

Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°41

Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2, 3 y 4 en el segundo año de revisión de la 3ra recertificación de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*.



Autores: Tomás Luppi, Nahuel Farías, Jesús Nuñez, Emiliano Ocampo, Agustin Bianchini, Pablo Meretta

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET
Mar del Plata, Argentina; pedro.daleo@gmail.com

Mar del Plata, julio 2025

Citar como: Luppi T, Farías N, Nuñez J, Ocampo E, Bianchini A, Meretta P (2025) Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2, 3 y 4 en el segundo año de revisión de la 3ra recertificación de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N° 41 (UNMdP-CONICET). 23pp. ISSN 2796-9088

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. **ISSN 2796-9088**

La "Serie: Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras" se aloja en el sitio <https://www.iimyc.gob.ar/iimyc/es/informes-tecnicos/>

La utilización, redistribución, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original y que las obras que resulten sean publicadas bajo las mismas condiciones de libre acceso. Esta licencia se aplica exclusivamente al texto de la presente publicación. Para utilizar cualquier otro material que aparezca en ella (tal como textos, imágenes, ilustraciones o gráficos), será necesario pedir autorización a la Dirección del IIMyC iimyc@mdp.edu.ar. No está permitido utilizar el logotipo del IIMyC.

Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC). El IIMyC no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en el/los idiomas que se publique será el texto autorizado".

Mar del Plata, julio 2025



EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES 2, 3 Y 4 EN EL SEGUNDO AÑO DE REVISIÓN DE LA 3RA RECERTIFICACIÓN DE LA PESQUERÍA DE LA VIEIRA *Zygochlamys patagonica*

Tomás Luppi¹, Nahuel Farías¹, Jesús Nuñez¹, Emiliano Ocampo¹, Agustín Bianchini¹ y Pablo Meretta¹

¹Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN. Para la tercera recertificación de la pesquería de vieira patagónica, las Condiciones 2, 3 y 4 de la OIA se enfocan en la fauna bentónica capturada incidentalmente, particularmente en el erizo *Sterechinus agassizii* y las especies secundarias en general. Desde julio de 2024, se implementaron acciones específicas para cumplir con estas condiciones. Respecto a *S. agassizii*, el estudio de su distribución mostró una mayor probabilidad de presencia y abundancia en las UM ubicadas hacia el sur (específicamente al sur de los 55°S). Los análisis de distribución espacial mostraron patrones heterogéneos de agrupamiento y dispersión a microescala. Estos resultados son clave para desarrollar estrategias de manejo tipo "move on", ya que las distancias necesarias para evitar zonas de alta concentración de erizos varían significativamente entre UM (de 0,6 km a 18 km). Los experimentos de selectividad de artes de pesca, comparando redes estándar y modificadas, no mostraron diferencias significativas en la captura de vieiras comerciales ni en la reducción de erizos, aunque sí hubo variaciones en la fauna incidental entre UM. A su vez, para profundizar el conocimiento sobre la biología y dinámica poblacional de *S. agassizii*, se inició el desarrollo de una tesis doctoral y se obtuvo un subsidio del MSC's (Science and Research Fund), proyectos que permitirán abordar las brechas de información identificadas, relativas a los atributos de productividad y susceptibilidad. Entonces, en relación a la Condición 2, se avanzó en la evaluación de la distribución espacial de *S. agassizii*, se efectuaron pruebas de selectividad de artes de pesca modificadas, y se inició los estudios tendientes a conocer principalmente los atributos de productividad de la especie. Por otro lado, se evaluó la composición y biomasa de la fauna bentónica incidental, confirmando que su diversidad y contribución relativa son consistentes con estudios previos, dominando equinodermos y cnidarios. El análisis reveló diferencias significativas en la diversidad y composición de especies entre las UM, destacando la heterogeneidad espacial de la comunidad. Con ello, respecto a la Condición 3, se generó evidencia documentada sobre la composición de fauna bentónica incidental, confirmando patrones consistentes con estudios históricos en esta pesquería. Con respecto al nivel de daño del erizo *S. agassizii*, la evaluación reveló que, al momento de la descarga de la red, un 68% de los erizos tienen un nivel de daño bajo, con una supervivencia del 100% hasta 3 días posteriores a la captura. Además, se evaluó cómo evoluciona el nivel de daño y la supervivencia a lo largo de la cadena de selección y devolución al mar. Se encontró que los niveles de daño aumentan progresivamente hasta casi la totalidad de los individuos luego del rolo selector. Como era de esperar, la capacidad de enderezamiento, como indicador de estrés, mostró una reducción drástica en el éxito a medida que aumenta el nivel de daño. Entonces, con respecto a la Condición 4, se evaluó el daño y supervivencia a lo largo del procesamiento a bordo, documentando el impacto acumulativo, lo que permite revisar la efectividad de medidas de mitigación. Por último, se destaca que se llevó a cabo un programa de capacitación continua para observadores científicos que, junto con el asesoramiento remoto, aseguró la eficiencia en la recolección de datos a bordo. Este programa atañe a las 3 condiciones arriba expuestas.

ABSTRACT. Evaluation of Compliance with Conditions 2, 3, and 4 in the Second Year of Review of the 3rd Recertification of the Patagonian Scallop Fishery *Zygochlamys patagonica*. For the third recertification of the Patagonian scallop fishery, OIA's Conditions 2, 3, and 4 focus on bycaught benthic fauna, particularly the sea urchin *Sterechinus agassizii* and secondary species in general. Since July 2024, specific actions have been implemented to comply with these conditions. Regarding *S. agassizii*, the study of its distribution showed a higher probability of presence and abundance in Management Units (MUs) located further south (specifically south of 55°S). Spatial distribution analyses revealed heterogeneous micro-scale patterns of aggregation and dispersion. These results are key to developing "move-on" management strategies, as the distances required to avoid high-density sea urchin zones vary significantly between MUs (ranging from 0.6 km to 18 km). Trawl net selectivity experiments, comparing standard and modified nets, showed no significant differences in commercial scallop catches nor in sea urchin reduction, although variations in bycatch composition were observed between MUs. Furthermore, to enhance knowledge on the biology and population dynamics of *S. agassizii*, a PhD project was initiated, and funding was secured through the MSC's Science and Research Fund. These initiatives will help address the identified information gaps related to productivity and susceptibility attributes. Thus, in relation to Condition 2, progress was made in assessing the spatial distribution of *S. agassizii*, testing modified trawl net selectivity, and initiating studies primarily focused on the species' productivity traits. Additionally, the composition and biomass of bycaught benthic fauna were assessed,

confirming that their diversity and relative contribution are consistent with previous studies, with echinoderms and cnidarians being dominant. The analysis revealed significant differences in species diversity and composition among MUs, highlighting the spatial heterogeneity of the benthic community. In this context, concerning Condition 3, documented evidence was generated on the composition of bycaught benthic fauna, confirming patterns consistent with historical studies in this fishery. The assessment of damage levels in *S. agassizii* revealed that, at the time of net retrieval, 68% of sea urchins exhibit low damage levels, with 100% survival up to three days post-capture. Additionally, the evolution of damage and survival throughout the selection process and return to the sea was evaluated. Damage levels progressively increased, reaching nearly all individuals after passing through the sorting roller. As expected, righting ability, used as a stress indicator, showed a sharp decline in success as damage levels increased. Therefore, concerning Condition 4, damage and survival were evaluated throughout onboard processing, documenting the cumulative impact, which allows for a review of the effectiveness of mitigation measures. Finally, a continuous training program for scientific observers was carried out, which, together with remote advisory support, ensured the efficiency of onboard data collection. This program addresses all three conditions mentioned above.

Palabras clave: Argentina; Atlántico sudoccidental; Fauna acompañante; Erizo de mar; Vieira patagónica

Key words: Argentina; Southwestern Atlantic; Patagonian scallop; Sea Urchin; Bycatch

INTRODUCCIÓN

Para la 3ra recertificación de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*, la Organización Internacional Agropecuaria S.A. (OIA) establece el seguimiento y cumplimiento de 8 Condiciones (*Client Action Plan*, 2023), 3 de las cuales (Condición 2, 3 y 4) se encuentran, directa (2 y 4) o indirectamente (3), bajo la esfera de quienes suscriben, investigadores del IIMYC (UNMDP-CONICET), y se ejecutan a través de un Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN) de CONICET. Las 3 Condiciones involucran aspectos específicos y generales de la porción de fauna acompañante de la vieira que se captura de forma incidental por la pesquería.

La *Condición 2* establece que el grupo cliente (GC) debe proporcionar evidencia escrita de que se redujo el nivel de alto riesgo de los atributos de susceptibilidad como "superposición de áreas", "selectividadz/o "mortalidad posterior a la captura" para *S. agassizii*.

Sin embargo, en el 1st Surveillance Report v2.2 (2024) se sumó a esta condición la siguiente meta: Para el segundo año de revisión de la tercera recertificación, el GC debe proporcionar un plan de trabajo para identificar que es muy probable que *S. agassizii* esté por encima de los límites biológicos o, de no ser así, hay evidencia de recuperación o una estrategia parcial demostrablemente efectiva establecida de modo que la UoA no obstaculice la recuperación y la reconstrucción y, cuando las capturas fuera de los límites biológicos sean considerables, hay evidencia de recuperación o una estrategia demostrablemente efectiva establecida entre aquellas UoA de MSC que tienen capturas considerables de la especie, para garantizar que colectivamente no obstaculicen la recuperación y la reconstrucción. Si no se dispone de límites biológicos para *S. agassizii*, derivados de la evaluación analítica de la población o mediante enfoques empíricos, el grupo cliente debe proporcionar un plan de trabajo para revisar la posible eficacia y viabilidad de las medidas alternativas para reducir el alto nivel de riesgo de los atributos de productividad o susceptibilidad. Asimismo, el grupo cliente debe proporcionar evidencia escrita de que el plan de trabajo está en curso.

La *Condición 3* estipula que el GC debe proporcionar evidencia por escrito de que se continúa recopilando información adecuada para respaldar una estrategia parcial para manejar las principales especies secundarias, si es necesario.

La *Condición 4* demanda evidencia por escrito de que existe una revisión regular de la posible efectividad y practicidad de las medidas alternativas para minimizar la mortalidad de las principales especies secundarias que conforman la captura no deseada y que se implementan según corresponda. Es decir, que a diferencia de la condición 2, la 3 y 4 no se basan en una especie en particular, sino que se refieren a las especies secundarias en general.

Respecto a estas 3 condiciones, y de acuerdo al plan de acción, desde julio del 2024 hasta el presente se realizaron las siguientes actividades y tareas:

- (a) Se realizó una capacitación inicial y continua a los observadores científicos que se embarcan en la flota. (Condiciones 2, 3 y 4).
- (b) Se evaluó la composición y biomasa en cada Unidad de Manejo (UM) de la fauna bentónica capturada incidentalmente con la pesquería. (Condición 3).
- (c) Se evaluó la distribución espacial y la abundancia del erizo *S. agassizii*. A distintas escalas espaciales (Condición 2).
- (d) Se evaluó el nivel de daño y supervivencia del erizo *S. agassizii* en distintos puntos del proceso de pesca (Condición 4).
- (e) Se evaluó experimentalmente la selectividad de artes de pesca modificadas sobre *S. agassizii*. (Condición 2).
- (f) Se encuentran en ejecución estudios intensos y extensos sobre los distintos atributos de productividad de *S. agassizii* (Condición 2).

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Detalle de las tareas

a- Capacitación inicial y continua de los observadores científicos.

Metodología. Se utilizaron dos actividades para cumplir con este objetivo: el seminario intensivo de capacitación presencial en laboratorio, y la capacitación continua vía comunicación virtual. Los seminarios presenciales se realizaron en el lugar de trabajo de los investigadores responsables, el Laboratorio de Zoología-Invertebrados (IIMyC-FCEyN). En ellos se discutió punto por punto los distintos protocolos de trabajo y de muestreo, y se realizó una experiencia práctica de separación e identificación de fauna acompañante en muestras especialmente

Tabla 1 Detalle de mareas muestreadas en la pesquería de vieira patagónica (2023-2025)

Marea	Buque	Fecha	Muestras	UM
1	ASIII	08/08/2023 – 28/08/2023	16	C
2	ASIII	19/11/2023 – 29/12/2023	23	B - D
3	Capesante	24/11/2023 – 03/01/2024	26	E - D - C
4	ASIII	07/01/2024 – 17/02/2024	17	A - B - C
5	Capesante	27/02/2024 – 15/03/2024	21	B - F - G
6	ASIII	07/04/2024 – 30/05/2024	16	A - B - C - E
7	Miss Tide	20/04/2024 – 21/05/2024	18	B - C
8	Capesante	01/05/2024 – 18/06/2024	26	B - G
9	ASIII	06/06/2024 – 21/07/2024	19	B - C
10	ASIII	26/07/2024 – 11/09/2024	25	F - D - B - C - A
11	Miss Tide	02/08/2024 –	19	B - C
12	Miss Tide	24/10/2024 –	6	A
13	Capesante	30/12/2024 –	18	A - B - D - E
14	ASIII	13/01/2025 – 24/02/2025	15	A - B - C
15	Miss Tide	12/02/2025 – 20/03/2025	56	A - C
16	ASIII	01/03/2025	18	A - B - C
17	Miss Tide	28/03/2025 – 30/04/2025	14	B - C

Nota: ASIII = *Atlantic Surf III*; UM = Unidad de Manejo. Muestras se refiere al número de lances analizados para fauna incidental. Fechas indican período de muestreo a bordo. En mareas 11, 12 y 13 el muestreo continuaba al cierre del informe.

colectadas para tal fin por los barcos de las empresas del GC. En la segunda actividad se brindó capacitación en el uso y carga de datos en planillas *online* diseñadas para hacer la carga de datos más eficiente, monitoreada, y compatible con la base de datos general de la pesquería y su análisis posterior.

Resultados. En el periodo se realizaron 2 capacitaciones presenciales intensivas, y se ha brindado capacitación continua virtual en las 7 mareas realizadas o en curso a la fecha de este informe. Las capacitaciones continuas han sido muy exitosas para que los observadores primeramente adquieran la información de base para el correcto trabajo a bordo asegurando estándares mínimos, y luego como escenario de retroalimentación donde aportar experiencias prácticas y consolidar el conocimiento de base para mejorar los protocolos de toma de datos. Esto se traduce en una mayor eficiencia en la colecta de datos, en la adaptación de protocolos, y en la resolución de inconvenientes o incógnitas a bordo.

b- Evaluación de la composición y biomasa de fauna bentónica capturada incidentalmente con la pesquería de vieira patagónica.

Metodología. Se analizaron las muestras tomadas en las mareas consignadas en la **Tabla 1**. El protocolo de muestreo se realizó con el siguiente criterio: si el barco se desplaza más de cuatro millas diarias, se toma una muestra por día. Si se está pescando varios días dentro del cuadrante de 4 millas, se toma y se procesa sólo una muestra cada 48 hs. Cada muestra tuvo un volumen de 40 litros. Se registraron y etiquetaron los datos de navegación de los lances de los cuales se extrajeron las muestras. A bordo, el observador científico separó e identificó todos los especímenes hasta el menor nivel taxonómico posible ayudado por guías, por toma de imágenes y consultas con los especialistas en tierra. Se contabilizó y pesó (peso húmedo escurrido) el total por especie/unidad taxonómica operativa (OTUs). Las porciones de muestra que no pudieron procesarse a

bordo se desembarcaron en tierra debidamente etiquetadas y se procesaron en laboratorio.

