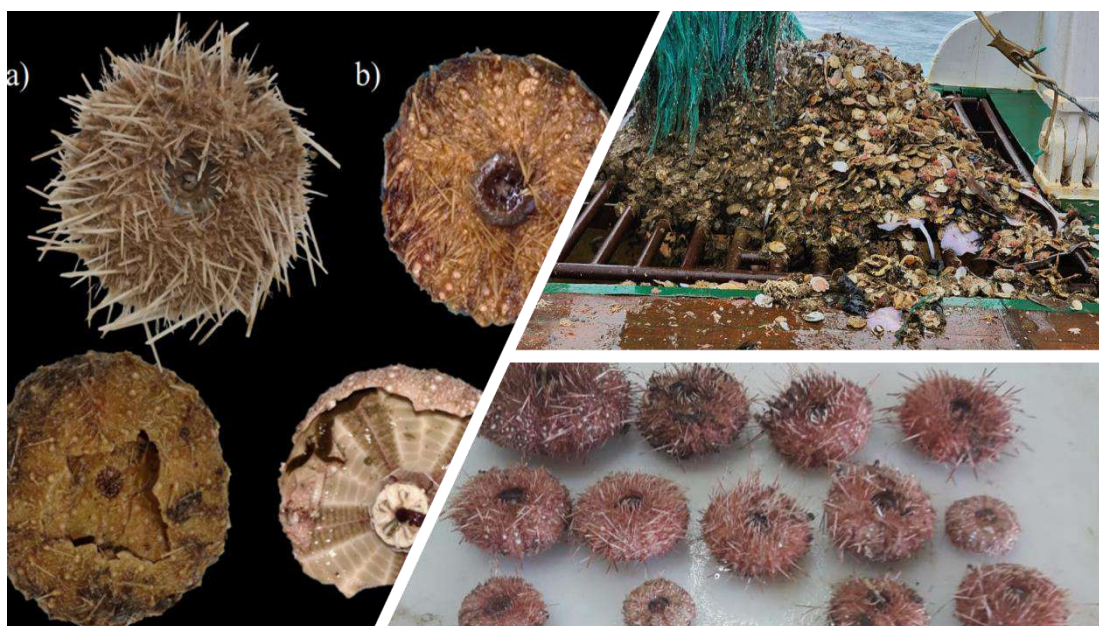


Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°53

Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2 y 4 en el tercer año de revisión de la 3ra recertificación MSC de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Taller de reevaluación del análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) del erizo *Sterechinus agassizii*.



Autores: Agustin Bianchini, Nahuel Farías, Emiliano Ocampo, Jesús Nuñez,
Pablo Meretta, Tomás Luppi
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET
Mar del Plata, Argentina

Mar del Plata, junio 2026

Citar como: Bianchini A, Farías N, Ocampo E, Nuñez J, Meretta P, Luppi T. (2026). Evaluación de cumplimiento de las Condiciones 2 y 4 en el tercer año de revisión de la 3ra recertificación MSC de la pesquería de la vieira *Zygochlamys patagonica*. Taller de reevaluación del análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) del erizo *Sterechinus agassizii*. 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° 53 (UNMDP-CONICET). 20 pp.

Este informe es el resultado de un Servicio Técnico de Alto Nivel (STAN; CONICET) a las Empresas Glaciar Pesquera S.A. y Wanchese Argentina S.R.L.

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://iimyc.conicet.gov.ar/informes/>

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, junio 2026

EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES 2 Y 4 EN EL TERCER AÑO DE REVISIÓN DE LA 3RA RECERTIFICACIÓN MSC DE LA PESQUERÍA DE LA VIEIRA (*ZYGOCHELAMYS PATAGONICA*). TALLER DE REEVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD (PSA) DEL ERIZO *STERECHINUS AGASSIZII*.

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

¹Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) - Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Argentina. Funes 3350, B7602AYL - Mar del Plata, Argentina.

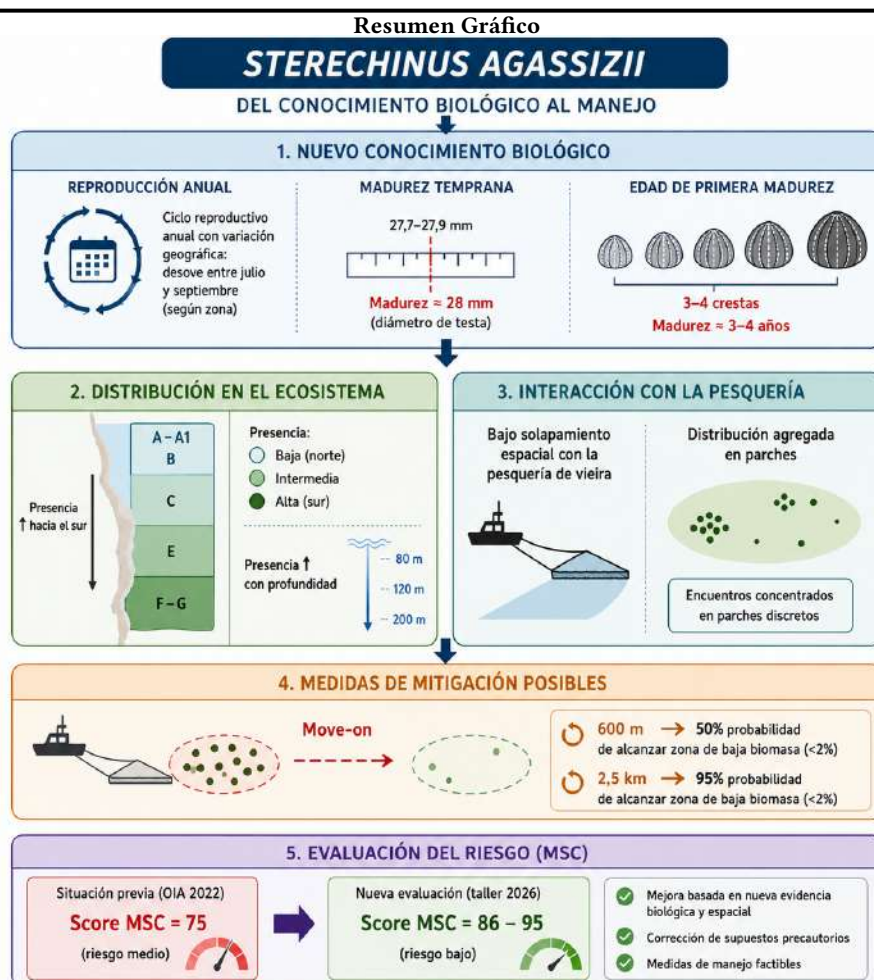
RESUMEN. Durante la tercera recertificación MSC de la pesquería de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*), *Sterechinus agassizii* fue identificado como especie secundaria principal y evaluado mediante el enfoque RBF (Risk-Based Framework), resultando en la asignación de las Condiciones 2 y 4 asociadas a los indicadores PI 2.2.1 y PI 2.2.2 respectivamente. La Condición 2 requiere demostrar que el riesgo asociado a la especie secundaria principal puede reducirse mediante la generación de nueva evidencia científica y/o la implementación de medidas de mitigación apropiadas. La Condición 4 requiere revisar periódicamente la efectividad y factibilidad de medidas destinadas a minimizar la mortalidad de especies secundarias principales. El presente informe resume la evidencia generada durante el tercer año de seguimiento destinada a evaluar dichos requerimientos. Desde julio del 2025 hasta el presente se implementaron acciones para cumplir con estas condiciones. Específicamente, se estudiaron diferentes rasgos de la historia de vida del erizo incluyendo la edad y talla de primera madurez y talla máxima, la reproducción, entre otros, es decir ciertos atributos de “productividad” propios de la especie. Asimismo, se estudió el solapamiento y la encontrabilidad del erizo respecto a la vieira, y la selectividad del arte de pesca, es decir ciertos atributos conocidos como de “susceptibilidad”. Los resultados sustentan un ciclo reproductivo anual con variación geográfica: el desove ocurre antes en el sur (julio - septiembre) que en el norte (septiembre - octubre). La talla de primera madurez sexual se estimó preliminarmente en alrededor de 27 mm de diámetro, alcanzada entre las 3 y 4 marcas de crecimiento en la hemi-pirámide, proponiendo que estas marcas son anuales, aunque ello requiere de validación. Las distribuciones de frecuencia de talla muestran un patrón latitudinal, marcando una moda entre los 40 y 50 mm de diámetro en el sector centro y norte, y en el sector sur quedando mayormente representadas las tallas más pequeñas (< 30 mm). La cantidad de información sobre capturas disponible es dispar en relación a las UMs del norte y sur. Se requiere mayor esfuerzo en las UMs sur para equilibrar este desbalance. Respecto a los atributos de susceptibilidad, la mayor parte de la distribución potencial de la especie se encuentra fuera de las UMs, incluyendo gran parte de la plataforma y borde del talud. Registros no incluidos en el modelado de distribución, provenientes de campañas recientes con ROV (Schmidt Ocean Institute), coinciden con áreas de distribución potencial predichas, validando el análisis. La encontrabilidad global (la posición de la población/especie dentro del hábitat en relación con la posición del arte de pesca, según el MSC) es de aproximadamente 50 %, y al descomponerla en las distintas UMs se ve un patrón heterogéneo: que tiende a una encontrabilidad baja en las UMs del norte y elevada en las del sur. Esto condiciona la viabilidad de estrategias de *move-on* a tener información detallada de la arquitectura espacial de las agregaciones de erizo para cada UM. En relación a la selectividad del arte de pesca se observa que, en general, la proporción de juveniles de erizos es menor en la red comercial que en la rastra, operando de esta manera algún grado de selección. Finalmente, se realizó una revisión del PSA en un taller de expertos nacionales e internacionales donde se analizaron los atributos de productividad (edad de primera madurez, longevidad máxima, fecundidad, estrategia reproductiva, nivel trófico, densodependencia) y de susceptibilidad (solapamiento areal, encontrabilidad, selectividad del arte de pesca, mortalidad post captura). Como resultado, se propone un puntaje del PI 2.2.1 que pasa de 75, a un rango de 86-95, superando el umbral MSC de 80.

ABSTRACT. Evaluation of Compliance with Conditions 2 and 4 in the Third Year of Review of the 3rd Recertification of the Patagonian Scallop Fishery *Zygochlamys patagonica*. Reassessment Workshop of the Productivity–Susceptibility Analysis (PSA) of the Sea Urchin *Sterechinus agassizii*. During the third MSC recertification of the Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) fishery, *Sterechinus agassizii* was identified as the main secondary species and assessed using the Risk-Based Framework (RBF), resulting in the assignment of Conditions 2 and 4 associated with performance indicators PI 2.2.1 and PI 2.2.2, respectively. Condition 2 requires demonstrating that the risk associated with the main secondary species can be reduced

through the generation of new scientific evidence and/or the implementation of appropriate mitigation measures. Condition 4 requires periodic review of the effectiveness and feasibility of measures aimed at minimizing mortality of main secondary species. This report summarizes the evidence generated during the third monitoring year to evaluate these requirements. From July 2025 to the present, actions were implemented to comply with these conditions. Specifically, different life history traits of *S. agassizii* were studied, including age and size at first maturity, maximum size, and reproduction, among others – that is, certain species-specific “productivity” attributes. In addition, the spatial overlap, the encounterability of *S. agassizii* relative to the scallop, and the selectivity of the commercial net were studied, corresponding to attributes known as “susceptibility.” The results support an annual reproductive cycle with geographic variation: spawning occurs earlier in the south (July–September) than in the north (September–October). Size at first sexual maturity was preliminarily estimated at approximately 27 mm in diameter, reached between 3 and 4 growth marks on the hemi-pyramid, with the proposal that these marks are annual, although this requires validation. Size frequency distributions show a latitudinal pattern, with a mode between 40 and 50 mm in diameter in the central and northern sectors, while smaller size classes (< 30 mm) are predominantly represented in the southern sector. The availability of catch information is uneven across the northern and southern Management Units (MUs), and greater sampling effort in the southern MUs is required to address this imbalance. Regarding susceptibility attributes, the majority of the species’ potential distribution falls outside the MUs, including large portions of the continental shelf and shelf-slope margin. Records not included in the distribution modeling, derived from recent ROV surveys (Schmidt Ocean Institute), coincide with predicted areas of potential distribution, thereby validating the analysis. Overall encounterability (the position of the population/species within the habitat relative to the position of the fishing gear, as defined by the MSC) is approximately 50 %; when disaggregated across individual MUs, a heterogeneous pattern emerges, tending toward low encounterability in the northern MUs and high encounterability in the southern MUs. This constrains the viability of move-on strategies, making them contingent on detailed spatial information regarding the architecture of *S. agassizii* aggregations within each MU. With respect to gear selectivity, the proportion of juvenile *S. agassizii* was generally lower in the commercial net than in the dredge, indicating that some degree of size selection is occurring. Finally, a PSA (Productivity-Susceptibility Analysis) review was conducted during a workshop involving national and international experts, in which productivity attributes (age at first maturity, maximum longevity, fecundity, reproductive strategy, trophic level, density dependence) and susceptibility attributes (areal overlap, encounterability, gear selectivity, post-capture mortality) were examined. As a result, a revised score for PI 2.2.1 is proposed, increasing from 75 to a range of 86–95, thereby exceeding the MSC threshold of 80.

Palabras clave: Argentina, Atlántico sudoccidental, Erizo de mar, Vieira patagónica

Key words: Argentina, Southwestern Atlantic, Sea Urchin, Patagonian scallop



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, todos miembros del IIMYC (UNMDP-CONICET), y se ejecutan a través de un Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN) del 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. Las actividades realizadas en relación a la condición 3 se informan aparte (ver Farias et al. 2026).

