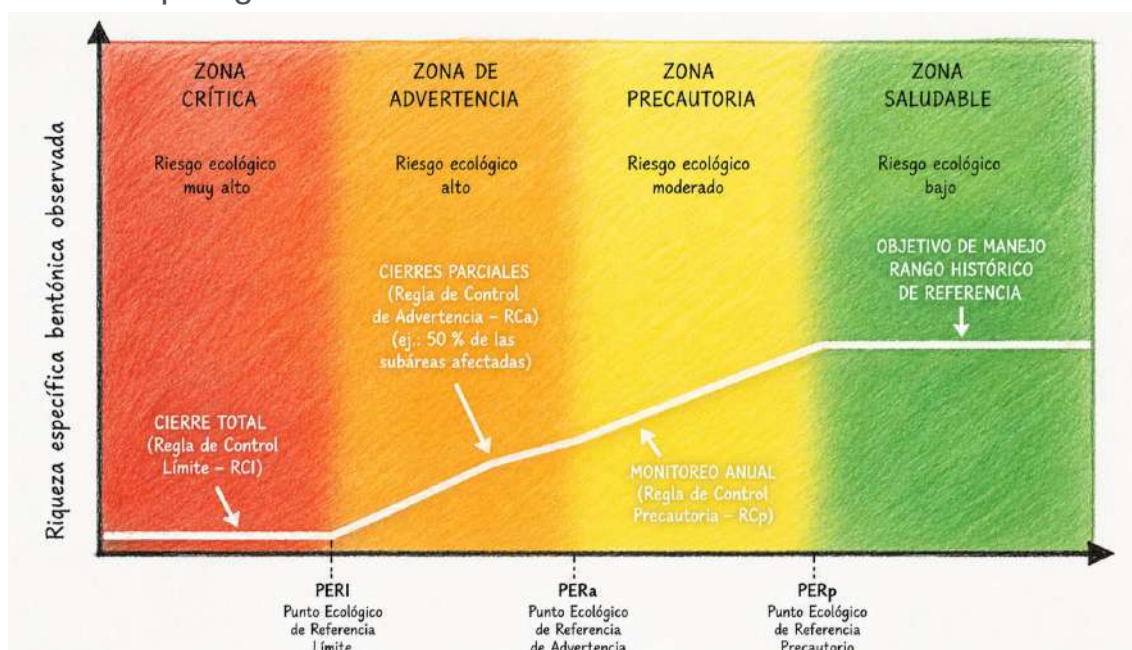


Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°51

Propuesta para la identificación de puntos ecológicos de referencia (PER) e implementación de reglas de control (RC) en la pesquería de vieira patagónica.



Autores: Oscar Iribarne, Juan Alberti, Mario Lasta.
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET
Mar del Plata, Argentina

Mar del Plata, junio 2026

Citar como: Iribarne O, Alberti J, Lasta M. (2026). Propuesta para la identificación de puntos ecológicos de referencia (PER) e implementación de reglas de control (RC) en la pesquería de vieira patagónica. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°51 (UNMdP-CONICET). 7 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://www.iimyc.gob.ar/iimyc/es/informes-tecnicos/>

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

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

Mar del Plata, junio 2026

Informe



PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS ECOLÓGICOS DE REFERENCIA (PER) E IMPLEMENTACIÓN DE REGLAS DE CONTROL (RC) EN LA PESQUERÍA DE VIEIRA PATAGÓNICA