Métodos estadísticos. Se evaluó la diversidad y composición de la fauna acompañante en siete unidades de manejo (UM) de pesca de vieira: A, B norte, B sur, C, D, E y F. La UM B se separó en sur y norte dado una exploración previa de los datos, donde se mostraban diversidades muy diferentes. Para los índices de diversidad (Riqueza, Shannon, Simpson, Pielou), se aplicó inicialmente la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Al no cumplirse el supuesto de normalidad en la mayoría de los casos, se optó por métodos no paramétricos. La homogeneidad de varianzas se verificó mediante la prueba de Levene. Las diferencias entre UM se analizaron con la prueba Kruskal-Wallis, seguida de comparaciones post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni cuando resultaron significativas. Para la composición de especies, se utilizó una matriz de distancia de Bray-Curtis. Las diferencias globales se evaluaron mediante PERMANOVA (función *adonis2* con 999 permutaciones) y ANOSIM (999 permutaciones). Las especies indicadoras se identificaron mediante el índice *IndVal* (función *multipatt* con 999 permutaciones), considerando especies con $*p < 0.05$ como asociadas significativamente a UM o combinaciones.

Resultados. Respecto a la identificación y clasificación de los diferentes individuos se ha avanzado respecto al informe anterior (Luppi y col. 2024), sin embargo, aún quedan varios ítems con identidad específica por definir. Particularmente los poríferos, tunicados y cnidarios requieren mayor estudio en laboratorio y determinación de caracteres que puedan ser de utilidad para la clasificación a bordo. Buena parte de este trabajo requiere la retroalimentación constante con los observadores que se menciona en el apartado anterior (a). A la fecha, los taxones aún no identificados se mantienen como unidades taxonómicas operativas (OTUs) en todos los análisis hasta poder completar su clasificación definitiva. A niveles superiores se mantiene

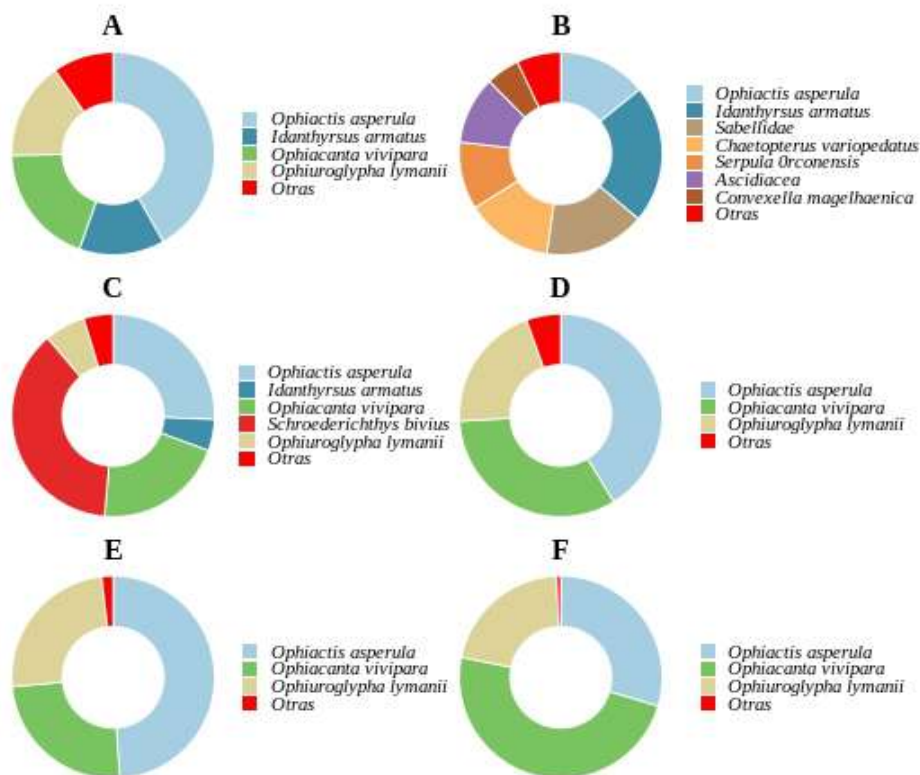


Fig. 1. Especies y grupos taxonómicos más importantes de la composición del total de la fauna incidental registrada durante todas las campañas del periodo reportado en este informe, desagregada por Unidad de Manejo (UM).

una clasificación mixta entre categorías taxonómicas formales y operativas (como en el caso de los “peces”) por practicidad para la clasificación a bordo y de interpretación y presentación de resultados en el contexto no especializado en taxonomía de la fauna acompañante de las pesquerías en general. Todos los datos colectados se consolidan en una base de datos normalizada bajo formato Darwin Core y alojada en servidores locales.

Hasta la fecha de este informe la composición de la fauna incidental de la pesquería de vieira sigue el patrón reportado en informes previos (Escolar y Bremec 2015, Luppi y col. 2022a y 2024), con mayor proporción de equinodermos y cnidarios, seguido por moluscos, anélidos y artrópodos. Dentro de los equinodermos, las ofiuras *Ophiosabine*, (*Ophiacanta*) *vivipara*, (*Ophiacanthida*), *Ophiactis asperula* (Amphilepidida) y *Ophiuroglypha lymani*, (Ophiurida) componen más del 90 % del número de individuos de equinodermos capturados. Al observar cada UM, la B sur presenta una mayor composición de OTUs, las UM A, B norte y B sur presentan una proporción mayor al 80 % de ofiuras y poliquetos, mientras que las que se encuentran más al sur, en particular la E y F, están dominadas por las tres especies principales de ofiuras, *O. vivipara*, *O. asperula* y *O. lymani*. Así, se puede observar que hacia mayores latitudes disminuye el número de OTUs que contribuyen mayoritariamente al total de la fauna acompañante registrada (**Fig. 1**).

Análisis de diversidad. La prueba Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas entre UM en todos los índices (**Fig. 2**): Riqueza ($H = 48.5$, $p < 0.001$), Shannon ($H = 27.0$, $p < 0.001$), Simpson ($H = 89.4$, $p < 0.001$) y Pielou ($H = 30.4$, $p < 0.001$). Las comparaciones post-hoc mostraron que la Riqueza fue

significativamente menor en B respecto a C y E, así como también en C frente a G. El índice de Shannon presentó valores significativamente mayores en D en comparación con C y F. El índice de Simpson mostró diferencias múltiples: A presentó mayor diversidad que B, C y F, mientras que B difirió significativamente de D y E. Finalmente, la equitatividad de Pielou fue inferior en B, C y F respecto a D y G.

Composición de especies. El análisis de ordenación no métrica en el espacio multidimensional (NMDS), basado en disimilitud de Bray-Curtis, mostró diferencias en la composición de la fauna acompañante entre las distintas UM de la pesquería de vieira (**Fig. 3**), Stress = 0.26). En la figura 3 se observa una separación parcial entre algunos grupos, lo cual indica variabilidad en la estructura comunitaria. Esta diferenciación fue estadísticamente significativa según el análisis PERMANOVA ($F = 7.15$, $R^2 = 0.122$, $p < 0.001$) y ANOSIM ($R = 0.146$, $p < 0.001$), lo que confirma que las comunidades bentónicas asociadas difieren entre las UMs. Las elipses de confianza muestran solapamientos, pero también agrupamientos particulares. Entre los pares más divergentes se encontraron: UM C vs A ($R^2 = 0.097$), B vs A ($R^2 = 0.092$), C vs D ($R^2 = 0.071$), D vs F ($R^2 = 0.124$) y G vs F ($R^2 = 0.124$). El análisis SIMPER indicó que las especies que más contribuyeron a las diferencias entre UM fueron *O. asperula*, *O. vivipara*, *O. lymanii* y *S. agassizii*, con patrones consistentes en varios contrastes como B vs A, C vs D y D vs F. Por ejemplo, *O. vivipara* fue especialmente importante en diferencias como B vs F (22.7 % de disimilitud) y A vs F, mientras que *S. agassizii* se destacó en D vs F y A vs G ($p < 0.01$).

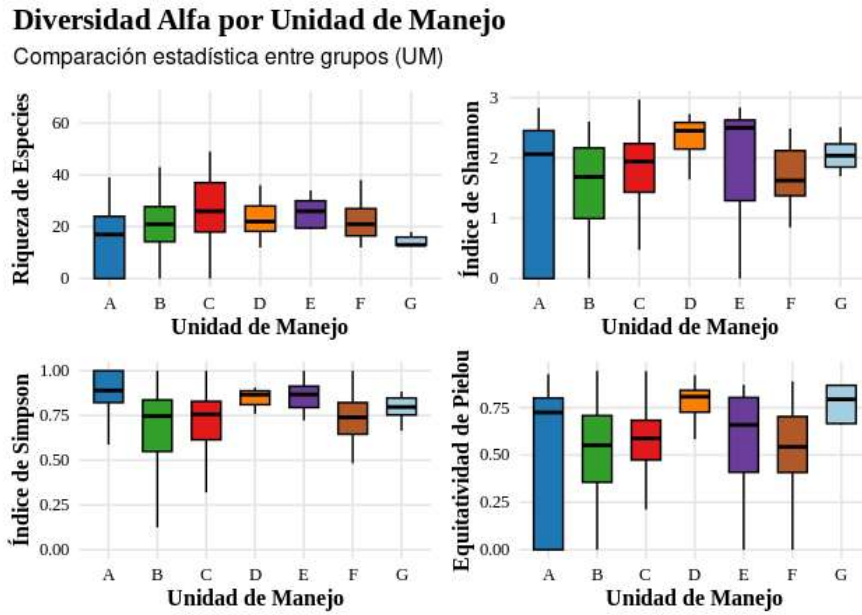


Fig. 2. Comparación de la Riqueza de Especies, Índice de Shannon, Índice de Simpson y Equitatividad de Pielou (J') para las diferentes UMs estudiadas.

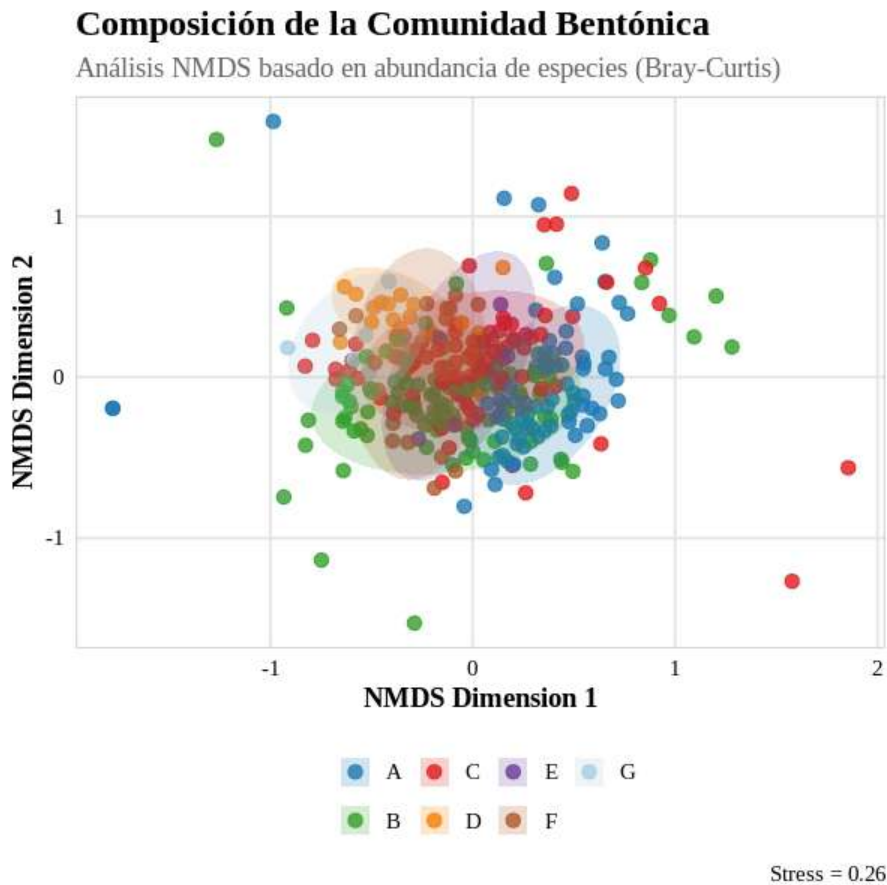


Fig. 3. Análisis NMDS de las UM estudiadas respecto a la composición de la fauna acompañante.

Especies indicadoras. El análisis IndVal identificó múltiples especies con afinidad significativa por UM o combinaciones de ellas. Por ejemplo, *Z. patagonica* y *Tedania sp.* se

asociaron a la UM C. En la UM E, se destacaron especies como *Trophon acanthodes*, *Propagurus gaudichaudi* y *Liothyrella uva*. La UM F fue caracterizada por los gremios *Anfipoda* y

Crinoidea, mientras que *Labidiaster sp.* fue indicadora de la UM G. Se encontraron especies indicadoras de combinaciones como *Anthozoa* y *Potamilla antarctica* (D+E), *Nototheniidae* (E+F), *Alcyonium* (F+G), y *Pseudechinus magellanicus* (A+B+C+D+E). Entre los indicadores de grupos amplios se destacaron *O. asperula* (A+B+C+D+E+F), *O. vivipara* (B+C+D+E+F+G), y *S. agassizii* (C+D+E+F+G), todos con alta contribución en múltiples comparaciones y valores significativos de asociación ($p < 0.05$).

c- Evaluación de la distribución espacial y la abundancia de erizos *Sterechinus agassizii*.

Metodología. En conjunto con el monitoreo de la captura incidental se puso especial atención al análisis de la distribución espacial de *S. agassizii*. Se registraron datos de presencia y ausencia, frecuencia numérica y biomasa del erizo para cada lance. El protocolo de muestreo utilizado por los observadores es el mismo que se detalló en el punto anterior. El mapeo de los puntos de pesca y los porcentajes del peso del erizo respecto a la muestra sin sedimento (lavada) se realizaron utilizando los paquetes *ggplot2* y *sf*. Además, a partir de los lances correspondientes a las UM A, B norte y C, se analizó la distribución espacial del erizo evaluando si la presencia y ausencia del erizo presentaban una distribución agrupada, dispersa o aleatoria (Función K de Ripley). Se seleccionaron estas UM ya que fueron las que presentaron una densidad de datos que permitieron realizar el análisis. Además, se estimó la distribución de distancias al lance más cercano sin erizo, obteniendo la probabilidad de encontrar lances sin erizo luego de obtener uno con presencias (Función G de Ripley). A partir de este tipo de análisis se obtiene información necesaria para desarrollar una estrategia de manejo del tipo "move on", es decir, desplazar la actividad pesquera a una determinada distancia una vez detectada una alta concentración de erizos. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico *spatstat.explore*.