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”, “selectividad” y/o “mortalidad posterior a la captura” para *Sterechinus agassizii*. En el *1st Surveillance Report* v2.2 (2024) se solicitó que para el segundo año si no existen límites biológicamente fundamentados disponibles para *S. agassizii*, ya sea derivados de una evaluación analítica del stock o mediante enfoques empíricos, el GC deberá presentar un plan de trabajo para revisar la potencial eficacia y viabilidad práctica de medidas alternativas destinadas a reducir el alto nivel de riesgo asociado a los atributos de productividad y/o susceptibilidad. En el *2nd Surveillance Report* v2.2 (2025) se sumó la siguiente meta: para el tercer año de revisión, el grupo cliente deberá presentar resultados preliminares sobre la efectividad y viabilidad práctica de medidas alternativas destinadas a minimizar la mortalidad relacionada con la UoA de la captura no deseada de especies secundarias principales.

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. Respecto a esta condición, en el *2nd Surveillance Report* se solicita que para el tercer año de revisión *el grupo cliente debe proporcionar resultados preliminares*. Es decir, que a diferencia de la condición 2, la 4 no se basa en una especie en particular, sino que se refiere a las especies secundarias en general.

Respecto a estas 2 condiciones, y de acuerdo al plan de acción, desde julio del 2025 hasta el presente se realizaron las siguientes actividades y tareas:

1. Se realizó una capacitación inicial y continua a los observadores científicos que se embarcaron en la flota (Condiciones 2 y 4).
2. Se profundizó el conocimiento en base a nueva evidencia de los atributos de productividad del erizo *S. agassizii* utilizados en el análisis RBF (Condición 2): Reproducción y estrategia reproductiva. Fecundidad. Edad y talla de primera madurez. Edad y talla máxima.
3. Se profundizó el conocimiento en base a nueva evidencia de los atributos de susceptibilidad del erizo *S. agassizii* utilizados en el análisis RBF (Condición 2 y 4): Solapamiento. Encontrabilidad. Selectividad del arte de pesca. Mortalidad post captura.
4. Se realizó un taller de expertos con el propósito de discutir la calidad de la evidencia actualizada sobre los distintos

atributos y acorde con ello reevaluar el PSA de 2022 para el erizo patagónico. El encuentro contó con la participación de especialistas independientes dedicados a revisar los supuestos iniciales, los cuales habían sido definidos a partir de especies proxy ante la falta de datos locales. Sobre la base de la nueva evidencia generada por el proyecto, se consensuaron puntuaciones actualizadas, asegurando la rigurosa trazabilidad documentada de todo el proceso de revisión. El taller se desarrolló en Mar del Plata entre el 11 y el 13 de mayo de 2026 y fue financiado parcialmente por el MSC a través de su Science and Research Fund (SRF). Se convocó a evaluadores independientes externos e internos, y sus sesiones de presentación de evidencia fueron abiertas a la comunidad científica. Los detalles del taller y sus resultados se presentan en el Anexo A.

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 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 seminarios presenciales para entrenar a los observadores en la identificación de especies de vertebrados e invertebrados que conforman la captura incidental y en la toma y carga de datos. Para ello, se utilizaron muestras biológicas, material fotográfico y planillas de excel. Estos seminarios se realizaron el 26/2/26 y 13/11/25 con una carga horaria de 5 horas cada uno. Asimismo, se brindó capacitación continua virtual (entre 4 a 8 horas por marea) 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- Atributos de productividad del erizo *Sterechinus agassizii*

b.1. Reproducción y estrategia reproductiva

Metodología. Se analizó las variaciones del Índice Gonadal Estandarizado (SGI) tanto respecto del tiempo, como de la latitud. Para ello, se delimitaron regiones espaciales dentro de la distribución del erizo mediante un análisis de agrupamiento jerárquico basado en densidad espacial de los lances, utilizando el algoritmo HDBSCAN (*Hierarchical Density-Based Spatial*

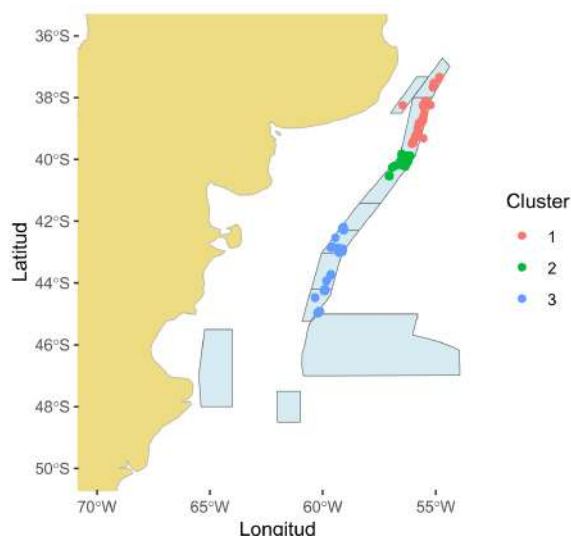


Fig. 1. Distribución geográfica de los tres clusters espaciales consolidados para el erizo *S. agassizii*. Los puntos representan los sitios de muestreo clasificados inicialmente mediante el algoritmo HDBSCAN y agrupados a posteriori por proximidad en: Clúster 1 (rojo; que comprende las UM 1, A y B), Clúster 2 (verde; correspondiente a la UM C) y Clúster 3 (azul; que integra las UM E, F y G). Los polígonos de fondo delimitan las Unidades de Manejo (UM) analizadas en el área de estudio.

Clustering of Applications with Noise) a través de la función `hdbscan()` del paquete `dbscan` (Hahsler et al., 2019). El modelo se parametrizó definiendo un número mínimo de 10 puntos ($\text{minPts} = 10$) buscando minimizar el porcentaje de ruido aquellas observaciones que no alcanzan una densidad suficiente de puntos vecinos y, por lo tanto, no pueden ser asignadas a ningún cluster estable. Bajo esta configuración, el análisis inicial identificó un total de nueve clusters preliminares, con un 8,33 % de los datos clasificados como “ruido”, los cuales fueron extraídos del análisis. A fin de optimizar la estructura espacial y asegurar una adecuada representatividad y suficiencia muestral, los nueve grupos originales se sometieron a una consolidación *a posteriori* guiada por criterios de proximidad geográfica. De este modo, se fusionaron los sectores adyacentes para estructurar unidades que mantuvieran un sentido geográfico estricto y un volumen de datos robusto por grupo. Como resultado de este proceso, se definieron tres clusters finales (Figura 1): el Clúster 1, que comprendió las UM 1, A y B; el Clúster 2, correspondiente a la UM C; y el Clúster 3, que integró las UM E, F y G.

El Índice Gonadal Estandarizado se determinó a partir del análisis de residuos de acuerdo con la metodología descrita por Ouréns et al. (2012). Para ello se obtuvieron los diámetros de cada erizo, midiendo la mayor longitud en el ancho de los ejemplares. También se determinó el peso húmedo de las gónadas escurriendo el excedente de líquido con papel secante y pesándolos con balanza de 0,01 g de precisión. El procedimiento se aplicó únicamente en ejemplares con un diámetro mayor a 25 mm, asegurándonos que a partir de estas tallas los erizos estarían maduros (ver sección b.4). Con el propósito de linealizar la relación entre el peso húmedo de las gónadas y el diámetro, ambas variables fueron transformadas a sus respectivos logaritmos naturales. Sobre esta relación linealizada se ajustó un modelo de regresión lineal. Finalmente, el valor de SGI para cada individuo se definió como el residuo resultante del modelo, utilizándose como una medida cuantitativa del estado gonadal independiente del tamaño corporal.

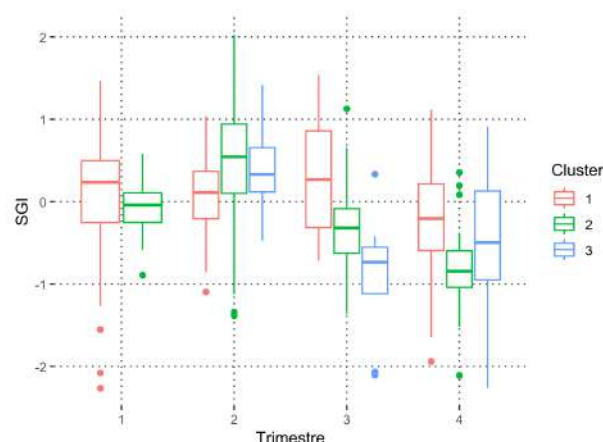


Fig. 2. Variación trimestral del Índice gonadosomático (SGI) de los erizos *S. agassizii* para los tres clusters analizados. Estos corresponden a los valores de SGI ajustados por tamaño (residuos de la relación lineal entre $\ln \text{PH (g)}$ y $\ln \text{D (mm)}$). Clúster 1 (rojo), clúster 2 (verde) y clúster 3 (azul).

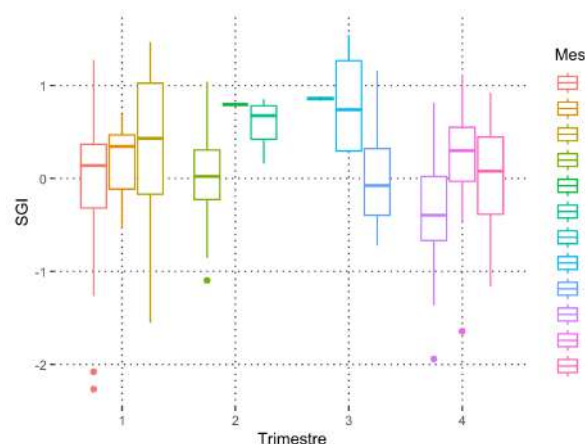


Fig. 3. Variación mensual del Índice gonadosomático (SGI) de los erizos *S. agassizii* para el cluster 1. Estos corresponden a los valores de SGI ajustados por tamaño (residuos de la relación lineal entre $\ln \text{PH (g)}$ y $\ln \text{D (mm)}$). Los colores indican los meses del año (1 al 12) agrupados por trimestre.

Resultados. El análisis del Índice Gonadal Estandarizado (SGI) estructurado en los tres clusters evidencia variaciones temporales en el ciclo reproductivo del erizo. En términos generales, el cluster 1 exhibe un descenso marcado de este indicador en el cuarto trimestre (octubre-diciembre) (Figura 2), lo que sugiere un evento de desove durante este período. En contraste, los clusters 2 y 3 muestran una dinámica anticipada, con una caída de sus valores entre el segundo y el tercer trimestre (Figura 2).

Un análisis detallado a escala mensual para el cluster 1 reveló que el valor máximo de SGI ocurre en agosto (mes 8), seguido inmediatamente por una marcada y sostenida disminución durante septiembre y octubre (meses 9 y 10, respectivamente) (Figura 3), lo que permite delimitar la ventana principal de liberación de gametas en ese lapso. Si bien para los clusters 2 y 3 la disponibilidad actual de datos impidió una desagregación mensual, puede inferirse de la Figura 2 que el período de desove para ambos grupos ocurre previamente a lo observado en el cluster 1.

Si bien estos resultados preliminares requieren confirmación mediante análisis histológicos y un incremento en el esfuerzo

de muestreo para mejorar la resolución espacio-temporal en las restantes UM, la evidencia actual sustenta la propuesta de un patrón reproductivo anual para la especie. Es decir, se observa un aumento en el SGI durante los dos primeros trimestres y su posterior disminución en durante el tercero y cuarto. Este patrón es similar al observado en la vieira *Z. patagonica* (Campodónico y Garaffo 2014) con la cual comparte en gran medida la distribución. Asimismo, esta dinámica exhibe una clara heterogeneidad espacial, manifestada como un desfase aparente en el pico de desove entre las UM ubicadas al norte y aquellas situadas en sectores más al sur. El clúster 1 concentra el pico de desarrollo gonadal en agosto, con una ventana principal de desove entre septiembre y octubre, mientras que los clústers 2 y 3 muestran una liberación de gametas más temprana, durante el tercer trimestre (julio-septiembre).

b.2. Fecundidad

A la fecha no se realizaron estimaciones de fecundidad específicas para *S. agassizii*. La aproximación prevista, en el marco del proyecto SRF y de la tesis doctoral en curso, combina la estimación estereométrica/gravimétrica del número de ovocitos a partir de cortes histológicos de gónada (relacionando la densidad ovocitaria con la masa gonadal total), más el análisis de la distribución de la masa ovocitaria y su relación con el diámetro de la testa. Esta estimación se apoya en los datos gonadales ya colectados para el índice gonadosomático (sección b1) y en la relación peso gonadal/diámetro (sección b3). A pesar de ello, queremos destacar que el *score* original del PSA se había asignado a partir de datos de dos especies sin relación filogenética con los equinoideos subantárticos, *Diadema savignyi* y *Salmacis sphaeroides*, distribuidas en el Mar Rojo y en aguas costeras de Malasia respectivamente, lo que indica que este atributo fue evaluado con evidencia inadecuada. Sin embargo, el modo reproductivo gonocórico, de fertilización externa y larva planctotrófica confirmado para la especie (ver b1), es consistente con una fecundidad elevada, típica de los equinoideos regulares de desove libre, lo que sustenta de forma preliminar un atributo de baja contribución al riesgo.

b.3. Edad y talla de primera madurez

Metodología. Para obtener una estimación de la talla de primera madurez realizamos dos aproximaciones. Una mediante la clasificación macroscópica de las gónadas y otra mediante el análisis de crecimiento gonadal relativo.