Oscar Iribarne¹, Juan Alberti¹ y Mario Lasta

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

RESUMEN. Esta es una propuesta para avanzar con los objetivos del plan de “Enfoque Ecosistémico de la Pesquería Industrial de Vieira Patagónica” y cumplir con condiciones de la certificación en relación a indicadores ecológicos y puntos de referencia, mediante la definición de Puntos Ecológicos de Referencia (PER) y Reglas de Control (RC) basados en la riqueza específica bentónica como indicador de la “salud” del ecosistema. A partir de evidencias recientes que muestran estabilidad y resiliencia de la comunidad bentónica bajo el esquema actual de explotación, se propone tomar el rango histórico de diversidad como referencia y mantenerlo como objetivo de manejo de corto y largo plazo. Para lograr ese objetivo, se identificarán tres Puntos Ecológicos de Referencia que determinarán Reglas de Control: un Punto Ecológico de Referencia Precautorio (PERp), cuyo sobrepaso implicará el monitoreo anual del área (PERp: se sugiere percentil 10 de la riqueza específica observado en la serie histórica); un Punto Ecológico de Referencia de Advertencia (PERa), que determinará cierres parciales de las zonas que hayan alcanzado ese límite (se sugiere un 50% de las áreas identificadas) y monitoreo anual (PERa: se sugiere el percentil 5 de la riqueza específica observado en la serie histórica; y, finalmente, el Punto Ecológico de Referencia Límite (PERl), que implicará el cierre total de esas áreas y un monitoreo anual para reevaluar el estado de la riqueza específica (se sugiere que éste sea el valor de riqueza mínimo detectado en la larga serie temporal de datos, o un promedio de los mas bajos). Dado que la pesquería es espacialmente heterogénea, se sugiere subdividir las Unidades de Manejo (UM) de modo similar a la subdivisiones usadas para la evaluación poblacional y cálculo del índice Z, y aplicar el manejo a esa escala. Esto estará apoyado en un programa de monitoreo sistemático que permita evaluar cambios en el tiempo y tomar decisiones adaptativas, con revisiones periódicas en un contexto de cambio climático. Dada la falta de efecto de la actividad pesquera sobre la diversidad bentónica, el tipo de fondo (arenosos) y considerando que el esfuerzo pesquero es bajo, limitado y similar entre años, se considera apropiado establecer una periodicidad de evaluación trienal, pero -dada las limitaciones logísticas- se sugiere que anualmente se muestree un tercio de las estaciones. Dada la heterogeneidad espacial de la distribución de las abundancias de la vieira y de la fauna acompañante, se sugiere que la evaluación de riqueza específica se haga a nivel de sub áreas (y no UM completa), usando una escala espacial similar o igual a la utilizada para obtener el Z (que denominamos “sub área”).

ABSTRACT. Proposal for the Identification of Ecological Reference Points (ERPs) and the Implementation of Control Rules (CRs) in the Patagonian Scallop Fishery. This is a proposal to advance with the objectives of the plan of “Ecosystem Approach of the Patagonian Scallop Industrial Fishery” and comply with certification conditions in relation to ecological indicators and reference points, through the definition of Ecological Reference Points (ERP) and Control Rules (CR) based on the benthic specific richness as an indicator of the “health” of the ecosystem. From recent evidence that shows stability and resilience of the benthic community under the current fishing scheme, it is proposed to take the historical range of diversity as a reference and maintain it as a short- and long-term management objective. To achieve that objective, three ERPs that will determine CR will be identified: a Precautionary Ecological Reference Point (ERPp), whose exceeding will imply the annual monitoring of the area (ERPp: the 10th percentile of the specific richness observed in the historical series is suggested); a Warning Ecological Reference Point (ERPw), that will determine partial closures of the zones that have reached that limit (50% of the identified areas is suggested) and annual monitoring (ERPw: the 5th percentile of the specific richness observed in the historical series is suggested; and, finally, the Limit Ecological Reference Point (ERPl), that will imply the total closure of those areas and an annual monitoring to reevaluate the state of the specific richness (it is suggested that this be the minimum richness value detected in the long time series of data, or an average of the lowest ones). Given that the fishery is spatially heterogeneous, it is suggested to subdivide the Management Units in a similar way to the subdivisions used for the population evaluation and calculation of the Z index, and to apply the management at that scale. This will be supported in a systematic monitoring program that allows evaluating changes in time and taking adaptive decisions, with periodic revisions in a context of climate change. Given the reported lack of effect of the fishing activity on the benthic diversity, the type of bottom (sandy), and considering that the fishing effort is low, limited, and similar between years, it is considered appropriate to establish a triennial evaluation periodicity, but -given the logistic limitations- it is

suggested that a third of the stations be sampled annually. Given the spatial heterogeneity of the distribution of the abundances of the scallop and of the accompanying fauna, it is suggested that the evaluation of species richness be done at the level of sub areas (and not complete management units), using a spatial scale similar or equal to the one used to obtain the Z (which we denominate “sub-area”).