Resultados. A partir de las muestras obtenidas y procesadas de 198 lances, se pudo encontrar, a escala latitudinal, un patrón de mayor probabilidad de encontrar *S. agassizii* en los lances que se encuentran en las UM del sur (Fig. 4). Se confirmó la ausencia del erizo *S. agassizii* en 116 (58 %) lances y presencia en 82 (42 %) de los lances. En cuanto al porcentaje del peso del erizo respecto del total de la muestra lavada, en el 37,5 % de los lances representó un peso porcentual menor al 2 %. En 73 lances (89,02 %) se registró un peso porcentual de *S. agassizii* menor al 2 %, en 7 (8,53 %) se registró un peso porcentual mayor al 2 %, En las UM C, D y E, y solo en 2 (2,44 %) se registró un peso porcentual mayor al 5 %, lances ubicados en la UM C.

Cada UM analizada presentó un patrón de distribución particular (Fig. 5). En la confluencia de las UM B-C, se pudo determinar que los lances en los que se registró erizo están agrupados y alejados de los puntos donde no se encontró erizo. Si consideramos plantear una estrategia de "move on" en esta zona, para que la probabilidad de no capturar erizo luego de haber tenido un lance con erizos sea mayor al 50 %, el buque debe desplazarse más de 18 Km. Para la UM B norte, se pudo determinar que los lances donde se encontraron erizos y en los que no, están distribuidos al azar, es decir, no hay un patrón espacial claro. En este caso, para que la probabilidad de no obtener erizos sea mayor al 50 %, el buque debe desplazarse más de 2.5 Km del punto donde tuvo un lance con captura de erizos. Finalmente, en la UM A, se determinó un tercer tipo de distribución, los lances donde se obtuvieron erizos están agrupados entre sí y, además, están rodeados de lances donde no se registraron erizos. Esto permite que, con un pequeño desplazamiento del buque, la probabilidad de encontrar un punto

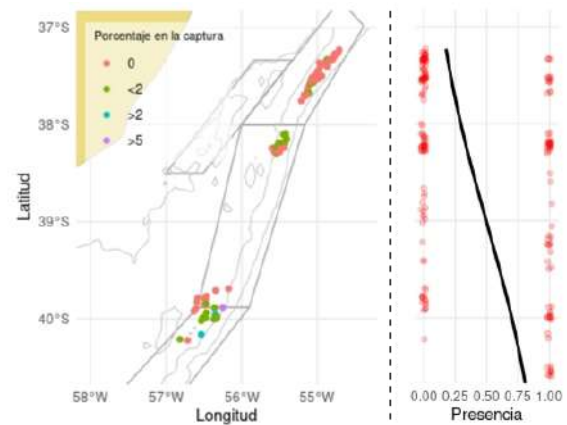


Fig. 4. Izquierda: Se muestra el mapa con la distribución de los lances analizados. Los colores resaltan el porcentaje de contribución de *Sterechinus agassizii* respecto a la captura total. Derecha: Se observa el ajuste del modelo binomial a la proporción de presencia/ausencia en función de la latitud. Los puntos rojos representan los registros individuales (lances).

sin erizo luego de haber capturado erizos sea muy baja, por lo que la distancia necesaria es poco más de 0,6 km.

Claramente, cada UM tiene una distribución particular, por lo que plantear una única estrategia "move on" no sería posible. Se torna imprescindible continuar con este tipo de análisis de los muestreos, ampliando la resolución de los datos y así, obtener un panorama más claro de la distribución de *S. agassizii* en las diferentes UM. También es necesario testear si los patrones aquí descritos se mantienen en el tiempo o son dinámicos, punto importante para plantear una estrategia de "move on".

d- Evaluación del nivel de daño del erizo *Sterechinus agassizii*.

Metodología. Durante la última campaña de pesca del año 2024 realizada por el buque "Atlantic Surf III" se realizaron toma de datos y experimentos a bordo para analizar el nivel de daño, la supervivencia y la capacidad de enderezamiento del erizo *S. agassizii* asociado al proceso de pesca y descarte de la pesquería. A la clasificación desarrollada en el informe sobre el primer año de recertificación (Luppi y col. 2024), que describe 3 niveles de daño, se le agregó un cuarto nivel de mayor daño que comprende a aquellos individuos que se les ha roto la testa y ha quedado la linterna de Aristóteles suelta o adherida a una porción pequeña de la testa (Tabla 2, Fig. 6).

Tabla 2 Descripción de la escala utilizada para categorizar el nivel de daño del erizo *Sterechinus agassizii*.

Nivel	Definición
1	Espinas largas locomotoras presentes, sin daños corporales - Fig. 5a
2	Espinas locomotoras escasas/ausentes, sin daños corporales - Fig. 5b
3	Daños esqueléticos (fracturas, huecos, aplastamientos) - Fig. 5c
4	Linterna de Aristóteles suelta/adherida a la testa - Fig. 5d

Se analizaron las proporciones de daño a lo largo del proceso de selección y descarte de la captura, para lo cual se tomaron

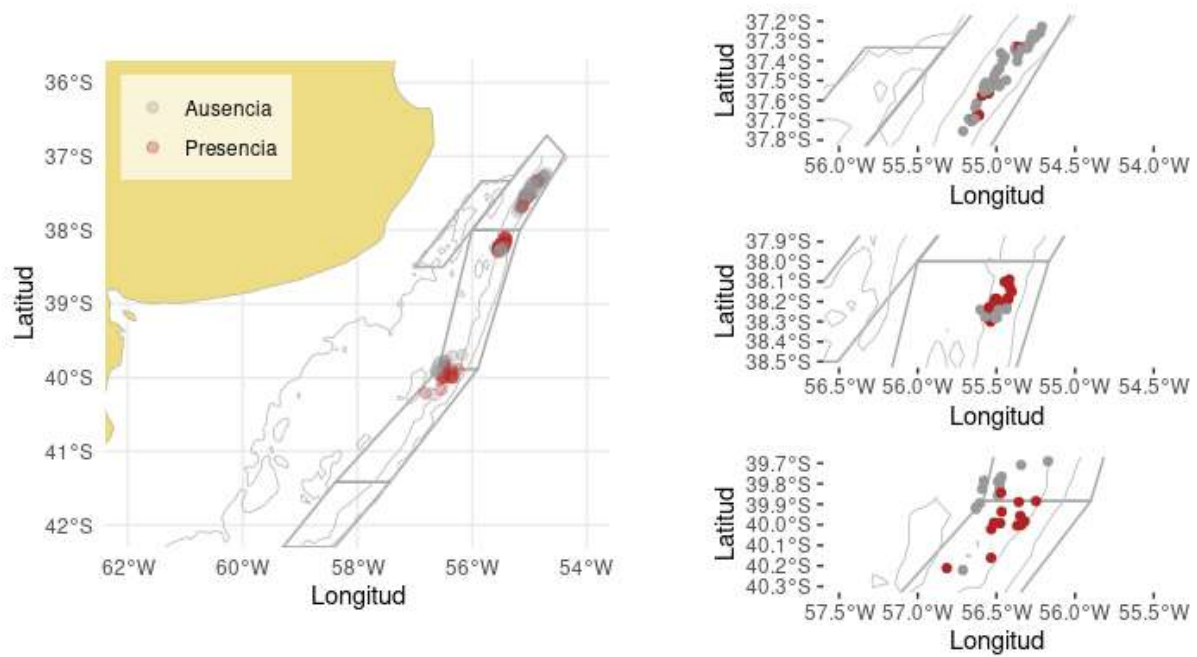


Fig. 5. Distribución espacial de los lances de pesca utilizados para analizar la presencia del erizo *Sterechinus agassizii*. Izquierda: mapa general de las UM consideradas, indicando la localización de los lances con presencia (rojo) y ausencia (gris) de la especie. Derecha: detalle de los lances correspondientes a cada grupo de análisis espacial de microescala, correspondientes a las UM 'A', 'B norte' y 'B-C' (de arriba hacia abajo).

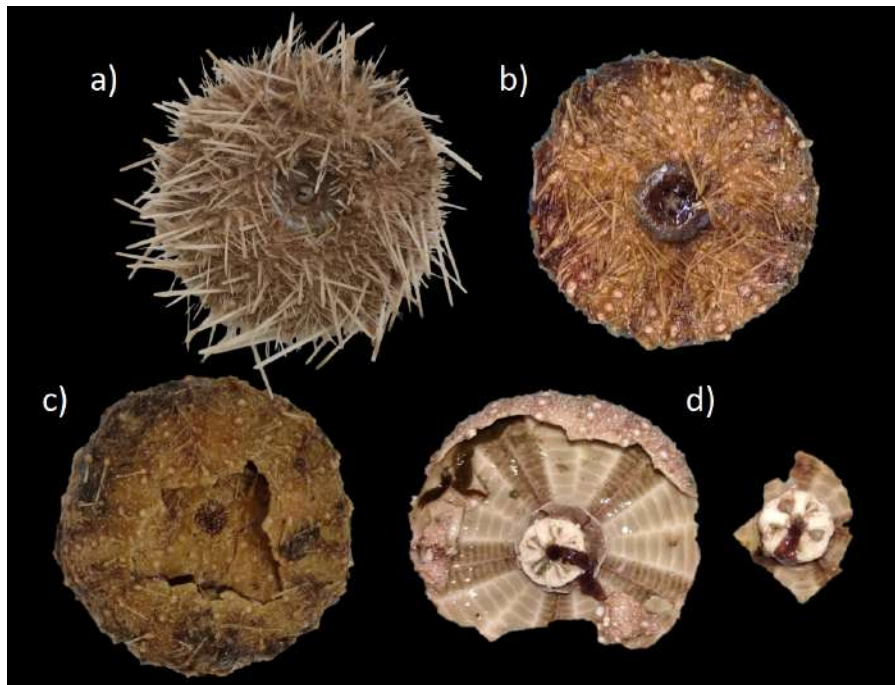


Fig. 6. Niveles de daño del erizo *Sterechinus agassizii*: a) Nivel 1; b) Nivel 2; c) Nivel 3; d) Nivel 4.

muestras de 10 litros de la captura en ambas bandas en la cubierta, 10 litros en ambas bandas del descarte del rolo selector, y en el punto de descarte manual se colectaron 30 individuos seleccionados al azar (Fig. 7). Estos datos se analizaron mediante tablas de contingencia y se usó el test de χ^2 con la función *chisq.test()* del paquete *stats*.

La supervivencia para cada nivel de daño (1, 2 y 3) se analizó mediante experimentos de supervivencia con individuos recolectados en previo al rolo selector y en su descarte. Los erizos se mantuvieron en acuarios separados por nivel de daño y se mantuvieron con renovación de agua constante. Una vez por día se contaron y extrajeron los individuos muertos. El análisis se realizó con curvas de supervivencia de Kaplan-Meier con

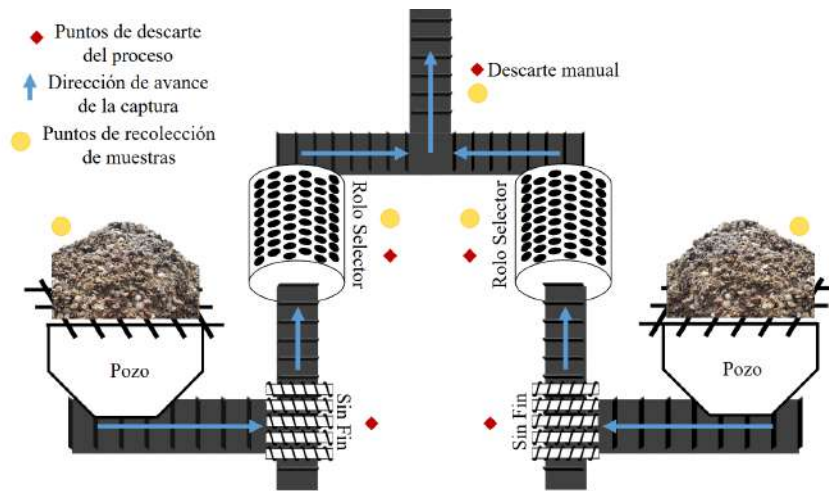


Fig. 7. Esquema del proceso de producción, señalando los puntos de recolección de muestras de erizo.

la función *survfit()* del paquete *survival*, y posteriormente, en caso de que hubiera un efecto significativo, se usó la función *ggurvplot()* para graficar las curvas de supervivencia, y la función *pairwise_survdiff()* para hacer comparaciones pareadas entre los diferentes niveles de daño del paquete *survminer*.

Para analizar la condición de estrés asociada a cada nivel de daño se utilizó la capacidad de enderezamiento. Se recolectaron individuos desde el punto previo al rolo selector y tras 24 horas de aclimatación se procedió a realizar los experimentos individuales en los cuales los erizos se colocaron con la cara oral hacia arriba y se contabilizó los casos de éxito en el enderezamiento hasta lograr la posición normal con la cara oral hacia abajo. Los casos de éxito/fracaso se ordenaron en tablas de contingencia y se comparó entre niveles de daño.

Resultados. En la captura se encontraron todos los niveles de daño, el más presente es el daño 2 con un 60 %, le sigue el daño 4 con un 24 %, y por último el nivel 1 y 3 con un 8 % cada uno. En el descarte del rolo selector no se encontraron erizos con nivel de daño 1, el daño 4 y 2 fueron los más representativos con un 41 y 40 % respectivamente, y el daño 3 representó el 19 % restante. En el punto de descarte manual no se encontraron los niveles de daño 1 y 2, solo se encontraron mayoritariamente daño 4, con una representatividad del 93 % y erizos con nivel de daño 3 en un 7 % (Tabla 3, Fig. 8)

Como el nivel de daño 1 solo se encontró en la captura y en el descarte manual no se encontraron daños 1 ni 2, se analizó en busca de diferencias entre las proporciones de daño de la captura y del descarte del rolo selector, teniendo en cuenta sólo los niveles de daño 2, 3 y 4. Hay diferencias significativas entre las proporciones de los niveles de daño encontrados entre la captura y el descarte del rolo selector ($\chi^2 = 25,287$, $gl = 2$, $p < 0.001$). Esas diferencias se ven por el aumento de la cantidad de daño 4 y de daño 3, y por la disminución de la cantidad de daño 2, desde la captura hacia el descarte del rolo.

Para el experimento de supervivencia de erizos recolectados en la cinta previa al rolo selector se lograron recolectar 15 individuos para cada nivel de daño y el experimento duró diez días. Al finalizar el experimento los erizos con nivel de daño 1 tuvieron una mortalidad del 20 %, los erizos del nivel de daño 2 un 46,7 % y los del daño 3 un 100 % (Fig. 9). Hay diferencias significativas entre los niveles de daño sobre la

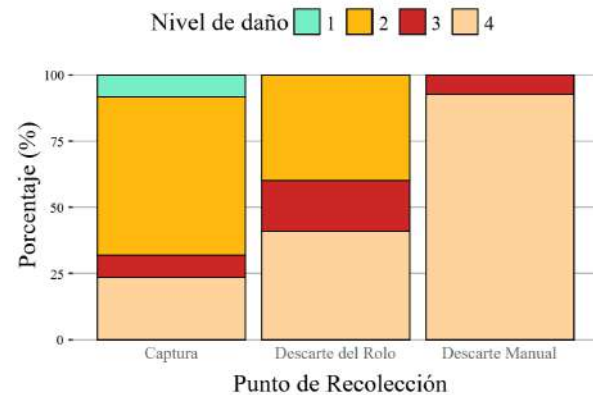


Fig. 8. Proporciones de niveles de daño del erizo *Sterechinus agassizii* en distintos puntos del proceso de producción.