En las mareas del Atlantic Surf III en septiembre en la UM B y del Miss Tide en octubre de 2025 en las UMs E y G se recolectaron un total de 180 individuos que fueron conservados en formol al 4 %. Se les midió el diámetro con calibre (mm), y se los diseccionó para sacarle foto a las gónadas y obtener su peso húmedo (mg) en balanza de precisión. A partir de las fotos se procedió a realizar una clasificación macroscópica de la madurez sexual a partir de la determinación de tres observadores de manera independiente. Para determinar la madurez de un individuo se consideró que la gónada tuviera una forma definible y presente una coloración sólida (no transparente) y en caso de desacuerdo se eligió la clasificación con la mayoría de votos. Con esta clasificación binaria de madurez sexual se ajustó un modelo lineal generalizado con distribución binomial con la función `glm()` del paquete `stats` (R Core Team 2025), y a partir de este modelo se calculó el L50 y el L95. Además se analizó la relación entre el peso húmedo de las gónadas (mg) y el diámetro (mm) de la testa mediante una regresión lineal

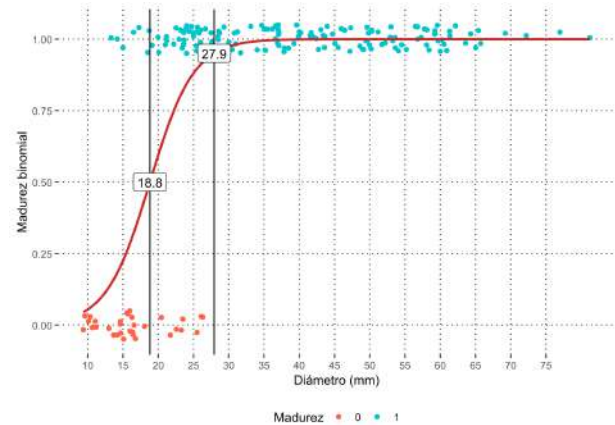


Fig. 4. Relación entre el diámetro y la madurez gonadal de los erizos *S. agassizii*.

segmentada con la función `segmented()` del paquete `segmented` (Muggeo 2003) aplicada a los datos transformados a una escala logarítmica natural. Este método permite identificar un punto de cambio en la pendiente de la relación alométrica entre ambas variables.

Resultados. Hubo un 86 % de acuerdo entre los observadores. El desacuerdo se concentró entre las tallas de 13,3 y 30,8 mm de diámetro, con una mediana de 22,2 mm.

La probabilidad de clasificar a los individuos como maduros sexualmente a partir de fotos macroscópicas aumentó significativamente con el diámetro ($\beta = 0,323 \pm 0,061$ EE, $p < 0,001$). El modelo ajustado fue:

$$\text{logit}(P) = -6,087 + 0,323 \times \text{diámetro}$$

La talla media de madurez estimada (L50) fue de 18,8 mm y la talla para L95 fue de 27,9 mm (Figura 4).

La relación entre el peso gonadal y el diámetro en escala logarítmica presentó un cambio significativo en la pendiente descrito por una regresión segmentada con un punto de quiebre en $\ln(D) = 3,321 \pm 0,059$ que corresponde en la escala original a 27,7 mm de diámetro, con un intervalo de confianza del 95 % entre 24,6 mm y 31,1 mm (Figura 5). Por debajo de esta talla la pendiente de crecimiento alométrico tuvo un exponente de 2,67 (IC95 %: 2,04-3,31) y por encima el exponente aumentó a 5,81 (IC95 %: 5,34-6,29) (Figura 5). El modelo ajustado explicó el 92,1 % de la variación observada en el logaritmo natural del peso gonadal ($R^2 = 0,921$).

b.4. Edad y talla máxima

Metodología. Para estimar la edad se realizó una aproximación siguiendo el método planteado por Blount et al. (2024), mediante lectura de bandas de crecimiento en la hemi-pirámide de la linterna de Aristóteles, donde se utiliza un haz de luz para revelar la presencia de crestas y valles correspondientes con las bandas formadas durante el crecimiento. Optamos por una adaptación de este método para optimizar la lectura, consistente en cubrir la hemi-pirámide con una fina capa de grafito, lo cual hallamos que resalta de forma más clara las diferencias entre las crestas y los valles. Mediante este procedimiento, se evaluaron un total de 90 linternas de Aristóteles procedentes de ejemplares recolectados durante la marea comercial del Atlantic Surf III en septiembre de 2025 en la UM B. De estas, 75 linternas (83,3 %) resultaron legibles y aptas para el conteo de bandas, mientras

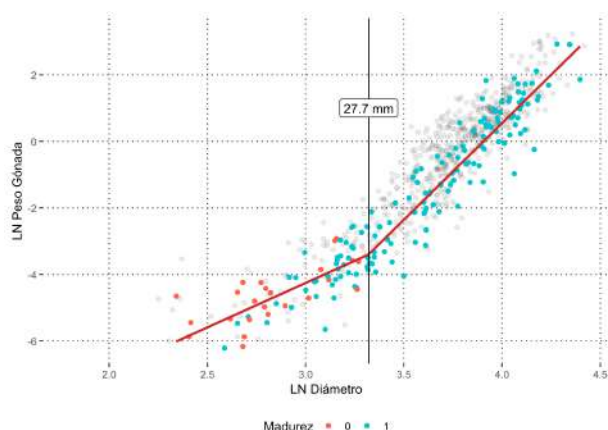


Fig. 5. Relación entre el logaritmo natural del peso gonadal y el logaritmo natural del diámetro de los erizos *S. agassizii*. La línea roja representa el modelo segmentado ajustado con un punto de quiebre en 3,321 (27,7 mm). En naranja se indican los individuos clasificados como inmaduros y en celeste los maduros de la figura 1. Los puntos grises representan los demás datos de peso gonadal recolectados de otras mareas que no fueron usados en este análisis.

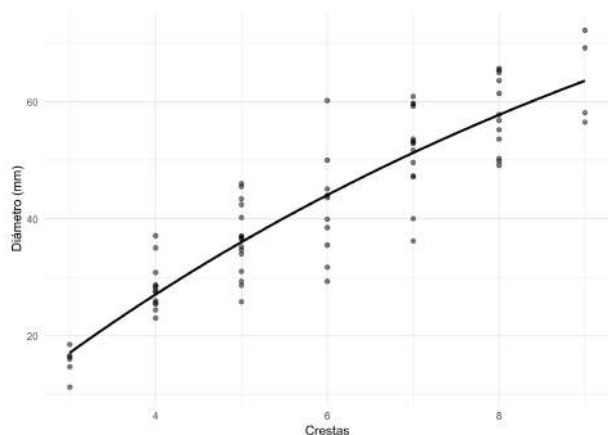


Fig. 6. Relación entre el número de crestas en la hemi-pirámide de la linterna de Aristóteles y el diámetro de los erizos *S. agassizii*. La línea negra representa la línea de tendencia de un modelo Von Bertalanffy preliminar.

que en las 15 restantes (16,7 %) no fue posible establecer una lectura inequívoca debido a la falta de nitidez en las bandas o desgaste estructural.

Resultados. El número de crestas contabilizadas en las muestras analizadas varió entre un mínimo de 3 y un máximo de 9 (Figura 6). Los individuos que presentaron el menor número de marcas (3 crestas) se corresponden con diámetros de testa comprendidos entre 11,2 y 18,5 mm. Por su parte, los ejemplares con el recuento máximo (9 crestas) coincidieron con las tallas más grandes observadas en el muestreo, exhibiendo diámetros de entre 56,5 y 72,2 mm. El ajuste del modelo lineal evidencia una relación positiva y continua entre el diámetro de la testa y el número de bandas de crecimiento acumuladas. Se requiere seguir recolectando datos de los individuos de mayores (> 60 mm) y menores (<20 mm) diámetros, para poder estimar un modelo de crecimiento que ajuste bien los parámetros para representar a los datos.

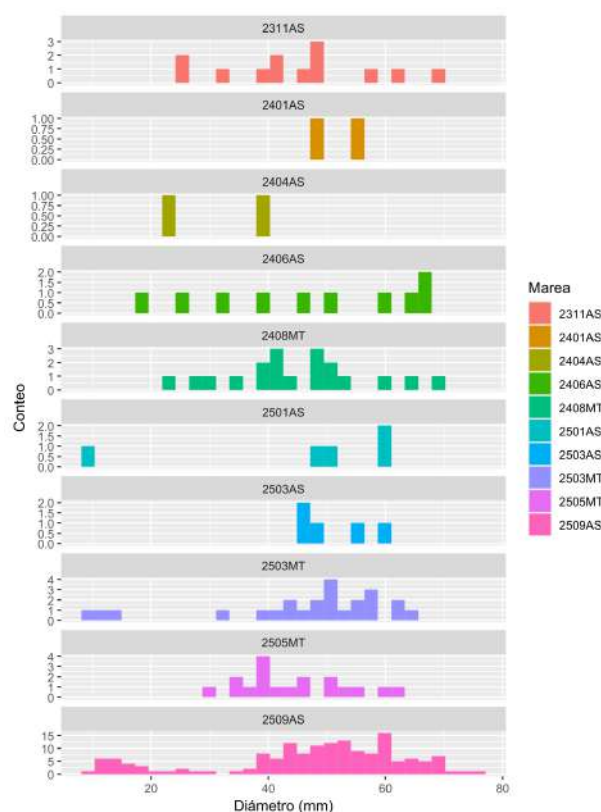


Fig. 7. Distribución de frecuencia de tallas (diámetro) y progresión temporal de los erizos *S. agassizii* para el clúster espacial 1. Los códigos y colores y de la leyenda indican la cronología de las mareas de muestreo realizadas entre noviembre de 2023 (2311AS) y septiembre de 2025 (2509AS).

b.5. Crecimiento por talla

Metodología. El seguimiento de la estructura de tallas de *S. agassizii* a lo largo del tiempo se realizó mediante el análisis de las distribuciones de frecuencia del diámetro de los erizos capturados en las distintas mareas entre fines de 2023 y principios de 2026. Los datos se estructuraron en función de las fechas de muestreo (identificadas por el código de marea) y se separaron según los tres clústers espaciales de referencia (desarrollado en la sección b.1.). Las variaciones en la longitud se modelaron utilizando funciones de densidad de probabilidad por marea en cada clúster, lo que permitió visualizar de manera continua la progresión de las tallas y la representatividad de las diferentes clases de tamaño en el tiempo.

Resultados. Al igual que lo observado en el patrón reproductivo, la progresión de las estructuras de talla en el tiempo evidenció variaciones marcadas entre los clústers analizados (Figuras 7, 8 y 9). Es necesario destacar que los clústers 1 y 2 presentaron una mayor robustez y representatividad de datos en comparación con el clúster 3. Esta disparidad se atribuye a un menor esfuerzo de muestreo e intensidad de pesca histórica en las Unidades de Manejo (UM) situadas al sur del área de estudio, lo que limitó el volumen de datos disponible para este último sector.

En el clúster 1 (UM 1, A, B), no se observó un patrón claro de crecimiento a través del seguimiento de modas (Figura 7). No obstante, se sugiere un leve desplazamiento del pico principal, el cual progresa desde aproximadamente 45 mm en abril de 2024 (2404AS/MT) hasta alcanzar un rango de 45-50 mm en mayo de

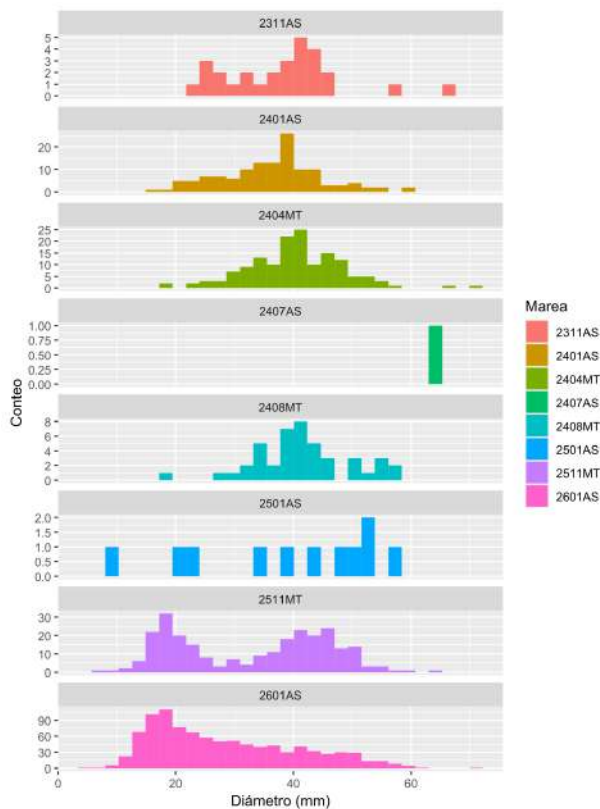


Fig. 8. Distribución de frecuencia de tallas (diámetro) y progresión temporal de los erizos *S. agassizii* para el clúster espacial 2. Los códigos y colores y de la leyenda indican la cronología de las mareas de muestreo realizadas entre noviembre de 2023 (2311AS) y enero de 2026 (2601AS).

2025 (2505MT); a pesar de esto, la estructura de tallas se mantuvo marcadamente estable y concentrada en las clases adultas durante todo el periodo, coincidente con una ralentización del crecimiento en individuos maduros de tallas grandes.

Por el contrario, el clúster 2 (UM C), exhibió una mejor definición para la identificación en los patrones de crecimiento (Figura 8). En este grupo, se puede observar cómo la moda principal de 40 mm registrada en noviembre de 2023 (2311AS) se desplazó paulatinamente hasta alcanzar aproximadamente 46-48 mm en octubre de 2025 (2510MT). Este incremento estimado de 6-8 mm en un lapso de dos años es consistente con el crecimiento lento característico de los equinoideos. Adicionalmente, el análisis reveló una estructura bimodal debido a la presencia de un componente modal secundario en tallas menores (~18 mm), correspondiente a un evento de reclutamiento que pudo ser monitoreado secuencialmente en las mareas sucesivas.

Finalmente, en el clúster 3 (UM E, F, G) el comportamiento de las distribuciones fue más difuso, aunque permitió identificar procesos clave (Figura 9). Por un lado, se detectó la progresión de una cohorte juvenil que inició con tallas pequeñas de aproximadamente 17 mm en abril de 2024 (2404AS) y se incorporó gradualmente a las clases de tamaño superiores a los 20 mm hacia noviembre de 2025 (2511MT). Por otro lado, los individuos pertenecientes al rango de 45-48 mm en junio de 2024 (2406AS) disminuyeron notablemente su frecuencia hacia enero de 2026 (2601AS), sugiriendo que estas clases de tallas mayores se fusionaron progresivamente con la fracción de la población que alcanza los 50 - 60 mm de diámetro.

