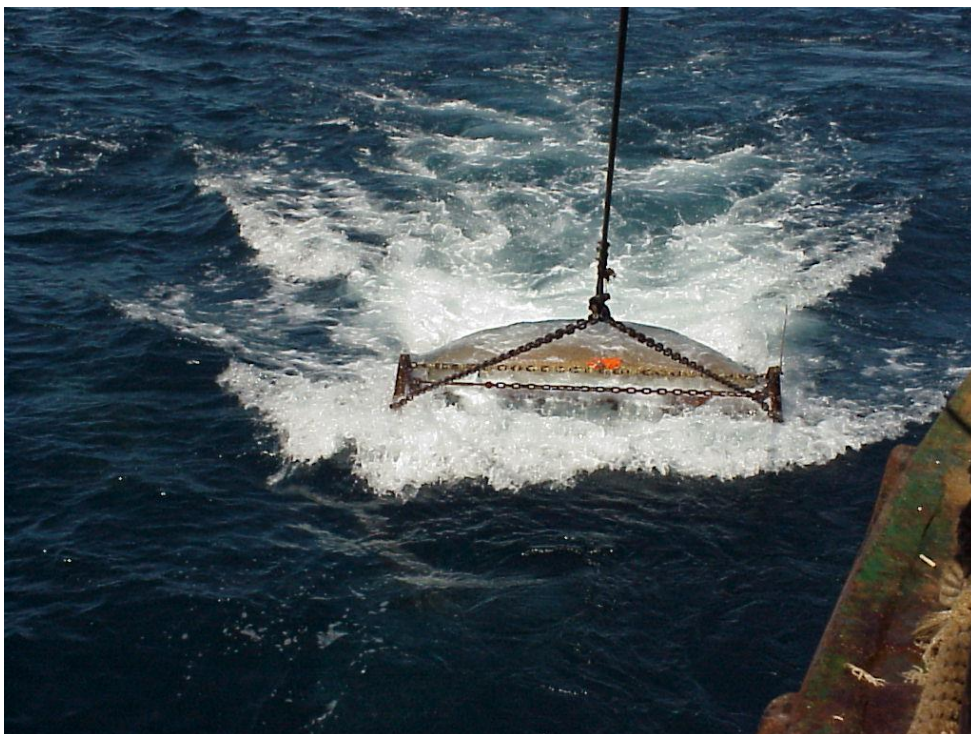


Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°3

Estimación de la eficiencia de la rastra utilizada por el inidep para la prospección de abundancia de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*): revisión de los análisis de Aubone et al. (2019)



Autores: Marcelo J. Kittlein.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET
Mar del Plata, Argentina

Citar como: Kittlein M (2022) Estimación de la eficiencia de la rastra utilizada por el inidep para la prospección de abundancia de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*): revisión de los análisis de Aubone et al. (2019). 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°3 (UNMdP-CONICET). 14pp

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, abril 2022

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA RASTRA UTILIZADA POR EL INIDEP PARA LA PROSPECCIÓN DE ABUNDANCIA DE VIEIRA PATAGÓNICA (*Zygochlamys patagonica*): REVISIÓN DE LOS ANÁLISIS DE Aubone *et al.* (2019)

Marcelo Javier Kittlein

Departamento de Biología. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC).
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de Mar del Plata.
Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas (CONICET),
Mar del Plata, Argentina.
[Correspondencia: Marcelo J. Kittlein <kittlein@mdp.edu.ar>]

RESUMEN. La vieira patagónica, *Zygochlamys patagonica* (King, 1832), sustenta desde 1996 una de las pesquerías con mayor importancia comercial en aguas de la plataforma continental argentina. Para el manejo de la pesquería y el establecimiento de áreas y cuotas de explotación, el recurso es evaluado a partir de campañas de prospección realizadas por el INIDEP. En las prospecciones se utiliza una rastra cuya eficiencia ha sido evaluada recientemente en un experimento de agotamiento; reportándose una estimación de la eficiencia de la rastra ~ 0.67 . En este informe se toma la información disponible en los informes del INIDEP y se re-analizan los datos teniendo en cuenta una de las recomendaciones del panel externo del taller de revisión general de la pesquería de vieira patagónica de septiembre 2019. Se analizó la disposición espacial de los lances realizados durante el experimento de agotamiento y se cuantificó la magnitud del área afectada por la rastra en los distintos barridos y se delimitó como área de análisis aquella correspondiente a la intersección de todos los barridos realizados. Este área resulta sensiblemente menor, alrededor del 10% del área asumida para el análisis de agotamiento realizado por INIDEP. Los datos de los lances en la intersección se utilizaron para estimar los parámetros de los modelos Leslie-Davis y de DeLury, y para estimar la abundancia inicial, la capturabilidad y la eficiencia de la rastra. El modelo de Leslie-Davis arroja una estimación de abundancia inicial N_0 de 71 257 vieiras ≥ 15 mm (intervalo de confianza 95% 65 883-76 631) y un coeficiente de capturabilidad q de 0,0068 (intervalo de confianza 95% 0,0056-0,008). El modelo de DeLury arroja una estimación de abundancia inicial N_0 de 59 600 vieiras ≥ 15 mm (intervalo de confianza 95% 50 812-68 389) y un coeficiente de capturabilidad q de 0.0061 (intervalo de confianza 95% 0.00527-0.00686). La estimación de la eficiencia de la rastra basada en el modelo de Leslie-Davis arroja en este nuevo análisis un valor de 0,271 (intervalo de confianza 95% 0,224-0,318) y para el modelo de DeLury un valor de 0,241 (intervalo de confianza 95% 0,210-0,273). Se discuten algunas características de la información disponible y de las características del experimento de agotamiento que dificultan el análisis e interfieren con una estimación insesgada de la eficiencia de la rastra.

ABSTRACT. Estimation of the efficiency of the dredge used by INIDEP for the prospection of the abundance of the Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*): assessment of the analyses of Aubone *et al.* (2019). The Patagonian scallop, *Zygochlamys patagonica* (King, 1832), has supported since 1996 one of the most commercially important fisheries in waters of the Argentine continental shelf. For the management of the fishery and the establishment of areas and exploitation quotas, the resource is evaluated from prospecting campaigns carried out by INIDEP. In the prospecting, a dredge is used whose efficiency has recently been evaluated in a depletion experiment; reporting an estimate of the dredge efficiency ~ 0.67 . This report takes the information available in the INIDEP reports and re-analyzes the data taking into account one of the recommendations of the external panel of the general review workshop of the Patagonian scallop fishery held in September 2019. The spatial arrangement of the tows made during the depletion experiment was analyzed and the extent of the area affected by the dredge in the different sweeps was quantified and the area of analysis was defined as the one corresponding to the intersection of all the sweeps carried out. This area is significantly smaller, around 10% of the area assumed for the depletion analysis carried out by INIDEP. Data from tows at the intersection were used to estimate the parameters of both Leslie-Davis and DeLury models, and to estimate initial abundance, catchability, and dredge efficiency. The Leslie-Davis model gives an initial abundance estimate N_0 of 71 257 scallops ≥ 15 mm (95% confidence interval 65 883-76 631) and a catchability coefficient q of 0.0068 (95% confidence interval 0.00562-0.00799). The DeLury model gives an initial abundance estimate N_0 of 59 600 scallops ≥ 15 mm (95% confidence interval 50 812-68 389) and a catchability coefficient q of 0.0061 (95% confidence interval 0.00527-0.00686). The estimate of dredge efficiency based on the Leslie-Davis model yields a value of 0.271 (95% confidence interval 0.224-0.318) and a value of 0.241 (95% confidence

interval 0.210-0.273) for the DeLury model in this new analyses. Some characteristics of the available information and the characteristics of the depletion experiment that make the analysis difficult and interfere with an unbiased estimate of the dredge efficiency are discussed.