Tabla 3 Distribución de niveles de daño en erizos según punto de recolección

Nivel de Daño	Captura	Rolo	Túnel de vapor
1	8	0	0
2	60	40	0
3	8	19	7
4	24	41	93

Nota: Los valores representan conteos de individuos. Niveles de daño según clasificación: 1 = Sin daño visible, 2 = Pérdida de espinas locomotoras, 3 = Daños esqueléticos, 4 = Linterna de Aristóteles afectada.

probabilidad de mortalidad del erizo recolectado en el punto previo al rolo selector ($p < 0.05$). Entre el daño 1 y 2 no se

encuentran diferencias significativas ($p=0,63$), y sí se encuentran diferencias significativas entre los daños 1 y 2 con el daño 3 ($p < 0.001$ y $p < 0.001$ respectivamente). En el caso del experimento de supervivencia de erizos recolectados desde el descarte del rolo selector solo se recolectaron 30 individuos de daño 2, ya que en este punto no se encuentran individuos con nivel de daño 1, y a su vez, en el experimento de supervivencia anterior, los individuos con nivel de daño 3 presentaron un 100 % de mortalidad. Por cuestiones de logística este experimento solo pudo llevarse a cabo durante 3 días y no se pudo realizar el registro de las primeras 24 horas. A pesar de ello se registró que al final del experimento solo 2 erizos quedaron con vida, lo que representa una mortalidad del 93.3 %. De esta manera al comparar esta curva de supervivencia con las del experimento anterior se encuentran diferencias significativas, incluso con la mortalidad más alta del nivel de daño 3 ($p < 0.001$).

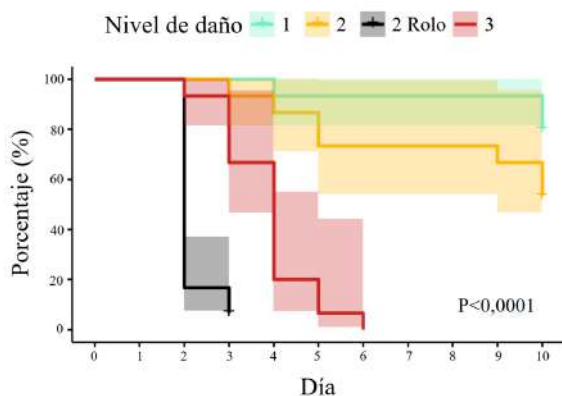


Fig. 9. Proporción de supervivencia del erizo *Sterechnus agassizii* con niveles de daño 1, 2 y 3 colectados antes del rolo (verde, ocre y rojo respectivamente), y con nivel de daño 2 colectados después del rolo (negro).

Para evaluar la capacidad de enderezamiento se analizaron un total de 104 erizos, 17 con un nivel de daño 1, 73 con un nivel de daño 2 y 14 con un nivel de daño 3. Del total, el 40,4 % de los individuos no lograron empezar el proceso de enderezamiento, y el 36,5 % de los individuos lograron el enderezamiento completo de 180 grados. De los erizos con nivel de daño 1, el 76 % logró completar el enderezamiento, los de daño 2 lo lograron el 32 % y para el daño 3 los casos de éxitos bajaron al 14 % (Fig. 10). Estos porcentajes de éxito en cada nivel de daño reflejan diferencias significativas entre sí ($\chi^2 = 15,477$; $df = 2$; $p < 0.001$).

e- Evaluar experimentalmente la selectividad de artes de pesca modificadas sobre *S. agassizii* y otras especies secundarias: Para este segundo año de recertificación se reportan nuevos resultados respecto a la comparación de redes "Estándar" (EU) y redes "Modificada" (CC), todo el desarrollo de la información se entregó al GC en un informe específico (Ocampo y col. 2025). Respecto al primer año se sumaron ensayos de comparación de redes en distintas mareas con diseños mejorados, y análisis de datos más ajustados y con mayor profundidad. Las conclusiones reportadas en ese informe son las siguientes:

- No existen diferencias en el desempeño de ambas redes en cuanto a la captura de vieiras de talla comercial y no comercial. Ello indica que no existe una mejora en la red CC modificada siendo que no incrementa la proporción de vieiras comerciales ni reduce la proporción de la fracción de

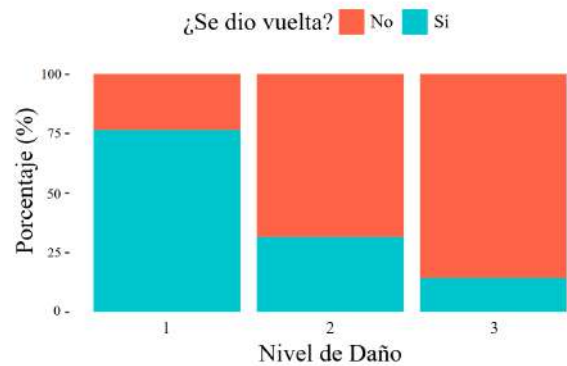


Fig. 10. Proporción de enderezamiento del erizo *Sterechnus agassizii* con niveles de daño 1, 2 y 3.

vieiras no comerciales. Las únicas diferencias están dadas por el efecto de las diferentes UM, revelando solo que la proporción de vieira (comercial y no comercial) varía de acuerdo a las diferentes zonas. Por ejemplo, en términos medios se observan mayores rindes de vieira comercial en las UM A, B y C respecto a las UM D y G.

- De modo similar, se observan diferencias en la fracción de la fauna incidental entre las UM, aunque en este caso las mayores proporciones se encuentran en las UM D y G con respecto a las UM ubicadas más al norte. En contraste a lo observado con las vieiras, en este caso sí se hallaron diferencias en el desempeño de las redes, aunque el mismo varía de acuerdo a las UM. En las UM D y G se puede observar que la red CC captura una menor proporción de esta fracción respecto a la EU. Sin embargo, hay que ser cautelosos con este resultado ya que el poder estadístico fue bajo, el cual podría mejorar incrementando el número de lances.
- La proporción del peso del erizo *S. agassizii* varía entre las UM, siendo en términos medios mayor en la UM G respecto a las otras unidades. Sin embargo, las redes no muestran un desempeño diferente entre sí, indicando que la proporción del peso de erizo es similar entre ambas redes. Sí se observó un desempeño diferente entre redes al evaluar el número de erizos en vez de la proporción de pesos. En la UM G el número de erizos capturados por la red CC modificada tiende a ser un poco superior al de la estándar, debido particularmente a algunos de los lances del ensayo realizado en esa zona donde la red CC colecta un mayor número de erizos pequeños.

f- Se encuentran en ejecución estudios intensos y extensos sobre los distintos atributos de productividad de *S. agassizii*. La Condición 2 de la OIA exige abordar el riesgo de *S. agassizii*, evaluando sus atributos de susceptibilidad "superposición de áreas, selectividad" "mortalidad posterior a la captura", pero también sus atributos de productividad. A diferencia de los atributos de susceptibilidad, los de productividad son una característica biológica intrínseca, no modificable por la actividad pesquera. *Sterechnus agassizii* está actualmente clasificado como de "alto riesgo" en el análisis RBF (Risk-Based Framework), el cual se basa en estimaciones de especies afines o en valores precautorios dado que prácticamente no existe información sobre la historia de vida y la biología poblacional del

S. agassizii. Para revertir esta situación, y realizar un análisis RBF basado en datos propios de la especie y, si es necesario, establecer límites biológicos confiables, se implementó un plan de trabajo que incluye, como constituyente principal, la realización de una Tesis Doctoral, iniciada junto a la tercera recertificación de la pesquería. Esta tesis incluye la recolección sistemática de erizos capturados incidentalmente y con muestreos dirigidos en todas las UM, que luego se procesan en laboratorio para obtener datos de talla, peso, proporción gonadal y estado de maduración, permitiendo describir el ciclo reproductivo y la estructura poblacional.

Hasta el presente, se avanzó en la caracterización de rasgos de historia de vida vinculados a la productividad en el RBF. En cuanto a la edad de madurez de la especie, el RBF utilizado para clasificar a *S. agassizii* como de alto riesgo supone una edad máxima (70-75 años) como estimación precautoria de madurez. Respecto a ello, se están recolectando y procesando datos con el fin de ajustar modelos de crecimiento a partir de frecuencias de talla y, con apoyo del MSC Ocean Stewardship Fund, se espera contar con medios para determinación de la edad, y compararla con la información existente en otras especies conocidas.

Por otro lado, la información recopilada confirma que la especie es gonocórica, con fertilización externa, y los análisis histológicos que se están efectuando sugieren un patrón reproductivo anual, aunque aún no hay datos robustos para definir un proceso generalizado para todas las UM como tampoco, un patrón específico por UM. Respecto al nivel trófico, la literatura previa indica para este erizo un comportamiento omnívoro bentónico (Mauna y col. 2011). Los análisis estomacales en curso confirman la ingesta de detritos, foraminíferos y materia orgánica particulada, y se prevé realizar estudios de isótopos estables para mayor precisión y detalle.

Este plan de trabajo está en plena ejecución y la recolección de datos biológicos continúa. Aunque algunas muestras aún no son estadísticamente concluyentes, los resultados serán cruciales para un análisis RBF específico de *S. agassizii*. Esto permitirá confirmar el actual estatus de riesgo o, si la evidencia lo respalda, reducirlo a un estado de bajo o nulo riesgo mediante información científica sólida. El trabajo proseguirá en paralelo con la Tesis Doctoral, aportando parámetros biológicos que fortalecerán de forma continua el análisis de PSA.

CONCLUSIONES

- En el periodo del segundo año de la tercera recertificación, el grupo Científico realizó dos capacitaciones presenciales intensivas al grupo de observadores. Ello, conjuntamente con el asesoramiento continuo remoto, permiten un adecuado flujo de trabajo y una gran eficiencia en la colecta de datos por parte de los observadores.
- Respecto a la fauna incidental, los datos obtenidos revelan una estructura heterogénea en relación a la variación espacial de la comunidad estudiada, con diferencias significativas entre las Unidades de Manejo (UM) tanto en diversidad como en la composición específica. Se concluye que en términos generales se mantienen los patrones de diversidad y contribución relativa de taxones a la captura que se reportan en trabajos previos. Estos resultados constituyen una base robusta que demuestra la necesidad de continuar con monitoreos continuos para implementar una estrategia de manejo de las diferentes UM sobre las especies secundarias.
- Respecto a lo reportado en el informe anterior, donde se mostró un patrón de mayor abundancia de erizos a menor profundidad de pesca (Luppi y col. 2024), se ha avanzado significativamente en dos escalas de análisis. A escala latitudinal hay tendencia fuerte a que las mayores abundancias de erizo ocurran a mayores latitudes, con porcentajes superiores al 2 % solo en las UM C, D y E, y mayor al 5 % en la C (Fig. 3). A microescala, la distribución del erizo no es homogénea, y tiene patrones muy diferentes dependiendo de los agrupamientos de lances en distintas UM. Estos diferentes patrones hacen que la distancia a recorrer por un buque para que la probabilidad de no capturar erizo luego de haber tenido un lance con erizos sea mayor al 50 % varía desde 18km en la confluencia de las UM B-C, 2,5 km en la zona norte de la UM B, y 0,6 km en la UM A. La determinación de estos patrones es promisorio como dato inicial para generar estrategias eficaces para reducir el impacto de la pesca evitando áreas de mayor densidad de esta especie, como del tipo “move on”; es decir, mover la actividad pesquera una determinada distancia una vez detectada la alta concentración de erizos.
- En el primer año de recertificación se reportaron resultados sobre el nivel de daño que sufre el erizo al llegar a bordo inmediatamente luego de la descarga de la red. Durante la última campaña de pesca de 2024, se realizaron experimentos a bordo para analizar el nivel de daño, supervivencia y capacidad de enderezamiento del erizo *S. agassizii*. Además, se evaluó cómo evoluciona el nivel de daño y la supervivencia a lo largo de la cadena de selección y posterior devolución al mar. Estos son aspectos importantes para comprender el efecto del proceso de pesca y descarte sobre el erizo. Se amplió la clasificación de daño a cuatro niveles, incluyendo un nivel 4 para individuos con ruptura severa de la testa en el que ha quedado la Linterna de Aristóteles suelta o adherida a la base de la testa. Al momento de la descarga de la red, un 68 % de la captura de *S. agassizii* tienen un nivel de daño bajo, con una supervivencia del 100 % hasta 3 días posteriores a la captura. Sin embargo, la proporción de erizos con daño letal (nivel 4) aumenta significativamente a medida que se avanza en el proceso de producción, pasando de un 24 % en la captura inicial a un 93 % en el descarte manual después de pasar por el rolo selector. Adicionalmente, la capacidad de enderezamiento se redujo con el aumento del nivel de daño, lo que sugiere un alto nivel de estrés. A partir de estos resultados, un posible plan de trabajo para favorecer la recuperación y reconstrucción de la población de *S. agassizii*, y que es posible de implementar durante el vaciado de red, en cuanto ingresan a la primera cinta transportadora, sería contar con uno o dos tripulantes que recuperen y devuelvan al mar los erizos que presenten un nivel bajo de daño.
- Durante el segundo año de recertificación, se compararon los resultados de la pesca utilizando redes estándar (EU) y redes modificadas (CC). No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de ambas redes en la captura de vieiras de talla comercial y no comercial. Esto sugiere que la red CC no mejora la selectividad para la vieira, y que las variaciones observadas se deben principalmente a factores intrínsecos de las UM. En cuanto a la fauna incidental, se detectaron diferencias en su captura entre las UM, con mayores proporciones en las UM D y G. Aunque

el poder estadístico fue bajo, la red CC capturó una menor proporción de fauna incidental que la red EU en estas UM (D y G). Respecto al erizo *S. agassizii*, la proporción de su peso capturado fue similar entre ambas redes. Sin embargo, al analizar el número de erizos, la red CC tendió a capturar un poco más de erizos pequeños que la red estándar en la UM G. Para respaldar estos resultados y aumentar la confianza en las conclusiones, sería necesario incrementar el número de ensayos y, con ello, el poder estadístico.

- Para la tercera recertificación de la pesquería de vieira, la Condición 2 de la OIA exige abordar el riesgo de *S. agassizii*, evaluando tanto sus atributos de susceptibilidad como sus atributos de productividad intrínsecos. Actualmente, la especie se clasifica con "alto riesgo", en el análisis RBF, principalmente debido a la falta de información biológica y poblacional específica. Esta incertidumbre había llevado a utilizar estimaciones precautorias o datos de especies afines. Para subsanar esto y permitir un análisis RBF basado en datos reales, se ha implementado un plan de trabajo, enmarcado en una Tesis Doctoral, iniciada en paralelo con este período de recertificación. Los análisis preliminares han confirmado que la especie es gonocórica con fertilización externa, y se observan indicios de actividad reproductiva a lo largo del año. Asimismo, se están desarrollando modelos de crecimiento y técnicas de determinación de edad (con apoyo del MSC Ocean Stewardship Fund) que son esenciales para comprender la dinámica poblacional del erizo. Aun así, la información recabada hasta ahora se encuentra en fase de consolidación y análisis. Los datos que se obtengan permitirán realizar un análisis RBF más preciso, lo que podría llevar a confirmar su actual estatus de "alto riesgo", si la evidencia lo respalda, reclasificarlo a un nivel de riesgo bajo o nulo. Este trabajo en curso, a través de la Tesis Doctoral, fortalecerá de manera continua el análisis de PSA y proporcionará la base científica necesaria para una gestión más informada de la pesquería de la vieira.