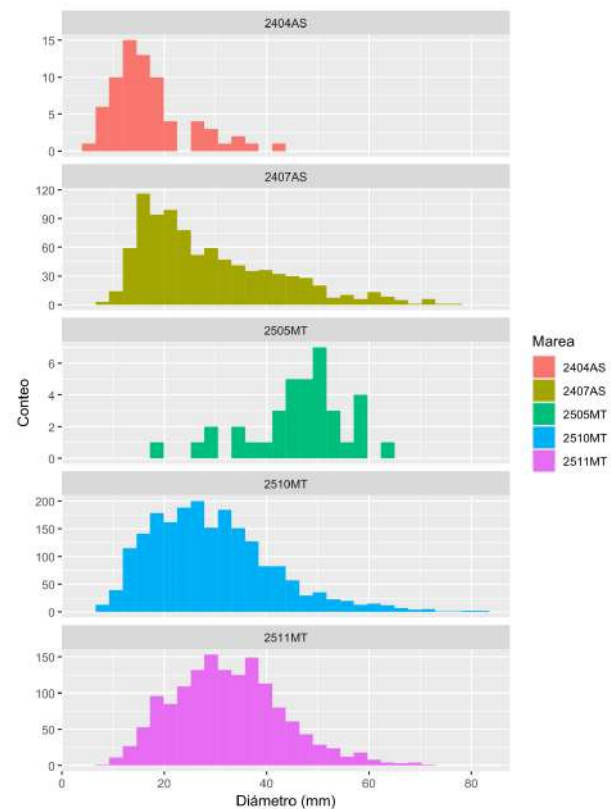


Fig. 9. Distribución de frecuencia de tallas (diámetro) y progresión temporal de los erizos *S. agassizii* para el clúster espacial 3. Los códigos y colores y de la leyenda indican la cronología de las mareas de muestreo realizadas entre abril de 2024 (2404AS) y noviembre de 2025 (2511MT).

Es importante destacar que, si bien el seguimiento de modas en el tiempo permite inferir tasas de crecimiento aproximadas, estos hallazgos quedan supeditados a la validación de la relación edad-talla. Resulta indispensable corroborar a través de la validación de la técnica de anillos anuales y/o con isótopos estables de O_2 cuántos años de edad efectiva se corresponden con las diferentes clases de tamaño, un paso crucial para determinar con precisión los parámetros de crecimiento y longevidad real de la especie. Esto bajo la hipótesis de formación de marcas de crecimiento anual como se ha demostrado en *Z. patagonica* mediante el análisis de la relación de isótopos estables de oxígeno y carbono en combinación con índices de condición e información oceanográfica (Lomovasky et al. 2007).

c- Atributos de susceptibilidad del erizo *Sterechinus agassizii*

c.1. Solapamiento

Solapamiento: Superposición del esfuerzo pesquero con una concentración de especies en la población, según MSC.

Metodología. El objetivo fue utilizar la distribución potencial como herramienta para evaluar la susceptibilidad geoespacial. Se recopilieron 103 registros de presencia de *S. agassizii* y se modeló su distribución potencial en el Mar Argentino mediante un análisis de ensamble (GLM, GAM y MARS en el paquete biomod2) con variables de Bio-ORACLE v2. El mapa probabilístico continuo se binarizó usando el umbral óptimo de MaxTSS (0.6099). Para determinar qué porcentaje de la población potencial no está en contacto con las UMs, se cuantificó el

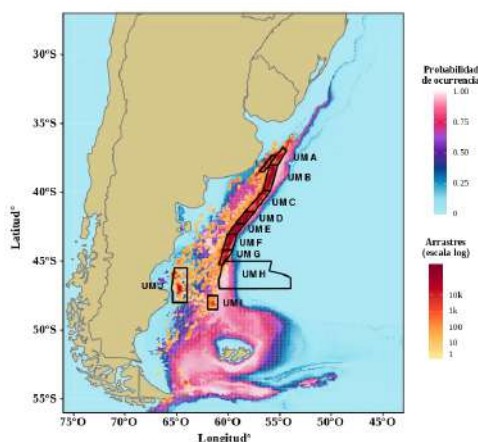


Fig. 10. Distribución potencial de *S. agassizii* en probabilidad de ocurrencia (colores a escala violeta-azul), área de esfuerzo pesquero histórico (colores a escala naranja) y Unidades de Manejo.

solapamiento de este nicho modelado frente a la superficie total de las 11 UMs y frente al área de esfuerzo pesquero histórico concentrado (Percentil 75, > 740 arrastres/celda) el cual se extrajo de la base de datos históricos de arrastre (ver Alberti et al. 2024).

Resultados. El modelo de ensamble demostró una alta capacidad predictiva (TSS: 0,881; AUC: 0,971). Al evaluar el total del área de distribución potencial estimada para el erizo, se determinó que solo el 14,2 % de su hábitat con alta probabilidad de presencia se solapa con las UMs, o dicho de otra manera, que un 85,8 % de su distribución potencial se distribuye fuera de las zonas de la actividad de esta pesquería (Figura 10). Asimismo, al analizar el área de máxima presión pesquera, el 7,8 % del nicho del erizo coincide con las zonas de arrastre intensivo (P75), lo que es igual a decir que un 92,2 % de su distribución potencial se encuentra libre de contacto directo con el mayor esfuerzo pesquero.

c.2. Encontrabilidad

Encontrabilidad: La posición de la población/especie dentro del hábitat en relación con la posición del arte de pesca, según MSC.

El objetivo de este estudio fue determinar los patrones de agregación espacial a microescala de *S. agassizii* dentro de las UM, analizar su relación con la profundidad y evaluar la viabilidad de implementar estrategias de mitigación basadas en reglas de escape (*move-on*).

Metodología. La distribución observada se caracterizó mediante muestreos a bordo, registrando la presencia/ausencia de *S. agassizii* y su contribución en biomasa (porcentaje de peso húmedo del erizo sobre el peso lavado de la muestra) en los lances relevados por los observadores entre fines de 2023 y principios de 2026. La frecuencia de muestreo se hizo según el protocolo de muestreo de fauna acompañante (cada 48 hs por zona de pesca) para evaluar presencia y ausencia, y para evaluar la abundancia relativa por cada UM se hizo con una frecuencia de 3 lances por día en zona de presencia de erizo. La relación con la profundidad se analizó mediante modelos aditivos generalizados (GAM), este tipo de análisis permiten ajustar funciones suavizadas (splines) sin imponer a priori una forma funcional específica, capturando óptimos, umbrales o relaciones no monótonas que un modelo

lineales no podría representar adecuadamente. Esto aporta una estimación más realista de la relación del rango batimétrico y la biomasa, además de permitir cuantificar la significancia estadística del término suavizado (grados de libertad efectivos) sin sobre ajustar los datos.

La estructura de agregación espacial a microescala se determinó mediante índices formales (dispersión de Lloyd, Morisita, Clark-Evans y ley de potencia de Taylor). Estos índices se utilizaron de forma conjunta porque cada uno capta un aspecto distinto y complementario del patrón espacial: Índice de dispersión de Lloyd (índice de “patchiness”) estima el grado de agregación relativo a una distribución aleatoria (Poisson), comparando la media de vecinos por individuo con la densidad media poblacional; valores >1 indican agregación.

- Índice de Morisita ($I\delta$) es una medida estandarizada de agregación basada en la varianza/media de los conteos por unidad de muestreo, robusta frente a variaciones en el tamaño muestral, y es ampliamente usada para comparar el grado de agregación entre distintas campañas o estratos de profundidad.

- Índice de Clark-Evans (R) se basa en distancias al vecino más cercano más que en conteos por cuadrante, y permite distinguir explícitamente entre patrones agregados ($R < 1$), aleatorios ($R \approx 1$) y regulares/uniformes ($R > 1$), siendo más sensible a la escala fina de la distribución espacial de individuos. - Ley de potencia de Taylor relaciona la varianza con la media poblacional a través de una función potencial ($\log(\text{varianza}) = \log(a) + b \cdot \log(\text{media})$), donde el exponente b cuantifica el grado de agregación espacial de forma independiente de la escala de muestreo, y permite además comparar si el patrón de agregación se mantiene consistente entre distintas densidades poblacionales (lances con alta vs. baja abundancia).

La razón de usar varios índices simultáneamente (y no uno solo) es que difieren en sus supuestos y en la escala de información que utilizan (conteos por cuadrante vs. distancias entre individuos), y pueden ser sensibles de manera diferencial al tamaño de muestra, a la densidad poblacional o a la escala espacial del muestreo. La concordancia entre índices basados en metodologías independientes (conteos: Lloyd, Morisita; distancias: Clark-Evans; escala: Taylor) brinda mayor robustez a la conclusión de que existe agregación real y no un artefacto metodológico de un único índice. Asimismo, se aplicaron las funciones co-espaciales K y G de Ripley (Cross- K y Gcross) bajo el mismo principio: mientras que los índices anteriores (Lloyd, Morisita, Clark-Evans, Taylor) entregan un valor único y global de agregación, las funciones de Ripley permiten evaluar cómo cambia el grado de agregación o asociación espacial en función de la distancia (multiescala), identificando a qué escala espacial específica (en metros) se concentra la asociación entre individuos o entre erizos y un segundo patrón de interés (p. ej., zonas de alta captura). La función Cross- K acumula pares de puntos dentro de un radio creciente, mientras que la función Gcross utiliza distancias al vecino más cercano entre dos patrones, siendo más sensible a la asociación de corto alcance. Juntas, complementan a los índices globales con información sobre la escala espacial explícita a la que opera el patrón de agregación.

Resultados. Del total de lances ($n = 325$) de fauna acompañante se registró la presencia de *S. agassizii* en un 46,15 % ($n = 150$). Este porcentaje de presencia varía de manera latitudinal, siendo muy cercana al 100 % a partir de los 40 grados latitud sur (Luppi et al. 2025). Al descomponer esta presencia en la contribución relativa a la captura ($n = 658$) se ve un patrón de aumento en relación con la latitud, y se puede observar un

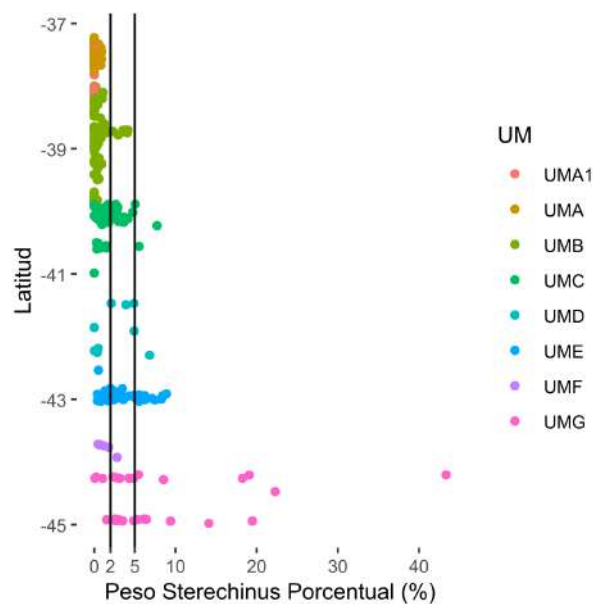


Fig. 11. Relación entre peso relativo de *S. agassizii* y latitud. En diferentes colores se muestran las distintas unidades de manejo. Las líneas verticales representan los límites de 2 % y 5 % respectivamente.

aumento gradual de los porcentajes desde las UMs del norte hacia las del sur, superando levemente el 2 % en la B, llegando a 10 % en la E y superando el 40 % en la G (Figura 11). Si bien este patrón de aumento es claro, los valores no son determinantes, aún se observa una gran cantidad de lances con bajos porcentajes relativos incluso en las UMs del sur. En la tabla 1 se muestran los porcentajes de los lances (n = 658) que han tenido un peso relativo mayor al 2 % y al 5 % en las diferentes UMs.

Tabla 1. Proporción de lances con contribución en biomasa de *S. agassizii* superior al 2 % (entre 2 y 5 %) y al 5 % en las distintas Unidades de Manejo.

Unidad de Manejo	N Lances	% lances >2 %	% lances >5 %
A1	59	0	0
A	130	0	0
B	211	4,27	0
C	114	17,5	2,63
D	28	17,9	3,57
E	87	32,2	16,1
F	5	20	0
G	24	87,5	41,7

Se encontró también que la probabilidad de encuentro aumenta con la profundidad (Figura 12), siendo prácticamente 100 % en los lances mayores a 130 m de profundidad. En cuanto a la abundancia relativa, el análisis batimétrico mediante GAM determinó una distribución entre los 85 y 159 m, con un óptimo en torno a los 120 m (Figura 13).

Por su parte los índices de distribución espacial coinciden en señalar la existencia de un patrón de agregación en la mayoría de UMs con excepción de las unidades 1 y M (Figura 14). La ley de potencia de Taylor confirma esta tendencia de agregación moderada a nivel global (Figura 15, $b = 1,427$; $R^2 = 0,866$) con pendientes por UM mayores a 1 en todos los casos. La UM F constituyó la única excepción aparente, aunque eso podría atribuirse al bajo tamaño muestral de esa unidad (n = 5) y, por lo tanto, la escasa confiabilidad.