Palabras clave: Manejo adaptativo; certificación MSC; indicadores ecológicos; Plan de Manejo Ecosistémico; reglas de manejo; riqueza específica; *Zygochlamys patagonica*

Key words: Adaptive management; management rules; MSC certification; ecological indicators; Ecosystem Management Plan; species richness; *Zygochlamys patagonica*



INTRODUCCIÓN

La incorporación de criterios ecosistémicos en la gestión pesquera exige definir indicadores, puntos de referencia y reglas de control que garanticen la sostenibilidad de los recursos y la conservación de los ecosistemas, donde la biodiversidad bentónica resulta un componente importante para evaluar el estado del sistema en la pesquería de vieira patagónica. En este sentido, el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (1995) establece que la actividad pesquera debe minimizar sus impactos sobre los ecosistemas marinos, en particular sobre los fondos y hábitats críticos, reduciendo el daño físico de las artes de pesca y promoviendo un enfoque precautorio y ecosistémico orientado a preservar la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas acuáticos; asimismo, impulsa el uso de indicadores biológicos y ecosistémicos, junto con sistemas de monitoreo y referencias científicas, para evaluar el estado de los hábitats y sustentar la toma de decisiones de manejo.

En la misma línea, el “Plan de Manejo de la Pesquería Industrial de Vieira Patagónica (*Zygochlamys patagonica* [King, 1832]) en Argentina” (de ahora en más PME), que fue aprobado por la Resolución CFP N° 14/2023, es el primer plan pesquero del país implementado bajo un Enfoque Ecosistémico de la Pesca (EEP) en su Objetivo 4 (p. 37), indica evaluar los disturbios físicos asociados a la actividad pesquera sobre la estructura y la biodiversidad del ecosistema. Para ello, explica que se desarrollarán acciones orientadas a evaluar la composición de

la comunidad biológica bentónica en términos de especies y proporciones para cada Unidad de Manejo (UM), considerando la variabilidad espacial. Asimismo, se plantea generar indicadores y construir una serie histórica de esos indicadores.

Existen varias publicaciones que muestran que la pesca de la Vieira Patagónica no tiene efectos notorios en la biodiversidad bentónica. Por ejemplo, estudios en áreas explotadas desde 1996 hasta 2002, así como en otras que siguieron siendo explotadas en 2007 mostraron que no hubo cambios en diversidad y biomasa de la fauna bentónica (Bremec *et al.* 2015). La reciente publicación de Escolar *et al.* (2026), basada en una serie temporal de largo plazo (2015–2022) de la comunidad bentónica de una de las UM más pescadas, registraron 90 taxones epibentónicos sin evidencias de pérdida de especies ni disminución en los índices de diversidad. La composición comunitaria y las asociaciones de especies mostraron escasas variaciones temporales, manteniéndose ensamblajes dominantes a lo largo del tiempo. Estos resultados indican estabilidad ecológica y resiliencia del sistema, mostrando que la presión de pesca sobre los fondos marinos no ha sido negativa para la comunidad bentónica. Los autores destacan que el enfoque de manejo basado en el ecosistema aplicado está siendo efectivo. Dado que la metodología (indicadores y reglas de decisión) no está explicitada en el PME, y considerando la estabilidad comunitaria asociada a niveles similares de esfuerzo pesquero, se propone mantener las condiciones actuales de manejo, incorporando su formalización y reglamentación en función de lo solicitado en el contexto del PME, del manejo

pesquero global y, en particular, de los estándares requeridos por las certificaciones de sustentabilidad.

OBJETIVO

Para cumplir con los objetivos del Plan de Manejo Ecosistémico, se propone un esquema operativo para la definición de indicadores que denominaremos Puntos Ecológicos de Referencia (PER) y Reglas de Control (RC) basados en la biodiversidad (riqueza específica) bentónica, que permitan orientar la toma de decisiones en la gestión sustentable de esta pesquería en relación con ese componente ecológico.