Desarrollos en progreso o propuestos asociados al proyecto. Tesis Doctoral: Dentro de todo el proceso 2023-2027 de recertificación se desarrolla una tesis doctoral para cubrir la temática de historia de vida, ecología y dinámica poblacional del erizo. Se ha realizado un llamado de candidatos y se ha seleccionado al Lic. Agustín Bianchini Pirola. El plan de trabajo de la Tesis se denomina "Biología y dinámica poblacional del erizo subantártico *S. agassizii* en asociación con la pesquería de vieira patagónica". Ya se ha sido admitido al Doctorado en Ciencias de la Escuela de Postgrado de la Fac. Cs. Ex. y Nat. de la UNMDP (Categoría A CONEAU), con la dirección de los Dres. Nahuel Fariás y Pablo Meretta (IIMyC, CONICET-UNMDP). El plan de trabajo comenzó con la financiación conjunta de las dos empresas del GC, sin embargo, ya se obtuvo una beca doctoral cofinanciada CONICET/Empresas. A través del desarrollo de este plan se obtendrán resultados que permitirán entender la abundancia y distribución del erizo y sus variaciones asociadas a variables fisicoquímicas, oceanográficas y biológicas, y los rasgos de historia de vida asociados a los atributos de productividad.

Subsidio del programa The Science and Research Fund (SRF) perteneciente al MSC's Ocean Stewardship Fund: Subsidio del programa The Science and Research Fund (SRF) perteneciente al MSC's Ocean Stewardship Fund: Recientemente el grupo de trabajo obtuvo un subsidio dentro de este programa de la MSC, y asociado a la Pesquería de vieira, y está muy

próximo a comenzar su ejecución. El plan de trabajo del subsidio se titula: "Towards Sustainable Practices in the Patagonian Scallop (*Zygochlamys patagonica*) Bottom Otter Trawl Fishery in the Argentine Sea: Addressing Knowledge Gaps on *Sterechinus agassizii* and Associated Fauna.", y tiene este objetivo general "The aim of the project is to generate data on the life history, population dynamics, and spatial and bathymetric distribution of the main secondary species *S. agassizii* to fill the information gap identified during the CAB's assessment, and the recovery of this species and the overall benthic community's structure and functionality after varying fishing efforts". De esta forma se acopla integralmente a las acciones propuestas para cumplimentar la tercera recertificación, pero además las potencian. Estos subsidios tienen un fuerte componente a apoyar la formación de recursos humanos, por lo que una parte de los fondos están orientados a estadios de formación e investigación del Doctorando mencionado en el punto anterior. También permitirá avanzar y ampliar evaluaciones del efecto de la historia de arrastre en el ecosistema que no estaban contempladas siendo que se podrán financiar análisis de isótopos estables para la estructura de la red trófica y para evaluar las reservas de carbono y su dinámica en el fondo del océano. El plan de trabajo está desarrollado en el Anexo 1.

Resumen de cumplimiento de Condiciones en el segundo año de revisión y propuestas en el corto plazo.

Condición 2: El GC debe proporcionar evidencia escrita de que se redujo el nivel de alto riesgo de los atributos de susceptibilidad como "superposición de áreas", "selectividad/o "mortalidad posterior a la captura" para *Sterechinus agassizii*.

Sin embargo, en el 1st Surveillance Report v2.2 (2024) se sumó a esta condición la siguiente meta: Para el segundo año de revisión de la tercera recertificación, el GC debe proporcionar un plan de trabajo para identificar que es muy probable que *S. agassizii* esté por encima de los límites biológicos o, de no ser así, hay evidencia de recuperación o una estrategia parcial demostrablemente efectiva establecida de modo que la UoA no obstaculice la recuperación y la reconstrucción y, cuando las capturas fuera de los límites biológicos sean considerables, hay evidencia de recuperación o una estrategia demostrablemente efectiva establecida entre aquellas UoA de MSC que tienen capturas considerables de la especie, para garantizar que colectivamente no obstaculicen la recuperación y la reconstrucción. Si no se dispone de límites biológicos para *S. agassizii*, derivados de la evaluación analítica de la población o mediante enfoques empíricos, el grupo cliente debe proporcionar un plan de trabajo para revisar la posible eficacia y viabilidad de las medidas alternativas para reducir el alto nivel de riesgo de los atributos de productividad o susceptibilidad. Asimismo, el grupo cliente debe proporcionar evidencia escrita de que el plan de trabajo está en curso.

Metas a cumplir para la segunda revisión anual. En pos de disminuir la mortalidad de *S. agassizii* se exploran las siguientes estrategias y planes de trabajo: (a) disminuir la superposición con áreas de mayor densidad de esta especie, (b) modificar los procesos a bordo de modo de disminuir la mortalidad post-captura, (c) modificar el arte de pesca de modo de aumentar la selectividad. Además, a los fines de revisar los atributos de productividad y el análisis RBF de *S. agassizii*, y/o obtener información fiable para disponer de límites biológicos se deben reportar (d) avances en los estudios de atributos de productividad//historia de vida/biología poblacional.

Para cada una de estas estrategias, en este segundo año se presentan avances respecto a lo reportado en el primer año, con nuevos datos y análisis, o se reportan avances nuevos.

Grado de cumplimiento y propuestas: Se han logrado avances en cada una de las estrategias.

- (a) Respecto a lo reportado en el informe anterior, donde se mostró un patrón de mayor abundancia de erizos a menor profundidad de pesca (Luppi y col. 2024), se ha avanzado significativamente en dos escalas de análisis. A escala latitudinal hay tendencia fuerte a que las mayores abundancias de erizo ocurran a mayores latitudes, con porcentajes superiores al 2 % solo en las UM C, D y E, y mayor al 5 % en la C (Fig. 3). A microescala, la distribución del erizo no es homogénea, y tiene patrones muy diferentes dependiendo de los agrupamientos de lances en distintas UM. Estos diferentes patrones hacen que la distancia a recorrer por un buque para que la probabilidad de no capturar erizo luego de haber tenido un lance con erizos sea mayor al 50 % varía desde 18 km en la confluencia de las UM B-C, 2,5 km en la zona norte de la UM B, y 0,6 km en la UM A. La determinación de estos patrones es promisorio como datos iniciales para generar estrategias eficaces para reducir el impacto de la pesca evitando áreas de mayor densidad de esta especie, como del tipo “move on”; es decir, mover la actividad pesquera una determinada distancia una vez detectada la alta concentración de erizos.
- (b) En el primer año de recertificación se reportaron resultados sobre el nivel de daño que sufre el erizo al llegar a bordo inmediatamente luego de la descarga de la red. Para este segundo año de recertificación se sumaron tomas de datos y experimentos de supervivencia de erizos con distintos niveles de daño y si esto depende del tamaño del erizo (talla). Además, se evaluó cómo evoluciona el nivel de daño y la supervivencia a lo largo de la cadena de selección y devolución al mar. Se encontró que los niveles de daño aumentan progresivamente hasta casi la totalidad de los individuos luego del rolo selector. Al momento de la descarga de la red, un 68 % de la captura de *S. agassizii* tienen un nivel de daño bajo, con una supervivencia del 100 % hasta 3 días posteriores a la captura. A partir de estos últimos resultados, una estrategia o plan de trabajo para favorecer la recuperación y reconstrucción de la población de *S. agassizii*, y que es posible de implementar durante el vaciado de red, en cuanto ingresan a la primera cinta transportadora, sería contar con uno/dos tripulantes que recuperen y devuelvan al mar los erizos que presenten un nivel bajo de daño.
- (c) Las evidencias colectadas hasta el presente no muestran que las redes modificadas tengan una selectividad a capturar menor proporción de *S. agassizii*. Dependiendo de la UM de origen de los datos, la red modificada tiene alguna diferencia a capturar mayor proporción de vieira comercial y menor de fauna incidental (Ocampo y col. 2025). Si bien se han mejorado los protocolos experimentales, el volumen de datos, y la metodología y profundidad de análisis, los resultados deben ser tomados con precaución siendo que el poder estadístico es bajo en algunos casos.
- (d) Para desarrollar el análisis PSA se utilizan los atributos de productividad y susceptibilidad. La Condición 2 en sus puntos a, b y c se centra en estrategias para disminuir los atributos de susceptibilidad como “superposición de área”,

“selectividad” y/o “mortalidad posterior a la captura”. Los atributos de productividad son inherentes a la especie, y estos atributos no pueden cambiarse mediante mejoras en la pesca. Sin embargo, en el caso del erizo, se ha considerado de “alto riesgo” debido a falta de información, y se están llevando a cabo acciones para suplir esta falta de información, iniciando estudios amplios y profundos sobre la biología y dinámica poblacional específica de *S. agassizii* a través del desarrollo de una Tesis doctoral que se está llevando a cabo en el mismo periodo de la recertificación. Los resultados de estos estudios pueden tanto confirmar el estado de “alto riesgo” del erizo, como disminuirlo a un estado de bajo o nulo riesgo. El plan de trabajo para revisar los límites biológicos del erizo se ha iniciado, pero aún estamos en un período de recolección de información biológica de esta especie (el número de muestras obtenidas y analizadas aún no reúne exigencias estadísticas para dar resultados concluyentes). Esta estrategia continuará en paralelo al desarrollo de la tesis doctoral para obtener parámetros biológicos robustos que alimenten el análisis de PSA.

Condición 3: El GC debe proporcionar evidencia por escrito de que se continúa recopilando información adecuada para respaldar una estrategia parcial para manejar las principales especies secundarias, si es necesario.

Metas a cumplir para la segunda revisión anual: Para la 1era revisión anual se presentó un plan de trabajo de recopilación de información como resultado de un taller de expertos, y un grado de avance en la obtención de resultados. Para esta segunda revisión anual, el grupo cliente debe proporcionar evidencia escrita de que se ejecuta el plan de trabajo.

Grado de cumplimiento y propuestas: Se realizaron muestreos de la totalidad de fauna acompañante incidental de la pesquería de la vieira, registrando tanto la abundancia numérica como biomasa, con un reporte de los resultados de abundancia actualizados (Fig. 1) y nuevos análisis de diversidad. Además, se continuó la construcción de la base de datos consolidada y normalizada según normas internacionales que está alojada en servidores locales, paso previo a su publicación en el sitio Gbif (<https://www.gbif.org/es/>), lo que le dará mayor visibilidad, certificación y, además, es considerada una publicación. Se continuará a lo largo de todo el proceso de recertificación con muestreos de fauna acompañante. Además, se sumarán muestras de bentos completas tomadas con rastra de acuerdo a un programa que contempla variaciones oceanográficas (Frentes) y de historia de pesca, y con la propuesta de nuevos análisis sobre características ecosistémicas como trama trófica y stock de carbono con el apoyo del Subsidio del programa The Science and Research Fund (SRF) perteneciente al MSC’s Ocean Stewardship Fund.

Condición 4: El grupo de clientes debe proporcionar evidencia por escrito de que existe una revisión regular de la posible efectividad y practicidad de las medidas alternativas para minimizar la mortalidad relacionada con UoA de la captura no deseada de las principales especies secundarias y que se implementan según corresponda.

Metas a cumplir para la segunda revisión anual: Para la primera revisión anual, el grupo de clientes debía proporcionar un plan de trabajo para evidenciar que existe una revisión periódica de la posible efectividad y practicidad de las medidas alternativas para minimizar la mortalidad relacionada con la UoA de capturas no deseadas de las principales especies secundarias y que se implementan como adecuado. Para esta segunda revisión

anual, el grupo cliente debe proporcionar evidencia escrita de que se ejecuta el plan de trabajo.

Grado de cumplimiento y propuestas: Se continuaron las acciones para cumplir con esta Condición, que ya se han desarrollado en puntos anteriores, y que muestran avances respecto a lo reportado en el primer año de recertificación; la base de datos de distribución y abundancia de *S. agassizii* (Condición 2 a), la evaluación de daño y supervivencia de *S. agassizii* (Condición 2 b), y la evaluación de la utilización de redes modificadas para mejorar la selectividad negativa de *S. agassizii* (Condición 2 c). Sin embargo, el mismo tipo de iniciativas se pueden aplicar a otras especies secundarias que emerjan como necesitadas de estudio y manejo. En ese sentido, la base de datos desarrollada bajo la Condición 3 sirve de base para esta situación. La disponibilidad de datos robustos sobre distribución y abundancia de especies de fauna acompañante puede hacer posible evitar desarrollar actividades de pesca en zonas de alta abundancia.

AGRADECIMIENTOS

La evaluación presentada en este informe se ha desarrollado en el marco de un Servicio Técnico de Alto Nivel (STAN ST5236) entre el CONICET y las empresas GLACIAR PESQUERA S.A. y WANCHESE ARGENTINA SRL.

LISTA DE REFERENCIAS

- Escolar M, Bremec C (2015) Comunidad de equinodermos en bancos de vieira patagónica asociados al frente de talud en el mar argentino. *Desarr. Pesq.* 26:23-36.
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Núñez J (2022a) Evaluación de la interacción entre avifauna y devoluciones de fauna bentónica y de especie objetivo en la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*). Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°2 (UNMdP-CONICET). 20pp. ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Núñez J (2022b) Evaluación de la interacción entre avifauna y devoluciones de fauna bentónica y de especie objetivo en la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*). Periodo no reproductivo 2022. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°8 (UNMdP-CONICET). 12pp ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J, Pablo Meretta (2024) Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2, 3 y 4 en el primer año de revisión de la 3ra recertificación de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°32 (UNMdP-CONICET). 22pp
- Mauna, A. C., Botto, F., Franco, B., Schwartz, J. M., Acha, E. M., Lasta, M. L., Iribarne, O. O. (2011). Shifts in an epibenthic trophic web across a marine frontal area in the Southwestern Atlantic (Argentina). *Journal of Sea Research*, 66(3), 248-255.
- Ocampo E, Farías N, Nuñez J, Luppi T, Meretta P (2025) Evaluación de selectividad de redes con cielo modificado en la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°39 (UNMdP-CONICET). 13pp
- R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ANEXO

Plan de trabajo del subsidio del programa The Science and Research Fund (SRF) perteneciente al MSC's Ocean Stewardship Fund: "Towards Sustainable Practices in the Patagonian Scallop (*Zygochlamys patagonica*) Bottom Otter Trawl Fishery in the Argentine Sea: Addressing Knowledge Gaps on *Sterechinus agassizii* and Associated Fauna."

b) Project title

Towards Sustainable Practices in the Patagonian Scallop (*Zygochlamys patagonica*) Bottom Otter Trawl Fishery in the Argentine Sea: Addressing Knowledge Gaps on *Sterechinus agassizii* and Associated Fauna.

c) Project summary

The Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) is a commercially valuable bivalve species found in the Magellanic province, where fishing efforts are concentrated on productive banks, especially around the 100-meter isobath. Since 2006, the fishery has been certified as sustainable by the Marine Stewardship Council (MSC), making it the first for a sedentary organism. Following evaluation by the Conformity Assessment Body (CAB) overseeing the certification process, the sea urchin *Sterechinus agassizii* was classified as a secondary species under the MSC standard, given its consistent presence in bycatch, occasionally exceeding the 2% proportion threshold, and its low resilience, as determined through a Risk-Based Framework (RBF) analysis. This designation highlights the potential vulnerability of *S. agassizii* to fishing pressures and underscores the need for further study. This Science and Research Fund project is focused on "improvements linked to any condition resulting from an assessment against the MSC Fisheries Standard v2.01". The aims are to address the gaps identified in the recertification process, focusing on the susceptibility (area overlapping, post-capture mortality) and production (life history, population dynamics, reproduction) attributes of *S. agassizii* (PI 2.2.1). This project also aims to examine the recovery of this species, as well as the recovery and rebuilding of the structure and function of the whole benthic community in relation to the trawling history (PI 2.2.3). This project will provide critical information to enhance the management of bycatch species and support the ongoing sustainability of the Patagonian scallop fishery.

d) Introduction

The Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) is a commercially valuable bivalve species, predominantly distributed along the Magellanic biogeographic province. In Argentina, its occurrence is discontinuous, forming discrete "banks" between 38°S and 48°S, at depths ranging from 50 to 130 meters. Three frontal systems influence this area: the shelf-break front (SBF), the Northern Patagonian Front, and the Southern Patagonian Front (Lasta and Bremec 1998; Bogazzi y col. 2005). The highest-productivity scallop banks are located around the 100-meter isobath, influenced by the dynamics of the SBF (Bogazzi y col. 2005; Lasta and Bremec 1998). Fishing efforts are concentrated in these areas. Since late 1995, the Patagonian scallop has been captured by the companies Glaciar Pesquera S.A. and Wanchese Argentina S.R.L. (Campodónico y col. 2019; Lasta and Bremec 1998). With relatively high annual landings of meat, this fishery ranks among the most important scallop fisheries in the world (Ciocco y col., 2006). Historically, the activity has been regulated by delimiting areas known as Management Units (MU's), whose number, dimension, and designation have been modified over the years through resolutions by the Argentinean Federal Fisheries Council, with 11 MUs currently recognized (Luppi y col. 2021). In December 2006, the fishery was certified as sustainable according to the standards of the Marine Stewardship Council (MSC), becoming the first sedentary organism fishery worldwide to receive this certification (Campodónico y col. 2019). Despite successive changes in the MSC standards, the certification has been maintained over the years. The fishery is currently undergoing its third recertification process.