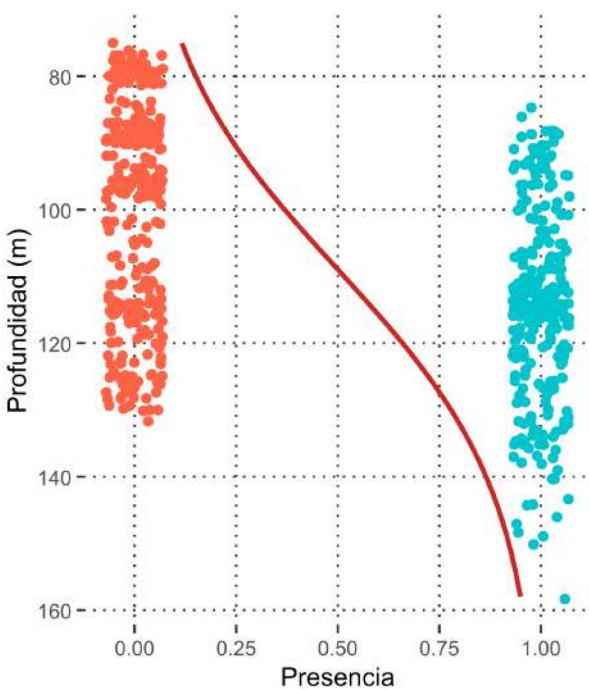


Fig. 12. Relación entre la presencia de *S. agassizii* y la profundidad. En celeste se representan las presencias y en rojo las ausencias.

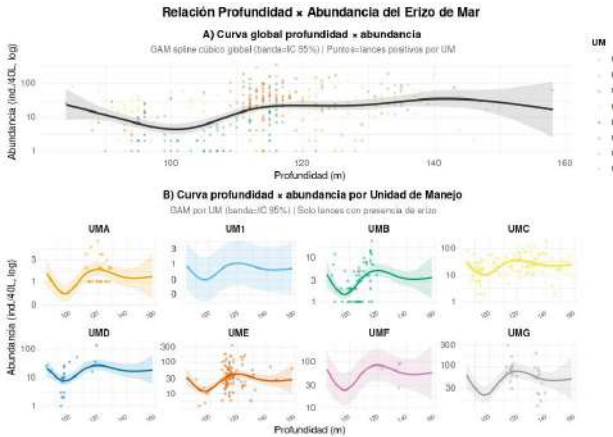


Fig. 13. Relación entre captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *S. agassizii* y la profundidad. Gráfico general (A) y por zonas de manejo (B).

De lo anterior se desprende que existe una distribución tendiente a la agregación en *S. agassizii*. Luego, la escala de esa agregación es el aspecto operativamente relevante para una eventual estrategia de evitación (*move-on*), ya que permite establecer qué distancia es necesario desplazarse desde un parche de alta densidad para alcanzar una zona de baja captura. Este aspecto se analizó en detalle en la zona E, aplicando una serie de muestreos más concentrados en tiempo y espacio, en un intento de detectar la distribución en escala fina. Para ello, los lances se clasificaron según su contribución en biomasa por encima o por debajo del umbral del 2 %, y se evaluó la relación espacial entre ambas categorías (Figura 16).

Las funciones co-espaciales de Ripley entre ambas categorías confirman esta estructura (Figura 17). La función G_{cross} (desde celdas >2 % hacia celdas <2 %) se ubica por encima de la curva

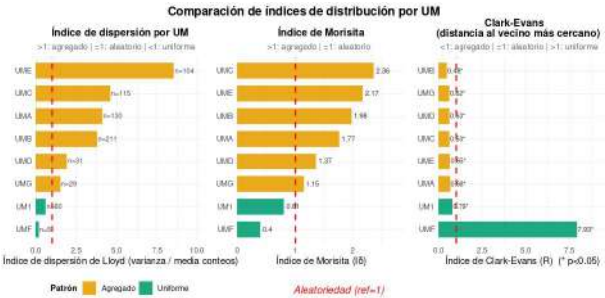


Fig. 14. Índices de distribución espacial de *S. agassizii* y la profundidad. En verde se representan las zonas con patrones uniformes y en amarillo las agregadas según los índices estimados.

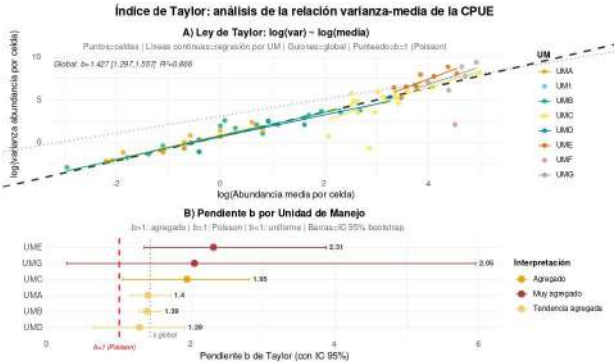


Fig. 15. Ley de Taylor para patrones espaciales de *S. agassizii*. Gráfico general (A) y por unidades de manejo (B).

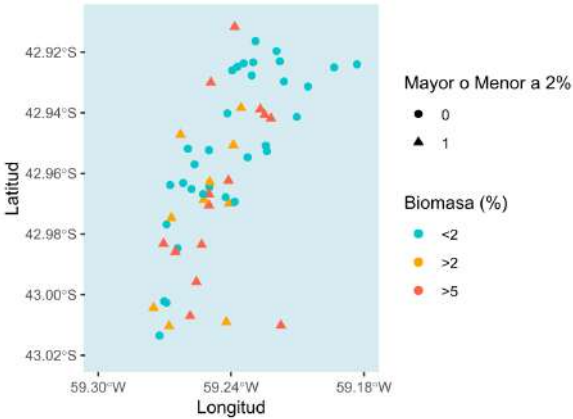


Fig. 16. Distribución espacial de los lances en la zona E, clasificados según su contribución en biomasa de *S. agassizii* (azul: <2 %; naranja: >2 %; rojo: >5 %) y según el umbral del 2 % (círculo: <2 %; triángulo: >2 %).

teórica de aleatoriedad espacial completa (CSR) en las distancias cortas, lo que indica que, partiendo de un parche de alta biomasa, una celda de baja biomasa se encuentra a distancias menores que las esperadas bajo un patrón aleatorio; es decir, las zonas de baja captura son espacialmente próximas a los parches densos. La función Cross-K, también por encima de la curva teórica, es consistente con una estructura espacial no aleatoria entre ambas categorías.

A partir de la función Gcross se estimó la distancia de desplazamiento necesaria para alcanzar una celda de baja biomasa (<2 %) con distintos niveles de probabilidad (Tabla 2). En la tabla se aprecia que un desplazamiento de aproximadamente

600 m ofrece una probabilidad del 50 % de alcanzar una zona de baja captura, mientras que para una probabilidad del 95 % se requiere un desplazamiento del orden de 2,5 km. Estos valores constituyen un primer dimensionamiento operativo del *move-on* a escala de parche. Sin embargo, dado que se trata de un análisis de alta resolución circunscripto a la zona estudiada dentro de la UM E y en vista de que la agregación es variable entre UMs (ver figura 14 y 15), la extensión cuantitativa al resto de las Unidades de Manejo requiere replicar el muestreo con resolución equivalente.

Tabla 2. Distancia de desplazamiento necesaria para alcanzar una celda de baja biomasa (<2 %) de *S. agassizii* en la zona E, según el nivel de probabilidad estimado a partir de la función Gcross.

Probabilidad	Distancia (m)
0,25	378,4
0,50	603,6
0,75	973,0
0,95	2519,5

c.3. Selectividad de artes de pesca

La comparación de la selectividad entre redes de pesca “Estándar” (EU) y redes “Modificada” (CC) se evaluó previamente y los resultados se muestran en el informe del 2025: 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 ISSN 2796-9088.

A continuación se presentan los resultados de la comparación entre la red de pesca comercial y la rastra. La red comercial posee un diseño orientado a minimizar la captura de individuos de tallas no comerciales de vieira, aunque tal selectividad puede aplicarse también a las especies bentónicas acompañantes como el erizo *S. agassizii*, lo cual resulta en una subrepresentación de individuos pequeños o de menor tamaño (Schejter y Escolar 2017). Entonces, considerando que la captura obtenida mediante rastra representa de manera más fiel la fracción epibentónica de la comunidad, la comparación entre ambos artes de pesca permite evaluar si la red comercial presenta un sesgo hacia la captura de individuos de mayor tamaño y una menor representación de individuos pequeños.

Metodología. Para evaluar la selectividad de la red comercial sobre los juveniles de *S agassizii* se tomaron muestras a bordo del B/P Atlantic Surf III en septiembre de 2025 en la UM B a partir de lances realizados con la red comercial y lances realizados con la rastra en la misma zona de pesca. Las muestras de la red comercial se recolectaron de 6 lances de pesca de rutina con una duración aproximada de 12 minutos, el día previo y en la misma zona donde posteriormente se realizaron los lances con rastra, los cuales tuvieron una duración de 10 minutos. De los lances de rastra se obtuvieron diez muestras en total (un cajón de 60 litros por cada lance) y de los lances de red se obtuvieron seis muestras en total (dos baldes de 20 litros, uno por cada banda por cada lance). En estas muestras se contaron, pesaron y midieron todos los individuos de *S. agassizii*. A partir del tamaño fueron clasificados como juveniles y adultos usando como punto de corte la talla de 30 mm de diámetro de la testa, valor elegido arbitrariamente con carácter precautorio ya que

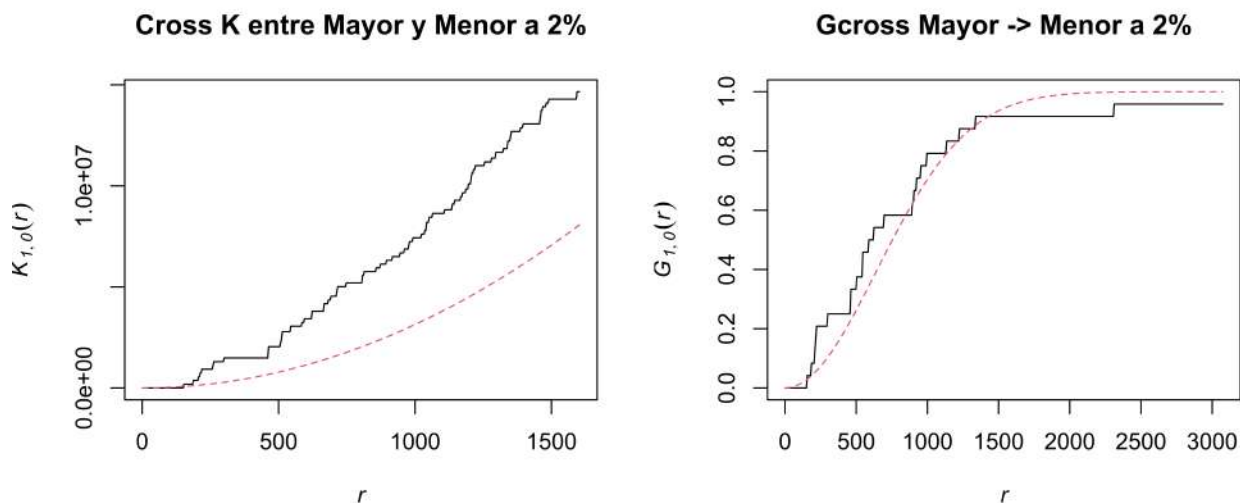


Fig. 17. Funciones co-espaciales de Ripley entre celdas de alta (>2 %) y baja (<2 %) biomasa de *S. agassizii* en UME. A) función Gcross (desde celdas >2 % hacia celdas <2 %). B) Cross-K entre ambas categorías. En cada panel, la línea negra representa la función empírica y la línea roja punteada el valor esperado bajo aleatoriedad espacial completa (CSR).

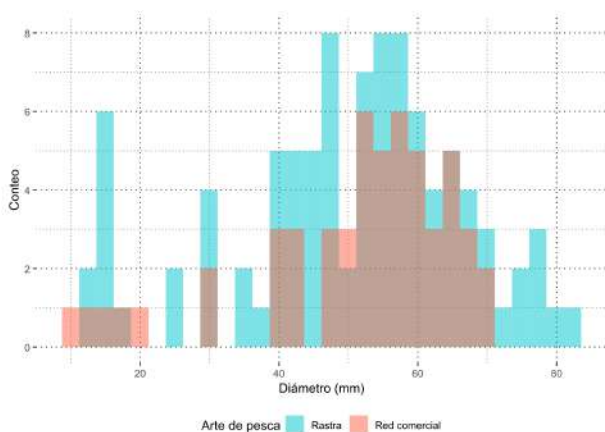


Fig. 18. Histograma de distribución de frecuencia de tallas de *S. agassizii*. Comparación entre rastra y red comercial.

está por encima del calculado para una probabilidad de 0.95 de madurez y sobre el límite superior del IC95 % de la estimación basada en el cambio en la relación peso de gónadas/talla (ver sección b.3).

Resultados. De la rastra se contaron un total de 96 individuos de los cuales el 13,54 % se clasificaron como juveniles ($n = 13$) y en la red comercial se contaron un total de 54 individuos de los cuales el 9,25 % fueron juveniles ($n = 5$) (Figura 18).

c.4. Mortalidad Post Captura.

Los resultados del nivel de daño y mortalidad post captura del erizo *S. agassizii* fueron presentados en 2 informes previos del 2023 y 2025:

Luppi T, Farías N, Ocampo E, Nuñez J, Pablo Meretta (2023) 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.

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.

d. Taller de revisión y actualización del análisis de productividad/susceptibilidad (PSA) de *Sterechinus agassizii*

El PSA original de *S. agassizii* (RBF; Morsan et al., 2023) asignó a la especie un puntaje MSC de 75 para el PI 2.2.1, lo que derivó en el establecimiento de la Condición 2. Dado que dicha evaluación se realizó utilizando la mejor información disponible en ese momento, algunos atributos fueron valorados de manera precautoria o mediante el uso de especies proxy ante la ausencia de información específica para *S. agassizii*. La generación de nueva evidencia durante la ejecución del STAN y del proyecto SRF permitió revisar estos atributos y reevaluar el nivel de riesgo asociado a la especie. Con este propósito, entre el 11 y el 13 de mayo de 2026 se llevó a cabo un taller técnico de revisión con especialistas independientes.