DEFINICIÓN DE LOS PUNTOS ECOLÓGICOS DE REFERENCIA (PER)

Varias pesquerías en el mundo incorporan explícitamente la diversidad biológica del fondo marino para regular la presión de pesca, especialmente en sistemas con pesca de arrastre de fondo. En Europa, bajo la Política Pesquera Común y la Directiva Marco de Estrategia Marina, se utilizan indicadores del estado del bentos (como diversidad de invertebrados y sensibilidad del hábitat) para establecer restricciones espaciales y reducir el impacto del arrastre en regiones como el Mar del Norte y el Atlántico noreste. Más globalmente, en pesquerías certificadas por el Marine Stewardship Council (MSC), también se evalúa el efecto sobre comunidades bentónicas como parte de los criterios de sostenibilidad, particularmente en pesquerías de fondo sobre sustratos blandos (MSC Fisheries Standard v2.01, 2018). En conjunto, estas experiencias muestran que el uso de indicadores bentónicos para regular la pesca, si bien limitado globalmente, es creciente en regiones con enfoques ecosistémicos avanzados.

En esta pesquería se propone adoptar la riqueza específica bentónica como indicador principal del estado ecológico del sistema y definición de PER. Esto se fundamenta en que ha sido descrita en numerosos reportes técnicos del INIDEP y estudiada más recientemente por Escolar *et al.* (2026). Se trata de un indicador robusto, simple y relativamente fácil de obtener con las capacidades científico-técnicas disponibles.

Los PER, en este caso, son rangos específicos de diversidad (riqueza) de especies bentónicas que definen estados con diferente grado de preocupación (y su límite inferior) en una comunidad bentónica. En particular, los PER se definen como el rango de valores de riqueza específica bentónica encontrado (por lances) por Escolar *et al.* (2026), que de acuerdo a la conclusión de los autores es representativo de una condición ecológica de referencia sin efecto de la pesca.

En este marco, se sugiere definir como objetivos de corto y largo plazo del manejo de esta pesquería, mantener la diversidad bentónica (medida como riqueza específica) dentro del rango de referencia, evitando tendencias decrecientes. En ese contexto, los PER se sugiere definirlos de la siguiente manera:

- › Punto Ecológico de Referencia Precautorio (PERp), cuyo sobrepaso implicará el monitoreo anual del área (PERp: se sugiere el percentil 10 de la riqueza observada en la serie histórica; ver McKellar *et al.* 2026).
- › Punto Ecológico de Referencia de Advertencia (PERa), que determinará cierres parciales de las zonas que hayan alcanzado ese límite (se sugiere un 50 % de las áreas identificadas) y monitoreo anual (PERa: se sugiere el percentil 5 de la riqueza observada en la serie histórica).
- › Punto Ecológico de Referencia Límite (PERl), que implicará el cierre total de esas áreas y un monitoreo anual para

reevaluar el estado de la riqueza específica (se sugiere el valor de riqueza mínimo detectado en la larga serie temporal de datos). En este caso el valor de riqueza mínimo detectado en la larga serie temporal de datos colectados por INIDEP. Ver ANEXO donde se hace un ejercicio de como obtener esos valores.

PERIODICIDAD DE LA EVALUACIÓN

Las áreas donde se pesca la vieira patagónica presentan fondos principalmente arenosos o arenoso-fangosos, generalmente planos y con sedimentos sueltos donde estos organismos viven apoyados o parcialmente enterrados. Son ambientes de baja complejidad estructural, sin grandes formaciones como rocas o corales, y típicos del Mar Argentino, lo que los hace dinámicos y habitados por especies adaptadas al movimiento del sustrato y la sedimentación.

Estos fondos son menos susceptibles al efecto de la pesca de arrastre debido a su estructura simple y poco frágil, sin formaciones complejas. Además, los organismos que los habitan están adaptados a perturbaciones frecuentes y pueden recuperarse con relativa rapidez, lo que les confiere mayor resiliencia. Por esta razón, aunque el arrastre genera impacto, el daño suele ser mucho menor y más reversible que en otros hábitats marinos (Pitcher *et al.* 2022).