Palabras clave: capturas, capturabilidad, eficiencia, evaluación, modelos DeLury y Leslie-Davis, rastra, vieira patagónica.
Key words: captures, catchability, efficiency, evaluation, Leslie-Davis and DeLury models, dredge, patagonian scallop.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La vieira patagónica, *Zygochlamys patagonica* (King, 1832), sustenta desde 1996 una pesquería en aguas de la plataforma continental argentina (Lasta y Bremec 1998). Desde el inicio de su explotación ha tenido gran importancia comercial ubicándose entre las pesquerías marinas más importantes del país (Campodónico *et al.* 2019).

Para el manejo de la pesquería y el establecimiento de áreas y cuotas de explotación, el recurso es evaluado a partir de campañas de prospección realizadas por el INIDEP (ver Campodónico *et al.* 2017). Para las prospecciones se utiliza una rastra con una abertura horizontal de 2,5 m y una abertura vertical de 0,60 m; con un marco de hierro en su parte frontal compuesto por un tubo de 2,5 m de largo y 120 mm de diámetro unido en sus extremos a dos perfiles metálicos que funcionan como patines. La rastra se conecta mediante cadenas al cable de arrastre. Se utiliza un paño de malla de 18 mm para cegar la red de arrastre (Roth *et al.* 2017).

La abundancia prospectada en las campañas de evaluación depende esencialmente del valor de eficiencia asumido para la rastra (se expresa como la proporción entre la cantidad de individuos o biomasa capturada en relación a la cantidad de individuos o biomasa presente en el trayecto recorrido por el evento de pesca o lance). El valor de eficiencia para la rastra utilizado durante gran parte de la historia de la pesquería fue de 0,5. Este valor se determinó a partir de un experimento de agotamiento para un arte de pesca similar a la rastra utilizada actualmente (Lasta e Iribarne 1997).

Recientemente, Campodónico *et al.* (2018) realizaron un nuevo experimento de agotamiento para realizar una nueva estimación de la eficiencia de la rastra utilizando un modelo no lineal. El análisis de los datos de dicho experimento arrojó una estimación de la eficiencia ~ 0.67 (Aubone *et al.* 2018, 2019).

El valor asumido para la eficiencia de la rastra tiene serias consecuencias para el manejo de la pesquería; ya que la eficiencia es utilizada para inferir la abundancia efectiva de los bancos de vieira. Una sobrestimación de la misma resulta en el establecimiento de capturas permitidas menores a las que efectivamente pudieran ser obtenidas; con el consecuente desaprovechamiento del recurso y pérdidas económicas resultantes para la industria. Por el contrario, una subestimación de la eficiencia determina el establecimiento de capturas mayores a las que la pesquería puede sostener a largo plazo; con riegos para la explotación sostenida del recurso.

La correcta estimación de la eficiencia del arte de pesca, es función como veremos más adelante, de la delimitación apropiada del área definida para los experimentos de agotamiento y del correcto emplazamiento de los eventos de pesca; con el fin de obtener una reducción sustancial de la abundancia durante el transcurso del experimento (Walter III *et al.* 2007).

Estimación de la eficiencia

La eficiencia, e , de un arte de pesca; se expresa como la cantidad de individuos o biomasa capturada en relación a la cantidad de individuos o biomasa presentes en el trayecto barrido. Su estimación involucra la utilización de modelos estadísticos, generalmente aplicados a los datos provenientes de un experimento de agotamiento. En dichos experimentos, un área de superficie conocida A , es explotada de forma secuencial, a partir de eventos de pesca (lances) con un esfuerzo de pesca asociado, distribuidos al azar dentro del área de pesca. A medida que transcurre el experimento las capturas disminuyen debido al agotamiento del recurso. Existen varios modelos para estimar e partir de los datos provenientes de estos experimentos. Entre los más sencillos podemos mencionar los desarrollados por Leslie y Davis (1939) y DeLury (1951).

Método de Leslie-Davis

El método asume una población cerrada, ya que durante el transcurso del experimento (de duración breve), no ocurren nacimientos, ni muertes, ni desplazamiento de individuos fuera o dentro del área (ver Ogle 2018; p 193). El número o abundancia inicial se indica con N_0 . El número o la abundancia al comienzo de la i -ésima extracción es el tamaño de la población inicial menos la captura acumulada antes de la i -ésima extracción, K_{t-1} . Así,

$$N_t = N_0 - K_{t-1} \quad (1)$$

$K_{t-1} = C_1 + C_2 + \dots + C_{t-1} = \sum_{i=1}^{t-1} C_i$, C_i es la captura de la i -ésima eliminación, $t > 1$ y $K_0 = 0$. Además, se asume que la captura por unidad de esfuerzo (CPE) en el i -ésimo evento de remoción, $\frac{C_t}{f_t}$, es proporcional a la población existente en el momento del i -ésimo evento de remoción, N_t , es decir,

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_t \quad (2)$$

donde f_t es el nivel de esfuerzo para la remoción i -ésima y q es el coeficiente de capturabilidad constante. El coeficiente

de capturabilidad representa la fracción de la población que se elimina por una unidad de esfuerzo pesquero. El modelo del método de Leslie se deriva sustituyendo la Ecuación 1 en la Ecuación 2 para N_t y simplificando;

$$\begin{aligned}\frac{C_t}{f_t} &= q(N_0 - K_{t-1}) \\ \frac{C_t}{f_t} &= qN_0 - qK_{t-1}\end{aligned}\quad (3)$$

La ecuación 3 tiene la forma de un modelo lineal donde $\frac{C_t}{f_t}$ es la variable respuesta, K_{t-1} es la variable explicativa, $-q$ es la pendiente, y qN_0 es el intercepto. Así, el negativo de la pendiente de este modelo es \hat{q} , un estimador del coeficiente de capturabilidad. La estimación de la abundancia inicial \hat{N}_0 se encuentra dividiendo el intercepto estimado por \hat{q} . Visualmente, \hat{N}_0 es la intersección de la línea de regresión con el eje de abscisas, o la captura acumulada cuando el CPE es igual a cero.