La evaluación estuvo a cargo de un panel de especialistas convocados a tal fin, con distintos grados de independencia respecto del grupo cliente y del equipo ejecutor del STAN/SRF, detallados explícitamente más abajo. Los evaluadores independientes (externos e internos) asignaron de forma individual un score de 1 (bajo riesgo) a 3 (alto riesgo) a cada atributo de productividad (Edad de primera madurez, Longevidad máxima, Fecundidad, Estrategia reproductiva, Nivel trófico, Densodependencia) y de susceptibilidad (Solapamiento areal, Encontrabilidad, Selectividad del arte de pesca, Mortalidad post captura), acompañando de una valoración de la calidad de la evidencia disponible al momento y del nivel de incertidumbre. El equipo ejecutor del STAN/SRF y el responsable técnico del programa de observadores participaron presentando la evidencia generada y aclarando dudas sobre las metodologías, y también participaron del ejercicio de evaluación pero bajo la aclaración

explícita de que no se los toma como evaluadores independientes. Los scores resultantes de aplicar la regla de decisión se ingresaron en la plantilla del MSC "RBF Worksheets v3.0", que computa de forma automática el score PSA y el score MSC derivado. De esta manera se garantizó la trazabilidad del cálculo. La regla de decisión aplicada fue la siguiente: con acuerdo alto (todos en la misma categoría) se definió el score directamente; con diferencias de hasta una categoría entre las calificaciones independientes, se adoptó el valor central documentando la incertidumbre; con diferencias de dos o más categorías, no se forzó el consenso, registrándose un rango plausible.

La Tabla 3 resume, para cada atributo, el score original de la OIA, el valor propuesto por el taller y el nivel de acuerdo alcanzado. El detalle de la valoración individual de cada evaluador se presenta en el Anexo d.

Los participantes en calidad de Evaluadores Externos Independientes (sin vínculo institucional ni contractual con el grupo cliente ni con el STAN/SRF) fueron la Dra. Rosana Ouréns (CEFAS-Centre for Environment Fisheries and Aquaculture Science, Reino Unido), la Dra. Analía Pérez (Universidad Maimónides / CONICET) y el Dr. Jonathan Flores (IBIOMAR, Instituto de Biología de Organismos Marinos- CENPAT, CONICET). Como Evaluadores Internos independientes (IIMyC - CONICET, sin participación en el STAN específico, ni en el proyecto SRF) participaron la Dra. Claudia Bas y el Dr. Marcelo Kittlein. Por su parte se contó también con el aporte técnico del grupo cliente / equipo ejecutor (presentación de evidencia y soporte metodológico; no evaluadores independientes), Ing. Marcelo Boscian, Ing. Gabriel Suarez (Por Glaciar Pesquera SA), Dr. Oscar Iribarne, Msc. Mario Lasta (Asesores científicos del Grupo Cliente), Lic. Julián Webb (por Argentina MMO Environmental Services, responsables del programa de observadores científicos a bordo). También participó la Asesora de Certificaciones pesqueras del INIDEP, Ing. Victoria Leuci. Finalmente, estuvo presente el Equipo asesor científico del IIMyC (ejecutor del STAN y del proyecto SRF), que realizó su propia recalibración del PSA, resultando en un total de seis evaluaciones independientes entre sí.

El recálculo del PSA con los scores propuestos resultó en un score MSC de entre 86 y 95 (riesgo bajo), contrastando con el valor de 75 vigente del informe de la OIA (riesgo medio, condición activa). Esta calibración se muestra robusta si se nota que los seis evaluadores recalcularon el PSA de forma independiente y en todos los casos se superó el umbral de 80 (con rango entre 86 y 95 puntos de score MSC). Cabe notar que esta mejora no surge de relajar la susceptibilidad. La mortalidad post-captura se puntuó por arriba del valor previo pasando de 2 a 3, ya a su vez se mantuvo la densodependencia en el valor más conservador posible. La reducción observada en los estimadores de riesgo se explica principalmente por la disponibilidad de nueva evidencia específica para *S. agassizii*, que permitió recalibrar atributos de productividad previamente evaluados bajo criterios precautorios debido a limitaciones de información, así como por la incorporación de información espacial que demuestra un bajo grado de solapamiento entre la distribución de la especie y el área de operación de la pesquería.

CONCLUSIONES

- Respecto a la **reproducción y estrategia reproductiva**, la evidencia del SGI ajustado por tamaño sustenta la existencia de un ciclo reproductivo anual para la especie. La dinámica de desove no es homogénea y presenta una variación geográfica, siendo que en el sur el desove ocurre antes que en el norte: el pico máximo de desarrollo gonadal en el clúster 1 (UM 1, A, B) ocurre en agosto, iniciando un descenso marcado y sostenido en septiembre y octubre, período en el cual se delimitaría la ventana principal de desove. En los clústers 2 y 3 (UM C, E, F, G), la contracción del SGI y la consecuente liberación de gametas ocurren anticipadamente, concentrándose en el tercer trimestre (julio-septiembre). Si bien las tendencias espaciales actuales muestran consistencia, las próximas etapas del estudio contemplan la incorporación de análisis histológicos para validar y complementar el patrón reproductivo inferido a través de las variaciones del SGI. Asimismo, se prevé incrementar el esfuerzo de muestreo en las diferentes UM con el propósito de expandir la base de datos y robustecer la resolución espacio-temporal del análisis.
- Respecto a la **edad y talla de primera madurez**, si bien aún falta la confirmación histológica, hubo un alto consenso en clasificar mediante características macroscópicas de las gónadas a los individuos mayores de 27,9 mm como maduros sexualmente. El modelo segmentado estima un punto de quiebre en los 27,7 mm de diámetro en la pendiente de crecimiento alométrico de las gónadas a partir del cual la pendiente aumenta significativamente. Este punto de la talla se corresponde con la talla a partir de la cual se clasifica a todos los individuos como maduros sexualmente.
- Respecto a la **edad y talla máxima**, al integrar la relación observada entre el número de crestas y el diámetro de la testa con las estimaciones de talla de primera madurez detalladas en el apartado previo, se puede inferir de manera preliminar que los individuos de *S. agassizii* alcanzarían la madurez sexual al registrar entre 3 y 4 crestas. Bajo la hipótesis de que estas marcas poseen una periodicidad de depósito anual (como se ha demostrado en *Z. patagonica*, Lomovasky et al. 2007), la incorporación de los ejemplares a la fracción reproductora de la población ocurriría entre los 3 y 4 años de edad. No obstante, para otorgar validez predictiva a esta hipótesis, es necesario realizar a futuro dos metodologías complementarias. Por un lado, corroborar mediante técnicas directas la tasa de depósito anual de las crestas para confirmar si se corresponden estrictamente con bandas de edad absoluta, y, por otro, optimizar y estandarizar el procesamiento técnico con grafito para extender el tamaño muestral a un volumen significativamente mayor de erizos, permitiendo así ajustar curvas de crecimiento teórico (e.g., Von Bertalanffy) representativas para la especie.
- Del análisis del **crecimiento por talla**, la progresión temporal de las distribuciones de tamaño confirma que la estructura poblacional de *S. agassizii* varía según el sector geográfico analizado. El clúster 1 se caracteriza por una estructura de tamaños estable y concentrada en ejemplares adultos (~ 45-48 mm) con crecimiento ralentizado. En el clúster 2 se determinó una tasa de crecimiento lenta estimada en 6-8 mm para un período de dos años, consistente con la biología de los equinoideos y la ocurrencia de pulsos de reclutamiento juvenil rastreables en el tiempo. En el clúster 3, se identificó exitosamente el reclutamiento y la progresión de una cohorte juvenil (crecimiento desde ~17 mm hasta superar los 20 mm), en paralelo con la transición

Tabla 3. Comparación de scores PSA por atributo: valor original OIA (2022) vs. valor propuesto en el taller, con el nivel de acuerdo y la síntesis del cambio. P: productividad; S: susceptibilidad.

Atributo	Dim.	OIA 2022	Propuesto (taller)	Nivel de acuerdo	Síntesis del cambio
Edad de primera madurez	P	3	1	Alto (5/6)	↓ Corrige el uso de la edad máxima ($\approx 70-75$ a.) como proxy de madurez
Longevidad máxima	P	3	2	Alto	↓ Reemplaza el dato de <i>S. neumayeri</i> por evidencia específica preliminar
Fecundidad	P	1	1	Alto	= Sin cambio de score; se corrige el origen del dato a info general de <i>Sterechinus</i>
Estrategia reproductiva	P	1	1	Alto	= Sin cambio de score; se corrige "brooding" → larva planctotrófica
Nivel trófico	P	2	2	Alto	= Sin cambio; se acepta omnívoro/detrívoro bentónico. Basado en estudios específicos
Densodependencia	P	1	2-3	Bajo (s/consenso)	↑ No se fuerza consenso; rango 2-3, alta incertidumbre. Se toma el peor valor para el cálculo
Solapamiento areal	S	3	1	Alto (4/6)	↓ SDM: 14,2 % de overlap con UM; 7,8 % con esfuerzo intensivo
Encontrabilidad	S	3	2	Alto	↓ Presencia heterogénea; coocurrencia con la profundidad de pesca
Selectividad del arte	S	3	2	Alto	↓ Ensayos preliminares muestran selectividad por talla
Mortalidad post-captura	S	2	3	Alto	↑ Aumenta el riesgo: $\sim 93-100$ % de mortalidad tras el rolo selector

y fusión de las clases de tallas mayores. Existe una clara diferencia en la robustez de los datos, donde los clústers 1 y 2 presentan una mayor representatividad que el clúster 3, evidenciando la necesidad de intensificar el muestreo en las UM del sur. Por último, se destaca la prioridad de validar la relación edad-talla a fin de determinar con certeza la correspondencia cronológica de las tallas observadas, un paso clave para determinar con precisión los parámetros de crecimiento y longevidad real de la especie.

- La evidencia obtenida respecto del atributo **Solapamiento** (Superposición del esfuerzo pesquero con una concentración de especies en la población, según MSC) demuestra que la mayor parte de la población potencial de *S. agassizii* se localizaría fuera de las unidades de manejo (UM), es decir, fuera de las zonas sujetas a arrastre de fondo. Si bien la distribución potencial constituye una hipótesis acerca de las áreas que podría habitar la especie, campañas recientes realizadas a bordo del buque Falkor (too) del Schmidt Ocean Institute documentaron mediante video ROV la presencia de *S. agassizii* en áreas por fuera de las UM previamente inexploradas (Por ejemplo, en el SOI Divestream 856 del 11/10/2025, en el horario 11:02 UTC se observan erizos a 328 m - <https://www.youtube.com/watch?v=1qB5nqGwOZo>; en el SOI Divestream 855 del 10/10/2025 a las 18:29 UTC a 336 metros <https://www.youtube.com/watch?v=unK8z38GXQU>). Estos registros derivados de video ROV son independientes del conjunto de datos utilizado para construir el modelo, y proporcionan, por lo tanto, un soporte empírico adicional para las predicciones de distribución obtenidas aquí.
- Respecto a la **encontrabilidad** (La posición de la población/especie dentro del hábitat en relación con la posición del arte de pesca, según MSC), la evidencia sostiene un valor de encontrabilidad intermedio de 2. Por ser epibentónica, la especie ocupa el estrato que barre el arte de pesca y

resulta encontrable por el mismo allí donde está presente. Sin embargo, su presencia parcial en los lances (46 %) y su distribución espacialmente agregada (confirmada de coincidentemente por Taylor, Morisita y Clark Evans) implican que el encuentro con el arte no es uniforme en el área de pesca. Este patrón fundamenta la revisión del atributo a un nivel intermedio de 2 en el PSA (ver sección d). A su vez, la cuantificación de la escala de agregación mediante Ripley establece la base operativa de una estrategia de evitación espacial (move-on), con umbrales específicos por zona, que constituye evidencia de medida para las Condiciones 2 y 4 (ver sección de Cumplimiento). Cabe destacar que la encontrabilidad no es homogénea en la zona de pesca: es baja en las UM del norte (A, A1, B), donde el erizo es infrecuente, y aumenta marcadamente hacia el sur (E, G), donde la presencia se aproxima al 100 %. Esta estructura tiene una implicancia directa para el manejo: la viabilidad de una estrategia de move-on depende tanto de la abundancia total como de la arquitectura de los parches, resultando innecesaria en zonas donde la abundancia es consistentemente baja y los parches son de baja extensión (UM A1 y A) posible donde la abundancia empieza a aumentar y los parches de presencia son más extensos (UM B y C) y necesaria donde la abundancia es consistentemente alta y la presencia es mayor (desde la UM C hacia el sur).

- Respecto a la **evaluación del desempeño de redes comerciales** (EU versus CC), en Ocampo et al. (2025) se concluyó que: 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. Si 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.

8. Respecto a la **comparación entre la red comercial y la rastra**: Se observa que en líneas generales se obtiene un menor número de juveniles en las muestras de la red comercial respecto a las muestras de la rastra. Con ello, los individuos inmaduros de menor tamaño parecieran ser positivamente descartados por la red comercial, mostrando un patrón de selectividad por talla para *S. agassizii*. Se precisa incrementar la cantidad de muestras con la rastra y sus correspondientes lances con red para poder generar análisis estadísticos suficientemente robustos y poder detectar diferencias en estas proporciones.
9. Respecto a la **mortalidad post captura** en Luppi et al. (2025) se concluyó que: 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
10. La revisión del PSA para *S. agassizii* realizada en el taller técnico en base la nueva información obtenida durante el STAN y el SRF, eleva el puntaje MSC del PI 2.2.1 de 75 (riesgo medio) a un rango de 86-95 (riesgo bajo), con los seis evaluadores involucrados puntuando, todos, este PI por encima del umbral de SG80. Esta mejora resultó mayormente en la recalibración de atributos de productividad con datos específicos y en el bajo solapamiento espacial documentado aquí; en contraposición, la mortalidad post-captura (PCM) fue revisada en base a las experiencias realizadas a bordo y consecuentemente modificada al alza, un ajuste conservador que respalda la objetividad y validez del ejercicio. Conforme a la meta del tercer año, este análisis constituye una base argumental preliminar y trazable, cuya consolidación definitiva está supeditada al plan de trabajo del Año 2 del SRF y al desarrollo de la tesis doctoral en curso (ver sección d). Los hitos pendientes para dicha consolidación incluyen: la estimación de la fecundidad para la especie (b.2); la validación de la periodicidad de bandas y el muestreo de tallas extremas para la curva de crecimiento (b.4, b.5); la confirmación histológica del ciclo reproductivo (b.1); un estudio dirigido sobre la densodependencia (único atributo que no consiguió consenso en el taller por falta de información en general y por tanto puntuada en su valor más precautorio de 3); y el incremento del tamaño muestral (N) en los ensayos de selectividad del arte de pesca.