En este contexto, los tiempos de recuperación suelen ser relativamente cortos, en promedio de meses a pocos años (Pitcher *et al.* 2022). En muchos casos, la estructura física del sedimento se restablece en semanas o meses por acción de corrientes, mientras que la recuperación biológica —es decir, de las comunidades de organismos— puede demorar entre 1 y 3 años, dependiendo de la intensidad del disturbio y de las condiciones locales. Esta rapidez se explica porque se trata de ambientes dinámicos, con especies oportunistas y adaptadas a la perturbación. Recuperaciones más lentas pueden ocurrir cuando el impacto es muy frecuente o intenso.

Por estos motivos, para marcos de evaluación como el del Marine Stewardship Council (MSC) o la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (MSFD), estos fondos suelen clasificarse como de baja sensibilidad o alta resiliencia frente a la pesca de arrastre, debido a su rápida recuperación física y a comunidades biológicas adaptadas a la perturbación. En general, se consideran menos vulnerables que hábitats estructurados, como arrecifes o fondos biogénicos. En muchos esquemas de manejo pesquero se los categoriza como tipos de fondo “tolerantes” o “recuperables”, aunque esta clasificación puede variar según las condiciones ecológicas locales.

Las evidencias locales muestran que no solo no hay efectos de largo plazo (Escolar *et al.* 2026), sino que tampoco se observan cambios inmediatos en la diversidad de áreas más restringidas espacialmente sometidos a pesca (Fariás *et al.* 2026). En conjunto, estos resultados respaldan la implementación de una estrategia precautoria basada en la evaluación de las áreas pescadas con una periodicidad de tres años.

REGLAS DE CONTROL (RC)

Las Reglas de Control (RC) establecen acciones de gestión automáticas sobre el esfuerzo pesquero o su asignación espacial, basadas en la comparación entre el estado actual de la riqueza específica bentónica y los PER. Su objetivo es prevenir impactos adicionales sobre la comunidad bentónica y favorecer su recuperación.

Áreas de manejo para aplicación de RC

El manejo de la pesquería de la vieira patagónica está estructurado en Unidades de Manejo (UM), divisiones espaciales definidas con fines de administración que permiten organizar la evaluación, el monitoreo y la regulación del recurso en la plataforma continental argentina. Cada UM agrupa uno o más bancos de vieira y funciona como una unidad operativa dentro del sistema de manejo, facilitando el seguimiento científico de variables como biomasa, abundancia y condiciones bentónicas, así como la aplicación espacialmente diferenciada de medidas de manejo.

Sin embargo, la pesca presenta una distribución espacial fuertemente estructurada en bancos más o menos discretos dentro de cada UM, cuya abundancia varía entre años. Esto da lugar a una pesquería espacialmente heterogénea, donde la actividad no ocurre de forma uniforme, sino concentrada en sectores productivos específicos que cambian interanualmente. Esta dinámica está determinada tanto por la abundancia de vieira como por la distribución del esfuerzo pesquero.

Por esta razón, no resulta recomendable definir reglas de control basadas en la riqueza de especies bentónicas a escala de toda la UM. En este contexto, se propone subdividir las UM en subunidades (subáreas) y aplicar las RC a esa escala, de manera similar a lo que ocurre con el “Z”.

Programa de monitoreo para evaluar aplicación de RC

La aplicación de las RC requiere un plan de monitoreo que genere información sistemática y comparable sobre el estado del ecosistema, reduciendo la incertidumbre y permitiendo una gestión adaptativa basada en evidencia. Dado que la pesquería presenta heterogeneidad espacial dentro de cada UM, se propone un diseño de muestreo por subáreas, donde cada una constituya una unidad independiente, con un número suficiente de estaciones para captar su variabilidad interna y utilizando la misma metodología de muestreo de referencia (Escolar *et al.* 2026) para asegurar la comparabilidad. Con estos datos se estimará la riqueza específica por subárea/estación y se la comparará con el rango de referencia (PER), con el objetivo de mantener la diversidad bentónica dentro de dichos límites y evitar tendencias decrecientes tanto a corto como a largo plazo.