Los supuestos del modelo de Leslie-Davis son:

- La población es cerrada; no hay pérdida ni adición de individuos por eventos demográficos.
- La capturabilidad es constante a lo largo de todo el período del experimento.
- Las remociones deben ser de una magnitud tal como para reducir sustancialmente la CPE.
- Las capturas remueven más del 2% de la población.
- Todos los individuos son igualmente susceptibles a la captura.
- Los eventos (lances) de pesca son independientes (no hay lances simultáneos).

Método de DeLury

Cuando la fracción de la población extraída por una unidad de esfuerzo de pesca es pequeña (menos de 0.02), entonces q puede considerarse como una tasa instantánea. Además, si la población es cerrada, de modo que la única fuente de cambio en la población se debe a este esfuerzo de pesca, entonces la fracción de la población que queda en el momento de la i -ésima extracción es

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-qE_{t-1}} \quad (4)$$

donde E_{t-1} es el esfuerzo acumulado antes del tiempo t .

$$E_{t-1} = f_1 + f_2 + \dots + f_{t-1} = \sum_{i=1}^{t-1} f_i$$

Re-arreglando la ecuación 4, se expresa N_t como una función de N_0

$$N_t = N_0 e^{-qE_{t-1}} \quad (5)$$

Sustituyendo la ecuación 5 en la ecuación 2 tenemos

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_0 e^{-qE_{t-1}} \quad (6)$$

Logaritmos a ambos lados de la ecuación 6

$$\begin{aligned}\log\left(\frac{C_t}{f_t}\right) &= \log(qN_0) + \log(e^{-qE_{t-1}}) \\ \log\left(\frac{C_t}{f_t}\right) &= \log(qN_0) - qE_{t-1}\end{aligned}\quad (7)$$

La última expresión de la ecuación 7 tiene la forma de un modelo lineal donde $\log\left(\frac{C_t}{f_t}\right)$ es la variable respuesta, E_{t-1} es la variable explicativa, $-q$ es la pendiente, y $\log(qN_0)$ es el intercepto. El negativo de la pendiente es entonces \hat{q} . \hat{N}_0 se obtiene como $\frac{e^{\text{intercepto}}}{\hat{q}}$.

Los supuestos del método de DeLury son los mismos que los del método de Leslie-Davis; con mejor comportamiento si las remociones afectan menos del 2% de la población inicial.

Eficiencia

La eficiencia, e , es estimada entonces a partir de la capturabilidad y la relación entre el área total del experimento de agotamiento (A) y el área por unidad de esfuerzo de los eventos de pesca (a); donde $a_i = \frac{\text{area}_i}{f_i}$, siendo area_i y f_i el área y el esfuerzo, respectivamente, correspondiente a cada lance (Iribarne *et al.* 1991).

$$e = q \frac{A}{a} \quad (8)$$

La abundancia inicial N_0 solo tiene significado con respecto a un área definida, A , y la capturabilidad estimada, q . Asimismo, como se muestra en la ecuación 8, el coeficiente es función de A (Iribarne *et al.* 1991; Walter III *et al.* 2007), de modo que la identificación apropiada del área en donde se realiza la experiencia de agotamiento y el correcto emplazamiento de los eventos de pesca para que el agotamiento sea efectivo son cruciales para la correcta estimación de e .

Objetivos

El panel externo del taller de revisión general de la pesquería de vieira patagónica (Parma *et al.* 2019) recomendó un nuevo análisis de los datos obtenidos en el experimento de agotamiento teniendo en cuenta el grado de solapamiento entre lances. A partir de la información disponible en Campodónico *et al.* (2018) y Aubone *et al.* (2018, 2019) re-evaluamos, la estimación de eficiencia de la rastra utilizada por el INIDEP para la prospección de la abundancia de vieira patagónica. En primer término realizamos un control de la exactitud de la información de los lances de pesca, visualizando su posición y examinando algunas características de los mismos (longitud y área barrida). A partir de sencillos análisis de la disposición espacial de los lances, identificamos el área efectiva (barrida consistentemente por

la rastra) correspondiente al experimento de agotamiento analizado por Aubone *et al.* (2019) y utilizando los métodos de Leslie-Davis y de DeLury, realizamos estimaciones de la eficiencia de la rastra a partir de los lances que efectivamente intersectan dicha área.

METODOLOGÍA

Los análisis reportados en este informe se realizaron a partir de la información original presentada en el informe de campaña del INIDEP del 12 de julio de 2018 (Campodónico *et al.* 2018) y los informes técnicos del INIDEP del 2 de noviembre de 2018 y 26 de marzo de 2019 (Aubone *et al.* 2018, 2019). Los mismos están disponibles en un archivo de Excel en el siguiente enlace <<http://popgeneco.mdp.edu.ar/LancesVieira.xlsx>>.

Con la posición inicial y final de cada lance se construyeron polígonos rectangulares de 2.5 m de ancho utilizando la biblioteca `PBSMapping` (Schnute *et al.* 2019) del programa R (R Core Team 2020). El ancho de los polígono corresponde al ancho de la rastra (Campodónico *et al.* 2018; Aubone *et al.* 2018, 2019).

El solapamiento entre los lances realizados en los distintos barridos se calculó utilizando la función `joinPolys()`; mediante la cual se obtuvo la intersección entre los polígonos y a partir de esta se expresó el solapamiento como proporción del área de la intersección con respecto al área en los barridos anteriores. De este modo se calculó el área de la intersección entre los distintos barridos; obteniendo la misma que afectada por 2, 3, o 4 barridos.

Se identificó el polígono correspondiente al zona afectada por cuatro barridos y se obtuvo la intersección de los lances con esta zona. A partir del área de intersección de los lances se ponderó la captura y el esfuerzo de pesca realizados por la proporción del área del lance en la zona barrida consistentemente.

Los datos de captura y esfuerzo se utilizaron para estimar parámetros de los modelos de Leslie-Davis (Leslie y Davis 1939) y de DeLury (DeLury 1951). Se estimaron los parámetros que refieren a la abundancia inicial y la capturabilidad utilizando la función `depletion()` de la biblioteca `FSA` (Ogle *et al.* 2020) del programa R (R Core Team 2020). En base al área por unidad de esfuerzo de los lances y el área total del experimento de agotamiento considerada aquí, se estimó la eficiencia según la ecuación 8 (Iribarne *et al.* 1991; Walter III *et al.* 2007).

Todos los procedimientos utilizados para analizar y sintetizar los resultados están disponibles al final de este informe (ver ANEXO I: PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS).

RESULTADOS

Ubicación y características de los lances

La ubicación de los 150 lances realizados durante el experimento de agotamiento no coincide con la ubicación del polígono referido en el informe de campaña de julio de 2018 (Campodónico *et al.* 2018, ver Fig. 1). Se observa un leve desplazamiento NE entre la posición de los lances y

los límites del rectángulo referido en Campodónico *et al.* (2018).

