente relacionada con la cantidad de vertidos). Si esto fuese así, la diferencia temporal (de aprox 17 años entre cada proyecto) no equiparó la dispersión de los vertidos.

Con respecto al muestreo biológico, se puede observar que las estaciones cercanas a Hidra Norte representan el mínimo y las de Carina el máximo en parámetros como biomasa total, riqueza específica, diversidad y abundancia de organismos bentónicos. Estas diferencias estarían más relacionadas a la profundidad y la naturaleza del sustrato que a la presencia de recortes.

En líneas generales, puede decirse que el bentos fue muy abundante y diversificado, con un claro predominio de organismos filtradores (hidrozoos, tunicados, briozoos) y un aumento de la biomasa, riqueza específica y diversidad hacia las zonas más profundas. Desde el punto de vista biogeográfico, la fauna que habita los fondos someros de la plataforma continental frente a Tierra del Fuego puede considerarse como típica de la Provincia Biogeográfica Magallánica (López Gappa & Sueiro, 2007), un elenco de organismos originado en el Pacífico Sudoriental y cuyo ingreso al Atlántico Sudoccidental puede remontarse a la separación entre Sudamérica y Antártida con la consiguiente formación del Pasaje de Drake y la Corriente de Malvinas durante el período Terciario (Lawver & Gahagan, 2003; Liuzzi et al., 2011).

A partir de esta primera etapa en el seguimiento del lecho marino, se plantearon diferentes interrogantes a resolver con próximos muestreos:

- Constatar la evolución de las concentraciones de bario en sedimento para los puntos de muestreo.
- Incluir nuevos puntos de muestreo y las nuevas instalaciones (plataforma Vega Pleyade) para la cual se realizaron estudios de base ambiental y se cuenta con detalles de las operaciones. Esto tendrá una importancia extra al tratarse del primer proyecto costa afuera de Total en Argentina con un estudio ambiental de base.
- Realizar un estudio mineralógico de sedimentos, que confirmen si las concentraciones de manganeso y aluminio se corresponden con niveles naturales.

6) BIBLIOGRAFÍA

- Environmental fates and effects of ocean discharges of drill cuttings and associated drilling fluids from offshore oil and gas operation, International Association of Oil and Gas Producers, Report 543, March 2016
- Clarke K.R. & Warwick R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Second Edition. PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK.
- Lawver L.A. & Gahagan L.M. 2003. Evolution of Cenozoic seaways in the circum - Antarctic region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 198: 11–37.
- Liuzzi M.G., López Gappa J. & Piriz M.L. 2011. Latitudinal gradients in macroalgal biodiversity in the Southwest Atlantic between 36 and 55°S. *Hydrobiologia*, 673: 205-214.
- López Gappa J. & Sueiro M.C. 2007. The subtidal macrobenthic assemblages of Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego, Argentina). *Polar Biology*, 30: 679-687.

BREVE CV

❖ Mariana Paola Quaglia

Se graduó como Licenciada en Ciencias Químicas en la Universidad de Buenos Aires y cursó especialidades dentro de la temática de hidrocarburos e higiene, seguridad y ambiente en la UBA, ITBA, UCA y Universidad Europea Miguel de Cervantes. Asimismo es docente de posgrado del ITBA desde 2001 y dicta cursos de ambiente relacionados a la exploración y explotación de hidrocarburos.

Desde 1994, se desempeñó en la Secretaría de Energía y a partir de 2003 en Vintage Oil y Oxy Argentina. Desde 2008, se desempeña como Coordinadora de Medio Ambiente en Total Austral S.A.

❖ Francisco Javier Bogado

Se graduó como Ingeniero Químico en la Universidad Nacional del Litoral y realizó los posgrados obteniendo la Maestría en Medio Ambiente (UCES) y la Especialidad en Higiene y Seguridad en el Trabajo (UTN).

Desde 1994, se desempeñó en las refinerías San Lorenzo (PECOM) y La Plata (YPF), luego trabajó en Sudamfos (empresa química) hasta 2006. Desde entonces se desempeña como Gerente de Ambiente e Higiene Industrial en Total Austral S.A.