Una posible estrategia de muestreo consiste en un diseño en grilla con rotación trianual de celdas, en el cual las unidades espaciales se organizan en una cuadrícula regular dividida en tres subconjuntos distribuidos sistemáticamente. El grillado utilizado sería el mismo que se emplea para la evaluación de biomasa y el cálculo de Z. Cada año se muestrearía solo uno de estos subconjuntos (por ejemplo, una de cada tres celdas, dejando dos sin muestrear entre sí), de modo que en el segundo y tercer año se cubrirían las celdas restantes. Así, cada celda sería muestreada una vez cada tres años, permitiendo una cobertura completa del área en ese período, con una distribución espacial homogénea y un esfuerzo de muestreo balanceado en el tiempo.

Activación/Desactivación de RCp

El criterio de activación de las RCp (precautoria) se cumple cuando el valor del índice de diversidad seleccionado (riqueza de especies) para una subárea se ubica entre el PERp y el PERa. En ese caso, y dado que la subárea se encuentra en una zona de advertencia, la RCa establece que deberá volver a muestrearse

al año siguiente, siempre que dicha subárea esté habilitada para la pesca en función de la biomasa y del índice Z.

Activación/Desactivación de RCa

El criterio de activación de las RCa (advertencia) se cumple cuando el valor del índice de diversidad seleccionado (riqueza de especies) para una subárea se ubica entre el PERa y el PERl. En ese caso, y dado que la subárea se encuentra en una zona de advertencia, la RCa establece que deberá volver a muestrearse al año siguiente, siempre que dicha subárea esté habilitada para la pesca en función de la biomasa y del índice Z. Pero también se sugiere una acción directa precautoria que podría ser cierres parciales de las zonas que hayan alcanzado ese límite (se sugiere un 50 % de las áreas identificadas).

Activación/Desactivación de RCl

El criterio de activación de las RCl (límite) se cumple cuando el valor del índice de diversidad seleccionado (riqueza de especies) para una subárea se ubica por debajo del PERl. En ese caso, se considerará alcanzado el umbral de activación para dicha subárea. La RCl establece que deberá prohibirse el arrastre en esa subárea durante el año siguiente. La subárea donde se haya aplicado la RCl (por ejemplo, por presentar baja riqueza de especies y consecuente prohibición de pesca al año siguiente) será reevaluada en el período siguiente para determinar si la medida debe mantenerse vigente.

REEVALUACIÓN PERIÓDICA DE PER Y RC

La adopción de la riqueza específica bentónica como indicador (PER), junto con reglas de control (RC) claras y un monitoreo sistemático, constituye una herramienta robusta para avanzar hacia una gestión ecosistémica de la pesquería, acorde con los lineamientos del plan. Sin embargo, como toda medida de manejo, se recomienda su revisión periódica.

El punto 7.6.8 del Código de Conducta para la Pesca Responsable de FAO (1995), dentro de los Objetivos de Ordenación, establece que las medidas de manejo deben evaluarse continuamente y ajustarse o eliminarse cuando nueva información demuestre que no son eficaces o generan problemas. Las certificaciones que reglamentan estos principios también requieren revisiones periódicas, con distinta frecuencia según el esquema utilizado. En el caso del Marine Stewardship Council (MSC), la reevaluación de la pesquería para su recertificación se realiza cada cinco años.

Esto resulta especialmente relevante en un contexto de cambios, como los que ocurren por el cambio climático. Existen evidencias de que nuestra región está experimentando modificaciones en sus condiciones oceanográficas, principalmente asociadas a un proceso gradual de calentamiento (Matano *et al.* 2025), lo que podría alterar la dinámica del ecosistema y la efectividad de las estrategias implementadas.