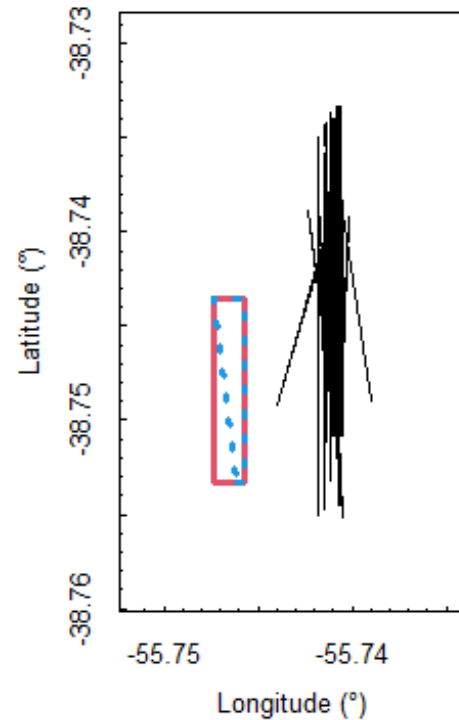


Fig. 1. Ubicación del área experimental (rectángulo rojo) y de los lances efectuados durante el experimento de agotamiento analizado por Aubone *et al.* (2019). En línea punteada azul se representa la referida en Campodónico *et al.* (2018), corregida en rojo para conformar un rectángulo.

Asimismo la longitud de muchos lances no se corresponde con la longitud esperada resultante de un arrastre durante 10 minutos a 4 nudos (~ 1.23 km; Fig. 2). En el análisis de Aubone *et al.* (2019) se descartan los lances 25, 40, 47, 80, 82, 97 y 106 por su proximidad al borde del área experimental. Esos lances también fueron descartados en los análisis que se informan aquí.

No obstante estas inconsistencias, que pueden cuestionar la rigurosidad de las mediciones disponibles; proseguimos con el análisis con la información a nuestra disposición.

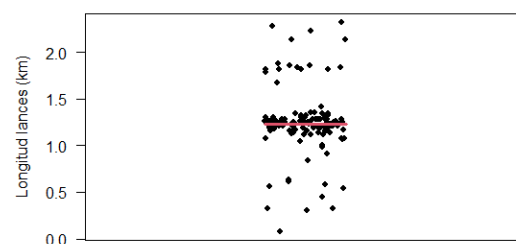


Fig. 2. Distribución de la longitud de los 143 lances analizados por Aubone *et al.* (2019). La línea roja representa el valor esperado (~ 1.23 km) para un arrastre de 10 minutos a 4 nudos.

El solapamiento entre los distintos lances en cada barrido muestra que solo una pequeña proporción del área

experimental fue barrida consistentemente durante los 4 barridos. Así solo $\sim 25\%$ del área correspondiente al primer barrido fue barrida por el segundo barrido. Un 11,4% del tercer barrido afectó las áreas de los barridos previos y solo un 9,2% del cuarto barrido se posicionó sobre los barridos previos (Fig. 3). Debido a esto el área del experimento de agotamiento efectivo informado aquí ($0,0123 \text{ km}^2$) solo representa $\sim 10\%$ del área considerada en Aubone *et al.* (2019) ($0,112 \text{ km}^2$). Las correcciones que se deben realizar implican una modificación del área experimental efectiva (una sustancial disminución); con la correspondiente reducción de la eficiencia estimada para la rastra (ver ecuación 8).

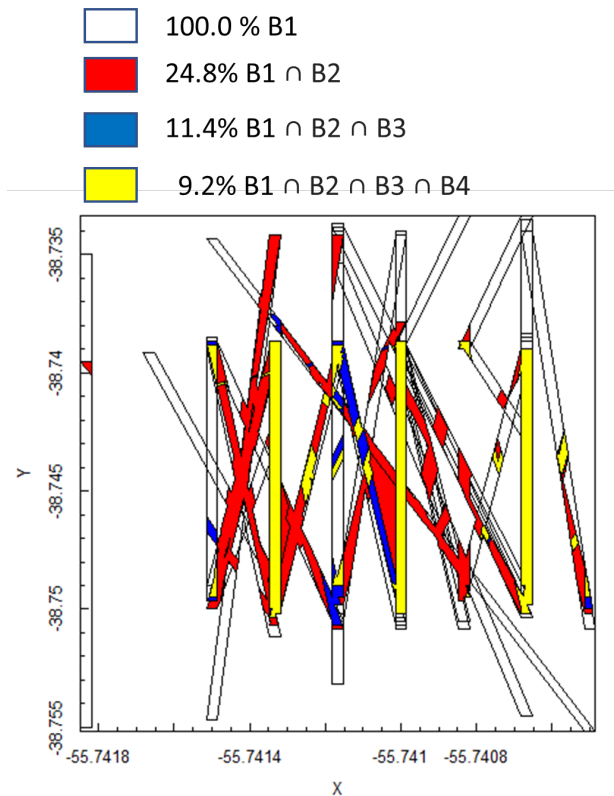


Fig. 3. Solapamiento de los lances entre los distintos barridos realizados en el área experimental durante el experimento de agotamiento analizado por Aubone *et al.* (2019). Los lances no están en la escala real para que se pueda apreciar el ancho de los mismos y el solapamiento entre los distintos barridos realizados. En blanco la posición de los lances del barrido 1. En rojo la intersección de los lances del barrido 2 con el barrido 1. En azul la intersección del barrido 3 con los Barridos 1 y 2. En amarillo la intersección del barrido 4 con la intersección de los Barridos previos (área total del experimento de agotamiento analizado en este informe $0,0123 \text{ km}^2$).

Modelos de Leslie-Davis y de DeLury

De los 143 lances utilizados por Aubone *et al.* (2019), 138 intersectaron el área consistentemente barrida en 4 oportunidades. Con la información de de las capturas y el esfuerzo (ponderadas por el área de intersección de cada lance) el modelo de Leslie-Davis arroja una estimación de abundancia inicial N_0 de 71 257 vieiras $\geq 15 \text{ mm}$ (intervalo de confianza 95% 65 883-76 631) y

un coeficiente de capturabilidad q de 0,0068 (intervalo de confianza 95% 0,00562-0,00799; Fig. 4). Para el modelo de DeLury se obtuvo una estimación de abundancia inicial N_0 de 59 600 vieiras $\geq 15 \text{ mm}$ (intervalo de confianza 95% 50 812-68 389) y un coeficiente de capturabilidad q de 0,0061 (intervalo de confianza 95% 0,00527-0,00686).

La proyección de esta estimación de abundancia inicial al área considerada por Aubone *et al.* (2019) arroja un valor de 646 459 vieiras $\geq 15 \text{ mm}$ para un área experimental de $0,112 \text{ km}^2$ para el modelo de Leslie-Davis y de 54 0711 vieiras para el modelo de De-Lury. Este valor esta muy por encima del valor estimado de 266 766 vieiras (Aubone *et al.* 2019); sugiriendo una marcada sobrestimación de la eficiencia de la rastra en Aubone *et al.* (2019) con relación a los valores de eficiencia que se informan a continuación.