Fishing is conducted using an out-rig trawl configuration. This setup increases the width of the swept area during each tow, enhancing fishing efficiency. The trawl nets are typically equipped with robust chains or ground gear on the lower edge of the net to disturb and lift scallops from the seabed into the trawl. The mesh size at the cod end is designed to retain commercial-sized scallops while allowing smaller individuals and a fraction of the bycatch to escape. Vessels perform multiple tows per day, typically of short duration to optimize catch quality and minimize gear wear. Processing of the catch occurs entirely onboard. Non-target species and undersized scallops are separated during processing and returned to the sea, though some degree of mortality and damage to bycatch (Campodónico y col. 2019; Luppi y col. 2021). The activity could affect the structure and functionality of the associated benthic community. Numerous reports have highlighted the impacts of bottom trawling on the ecosystem, globally (Kaiser y col. 2000, 2006) and locally (Schejter y col. 2008). However, it remains unclear how benthic communities recover after trawling disturbances. In recent years, a database has been developed that includes all fishing trips and sites since the onset of the activity (Alberti 2023, Alberti and Funes 2024). This mapping enables comparative studies of the benthic community of scallop beds with varying levels of trawling intensity. Such studies would allow for the assessment of the community's recovery in terms of both its structure and functionality.

The Patagonian scallop provides structure and substrate for the settlement and refuge of a large number of associated organisms (Schejter y col. 2008), predominantly invertebrates (Bremec and Lasta 2002; Luppi y col. 2021). The associated fauna is diverse, but echinoderms dominate, particularly in the SBF region, where they are the most abundant and constitute the largest fraction of the bycatch (Schejter y col. 2008; Escolar and Bremec 2015). A total of 23 echinoderm species have been recorded, representing between 15% and 32% of the total biomass of the accompanying fauna. Among them, asteroids are most abundant in the northern MUs, while ophiuroids and sea urchins increase dominance towards the south, with notable species being *Ophiactis asperula*, *Ophiacantha vivipara*, *Gorgonocephalus chilensis*, and *Sterechinus agassizii* (Escolar and Bremec 2015).

For the third recertification of the Patagonian scallop fishery (Surveillance level 3, off-site surveillance audit, according to FCPv2.3 – 7.28.3.b), the International Agricultural Organization (OIA) highlighted some weaknesses related to the performance indicator (PI) 2. According to the OIA's first certification report (Morsan y col. 2023), there is a lack of information on primary and secondary bycatch species and their susceptibility attributes (i.e., gear selectivity, and post-capture mortality, among others). This lack of information is general for the whole accompanying fauna and specific to the sea urchin *Sterechinus agassizii*, a 'main' secondary species (Morsan y col. 2023). Accordingly, the OIA auditory team demands the accomplishment of new conditions for the fourth year of certification (Morsan y col. 2023, 2024). The condition 2, which contributes to PI 2.2.1, is referred to *S. agassizii*, and states that "the client group must provide evidence that the high-risk level of susceptibility attributes as 'area overlapping', 'selectivity' and/or 'postcapture mortality' for *S. agassizii* was reduced". Additionally, the condition stipulates that if individual productivity attributes have been defaulted to "high risk" because of a lack of information, these risk scores could be reduced with additional studies revealing the risk level was lower (Morsan y col. 2023). On the other hand, considering the lack of information on the variability in the catch composition related to the UoA for 5 years, the OIA team also postulates a condition (numbered 3) focused on obtaining information about the percentage of the secondary species captured. This condition 3 is related to PI 2.2.3 and states that "the client group must provide evidence that adequate information continues to be collected to support a partial strategy to manage main secondary species" (Morsan y col. 2023). The OIA also highlights the need to consider a crucial factor in the studies on the benthic community: the history of trawling in the areas MUs (Morsan y col. 2024, page 41). In summary, the sustainability of the scallop certification largely depends on generating specific information about *S. agassizii*, both regarding their productivity and susceptibility attributes, as well as on the proportion of different species incidentally caught. To accomplish this, we herein propose to use two working approaches both onboard the commercial fleet. Samples of the benthic fauna associated with the scallop, particularly *S. agassizii*, will be collected and analyzed during routine trips conducted by the commercial fleet to various locations within and outside the MUs. This sampling scheme has been ongoing for the past two years and will continue for the next two years. The data obtained from this sampling scheme will meet activities 1, 2, and 3 (see below). Additionally, a targeted sampling effort will be conducted in MU B, where samples will be collected from different areas with varying trawling effort histories. This scheme will provide data to fulfill activity 4.

This project proposes a series of actions aimed at:

1. Obtaining information on the life history and population dynamics of *S. agassizii*. This information will help us to understand the productivity attributes of the sea urchin.
2. Collecting and modeling data on the spatial and bathymetric distribution of *S. agassizii* inside and outside the Management Units. This would enable the identification of more convenient fishing zones characterized by lower frequencies of this sea urchin species. Also, the detailed fine-scale distribution would permit the establishment of "move-on rules" to reduce the catch of the species during a fishing trip.
3. Assessment of the post-capture mortality of *S. agassizii*. This will provide information on the effect of different points of onboard processing on mechanical damage and survival of the sea urchin.
4. Assessing the relative abundance of the associated fauna in relation to the trawling history will help to determine the effect of repeated trawling over time and the recovery dynamics of the structure and functionality of the community.

References:

- Alberti J. 2023. Footprint of the patagonian scallop bottom trawl fishery on the argentine shelf between 2012 and 2021. Technical report, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras; Informe Técnico N°14.
- Alberti J, Funes M. 2024. Curado de posiciones de pesca entre 1995 y 2011 en la base de datos de la vieira patagónica. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N° 31 (UNMdP-CONICET). 14 pp. ISSN 2796- 9088
- Bogazzi E., Baldoni AG, Rivas AL, Martos P, Reta R, y col. 2005. Spatial correspondence between areas of concentration of Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) and frontal systems in the southwestern Atlantic, Wiley Blackwell Publishing, Inc., Fisheries Oceanography: 14 (5): 359-376.
- Bremec CS, Lasta ML. 2002. Epibenthic assemblage associated with scallop (*Zygochlamys patagonica*) beds in the argentinian shelf. Bulletin Of Marine Science 70(1).
- Campodónico S, Escolar M, García J, Aubone A. 2019. Síntesis histórica y estado actual de la pesquería de vieira patagónica *Zygochlamys patagonica* (king 1832) en la Argentina. Biología, evaluación de biomasa y manejo. Marine and Fishery Science 32(2): 125–148.
- Cioccon F, Lasta ML, Narvart EM, Bremec C, Bogazzi E, Valero J, Orenzans JM. 2006. Argentina. En: Shumway SE, Parsons GJ, editores. Scallops: biology, ecology and aqua-culture (2nd ed.). Amsterdam: Elsevier. p.1251-1283.
- Escolar M, Bremec C. 2015. Comunidad de equinodermos en bancos de vieira patagónica asociados al frente de talud en el mar argentino. Desarrollo Pesquero 26:23-36.
- Kaiser MJ, Ramsay K, Richardson CA, Spence E, Branda R. 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. Journal of Animal Ecology 69: 494-503.
- Kaiser MJ, Clarke KR, Hinz H, Austen MCV, Somerfield PJ, Karakassis I. 2006. Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. Marine Ecology Progress Series 311: 1-14.
- Lasta ML, Bremec C.S. 1998. *Zygochlamys patagonica* in the Argentine sea: a new scallop fishery. Journal of Shellfish Research, 17: 103-11.
- Luppi T, Farias N, Ocampo E, Nuñez J. 2021. Síntesis bibliográfica de la fracción bentónica de la captura accidental de la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*) y su potencial aporte a la dieta de la avifauna que interactúa con ella. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°1 UNMdP-CONICET). 20pp. ISSN 2796-9088.
- Morsan E, Bore D, Sesar G, Foucher CM. 2023. Public Certification Report.
- Morsan E, Bore D, Sesar G, Foucher CM. 2024. 1st Surveillance Report v2.2. Public Certification Report.
- Schejter L, Bremec C., Hernández, D. 2008. Comparison between disturbed and undisturbed areas of the Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) fishing ground "Reclutas" in the Argentine Sea. Journal of Sea Research 60: 193-200.

e) Aim of the Project

The aim of the project is to generate data on the life history, population dynamics, and spatial and bathymetric distribution of the main secondary species *S. agassizii* to fill the information gap identified during the CAB's assessment, and the recovery of this species and the overall benthic community's structure and functionality after varying fishing efforts.

f) Method

General methodology

The two sampling schemes will be conducted onboard the commercial fleet of the client group, which is committed to developing and implementing this sampling plan. The onboard work, sample collection, classification of biological groups of the bycatch, setting, and development of experiments will be collaboratively carried out by researchers from IIMYC (UNMdP-CONICET) and the Argentina MMO Environmental Services (ArgMMO; <https://argentinammo.com/en/home/>). The IIMYC team is composed of experienced scientists, university professors, and PhD student, led by Dr. Tomás A. Luppi. The whole team includes Dr. Pablo E. Meretta, Dr. Emiliano Ocampo, Dr. Nahuel Farias, Dr. Jesús Núñez, as the main core of the working group, Dr. Juan Alberti, Dra. Florencia Botto, Dra. Paulina Martinetto, as scientific experts on specific topics, and Lic. Agustín Bianchini as PhD student. The ArgMMO is a team of specialists and onboard observers of marine wildlife who have been working for years with the client group and the IIMYC researchers. Since 2021, a collaborative approach has been established between the client group, the ArgMMO, and the IIMYC (Luppi y col., 2021, 2022a, 2022b, 2022c, 2024). Currently, the IIMYC and ArgMMO teams conduct periodic samplings of the benthic fauna associated with the Patagonian scallop banks. These samplings are carried out employing the trawl of the commercial fleet. The present project, however, involves an additional sampling approach using a non-commercial dredge characterized by a lower selectivity. This dredge is identical to the one previously used in various studies on the bycatch associated with the scallop (see details on Luppi y col., 2021), i.e., 2.5 meters wide with a 10 mm mesh size. Sampling using this trawl will be conducted in the MU B area. We specifically selected this MU because it exhibits areas with differences in fishing intensities (Alberti 2023, Alberti and Funes 2024). We will standardize the sampling depth to a range of 90-100 meters (Mauna y col., 2008). Before the sampling trip, quadrants of 5-7 square miles will be selected with five levels of trawl history. 1. areas that have had fishing activity over the past year. 2. areas that have had fishing activity in the past, but this activity ceased 3 years ago. 3. areas that have had fishing activity, which ceased 7 years ago. 4. areas that have had fishing activity, which ceased 15 years ago. 5. Areas that have never been trawled or fishing activities were stopped during the last 20 years. Sampling will be carried out in at least 5 different quadrants (i.e., 5 replicates) for each level. This approach will allow us to group the dataset according to the fishing intensity at each site.

During each sampling trip, a 40-liter sample will be collected from each catch, from which different organisms, including individuals of *S. agassizii*, will be separated, measured, and weighed. The IIMYC team will be responsible for training MMO operators in species classification and general onboard procedures. The team will also provide remote monitoring and advisory support during the sampling process and oversee the onboard experiments for Activity 3 (see below). Finally, the IIMYC team will undertake scientific and academic activities such as data analysis, report writing, and other related tasks.

The data will be analyzed using multivariate statistical techniques, such as non-metric multidimensional scaling (nMDS) and redundancy analysis (RDA), to compare community composition and functional diversity across trawling intensity gradients. Generalized linear models (GLMs) and generalized additive models (GAMs) will be employed to identify key environmental and fishing-related variables driving changes in biodiversity and abundance. The results will also be discussed in terms of ecosystem function, evaluating how trawling-induced changes in biodiversity and trophic structure affect the resilience and sustainability of the benthic community. All analyses will be conducted using the R programming language (R Core Team, 2024).

Activity 1. Contributing to PI 2.2.1. Obtaining information on the life history and population dynamics of *S. agassizii*.

Related to the fulfillment of the activities detailed below, certain scientific and academic activities are planned. In the first year of this project, the biologist Agustin Bianchini Pirola will undertake a stay abroad to obtain training in age and growth estimation techniques in sea urchins. Agustin Bianchini Pirola is starting his PhD at the National University of Mar del Plata on the biology of the sea urchin *S. agassizii* in relation to the Patagonian scallop. This stay is both formative and will also allow for the gathering of key information on the ages and growth of *S. agassizii*. In the second year, Agustin Bianchini Pirola will undertake another stay abroad to specialize in fishery biology of sea urchins which indeed is currently in demand (see page 37 in Morsan 2024 with respect to PI 2.2.1): *the client group is specifically asked to provide information that S. agassizii is highly likely to be above biologically based limits*. Additionally, during the second year of the project, a workshop with sea urchin biology experts is planned. This workshop will provide a deeper understanding of the data obtained on sea urchin biology. Currently, dialogue channels are being opened with specialists in the age and growth of sea urchins, in the fishery biology of sea urchins, and with specialists in sea urchin biology in general, in preparation for the execution of these scientific and academic activities.