Sobre el cumplimiento de las Condiciones 2 y 4 (tercer año de revisión)

Se sintetiza cómo la evidencia del informe responde a las Condiciones 2 y 4 y a la meta del tercer año (2nd Surveillance Report, 2025): resultados preliminares sobre la efectividad y viabilidad de medidas alternativas para minimizar la mortalidad de la captura no deseada de especies secundarias. Como la información actual no permite aún derivar límites de captura biológicamente fundamentados para *S. agassizii*, el grupo cliente avanzó por la vía de la evaluación de medidas de mitigación conforme habilita la propia condición.

En conjunto, la evidencia presentada durante el tercer año de seguimiento demuestra un avance sustancial respecto de las incertidumbres identificadas durante la recertificación. Los resultados permiten reevaluar atributos clave de productividad y susceptibilidad de *S. agassizii*, aportan información sobre la efectividad y factibilidad de medidas de mitigación y proporcionan una base científica sólida para la evaluación del cumplimiento de las Condiciones 2 y 4 durante la próxima auditoría de seguimiento.

Condición 2 (PI 2.2.1)

La Condición 2 demanda evidencia de reducción del alto riesgo de los atributos de susceptibilidad de *S. agassizii* (en particular solapamiento/encontrabilidad, selectividad del arte y/o mortalidad post-captura). En este periodo, se analizó el solapamiento areal con la información actual y de acuerdo a la evidencia generada indica que el atributo Solapamiento puede ser reevaluado desde un nivel de riesgo alto hacia un nivel de riesgo bajo (score de 3 a 1; ver sección c.1: 14,2 % de coincidencia con las UM y 7,8 % con el esfuerzo intensivo). Asimismo, la selectividad debería pasar a un nivel intermedio (score de 3 a 2; ver sección c.3), mientras que la mortalidad post-captura revisada adoptaría un valor de mayor riesgo que originariamente (score de 2 a 3; ver sección c.4). La condición contempla además que los atributos de Productividad asignados por defecto en “alto riesgo” por falta de datos pueden ser reevaluados a la baja cuando se genere nueva evidencia que lo justifique (Morsan et al. 2023). La nueva evidencia sobre los atributos de Productividad que se presentan en este informe (sección b), fue evaluada por 6 especialistas de manera independiente y utilizada en el ejercicio de calibración del PSA durante el taller específico (sección d), elevando el puntaje del PI 2.2.1 de 75 (riesgo medio) a 86-95 (riesgo bajo), por encima del umbral de 80. Dado que no se derivaron límites de captura en base a evaluaciones analíticas de stock o enfoques empíricos, se optó por la vía de medidas alternativas conforme a la propia condición (ver más abajo). El conjunto constituye evidencia preliminar y trazable de que el alto nivel de riesgo puede reducirse. Por último, es particularmente relevante destacar que la totalidad de los evaluadores independientes obtuvieron valores superiores al umbral SG80 requerido por MSC, lo que aporta robustez y consistencia al ejercicio de recalibración.

Condición 4 (PI 2.2.2)

La Condición 4 demanda una revisión periódica de la efectividad y factibilidad práctica de medidas desplegadas para minimizar la mortalidad de especies secundarias en general y de su implementación si corresponde. Atento a esto se analiza a continuación, medida por medida, la evidencia preliminar de efectividad y la factibilidad operativa, integrando los resultados de las secciones c.1 a c.4.

Devolución de individuos: Consiste en recuperar, durante el vaciado de red y antes del rolo selector, a los individuos que llegan con menor nivel de daño, devolviéndoles al mar antes de las etapas donde la mortalidad se concentra. Su fundamento es que parte de la mortalidad se produce de forma progresiva durante el procesado, de modo que adelantar la devolución preserva a la fracción aún viable en ese punto. Los datos que se presentan aquí señalan que la mejora en este caso sería marginal dado que una proporción importante del daño se origina en el propio proceso de captura, previo a cualquier manipulación a bordo, con lo que la fracción efectivamente recuperable es limitada. Sin descartarla como aporte complementario, la devolución manual no parece ser un punto donde aplicar medidas con resultados sustanciales. Además, su aplicación es operativamente compleja dadas las características de la operación y maniobra de izado y volcado de la captura.

Evitación espacial (*move-on*): El bajo solapamiento areal (sección c.1) y la distribución agregada de la especie (sección c.2) sostienen la plausibilidad de evitar los parches de mayor densidad, reduciendo el encuentro con el arte y la captura expuesta a mortalidad. A diferencia de la manipulación a bordo, la evitación opera antes de la captura, lo que la posiciona como una vía con mayor potencial de mitigación. Los datos preliminares disponibles sobre distribución espacial a más fina escala indican que es una estrategia con potencial, pero requiere determinar con mayor precisión las distancias mínimas de desplazamiento para las distintas áreas o situaciones (sección c.2) ya que aparecen como variables entre las UM estudiadas.

Selectividad del arte. La revisión a la fecha ha integrado dos comparaciones complementarias. La primera, entre la red comercial estándar y la red de cielo modificado (Ocampo et al. 2025), no arrojó diferencias en la captura de erizo, lo que indica que esa modificación puntual no mejoraría por sí sola la selectividad. La segunda, realizada en este informe (sección c.3), comparó la red comercial con la rastra, que constituye una mejor aproximación a la estructura real de la población y es, por lo tanto, el contraste más informativo sobre el efecto selectivo de la red de uso estándar en la pesquería. Los resultados de esta última comparación muestran un menor número de juveniles en la red comercial que en la rastra, lo que sugiere que la red estándar ya ejerce cierta selección por talla, descartando positivamente a los individuos inmaduros de menor tamaño. Si bien se requiere ampliar el número de muestras pareadas red-rastra para concluir sobre este punto, los datos actualmente apoyan que el arte comercial presenta selectividad respecto del tamaño y particularmente de las tallas que se consideran inmaduras. Es por tanto una línea con margen de desarrollo para una potencial mejora.

En conjunto, las medidas analizadas responden a las metas previstas para ambas condiciones y, por tratarse de enfoques no específicos resultan trasladables a la minimización del riesgo sobre las demás especies secundarias principales de la fauna acompañante. De entre las tres, la evitación espacial aparece como la vía con mejor relación entre aplicabilidad y resultados; la selectividad queda como línea abierta con evidencia preliminar de que la red ya selecciona por talla; y la devolución manual aparece como un aporte complementario, pero de alcance limitado al menos para el erizo. Con ello, la evidencia disponible indica que la estrategia de evitación espacial (*move-on*) presenta actualmente la combinación más favorable entre efectividad potencial y factibilidad operativa. Por este motivo

se identifica como la principal medida candidata para continuar desarrollando durante las siguientes etapas del plan de acción.

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.

BIBLIOGRAFÍA

- Bento L, Jove A, Aubone A, Campodonico S (2023) Tamaño mínimo de muestra para longitudes de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*) en campañas de investigación de la Unidad de Manejo A. Informe Investigación INIDEP N 140/23, 13pp
- Blount C, Worthington DG, Byrne M, Chick RC, Andrew NL (2024) Aging of the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* using demi-pyramid microstructure. Fish Res. 270: 106899.
- Bremec C, Lasta M (2002) Epibenthic assemblage associated with scallop (*Zygochlamys patagonica*) beds in the Argentinian shelf. Bull Mar Sci. 70: 89-105.
- Campodónico S, Garaffo G (2014) Variación estacional de los índices gonadal y muscular de *Zygochlamys patagonica* (King, 1832) en relación con el almacenamiento de reservas energéticas. Rev Invest Desarr Pesq. 24: 75-86.
- Escolar M, Bremec C (2015) Comunidad de equinodermos en bancos de vieira patagónica asociados al frente de talud en el mar argentino. Rev Invest Desarr Pesq 26:23-36.
- 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. Rev Invest Desarr Pesq. 30: 53-73.
- Hahsler M, Piekenbrock M, Doran D (2019) dbSCAN: Fast Density-Based Clustering with R. J Stat Softw. 91(1): 1-30. doi:10.18637/jss.v091.i01
- Lomovasky BJ, Brey T, Baldoni A, Lasta M, Mackensen A, Campodonico S, Iribarne O (2007) Annual shell growth increment formation in the deep water Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica*. J Shellfish Res. 26(4): 1055-1063.
- Luppi T, Farías N, Ocampo E, Núñez 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, 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, Núñez 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, 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 científicotécnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N° 41 (UNMdP-CONICET). 23pp. ISSN 2796-9088
- Muggeo, VMR (2003) Estimating regression models with unknown break-points. *Statist Med.* 22: 3055-3071. <https://doi.org/10.1002/sim.1545>
- 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. ISSN 2796-9088
- Ouréns R, Freire J, Fernández L (2012) Definition of a new unbiased gonad index for aquatic invertebrates and fish: its application to the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquat Biol.* 17: 145-152.
- R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Veale LO, Hill AS, Hawkins SJ, Brand AR (2001) Distribution and damage to the by-catch assemblages of the northern Irish Sea scallop dredge series. *J Mar Biol Assoc UK.* 81: 85-96.

ANEXO A. TALLER DE EXPERTOS: REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD (PSA) DEL ERIZO *STERECHINUS AGASSIZII*

1. Datos generales

Denominación	Taller técnico de revisión del PSA de <i>Sterechinus agassizii</i> - Pesquería de vieira patagónica, recertificación MSC.
Fechas	11, 12 y 13 de mayo de 2026 (tres jornadas).
Lugar	Mar del Plata, Argentina. Sede: IIMyC / CCT CONICET (Mar del Plata).
Organización	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET-UNMDP. Equipo ejecutor del STAN y del proyecto SRF.
Modalidad	Panel de evaluación por pares (evaluadores independientes externos e internos) con sesiones de presentación de evidencia abiertas.
Financiamiento	Financiado parcialmente por el Marine Stewardship Council (MSC) a través del Science and Research Fund (SRF), Ocean Stewardship Fund (Grant Agreement 2024-1286), de forma complementaria al Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN, CONICET) acordado con el Grupo Cliente.

- Carácter abierto a la comunidad científica** Además del trabajo del panel de evaluadores, las instancias de presentación de la evidencia y de discusión técnica del taller tuvieron carácter abierto. Participaron, junto al equipo ejecutor, investigadores, becarios y tesistas del IIMyC y de instituciones colaboradoras (INIDEP), así como representantes del Grupo Cliente y del programa de observadores científicos. Esta apertura buscó maximizar la transparencia del proceso de recalibración del PSA y enriquecer la discusión con expertise diverso.
- Integrantes** La evaluación estuvo a cargo de un panel con distintos grados de independencia respecto del Grupo Cliente y del equipo ejecutor del STAN/SRF. A continuación se reseñan los participantes. Los campos marcados como [completar] (correo electrónico, redes y número exacto de publicaciones) deben ser confirmados con cada participante o tomados de su CV, para no consignar datos personales no verificados.

a. Evaluadores externos independientes

Sin vínculo institucional ni contractual con el Grupo Cliente ni con el STAN/SRF.

Participante	Cargo / Procedencia	Especialidad	Publicaciones y contacto
Dra. Rosana Ouréns	Investigadora científica senior en pesquerías (CEFAS – Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, Reino Unido).	Evaluación y manejo de pesquerías con datos limitados; dinámica poblacional de recursos costeros y mariscos. Doctorado sobre dinámica poblacional e historia de vida del erizo <i>Paracentrotus lividus</i> ; participación regular en grupos de trabajo del ICES.	Perfil público en ResearchGate/ORCID. N° pubs y e-mail: https://www.researchgate.net/profile/Rosana-Ourens rosana.ourens@cefass.co.uk; LinkedIn: rosanaourens
Dra. Analía Pérez	Investigadora Universidad CONICET – Maimónides (Buenos Aires, Argentina).	Biodiversidad, reproducción, fisiología y contaminación en equinodermos. Miembro de la Red Iberoamericana de Equinodermos.	Perfil público en ResearchGate (~34 trabajos, a verificar). E-mail/redes: https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/p/analía-fernanda-perez analiafperez1@gmail.com
Dr. Jonathan Flores	Becario postdoctoral CONICET – IBIOMAR (Instituto de Biología de Organismos Marinos), CCT CONICET-CENPAT, Puerto Madryn.	Sistemática, taxonomía y biología reproductiva de equinodermos (erizos de mar), incluyendo equinoideos subantárticos y de aguas profundas; conectividad genética. Integrante del Grupo de Estudios del Mar Profundo de Argentina (GEMPA). Doctor en Cs. Biológicas (UBA); +10 años de trabajo con erizos de mar de Argentina.	Perfil público CONICET. N° pubs y e-mail/redes: https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/p/jonathan-nahuel-flores flores.jonathan@gmail.com.

b. Evaluadores internos independientes

IIMyC (CONICET-UNMDP), sin participación en el STAN específico ni en el proyecto SRF.