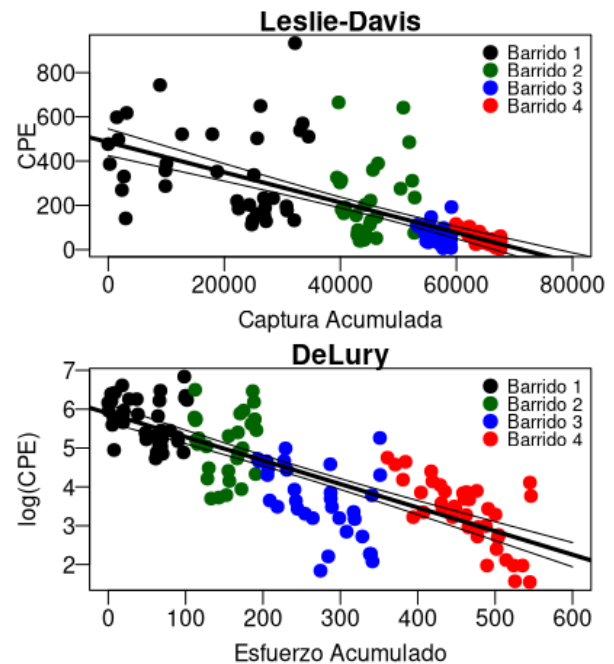


Fig. 4. Modelos de Leslie-Davis y De Lury. Estimación de abundancia inicial modelo Leslie-Davis N_0 de 71 257 vieiras $\geq 15 \text{ mm}$ (intervalo de confianza 95% 65 883-76 631); DeLury N_0 de 59 600 vieiras $\geq 15 \text{ mm}$ (intervalo de confianza 95% 50 812-68 389). Coeficiente de capturabilidad q modelo Leslie-Davis 0.0068 (intervalo de confianza 95% 0,00562-0,00799); DeLury 0.0061 (intervalo de confianza 95% 0,00527-0,00686)

Eficiencia de la rastra

La estimación puntual de la eficiencia de la rastra basada en el modelo de Leslie-Davis arroja un valor de 0,271 (intervalo de confianza 95% 0,224-0,318) y de 0,241 (intervalo de confianza 95% 0,210-0,273) para el modelo de DeLury. La distribución de los valores de e por lance se pueden ver en la Fig. 5.

DISCUSIÓN

Los valores de eficiencia reportados en este informe difieren marcadamente de los reportados recientemente por Aubone *et al.* (2019), utilizando el mismo conjunto de datos, pero redefiniendo aquí el área del experimento de agotamiento

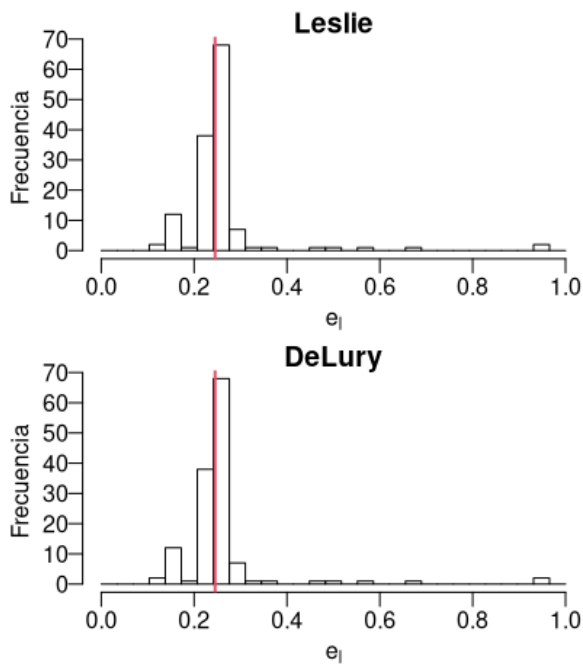


Fig. 5. Distribución de los valores de eficiencia por lance en el área barrida consistentemente en 4 oportunidades. La línea roja vertical señala la posición de la mediana de la distribución (Leslie $e = 0.2753$; DeLury $e = 0.245$).

a aquella efectivamente barrida por la rastra en las cuatro oportunidades planeadas.

Las estimaciones de eficiencia informadas aquí se aproximan a las obtenidas para artes de pesca utilizados en la prospección o explotación de pectínidos de similares características. Por ejemplo, Iribarne *et al.* (1991) estimaron valores en el rango de 15 a 21% para la vieira tehuelche, en el golfo San Matías, utilizando una rastra de dimensiones similares a la utilizada en las prospecciones realizadas por el INIDEP (Campodonico *et al.* 2017). Valores reportados en otras pesquerías de pectínidos, están también en el rango próximo a los valores informados aquí. Por ejemplo la eficiencia de la rastra para todas las tallas de *Pecten maximus* estuvo en el rango de 18,3 al 27% en los distintos años evaluados (Mason 1979). Asimismo, estimaciones de la eficiencia de la rastra utilizada en la prospección de *Placopecten magellanicus*, controladas por sistemas de cámaras para monitoreo de habitat (“habcam”), registran valores de 0,27 en sustrato grueso y 0,40 en sustrato fino (Miller *et al.* 2019). Gedamke *et al.* (2005) reportan eficiencias de 0,40 y 0,544 utilizando índices de remoción, también para *Placopecten magellanicus*, con el último valor considerado como la eficiencia máxima.

Valores tan altos para la eficiencia, como los informados por Aubone *et al.* (2019), son muy poco frecuentes y en general revisiones posteriores de los mismos han mostrado alguna omisión en la correcta determinación de la magnitud de las áreas experimentales. En general, las áreas totales estimadas en muchos experimentos de agotamiento muestran ser excesivamente grandes en relación a las áreas efectivamente barridas durante estas experiencias (Walter III *et al.* 2007). Una de las alternativas propuestas es considerar el área

que concentra el 90% del esfuerzo pesquero como el área efectivamente barrida a utilizar en la estimación de la eficiencia. Por ejemplo, al corregir por el área efectivamente barrida, las estimaciones para una rastra utilizada en la pesquería de *Placopecten magellanicus* disminuyeron de 47.3% al 32% (Walter III *et al.* 2007); estabilizando además la variación entre las distintas estimaciones.

En el experimento de agotamiento analizado en Aubone *et al.* (2019), el área experimental posiblemente este sobrestimada; aún sin contar con un emplazamiento confiable del área experimental (ver [Ubicación y características de los lances](#)); los datos de la posición de los lances indican que el área general efectivamente barrida es mucho menor al área pretendida para el experimento.

Otro aspecto a considerar es la posición efectiva de la rastra durante el arrastre. Las posiciones georeferenciadas corresponden a la ubicación del puente del buque utilizado en el experimento. La posición de la rastra posiblemente este ubicada unos 300 a 400 m por detrás del trayecto de los distintos lances. Teniendo en consideración las dimensiones del área objetivo del experimento (1 200 x 100 m), esas diferencias pueden cobrar importancia. Los límites reales de la posición de los lances son efectivamente más amplios; diluyendo el esfuerzo pesquero en el área experimental.

Llama la atención en Aubone *et al.* (2019), que aún disponiendo de información georeferenciada de alta precisión y de software apropiado para realizar este tipo de evaluaciones, no se hayan realizado estimaciones estratificando la información entre las zonas con distintos niveles de esfuerzo, para comparar la variabilidad de las estimaciones y evaluar la robustez de éstas a la variación en el área barrida.