1.1. Growth and Age estimations

To assess the growth of *Sterechinus agassizii* we propose integrating skeletal banding analyses, size-frequency data, and, where feasible, stable isotope or microchemical techniques. This combined approach ensures a comprehensive assessment of *S. agassizii* growth dynamics, enhancing the robustness and reliability of the results by addressing their inherent limitations.

Methods Based on Skeletal Banding Patterns

Skeletal banding patterns are analyzed in different structural components of the sea urchin skeleton. These methods rely on identifying periodic growth bands, assumed to represent annual or seasonal cycles, within specific skeletal structures. This technique is simple and effective for small specimens but assumes that bands represent annual cycles, which may not always hold under variable environmental conditions (Russell and Meredith, 2000; Fagerli y col., 2016; Saitoh, 2022). Validation of annual banding patterns may be done by using fluorescent tags under controlled experiments and comparing the position of the marks relative to the formation of bands (Robinson and MacIntyre, 1997)

Growth Zone Analysis of Interambulacral Plates

This method focuses on the large interambulacral plates forming the test. Heating the plates in an alcohol flame followed by immersion in xylene reveals alternating dark (summer) and light (winter) growth zones (Fagerli y col., 2015). The bands are counted to estimate age and growth rates. Variations in growth zone clarity or banding patterns, especially in older specimens, can complicate accurate age determination (Fagerli y col., 2016).

Ossicle Banding Analysis

This method examines smaller ossicles, particularly those from ambital plates located near the equator of the test. Ossicles also display banding patterns that can be used to estimate growth rates. This approach has been validated for individuals in the 20–55 mm size range, but accuracy may decrease for larger specimens due to irregular band formation (Fagerli y col., 2016; Russell and Narváez, 2016). Ossicle banding complements interambulacral plate analysis by providing additional demographic insights but shares similar limitations regarding the reliability of bands as annual markers.

Both methods based on skeletal banding patterns provide individual-level data and are particularly useful for assessing growth dynamics in relation to environmental and fishery-related stressors. However, combining them ensures a more robust understanding of growth, as inconsistencies in one method can be cross-validated with the other.

Methods Based on Size Frequency Analysis

Population size structure provides an alternative way to infer growth without relying on skeletal banding. By measuring the test diameters of individuals across sites and constructing size-frequency histograms, growth trends can be modeled using demographic tools such as von Bertalanffy growth curves. This method is especially effective for understanding population-level growth dynamics and temporal trends. However, it is less precise for individual-level growth estimation and may require large sample sizes to capture variability effectively. Environmental or fishery-induced pressures can also skew size distributions, complicating growth inferences.

1.2. Reproduction

The reproductive cycle of *S. agassizii* will be followed over the course of the two-year project period. To that aim, individuals will be collected during each fishing trip. Since fishing activity occurs year-round, often involving multiple vessels operating simultaneously across different areas and management units, sampling will inherently encompass various locations, thus ensuring representative spatial coverage and a robust dataset. All individuals in samples taken onboard will be labeled and preserved in 10 % seawater formaldehyde and kept until brought to the laboratory. Once there, each individual will be measured, weighed, and dissected to examine gonads and pyloric caeca. Histological analysis will be used to determine sex, reproductive stage, and oocyte development, following the methodology of Walker y col. (2007). Organ weights will be analyzed in relation to individual size, and the correlation between microscopic and macroscopic gonadal states will be assessed. Gonadal data will be used to estimate key reproductive parameters, such as size at maturity, fecundity, and oocyte production. By analyzing these data in conjunction with spatial distribution and growth information, we aim to identify potential temporal and geographic patterns in sea urchin reproductive strategies and dynamics. This knowledge will provide valuable insights into how fishing may influence reproductive output, energy allocation, and overall population health.

Activity 2. Contributing to PI 2.2.1. Collecting and modeling data on the spatial and bathymetric distribution of *S. agassizii* inside and outside the Management Units.

Since 2022, an extensive sampling program has been implemented across all Management Units (MUs) and is planned to extend for two more years. The study will assess the distribution and abundance of *S. agassizii* with respect to environmental factors. We will conduct complementary analyses at two geographical scales: macro-scale and micro-scale, assessing the distribution of sea urchins within and outside the management units (MUs). Both the macro-scale and micro-scale distribution analysis will contribute to PI 2.2.1 (Morsan 2023, 2024), particularly in understanding the susceptibility attributes related to the 'area overlap' of *S. agassizii* with respect to the Patagonian scallop. Macro-scale analysis will facilitate the creation of large-scale distribution maps that identify more optimal fishing zones, characterized by lower abundances of sea urchins. The micro-scale analysis will further refine the understanding of species distribution, helping to determine whether shifting fishing areas over short distances during a trip could reduce sea urchin capture. As a result, both macro-scale and micro-scale analyses will serve as valuable tools for developing effective fisheries management strategies.

2.1 Micro-scale analysis.

To analyze the micro-scale distribution, we will focus on samples collected from sites approximately 3-4 miles apart. During fishing operations, the vessel typically fishes in areas that are very close to each other and occasionally move to slightly longer distances. This ensures that the information needed to understand the changes in sea urchin density at small scales is effectively gathered. With the distribution data, it will be possible to calculate the probability of finding patches with a higher or lower abundance of *S. agassizii* at a smaller spatial scale. Analyzing the fine-scale distribution of abundances is crucial because this information would enable management strategies, if necessary, including the application of 'move-on rules' (Dunn y col. 2014). In case the patchy distribution of the sea urchins is confirmed, and so the possibility of implementing the above management measures, efforts will be made to develop technologies that provide immediate information on the proportion of urchins in the catch.

2.2 Macro-scale analysis.

Macro-scale distribution analysis will utilize Species Distribution Models (SDMs). SDMs enhance estimation accuracy in data-deficient scenarios. Due to we anticipated data insufficiencies outside the MUs, SDMs will be particularly beneficial. These models integrate diverse data sources, improving parameter estimation through shared environmental influences. Implementing SDMs provides a robust framework for studying and predicting species geographic distributions. The SDMs offer strong statistical and computational frameworks for investigating and forecasting potential geographic distributions of species. By associating known occurrence locations with relevant environmental predictors, SDMs will generate spatially explicit

probabilities of occurrence, habitat suitability, and potential species presence. This methodology is particularly valuable in marine environments, where species distributions are strongly influenced by multidimensional environmental gradients. This approach will enable the creation of maps showing the potential large-scale distributions of species potentially impacted by fisheries, such as *S. agassizii*, which can then be used for effective fisheries management. The occurrence data will be sourced from our dataset collected over four years, supplemented by data from OBIS and GBIF from 1960 to 2024, considering sites between 38°S and 48°S at depths of 50 to 130 meters. Records without geographic coordinates, zero coordinates, or on land will be excluded, and duplicates will be removed for dataset integrity. The SDM analysis will consider eight oceanographic and climatic predictors relevant to marine organism distribution (Selkoe y col., 2016). These predictors will include various oceanographic variables derived from remote sensing data accessed via the Bio-ORACLE database using the R package ‘sdmpredictors’ (Assis y col., 2018). The data will span from 2000 to 2014 (Tyberghein y col., 2012).

Then, we will formulate a distribution model using the surface range envelope (SRE) approach. Pseudo-absence points, equal in number to the true presence records, will be randomly generated at distances exceeding 5 miles from the closest true observation (Barbet-Massin y col., 2012). Seventy percent of the records will be used for model calibration, while 30 percent will be designated for validation (Xu y col., 2021). Four geostatistical modeling approaches will be employed: Generalized Linear Models (GLM), Generalized Additive Models (GAM), Generalized Boosted Models (GBM), and Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). Each model will undergo ten replicates with randomly selected observation subsets. The outputs from each replicate will be averaged to generate individual model results, consistent with methodologies utilized by other scholars (Corona-Núñez y col., 2017; Guzmán-Santiago y col., 2024). An ensemble model will be constructed by integrating the outputs of the individual models. Ensemble modeling has been demonstrated to improve the congruence between observed and predicted species distributions (Corona-Núñez y col., 2021; Altamirano del Carmen y col., 2021; Guzmán-Santiago y col., 2024). A threshold of 0.8 will be established to eliminate underperforming models from the ensemble. The ensemble model will yield values from 0 to 1, indicating a high probability of species occurrence at values near 1 and absence at values near 0 (Allouche y col., 2006). The final ensemble model’s validation will involve evaluating the relative operating characteristic (ROC) curve and the true skill statistic (TSS), which are recognized metrics for assessing model efficacy (Allouche y col., 2006). All modeling activities will utilize R programming, specifically the Biomod2 package (R Core Team, 2024).

Activity 3. Contributing to PI 2.2.1. Assessment of the post-capture mortality of *S. agassizii*.

The experiments detailed below will contribute to PI 2.2.1 (Morsan 2023, 2024), particularly in understanding the susceptibility attributes of ‘post-capture mortality’.

To evaluate both the direct mortality and sublethal effects induced by catch and handling on *S. agassizii*, a comprehensive protocol will be implemented which will build on and expand the findings of a previous research. Subsamples (20 liters each) will be collected at specific points along the production process: 1) directly from the catch upon being landed on deck, before entering the plant for sorting and processing, 2) after the “screw conveyor”, and 3) after the selector rolls. All *S. agassizii* individuals in these subsamples will be weighed, their diameters measured, and their damage assessed using a standardized damage scale that categorizes individuals based on external damage such as loss of spines or shell fractures (Veale y col., 2021; Escolar y col., 2017). These data will allow for quantifying survival rates and comparing levels of damage at each stage of processing. Additionally, live individuals of different categories of damage will be retained for behavioral and survival experiments. This will include assessing standard echinoderm responses such as upright time, locomotion, and food response, as described in prior works (Cho y col., 2014; Challener and McClintock, 2017; Meretta and Ventura, 2021). Specimens will be monitored for 24 - 48 hours in seawater tanks onboard to evaluate short-term survival and delayed impairments under conditions mimicking their natural habitat. This experimental setup will help identify the most critical stressors affecting survival rates during the sorting process. Statistical analyses, including multivariate methods, will be employed to evaluate the differential impacts of intrinsic factors (e.g., body size) and external variables such as the stage of the sorting process and damage levels. Integrating damage assessments, survival monitoring, and behavioral analysis, will allow for robust comparisons of survival outcomes and provide insights into the factors most strongly influencing post-capture mortality. These results will enable mitigation strategies, such as modifying sorting equipment or establishing handling protocols to minimize mortality and ensure sustainable management of bycatch in the scallop fishery. All these onboard experiments will be carried out by the PhD student Agustin Bianchini Pirola.

Activity 4. Contributing to 2.2.3. Assessing the relative abundance of the accompanying fauna, and specifically of the *S. agassizii*, in relation to the trawling history.

This activity is focused in to evaluate how seabed trawling history influences the composition, abundance, and ecological function of the associated benthic community. Then, the results will contribute to PI 2.2.3 as we will obtain continuous monitoring of the associated fauna, but we will also address the OIA’s request to consider the trawl history.

4.1 Benthic Biodiversity

To assess the biodiversity of benthic communities, scientific hauls will be conducted using a standardized dredging protocol. At each site, 40-liter samples will be collected from dredges specifically deployed for this purpose. All organisms captured will be identified to the lowest possible taxonomic level, measured, and weighed. Complementing this, data from commercial catches will also be integrated to expand the spatial and temporal scope of the analysis. The resulting data will contribute to the development of a comprehensive database, adhering to international biodiversity standards such as GBIF, for analyzing spatial and temporal patterns in the abundance and diversity of benthic taxa. Finally, using this dataset, we will analyze the composition, abundance (biomass), and diversity (richness, Shannon, and equitability) of the catch in relation to trawling history. Particular attention will be given to *S. agassizii*, whose abundance, size distribution, and biomass will be analyzed across areas with different trawling histories. This will allow us to determine whether trawling impacts are disproportionately affecting this species. Patterns of recovery or depletion in *S. agassizii* populations will be evaluated in relation to the intensity and frequency of trawling, providing critical insights into the resilience of this echinoderm.

4.2 Stable Isotope Analysis for Trophic Web Structure

Stable isotope analysis of carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$) will be used to assess potential differences in the trophic structure of the community across zones with varying trawling histories. Samples of all species composing the benthic assemblage will be taken from each of the five sampling zones. According to previous studies in the area (Botto y col., 2006; Mauna y col., 2011), we estimate 25 species per area (approximate 625 samples, 5 individuals x 25 species x 5 areas). Organisms will be frozen onboard and stored frozen until taken to the laboratory. Then, a portion of muscle tissue will be extracted, dried (700 C, 72 h), milled into a fine powder, weighed and packed in tin capsules for the analysis. Stable isotope ratios will be determined at the Laboratorio de Análisis de Isótopos Estables (IIMyC), Mar del Plata, Argentina, using an elemental analyzer (Sercon isoEarth+) coupled to a Sercon HS2022 IRMS. By analyzing isotopic ratios in the tissues of key benthic species, including *S. agassizii*, we will infer trophic positions, energy sources, and food web dynamics. This will provide a functional perspective on how trawling alters ecosystem processes, including potential shifts in trophic relationships and energy flow within the benthic community. Areas with intensive trawling are likely to exhibit alterations in the composition and abundance of benthic organisms, potentially leading to the disruption of trophic relationships. For example, the removal or decline of specific functional groups (e.g., filter feeders, grazers, or predators) could result in cascading effects that reduce energy transfer efficiency and impair ecosystem resilience. By comparing isotopic signatures among areas with differing trawling histories, we aim to identify changes in food web complexity, such as the loss of intermediate trophic levels or shifts in primary energy sources. This analysis will also help evaluate whether trawling favors opportunistic or generalist species at the expense of specialists, thereby simplifying the trophic web and decreasing overall ecosystem stability.

4.3 Carbon stock and dynamics on the ocean floor

To determine the effect of trawling on carbon stocks and burial rates in marine sediments, we will take soil samples in the five sampling zones under different trawling intensities. Sediments will be sampled using a box corer (1000 cm², 50 cm penetration) from which two subsamples from the middle of the box will be taken using PVC tubes (50 cm length, 5cm diameter). One subsample will be used to determine C stocks and the other

to determine sedimentation rates dating with ^{210}Pb . In the laboratory, the cores will be sliced every 1cm in depth, lyophilized, and weighted. To determine C stocks, every slide will be divided into two portions, one will be incinerated at 450°C to eliminate the organic C and the other will remain as it is. Both samples (incinerated and not incinerated) will be sent to the Stable Isotopes Laboratory from the IIMyC to analyze C content. The organic carbon stock will be determined by the difference between incinerated and no incinerated samples.

To determine C burial rates, the slides of the second subsample will be sent to an external laboratory (Centro Atómico Bariloche, Argentina; Brighton University, UK, or similar depending on availability) for dating with ^{210}Pb . Activity profiles of ^{210}Pb (half-life [$t_{1/2}$] = 22.26 years) have been widely used to evaluate sedimentation rates in marine environments. The ^{210}Pb method is based on the measurement of ^{210}Pb 'excess' activity incorporated into the accumulating sediment from atmospheric fallout. The total measured ^{210}Pb within sediment sequences is the sum of this 'excess' activity and the 'supported' activity derived from the in-situ decay of ^{210}Pb present within the sediment matrix. The number of replicates for C stock determination will be five cores per area, while for burial rates, it will be one core per area. For the latter, we will select the cores that best preserve the sediment structure from each area.