REFERENCIAS

- Bremec, C., Schejter, L., y Giberto, D. (2015). Synoptic post fishery structure of invertebrate bycatch associated to *Zygochlamys patagonica* fishing grounds at the Southwest Atlantic shelf-break front (39° S, Argentina). *Journal of Shellfish Research*, 34(3):729–736.
- Daleo, P. y Alberti, J. (2025). Review of the ecological and ecosystem-level reference points applied to trawl fisheries and their potential implementation in the patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) fishery. Informes científico-técnicos 40, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (UNMdP-CONICET).
- Escolar, M., Marecos, Á., Novarin, M. P., Bastida, J., Bento, L., Chahade, N., y Schejter, L. (2026). Assessing composition and diversity of benthic invertebrates in two Patagonian scallop fishing grounds at the shelf-break front of Argentina, Southwestern Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity*, 56(2):27.
- FAO (1995). *Código de conducta para la pesca responsable*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Farías, N., Alberti, J., Ocampo, E., Nuñez, J., Bianchini, A., Meretta, P., y Luppi, T. (2026). Patrones espaciales de la diversidad de la fauna acompañante asociada a la pesquería de vieira (*Zygochlamys patagonica*) y su relación con el historial de esfuerzo pesquero. Informes científico-técnicos 50, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (UNMdP-CONICET).
- Matano, R. P., Combes, V., Palma, E. D., y Beals, E. L. (2025). Climate change impacts on the southwestern atlantic shelf circulation. En von Storch, H., editor, *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.
- McKellar, L., Holland, M. M., McQuatters-Gollop, A., Kindinger, T. L., Nichols, A., Valanko, S., Hilton, M., y Hiddink, J. G. (2026). Estimating ecological thresholds for good status using natural variation in reference conditions. *Journal of Applied Ecology*, 63(5):e70391.
- Pitcher, C. R., Hiddink, J. G., Jennings, S., Collie, J., Parma, A. M., Amoroso, R., Mazor, T., Sciberras, M., McConnaughey, R. A., Rijnsdorp, A. D., Kaiser, M. J., Suuronen, P., y Hilborn, R. (2022). Trawl impacts on the relative status of biotic communities of seabed sedimentary habitats in 24 regions worldwide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(2):e2109449119.

ANEXO

La siguiente figura (**Fig. S1**) ejemplifica la obtención de los PER a partir de datos provenientes de lances pesqueros del proyecto IIMyC obtenidos principalmente de la UM B entre los años 2024 y 2025. Cada círculo representa la riqueza específica de un lance en particular. El diagrama de caja muestra la mediana, y sus límites se extienden desde el primer cuartil (Q1, percentil 25) hasta el tercer cuartil (Q3, percentil 75). Las líneas discontinuas de guiones cortos indican que se abarca el 90 % de las especies muestreadas y determinaría el PERp, las líneas discontinuas de guiones largos indican que se abarca el 95 % de las especies muestreadas y determinaría el PERa, y las líneas discontinuas de guiones y puntos indican el punto límite indica que se abarcan el 100 % de las especies muestreadas y sería el PERl. Dado que estos datos se obtuvieron mediante redes de arrastre, la diversidad observada podría ser menor que la registrada con rastras, como en los estudios realizados por el INIDEP. De todos modos no difieren sustancialmente de los datos reportados por INIDEP (usando rastra; figura a la derecha), y resumidos por Daleo y Alberti (2025) en la **Fig. S2**.