Las estimaciones obtenidas en sus análisis, con los distintos métodos utilizados (Leslie-Davis y modelo no lineal de Aubone), son similares; por lo que las diferencias que discutimos no están asociadas a la utilización de un método propio como el representado por su modelo no-lineal. Es más, resulta singularmente peculiar la utilización de un “nuevo” modelo para realizar estimaciones que tienen consecuencias en el manejo de la pesquería. Por más novedosa y completa que resulte esta nueva formulación, la falta de revisión por pares al momento de su utilización no deja de ser cuestionable. En este sentido, y esperando que se trate de omisiones y errores involuntarios en la presentación de la información (y no de errores de código de programación al aplicar el modelo), hay otro aspecto que llama también mucho la atención. Se trata de la diferencia en la estimación del número inicial de individuos reportados en los informes reportados por Aubone *et al.* (2018) y Aubone *et al.* (2019). En ambos se reportan estimaciones similares de eficiencia de rastra con valores de abundancia inicial de vieiras totalmente diferentes 133 244 en noviembre 2018 y 266 766 en marzo 2019; con valores próximos a 0,67 para la efectividad estimada .

Es imposible, obviamente, la obtención de estas diferentes estimaciones de abundancia inicial con valores similares de eficiencia, para un mismo conjunto de datos. Estas inconsistencias, sumadas a las referidas anteriormente, resultan preocupantes e indamisibles si consideramos el

impacto económico de la aplicación de estos resultados al manejo de la pesquería.

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.

LITERATURA CITADA

- Aubone, A., Campodónico, S., García, J., y Escolar, M. (2018). Eficiencia de captura de la rastra utilizada en evaluación de biomasa de vieira patagónica *Zygochlamys patagonica*. *INIDEP informe técnico*, 39:1–14.
- Aubone, A., Campodónico, S., García, J., y Escolar, M. (2019). Estimaciones de la eficiencia de captura de la rastra usada en evaluación de biomasa de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*). *INIDEP informe técnico*, 16:1–11.
- Campodónico, M. S., Escolar, M., y Hernández, D. R. (2017). Evaluación de biomasa de vieira patagónica para el año 2017. *INIDEP informe técnico*, 5:1–16.
- Campodónico, S., Escolar, M., García, J., y Aubone, A. (2019). Historical overview and current status of the patagonian scallop *Zygochlamys patagonica* (king 1832) fishery in argentina. biology, stock assessment and management. *Marine and Fishery Science (MAFIS)*, 32(2):125–148.
- Campodónico, S., García, J., y Mastroliberto, E. (2018). Estimación de eficiencia de la rastra utilizada en la evaluación de biomasa de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*). *INIDEP informe de Campaña*, 20:1–33.
- DeLury, D. (1951). On the planning of experiments for the estimation of fish populations. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 8(4):281–307.
- Gedamke, T., DuPaul, W. D., y Hoenig, J. M. (2005). Index-removal estimates of dredge efficiency for sea scallops on georges bank. *North American Journal of Fisheries Management*, 25(3):1122–1129.
- Iribarne, O. O., Lasta, M., Vacas, H. C., Parma, A. M., y Pascual, M. S. (1991). Assessment of abundance, gear efficiency and disturbance in a scallop dredge fishery: results of a depletion experiment. *An international compendium of scallop biology and culture*, 1:242–248.
- Lasta, M. L. y Bremec, C. S. (1998). *Zygochlamys patagonica* in the argentine sea: a new scallop fishery. *Journal of Shellfish Research*, 17(1):103–111.
- Lasta, M. L. e Iribarne, O. O. (1997). Southwestern atlantic scallop (*zygochlamys patagonica*) fishery: assessment of gear efficiency through a depletion experiment. *Journal of Shellfish Research*, 16(1):59–62.
- Leslie, P. y Davis, D. (1939). An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *The Journal of Animal Ecology*, pp. 94–113.
- Mason, J. (1979). Population abundance and dredge efficiency studies on the scallop, *pecten maximus* (l.). *Rapp. R.-V. Cons. Int. Explor. Mer*, 175:91–96.
- Miller, T. J., Hart, D. R., Hopkins, K., Vine, N. H., Taylor, R., York, A. D., y Gallager, S. M. (2019). Estimation of the capture efficiency and abundance of atlantic sea scallops (*placopecten magellanicus*) from paired photographic–dredge tows using hierarchical models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(6):847–855.
- Ogle, D. H. (2018). *Introductory fisheries analyses with R*. CRC Press.
- Ogle, D. H., Wheeler, P., y Dinno, A. (2020). *FSA: Fisheries Stock Analysis*. R package version 0.8.31.
- Parma, A. M., Valero, J. L., y Amoroso, R. (2019). Taller de revisión general de la pesquería de vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*): Informe del panel externo. *Mar del Plata, Argentina, 23-27 de Septiembre de 2019*, 38 pp.
- R Core Team (2020). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roth, R., García, J., y Villalba, J. (2017). Análisis dinámico-teórico de la relación entre la longitud del cable de arrastre y la profundidad de pesca para una rastra destinada a la captura de vieira y desarrollo del software de aplicación. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 31:41–53.
- Schnute, J. T., Boers, N., y Haigh, R. (2019). *PBSmapping: Mapping Fisheries Data and Spatial Analysis Tools*. R package version 2.72.1.
- Walter III, J. F., Hoenig, J. M., y Gedamke, T. (2007). Correcting for effective area fished in fishery-dependent depletion estimates of abundance and capture efficiency. *ices Journal of Marine science*, 64(9):1760–1771.

ANEXO I: PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

Se detallan a continuación los procedimientos utilizados en los análisis del informe “ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA RASTRA UTILIZADA POR EL INIDEP PARA LA PROSPECCIÓN DE ABUNDANCIA DE VIEIRA PATAGÓNICA (*Zygochlamys patagonica*): REVISIÓN DE LOS ANÁLISIS DE Aubone *et al.* (2019)”

Carga de bibliotecas y datos

```
library(PBSmapping)
library(PBSmodelling)
library(openxlsx)
library(FSA)

datos = "http://popgeneco.mdp.edu.ar/LancesVieira.xlsx"

lances=read.xlsx(datos, "Lances", startRow = 2)
# lances descartados en Aubone et al. (2019)
indi=c(25, 40, 47, 80, 82, 97, 106)

lances=lances[-indi,]
# reenumerar los lances
lances$Lance=1:length(lances$Lance)
```