References:

- Alberti J. 2023. Footprint of the patagonian scallop bottom trawl fishery on the argentine shelf between 2012 and 2021. Technical report, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras; Informe Técnico N°14.
- Alberti J, Funes M. 2024. Curado de posiciones de pesca entre 1995 y 2011 en la base de datos de la vieira patagónica. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N° 31 (UNMdP-CONICET). 14 pp. ISSN 2796- 9088
- Allouche O., Tsoar A., Kadmon R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Altamirano del Carmen MA, Estrada F, Gay-García C. 2021. A new method for assessing the performance of general circulation models based on their ability to simulate the response to observed forcing. *Journal of Climate*, 34(13): 5385-5402.
- Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Verbrug-gen H, Serrao EA, De Clerck O. 2018. Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology Bio-geography* 27:277–284. <https://doi.org/10.1111/geb.12693>.
- Barbet-Massin M, Jiguet F, Albert CH, Thuiller W. 2012. Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution* 3: 327-338. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>
- Botto F, Bremec C, Marecos A, Schejter L, Lasta M, Iribarne O. 2006. Identifying predators of the SW Atlantic Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica* using stable isotopes. *Fishery Research* 81: 45–50.
- Challener R, McClintock J. 2017. In situ measurements of righting behavior in the common sea urchin *Lytechinus variegatus*: the importance of body size, substrate type, and covering material. *Aquatic Biology* 26: 33–40.
- Cho SK, Cha BJ, Bae BS, Park SW. 2014. A laboratory study of the correlation between texture and the speed of locomotion by the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 47: 329–334.
- Corona-Núñez RO, Mendoza-Ponce AV, Campo J. 2021. Assessment of above-ground biomass and carbon loss from a tropical dry forest in Mexico. *Journal of Environmental Management* 282: 111973. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111973>
- Corona-Núñez RO, Mendoza-Ponce A, López-Martínez R. 2017. Model selection changes the spatial heterogeneity and total potential carbon in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 405: 69-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.018>
- Dunn DC, Boustany AM, Roberts JJ, Brazer E, Sanderson M, Gardner B, Halpin PN. 2014. Empirical move-on rules to inform fishing strategies: A New England case study. *Fish and Fisheries* 15(3), 359–375. <https://doi.org/10.1111/faf.12019>
- Escolar M, Schwartz M, Marecos AC, Herrera S, Díaz R, Schejter L, Campodónico S, Bremec CS. 2017. Daño en invertebrados bentónicos en la captura incidental de la pesquería de vieira patagónica.
- Fagerli CW, Stadniczeňko SG, Pedersen MF, Christie H, Fredriksen S, Norderhaug KM. 2015. Population dynamics of *Strongylocentrotus droebachiensis* in kelp forests and barren grounds in Norway. *Marine Biology* 162: 1215–1226.
- Fagerli CW, Stadniczeňko SG, Pedersen MF, Christie H, Fredriksen S, Norderhaug KM. 2016. Are skeletal ossicles in echinoids unreliable chronometers? Reply to Russell and Narváez comment on “Population dynamics of *Strongylocentrotus droebachiensis* in kelp forests and barren grounds in Norway” by Fagerli and col. 2015. *Marine Biology* 163: 160.
- Guzmán-Santiago JC, Santos-Posadas HMDL, Ángeles-Pérez G, Vargas-Larreta B, Gómez-Cárdenas M, Rodríguez-Ortiz G, Corona-Núñez RO. 2024. Efecto del cambio climático en la distribución de las especies de clima templado en Oaxaca, México. *Botanical Sciences* 102(1), 39-53.
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J. 2021. Síntesis bibliográfica de la fracción bentónica de la captura accidental de la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*) y su potencial aporte a la dieta de la avifauna que interactúa con ella. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°1 UNMdP-CONICET). 20pp. ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J. 2022a. Evaluación de la interacción entre avifauna y devoluciones de fauna bentónica y de especie objetivo en la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*). Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°2 (UNMdP-CONICET). 20pp. ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J. 2022b. Evaluación de la interacción entre avifauna y devoluciones de fauna bentónica y de especie objetivo en la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*). Periodo no reproductivo 2022. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°8 (UNMdP-CONICET). 12pp ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J. 2022c. Evaluación de superposición de la distribución geográfica de equinodermos por captura accidental y las unidades de manejo de la pesquería de vieira patagónica *Zygochlamys patagonica*. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°9 (UNMdP-CONICET). 8pp ISSN 2796-9088
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J, Meretta P. 2024. Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2, 3 y 4 en el primer año de revisión de la 3ra recertificación de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Informe Técnico solicitado por Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°32 (UNMdP-CONICET). 22pp. ISSN 2796-9088.
- Mauna AC, Franco B, Baldoni A, Acha M, Lasta M, Iribarne O. 2008. Cross-front vari-ations in adult abundance and recruitment of Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) at the SW Atlantic Shelf Break Front. *ICES Journal of Marine Science* 65: 1184-1190.
- Mauna AC, Botto F, Franco B, Schwartz JM, Acha EM, Lasta ML, Iribarne OO. 2011. Shifts in an epibenthic trophic web across a marine frontal area in the Southwestern Atlantic (Argentina). *Journal of Sea Research* 66: 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.08.005>
- Meretta P, Ventura R. 2021. Locomotion and righting behavior of sea stars: a study case on the bat star *Asterina stellifera* (Asterinidae). *Revista de Biología Tropical* 69: 501–513.
- Morsan E, Bore D, Sesar G, Foucher CM. 2023. Public Certification Report.
- Morsan E, Bore D, Sesar G, Foucher CM. 2024. 1st Surveillance Report v2.2. Public Certification Report.
- R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Robinson S, MacIntyre A. 1997. Aging and growth of the green sea urchin. *BULLETIN-AQUACULTURE ASSOCIATION OF CANADA*: 56–60.
- Russell MP, Meredith RW. 2000. Natural growth lines in echinoid ossicles are not reliable indicators of age: a test using *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Invertebrate Biology* 119: 410–420.

- Russell MP, Narváez CA. 2016. Skeletal ossicles in echinoids are unreliable chronometers: Comment on “Population dynamics of *Strongylocentrotus droebachiensis* in kelp forests and barren grounds in Norway” (Fagerli y col. 2015). *Marine Biology* 163: 159.
- Saitoh M. 2022. The Growth Zones of Test Plates in Four Spatangoid Echinoid Species: Irregular Pattern. *Zoological Science* 39.
- Selkoe KA, D’Aloia CC, Crandall ED, Iacchi M, Liggins L, Puritz JB, Toonen RJ. 2016. A decade of seascape genetics: Contributions to basic and applied marine connectivity. *Marine Ecology Progress Series* 554: 1–19.
- Tyberghein L, Verbruggen H, Pauly K, Troupin C, Mineur F, De Clerck O. 2012. Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global ecology and biogeography* 21(2), 272–281.
- Veale LO, Hill AS, Hawkins SJ, Brand AR. 2001. Distribution and damage to the by-catch assemblages of the northern Irish Sea scallop dredge fisheries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 81: 85–96.
- Walker CW, Unuma T, Lesser MP. 2007. Chapter 2 Gametogenesis and reproduction of sea urchins. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*. Elsevier, 11–33.
- Xu Y, Huang Y, Zhao, H, Yang M, Zhuang Y, Ye X. 2021. Modelling the effects of climate change on the distribution of endangered *Cypridium japonicum* in China. *Forests* 12: 429. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12040429>

g) Expected results

The data generated by this project will provide specific information on *S. agassizii*, including its productivity and susceptibility attributes, as well as the abundance and proportion of incidental catch species. This information is crucial for the sustainability of the scallop fishery certification. Specifically, this project will address the shortcomings identified in Performance Indicator (PI) 2 by the International Agricultural Organization (OIA) during the third recertification of the Patagonian scallop fishery (Surveillance level 3, off-site surveillance audit, according to FCPv2.3 – 7.28.3.b). In particular, our results will help to fill the data gaps associated with Condition 2 of PI 2.2.1, concerning *S. agassizii* and Condition 3 of PI 2.2.3, regarding the benthic community.

In detail, data from Activity 1 will address knowledge gaps concerning individual productivity attributes, which previously resulted in a “high risk” classification. With this new information, the risk scores can be re-evaluated.

The general bathymetric and spatial distribution of the *S. agassizii*, that will be obtained from activity 2, will help us to identify more convenient fishing zones characterized by lower relative abundances of the sea urchin. This information will enable different spatial management measures for the Patagonian Scallop fishery. Spatial management showed effective results in sedentary species (Harrington y col., 2007). Knowing the fine-scale distribution will enable the management of sea urchin captures by establishing “move-on” rules, which have been effective in other fisheries (Dunn et al 2014). In the context of protecting *S. agassizii*, an effective ‘move-on’ rule would require vessels targeting areas with a high density of sea urchins to stop fishing and move to another area. Implementing an effective “move-on” strategy requires collecting critical ecological and fisheries-related data to establish thresholds and actionable rules. By linking the occurrence of high *S. agassizii* bycatch with actionable thresholds, move-on rules can help minimize the impact of fishing activities on this species.

Findings from Activity 3 will enable the development of strategies to reduce post-capture mortality of *S. agassizii*. For instance, these strategies could include modifications to sorting equipment and the implementation of handling protocols aimed at minimizing mortality and promoting sustainable management of bycatch in the scallop fishery.

Activity 4 involves a series of analyses to assess how trawling history influences the composition, abundance, and ecological function of the associated benthic community, with a particular focus on the relative abundance of *S. agassizii*. This approach will give us information on how the environment is impacted after trawl, and whether the ecosystem (and particularly *S. agassizii*) is recovered after this disturbance. Additionally, studying the biodiversity of bycatch will allow us to identify the most common taxa in fishing and nearby areas, based on trawling history. This will enable us to understand the broad-scale distribution patterns of these organisms and identify which taxonomic and functional groups require further investigation. Integrating this information with a trophic web structure analysis and sediment carbon stocks will provide a comprehensive understanding of the effects of trawling on the benthic community.

As mentioned before, biologist Agustin Bianchini Pirola is starting his PhD at the National University of Mar del Plata on the biology of the sea urchin *S. agassizii* in relation to the Patagonian scallop. This project will facilitate the development of Agustin’s doctoral study, as the activities outlined here align with the objectives of his doctoral thesis.

Furthermore, as a secondary benefit of this project, the generated data will contribute to the existing open-access database, expanding it. By adhering to international biodiversity standards like GBIF, the database will gain increased visibility, certification, and accessibility for both scientists and the general public.

References:

- Dunn DC, Boustany AM, Roberts JJ, Brazer E, Sanderson M, Gardner B, Halpin PN. 2014. Empirical move-on rules to inform fishing strategies: A New England case study. *Fish and Fisheries* 15(3), 359–375. <https://doi.org/10.1111/faf.12019>
- Harrington JJ, Semmens JM, Haddon M. 2007. Spatial distribution of commercial dredge fishing effort: application to survey design and the spatial management of a patchily distributed benthic bivalve species. *Marine and Freshwater Research* 58: 756–764.

h) Timeline of proposed SRF-funded work

A project timeline outlining significant milestones for each activity is provided. For a more detailed view, a comprehensive Gantt chart is included in the “Supporting Documents” section under “Detailed Project Time Plan.” This Gantt chart visualizes the project schedule, including specific tasks, and durations, offering a detailed representation into the project’s timeline.

A suitable time for the Interim Grant Report that aligns with the project plan could be one year into the project execution. By this point, we will have a significant number of samples to analyze, allowing us to obtain a general overview of any existing patterns. This will enable us to recalibrate any issues that may need to be addressed allowing the project to be successfully completed.

Additionally, during the first year, it is projected that the PhD student Agustin Bianchini Pirola will undertake a stay abroad to obtain training in age and growth estimation techniques in sea urchins. Therefore, we will be able to report on the outcome of this training. The skills acquired during this training will allow for the analysis of sea urchin growth and age estimates, the results of which will be reported in the final report.

Detailed project time plan:

- › Project Setup, activities 1-4. Months 1-2: Establish coordination with key partners (IIMYC, ArgMMO, the Patagonian Scallop client group). Finalize protocols for sampling, data collection, and processing. Prepare equipment for sampling, including trawling gear and non-commercial dredge. Keep performing routine sampling previously carried out as part of the client’s action plan.
- › Activity 1
 - Months 1-6: Initial Sampling Phase. Activity 1.1: Keep collecting *S. agassizii* specimens during routine fishing trips for Skeletal Banding Patterns.
 - Months 1-15: Sampling Phase. Activity 1.2 and 1.3: Keep collecting *S. agassizii* specimens during routine fishing trips for Size Frequency Analysis and reproductive analysis.
 - Months 9-15: Data analyses and publishing associated to Activity 1.1.
 - Months 16-22: Data analyses and publishing associated to Activity 1.2 and 1.3.
- › Activity 2
 - Months 1-7: Activity 2.2: Collect spatial and bathymetric data on *S. agassizii* within and outside Management Units (MUs). Conduct micro-scale sampling.

Months 7-12: Activity 2.1: Collect spatial and bathymetric data on *S. agassizii* within and outside Management Units (MUs). Conduct macro-scale sampling using non-commercial dredge.

Months 13-24: Activity 2.1 and 2.2: Conduct refined micro-scale distribution analyses using species distribution models (SDMs). Identify small-scale habitat preferences and potential "move-on" zones to mitigate bycatch. And conduct macro-scale data analyses to identify fishing zones with low sea urchin density.

> Activity 3

Months 1-12: End of experimental assessment of short-term survival and behavioral responses of sea urchins after processing.

Months 12-24: Data analyses of post-capture mortality experiments. Develop mitigation strategies, such as gear modifications, to reduce mortality.

> Activity 4

Months 1-19: Activity 4.1: Continuous sampling of biodiversity assessments in areas with varying trawling histories to understand community recovery dynamics. Occasional publication of occurrences on GBIF.

Months 19-24: Activity 4.1: Data analyses on biodiversity, biomass, and ecosystem resilience related to trawling history.

Months 9-11: Activity 4.2 and 4.3: Initiate stable isotope and sediment core sampling.

Months 12-17: Activity 4.2 and 4.3: Sample processing.

Months 18-24: Activity 4.2 and 4.3: Analysis to examine changes in the benthic trophic web across trawled and non-trawled areas. And analyze sediment core samples to assess carbon stock and burial rates.

> Training and research stays abroad:

Months 7-8: Training and Data Analysis. Activity 1.1: Biologist Agustin Bianchini Pirola undergoes a short-term research stay abroad for training in sea urchin age and growth estimation techniques and analyze growth data using skeletal banding and size-frequency methods.

Months 17-18: Activities 1-4: Biologist Agustín Bianchini Pirola undertakes further training in fishery biology and bycatch handling.

> Communication and discussion of results

Month 8: Attendance at the National JNCM congress.

Month 12: Midpoint Review and Reporting, Activities 1-4. Summarizing progress on *S. agassizii* growth, spatial distribution, and initial post-capture mortality findings.

Month 15: Host stakeholder workshop to share findings and finalize recommendations for the sustainable management of *S. agassizii*.

Month 17: Attendance at the International COLACMAR congress.

Months 19-22: Synthesis of Data and Reporting.

Month 21: Attendance at the International CLE congress.

Month 24: Submit the Final Grant Report, including results for all activities (1-4) and key management recommendations. Publish results in open-access databases and scientific journals.