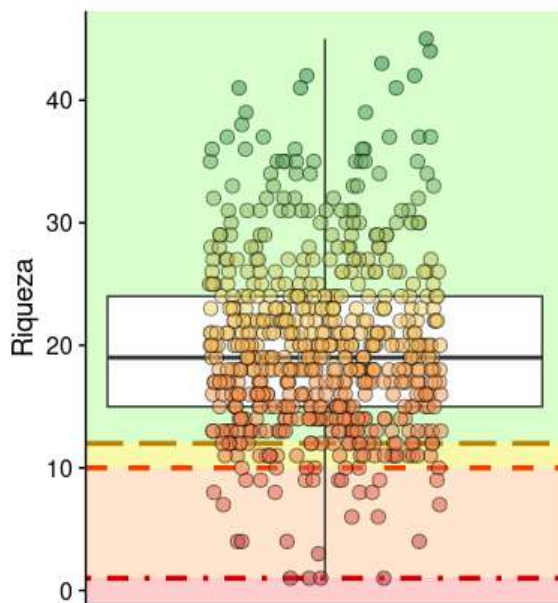


Fig. 1. Los círculos de colores reflejan cada uno de los lances comerciales (entre 2024 y 2025) en los que se analizó la riqueza específica. El diagrama de caja en el fondo representa los mínimos y máximos (bigotes), cuartiles 1 y 3 (límites inferior y superior de la caja) y la mediana (línea horizontal dentro de la caja). Los colores de fondo hacen referencia a las zonas entre PER. Las líneas cortadas de diferente tipo hacen referencia a los diferentes PER (PERp: amarilla; PERa: naranja; PERl: roja).

Adoptando un enfoque más precautorio, el valor del PERl podría también estimarse promediando los valores mínimos registrados en los muestreos (en este caso los que quedan debajo del 95 % de los datos; línea roja discontinua de guiones largos en la figura de la izquierda). En este caso, y nuevamente tomando como referencia la figura basada en datos obtenidos con redes de arrastre (izquierda), el valor sería de aproximadamente 5. Asimismo, tanto este valor como los demás PER podrían fortalecerse significativamente mediante el uso de la extensa serie de datos del INIDEP obtenidos con rastra.

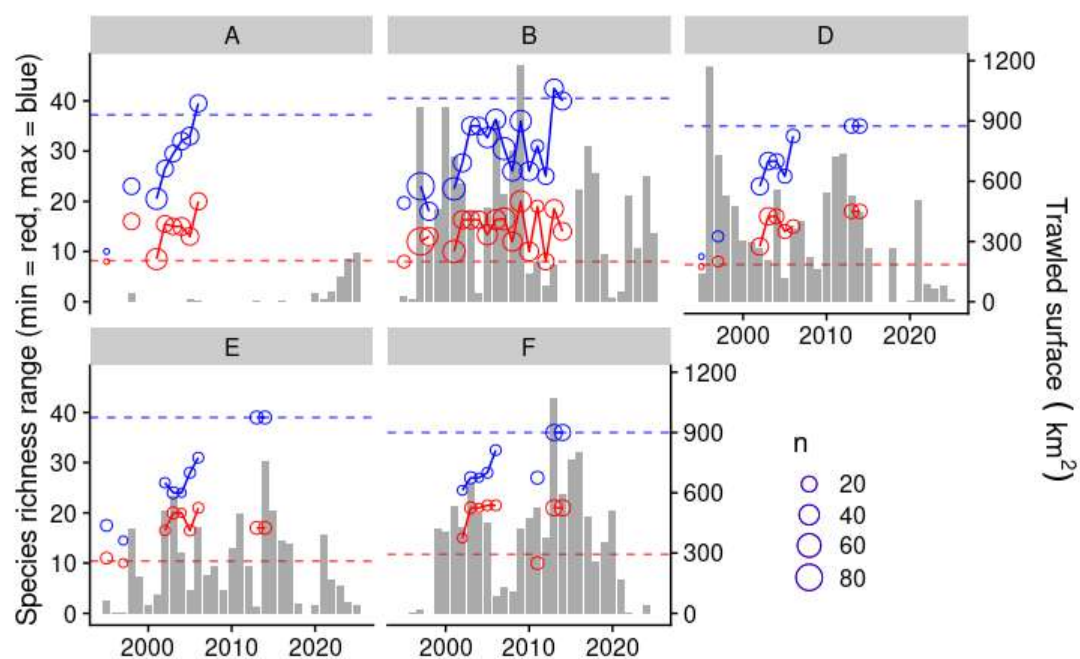


Fig. 2. Riqueza específica mínima (rojo) y máxima (azul) (círculos) a lo largo de los años, ya sea muestreada utilizando una rastra en campañas de investigación, o mediante redes y registrada por observadores a bordo del INIDEP en buques pesqueros. Las barras grises en el fondo reflejan el área arrastrada por año (km^2) en cada unidad de manejo. Las líneas horizontales discontinuas ilustran cuáles podrían ser los límites (90 %) del rango de variación natural.