Participante	Cargo / Procedencia	Especialidad	Publicaciones y contacto
Dra. Claudia C. Bas	Investigadora CONICET – IIMyC (CONICET-UNMDP), Mar del Plata.	Ecofisiología de crustáceos; plasticidad fenotípica, desarrollo, crecimiento y respuesta a ambientes variables; análisis de rasgos de historia de vida.	Perfil público BICYT-CONICET. N° pubs y e-mail/redes: https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/p/claudia-cristina-bas ccbas@mdp.edu.ar.
Dr. Marcelo J. Kittlein	Investigador Principal CONICET; docente UNMDP – IIMyC (CONICET-UNMDP), Mar del Plata.	Ecología cuantitativa y estadística aplicada a datos ecológicos y genéticos; modelado poblacional y de procesos ecológicos; genética de poblaciones. Trabajos sobre eficiencia de artes de pesca aplicables a esta pesquería.	Perfil público CONICET (Inv. Principal). N° pubs y e-mail/redes: https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/p/marcelo-javier-kittlein kittlein@mdp.edu.ar.

c. Equipo ejecutor (STAN/SRF) y aporte técnico (no evaluadores independientes)

Presentaron la evidencia y dieron soporte metodológico; el equipo ejecutor del IIMyC realizó además su propia recalibración del PSA, computada como una de las seis evaluaciones independientes entre sí.

- Equipo ejecutor IIMyC (CONICET-UNMDP):** Dr. Tomás Luppi, Dr. Nahuel Farías, Dr. Emiliano Ocampo, Dr. Jesús Núñez, Dr. Pablo Meretta y Lic. Agustín Bianchini (tesista doctoral).
- Asesores científicos del Grupo Cliente:** Dres. Oscar Iribarne y Mario Lasta.
- Grupo Cliente (Glaciar Pesquera S.A.):** Ing. Marcelo Boscian e Ing. Gabriel Suárez.
- Programa de observadores científicos:** Lic. Julián Webb (Argentina MMO Environmental Services).
- INIDEP:** Ing. Victoria Leuci (Asesora de certificaciones pesqueras).

4. Temario del taller (según fue presentado)

Participante	Cargo / Procedencia	Especialidad
Jornada	Bloques de trabajo	Productos (output)
Día 1 - Marco y evidencia	Apertura (objetivos y reglas metodológicas). Marco MSC + RBF: funcionamiento del PSA y scores vigentes. Revisión de la fauna acompañante (Condiciones 3 y 4). Biología de <i>S. agassizii</i> : historia de vida y comparación con proxies. Identificación de problemas del PSA.	Marco común; lista de atributos con scores vigentes (revisables y críticos); lista priorizada de atributos problemáticos.
Día 2 - Evaluación técnica y consenso	Evaluación externa (crítica de especialistas, llenado de tabla a la vista). Discusión atributo por atributo de Productividad y luego de Susceptibilidad. Consenso y conflicto.	Observaciones por atributo; scores preliminares de P y de S; matriz de conflicto.
Día 3 - Integración, manejo y cierre	Integración global del PSA. Incertidumbre y prioridades de investigación. Medidas de manejo y mitigación. Estrategia de presentación ante la OIA. Cierre y síntesis.	PSA recalibrado y trazable; matriz atributo $\times$ evidencia; tabla de medidas; lineamientos y plan de acción.

Nota: el detalle horario por bloque (cronograma completo) consta en el programa del taller distribuido a los participantes.

5. **Especies y fuentes de referencia** En la mayoría de los atributos el panel reemplazó las especies *proxy* de 2022 por datos propios de *S. agassizii* generados por el STAN y el proyecto SRF. Sólo donde aún no hay datos propios se recurrió a referencias que se consideraron mas pertinentes que las originales por ser ecológica o filogenéticamente más similares a la especie foco: Se utilizó información general disponible en bibliografía del género *Sterechinus* para la fecundidad y nivel trófico, y el marco general de los equinodermos para atender al atributo de densodependencia. Como referencia metodológica para la lectura de estructuras que permitan estimar edades, se empleó la metodología aplicada a *Centrostephanus rogersii* y se asumió para periodicidad anual de bandas de crecimiento por analogía con lo registrado para la vieira *Zygochlamys patagonica* (co-distribuida).

Atributo	Proxy/fuente OIA 2022	Referencia o dato usado por el panel en el taller	Tipo de reemplazo
Edad de primera madurez	<i>Sterechinus neumayeri</i> (antártico): se asumió la edad máxima estimada (~70-75 años) como proxy de primera madurez	Datos propios de <i>S. agassizii</i> : L50 $\approx$ 18,8 mm y L95 $\approx$ 27,9 mm (clasificación gonadal macroscópica + regresión segmentada peso gonadal-diámetro, quiebre $\sim$ 27,7 mm). Método de edad por bandas adaptado de <i>Centrostephanus rogersii</i> (Blount et al. 2024).	Datos propios + análogo metodológico
Longevidad máxima	<i>S. neumayeri</i> (longevidad $\sim$ 75 años, Brey et al. 1995) y género <i>Sterechinus</i> en general (Schultz 2015).	Datos propios preliminares: lectura de bandas de crecimiento (restas en hemipirámide). Temporalidad del bandeo no validada directamente. Periodicidad anual por analogía con <i>Zygochlamys patagonica</i> (Lomovasky et al. 2007).	Datos propios + análogo
Fecundidad	<i>Diadema savignyi</i> (Mar Rojo) y <i>Salmacis sphaeroides</i> (costas de Malasia). <i>Especies tropicales sin relación filogenética con los equinoideos subantárticos; evidencia geográfica y taxonómicamente inadecuada.</i>	Información general del género <i>Sterechinus</i> y de equinoideos regulares de desove libre.	Grupo de referencia mejor fundamentado
Estrategia reproductiva	Clase Echinoidea en general (información de referencia generalizada con fuente tipo SeaLifeBase). Dato general de la clase; el PSA original consignó "brooding" como posible; corregido luego a desove libre con larva planctotrófica	Corregido a desove libre / larva planctotrófica, sustentado en el índice gonadal propio (SGI), ciclo anual con variación geográfica. Ciclo reproductivo comparado con <i>Z. patagonica</i> (Campodónico & Garaffo 2014).	Datos propios + análogo
Nivel trófico	Género <i>Sterechinus</i> antártico (Brey & Gutt 1991; Chiantore et al. 2006; McClintock 1994); omnívoros bentónicos (Dunton 2001).	Se mantiene la referencia: omnívoro/detrívoro bentónico del género <i>Sterechinus</i> . Datos de comunidades bentónicas antárticas; nivel trófico de omnívoros 2,9-3,3 y específicos de la especie (Mauna et al. 2011)	Misma referencia, validada
Densodependencia	Revisión de equinodermos (Uthicke et al. 2009).	Sin dato propio; se mantiene el marco general del filo. Sin consenso; valor conservador (??).	Marco general (sin reemplazo)
Solapamiento areal	Marco general del filo (efectos Allee en larvas planctotróficas); no específico de la especie. Revisión de equinodermos (Uthicke et al. 2009): modelos <i>Diadema-Paracentrotus</i> , <i>Amperima-Amphiura</i> , <i>Acanthaster-Asterias</i> .	Datos propios: modelo de distribución de ensamble (103 registros; biomod2; Bio-ORACLE). Validación independiente con video ROV (Schmidt Ocean Institute, Falkor too).	Datos propios
Encontrabilidad	Rango/coocurrencia (sin cuantificar). Distribución reportada de <i>S. agassizii</i> y equinodermos magallánicos coocurrentes	Datos propios: muestreo a bordo, GAM batimétrico e índices de agregación (Lloyd, Morisita, Clark-Evans, Taylor y funciones de Ripley).	Datos propios
Selectividad del arte	Sin ensayos; alto riesgo precautorio.	Datos propios: comparación red comercial vs. rastro, y red estándar vs. cielo modificado (Ocampo et al. 2025).	Datos propios
Mortalidad post-captura	<i>Austrocidaris canaliculata</i> (Schwartz et al. 2016).	Datos propios: experimentos de daño y supervivencia a bordo (Luppi et al. 2025).	Datos propios

6. Resultados de la recalibración del PSA

- a. **Puntajes individuales por evaluador y atributo** Cada evaluador asignó, de forma independiente, un puntaje de 1 (bajo riesgo) a 3 (alto riesgo) por atributo. El color indica el cambio respecto del valor de la OIA 2022: **verde** = menor riesgo, **rojo** = mayor riesgo, negro = sin cambio.

Atributo	Dim	OIA	Ouréns	Pérez	Flores	Bas	Kittlein	Webb
Edad de primera madurez	P	3	1	1	2	1	1	1
Longevidad máxima	P	3	2	2	2	2	2	2
Fecundidad	P	1	1	1	1	1	1	1
Estrategia reproductiva	P	1	1	1	1	1	1	1
Nivel trófico	P	2	2	2	2	2	2	2
Densodependencia	P	1	3	3 ¹	3 ¹	2	2	3 ¹
Solapamiento areal	S	3	1	1	2	1	2	1
Encontrabilidad	S	3	2	2	2	2	2	2
Selectividad del arte	S	3	2	2	2	2	2	2
Mortalidad post-captura	S	2	3	3	3	3	3	3

¹ Densodependencia: Ouréns, Pérez, Flores y Webb la consideraron indeterminable por falta de información; para el cálculo se adoptó el valor más conservador (3). Bas y Kittlein propusieron 2. No hubo consenso en este atributo.

- b. **Retrocálculo en la planilla oficial RBF v3 (solapa PI 2.2.1)** Ingresados los puntajes de cada evaluador en la planilla del MSC para la evaluación de pesquería por la vía del Risk Base Framework (<https://www.msc.org/docs/default-source/default-document-library/for-business/program-documents/chain-of-custody-supporting-documents/msc-rbf-worksheet-s-v3.xlsx>), el cálculo automático del score PSA y del score MSC derivado fue el siguiente:

Evaluación	Productividad (prom.)	Susceptibilidad (multipl.)	Score PSA	Score MSC	Categoría
OIA 2022 (ref.)	1,83	2,33	2,96	69 ¹	Riesgo medio (60 -79) -> condición
Ouréns	1,67	1,28	2,10	93	Riesgo bajo (≥ 80)
Pérez	1,67	1,28	2,10	93	Riesgo bajo (≥ 80)
Flores	1,83	1,58	2,42	86	Riesgo bajo (≥ 80)
Bas	1,50	1,28	1,97	95	Riesgo bajo (≥ 80)
Kittlein	1,50	1,58	2,18	92	Riesgo bajo (≥ 80)
Webb (ArgMMO)	1,67	1,28	2,10	93	Riesgo bajo (≥ 80)

¹ Valor calculado al reingresar los atributos originales de la OIA en la planilla v3 (score PSA-derivado = 69). El puntaje formalmente registrado por la OIA para la Condición 2 es 75; ambos corresponden a riesgo medio (60–79). a: Evaluadores independientes externos, b: Evaluadores independientes internos, c: Aporte de evaluación técnica no independiente, parte del equipo técnico ejecutor del IIMYC

- c. **Síntesis** Las seis recalibraciones (tanto las independientes como las del grupo ejecutor IIMYC) superaron el umbral SG80, con un rango de 86 a 95 puntos (riesgo bajo), frente al valor de 75 (riesgo medio) vigente de la OIA. El cambio no proviene de la relajación de los criterios en atributos de susceptibilidad (la mortalidad post-captura subió de 2 a 3 y la densodependencia se mantuvo en su valor más conservador de 3), sino que se explica por la modificación de los atributos de productividad con datos específicos de la especie en contraste con las generalizaciones requeridas al momento de la evaluación de la OIA ante la falta de información específica, y por el bajo solapamiento espacial documentado entre la distribución del erizo y el área de pesca. La consolidación definitiva queda supeditada a los hitos pendientes del Año 2 del SRF y de la tesis doctoral (estimación empírica de la fecundidad de la especie, validación de la periodicidad de bandas, confirmación histológica del ciclo reproductivo, estudio dirigido de densodependencia e incremento del N en los ensayos de selectividad).

BIBLIOGRAFÍA

- Blount C, Worthington DG, Byrne M, Chick RC, Andrew NL (2024) Aging of the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* using demipyramid microstructure. Fish Res. 270: 106899.
- Brey T, Gutt J (1991) The genus *Sterechinus* (Echinodermata: Echinoidea) on the Weddell Sea shelf and slope (Antarctica): distribution, abundance and biomass. Polar Biol. 11: 227-232. <https://doi.org/10.1007/BF00238455>
- Brey T, Pearse J, Basch L, McClintock J, Slattery M (1995) Growth and production of *Sterechinus neumayeri* (Echinoidea: Echinodermata) in McMurdo Sound, Antarctica. Mar Biol. 124: 279-292. <https://doi.org/10.1007/BF00347132>
- Campodónico S, Garaffo GV (2014) Variación estacional de los índices gonadal y muscular de *Zygochlamys patagonica* (King, 1832) en relación con el almacenamiento de reservas energéticas. Rev Invest Desarr Pesq. 24: 75-86.
- Chiantore M, Guidetti M, Cavallero M, De Domenico F, Albertelli G, Cattaneo-Vietti R (2006) Sea urchins, sea stars and brittle stars from Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). Polar Biol. 29: 467-475. <https://doi.org/10.1007/s00300-005-0077-2>
- Dunton K (2001) $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ measurements of Antarctic Peninsula fauna: trophic relationships and assimilation of benthic seaweeds. Integr Comp Biol. 41(1): 99-112.
- Lomovasky BJ, Brey T, Baldoni A, Lasta M, Mackensen A, Campodónico S, Iribarne O (2007) Annual shell growth increment formation in the deep water Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica*. J Shellfish Res. 26(4): 1055-1063. [https://doi.org/10.2983/0730-8000\(2007\)26\[1055:ASGIFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2007)26[1055:ASGIFI]2.0.CO;2)

- Luppi T, Farías N, Núñez 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), 23 pp. ISSN 2796-9088.
- 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). J Sea Res 66: 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2011.08.005>
- McClintock JB (1994) Trophic biology of Antarctic shallow-water echinoderms. Mar Ecol Prog Ser 111: 191-202. <https://doi.org/10.3354/meps111191>
- Ocampo E, Farías N, Núñez 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), 13 pp. ISSN 2796-9088.
- Schultz H (2015) Handbook of Zoology, Echinodermata. Volume 1: Echinoidea. De Gruyter, Germany, 386 pp.
- Uthicke S, Schaffelke B, Byrne M (2009) A boom–bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. Ecol Monogr. 79(1): 3-24.