Función para expandir los lances al ancho de la rastra

```
expandTows <- function(tset,w) {
  tpos <- tset$POS; tproj <- attr(tset,"projection");
  x1 <- tset$X[tpos==1]; x2 <- tset$X[tpos==2];
  y1 <- tset$Y[tpos==1]; y2 <- tset$Y[tpos==2];
  r <- sqrt( (x2-x1)^2 + (y2-y1)^2 ); ## tow lengths
  xd <- w*(y2-y1)/(2*r);
  yd <- - w*(x2-x1)/(2*r);
  x1a <- x1 + xd; x1b <- x1 - xd;
  x2a <- x2 - xd; x2b <- x2 + xd;
  y1a <- y1 + yd; y1b <- y1 - yd;
  y2a <- y2 - yd; y2b <- y2 + yd;
  tdat <- data.frame(EID=1:length(x1),
  x1a, x1b, x2a, x2b, y1a, y1b, y2a, y2b);
  attr(tdat,"projection") <- tproj;
  towP <- convDP(tdat, xColumns=c("x1a","x1b","x2a","x2b"),
  yColumns=c("y1a","y1b","y2a","y2b"));
  invisible(towP); };
```

Crear polígonos de los lances (2.5 m ancho rastra)

```
polyData <- data.frame(PID=1:length(lances$Lat0),
  x0=lances$Lon0, y0=lances$Lat0,
  x1=lances$Lon1, y1=lances$Lat1)

llances <- convDP(polyData,
  xColumns=c("x0", "x1"),
  yColumns=c("y0", "y1"))

llances=as.PolySet(llances, projection="LL", zone= 21)
llances=convUL(llances)

towPolys=expandTows(llances, 2.5/1000)
attr(towPolys, "projection")= 'UTM'
attr(towPolys, "zone")= 21

towPolys=convUL(na.omit(towPolys), southern = T)
```

Figura 1

```
Urea=data.frame(PID=c(1,1,1,1,1), POS=1:5,
  X=c(-55.74733 - 0.005, -55.73899 + 0.005,
    -55.73899 + 0.005, -55.74733 - 0.005,
    -55.74733 - 0.005),
  Y=c(-38.75517 - 0.005, -38.75517 - 0.005,
    -38.73333 + 0.005, -38.73333 + 0.005,
    -38.75517 - 0.005))

Urea=as.PolySet(Urea, projection="LL")
attr(Urea, "zone") <- 21

xo=-55-44/60-84/6000
xf=-55-44/60-74/6000
yo=-38-45/60-20/6000
yf=-38-44/60-61/6000

Area=data.frame(PID=c(1,1,1,1,1), POS=1:5,
  X=c(xo, xf, xf, xo, xo),
  Y=c(yo, yo, yf, yf, yo))

Area=as.PolySet(Area, projection="LL")
attr(Area, "zone") <- 21

plotPolys(Urea, type="n", projection = "LL")
addPolys(Area, col='transparent', border=2, lwd=3)
addPolys(towPolys, col="transparent")

xraro=-55-44/60-77/6000
xo=-55-44/60-84/6000
xf=-55-44/60-74/6000
yo=-38-45/60-20/6000
yf=-38-44/60-61/6000

EArea=data.frame(PID=c(1,1,1,1,1), POS=1:5,
  X=c(xraro, xf, xf, xo, xraro),
  Y=c(yo, yo, yf, yf, yo))

EArea=as.PolySet(EArea, projection="LL")
attr(EArea, "zone") <- 21
addPolys(EArea, col='transparent', border=4, lwd=3, lty=3)
```

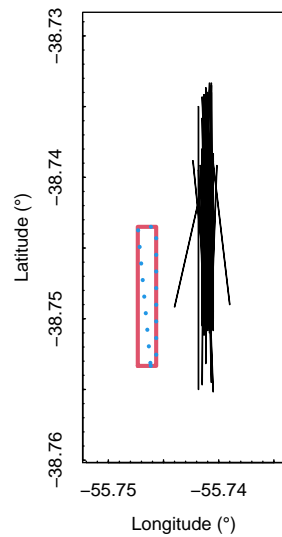


Figura 2

```
stripchart(calcLength(towPolys)$length, pch=19, cex=0.8, vertical=T, add=F, method='jitter', jitter=0.05, las=1, y.
mtl=1.852*4*10/60
segments(0.95,mtl, 1.05, mtl, col=2, lwd=3)
```

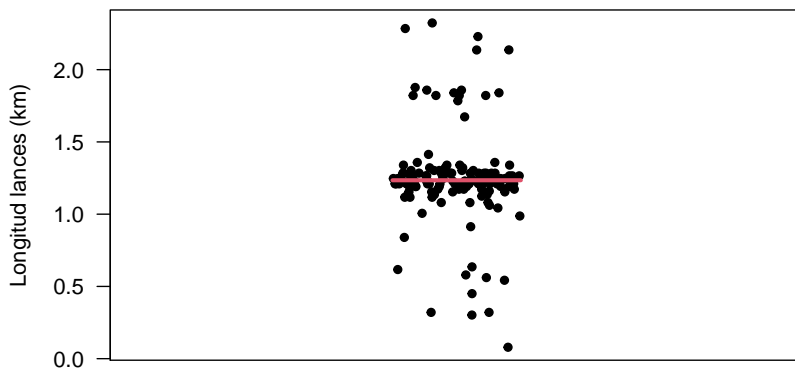


Figura 3

```
## Barrido 1
A=which(lances$Barrido==1)
Ap=towPolys[which(towPolys$PID %in% A ==T),]

## Barrido 2
B=which(lances$Barrido==2)
Bp=towPolys[which(towPolys$PID %in% B ==T),]

## Barrido 3
C=which(lances$Barrido==3)
Cp=towPolys[which(towPolys$PID %in% C ==T),]
```

```

## Barrido 4
D=which(lances$Barrido==4)
Dp=towPolys[which(towPolys$PID %in% D ==T),]

par(mfrow=c(1,1), mar=c(3,3,1,1))
## Intersección entre distintos barridos
plotPolys(Ap, col='transparent', lwd=0.1)

Ip=joinPolys(polysA=Ap, polysB=Bp, operation='INT')
AIp=joinPolys(Ip, operation='UNION')
100*sum(calcArea(AIp)$area)/sum(calcArea(Ap)$area)

## [1] 24.82442
addPolys(AIp, col='red', lwd=0.1)

Ip=joinPolys(polysA=AIp, polysB=Cp, operation='INT')

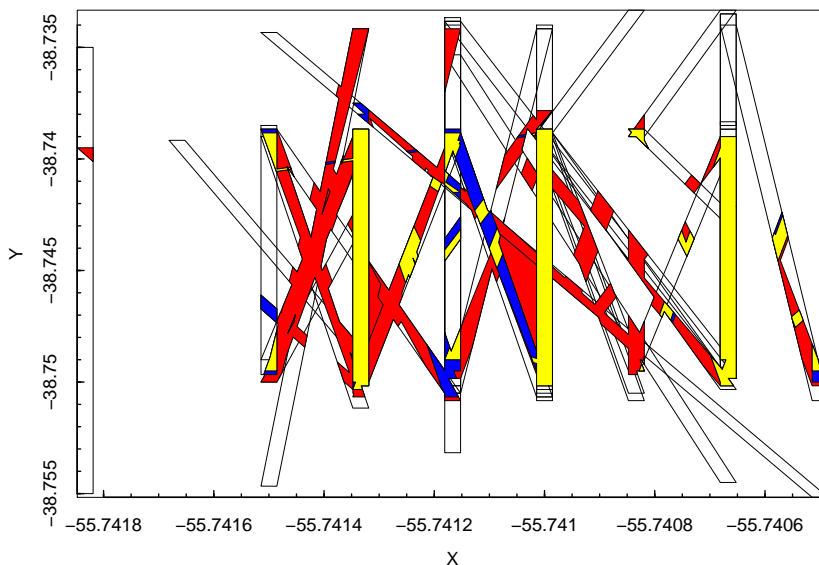
AIp=joinPolys(Ip, operation='UNION')
100*sum(calcArea(AIp)$area)/sum(calcArea(Ap)$area)

## [1] 11.37944
addPolys(AIp, col='blue', lwd=0.1)

Ip=joinPolys(polysA=AIp, polysB=Dp, operation='INT')
AIp=joinPolys(Ip, operation='UNION')
100*sum(calcArea(AIp)$area)/sum(calcArea(Ap)$area)

## [1] 9.160651
addPolys(AIp, col='yellow', lwd=0.1)

```



Buscar la intersección de los lances con el polígono de intersección de los 4 barridos y calcular el area

```

CuatroPolys=joinPolys(towPolys, AIp, operation='INT')
CuatroUnionPolys=joinPolys(CuatroPolys, operation='UNION')

Area=sum(calcArea(CuatroUnionPolys)$area)

```

Obtener para cada lances la intersección con el area barrida en 4 oportunidades (Expresar el Esfuerzo y las Capturas proporcionalmente al area de loslances)

```

indio= unique(CuatroPolys$PID)[which(unique(CuatroPolys$PID) %in% unique(towPolys$PID) == T)]

Areas=rep(NA, length(indio))
Capturas=rep(NA, length(indio))
Esfuerzo=rep(NA, length(indio))
prop=rep(NA, length(indio))

b=0
for(j in indio)
{
b=b+1

indi=which(towPolys$PID==j)
intE=joinPolys(towPolys[indi,], AIp, operation='INT')

prop[b] = sum(abs(calcArea(intE)$area)) /
  calcArea(towPolys[indi,])$area

Areas[b] = prop[b]*calcArea(towPolys[indi,])$area

il=which(lances$Lance == j)
Capturas[b]=lances$N[il]*prop[b]
Esfuerzo[b]=10*prop[b]
}

```

Figura 4

```

Leslie=depletion(Capturas, Esfuerzo, method="Leslie")

colo=lances$Barrido[indio]
colo[colo==1]="black"
colo[colo==2]="dark green"
colo[colo==3]="blue"
colo[colo==4]="red"

par(mfrow=c(2,1), mgp=c(1.75,0.5,0), mar=c(3,3,1,1))

plot(Leslie$cpe ~ Leslie$K, ylab="CPE", pch=19, cex=1.2,
  col=colo, xlab="Captura Acumulada", las=1, main="Leslie-Davis",
  xlim=c(0,80000))
abline(Leslie$lm, lwd=3)

xnew=data.frame(K=seq(0, 90000, by=5000))
predi= predict(Leslie$lm, newdata = xnew, se.fit=T, interval='confidence')
lines(xnew$K, predi$fit[, "lwr"])
lines(xnew$K, predi$fit[, "upr"])

legend('topright', legend=c("Barrido 1", "Barrido 2", "Barrido 3", "Barrido 4"), cex=0.8, pch=19, col=c("black", "dark green", "blue", "red"))

DeLury=depletion(Capturas, Esfuerzo, method="DeLury")

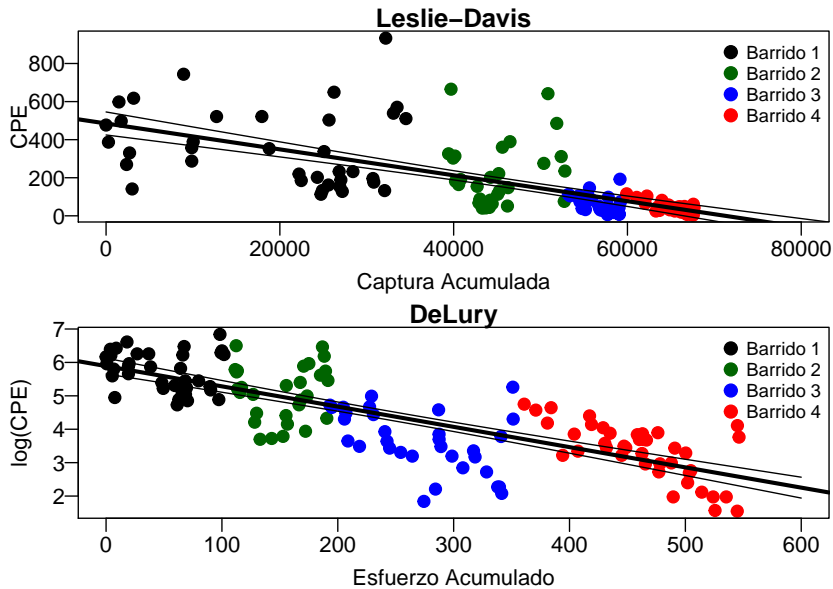
plot(log(DeLury$cpe) ~ DeLury$E, ylab="log(CPE)", pch=19, cex=1.2,
  col=colo, xlab="Esfuerzo Acumulado", las=1, main="DeLury",
  xlim=c(0,600))
abline(DeLury$lm, lwd=3)

xnew=data.frame(E=seq(0, 600, by=20))
predi= predict(DeLury$lm, newdata = xnew, se.fit=T, interval='confidence')

```

```
lines(xnew$E, predi$fit[,"lwr"])
lines(xnew$E, predi$fit[,"upr"])
```

```
legend('topright', legend=c("Barrido 1", "Barrido 2", "Barrido 3", "Barrido 4"), cex=0.8, pch=19, col=c("black", "green", "blue", "red"))
```



Estimadores e intervalos de confianza

```
confint(Leslie)
```

```
## 95% LCI 95% UCI
## No 6.588342e+04 7.663119e+04
## q 5.620824e-03 7.994362e-03
```

```
confint(DeLury)
```

```
## 95% LCI 95% UCI
## No 5.081235e+04 6.838928e+04
## q 5.265208e-03 6.860112e-03
```

Estimación de eficiencia e intervalos de confianza y Figura 5

```
No=Leslie$est['No',1]
q=Leslie$est['q',1]
```

```
a = Areas/Esfuerzo
e = q*Area/a
```

```
q*Area/mean(a)
```

```
## [1] 0.2707092
```

```
confint(Leslie)[2,]*Area/mean(a)
```

```
## 95% LCI 95% UCI
## 0.2235165 0.3179020
```

```
bre=seq(0,1, length=30)
par(mfrow=c(2,1), mgp=c(1.75,0.5,0), mar=c(3,3,1,1))
```

```
hist(e[e<=1], col='transparent', las=1, ylab="Frecuencia",
      xlab=expression(e[1]), main="Leslie", xlim=c(0,1), breaks=bre)
abline(v=median(e[e<=1]), col=2, lwd=2)
```

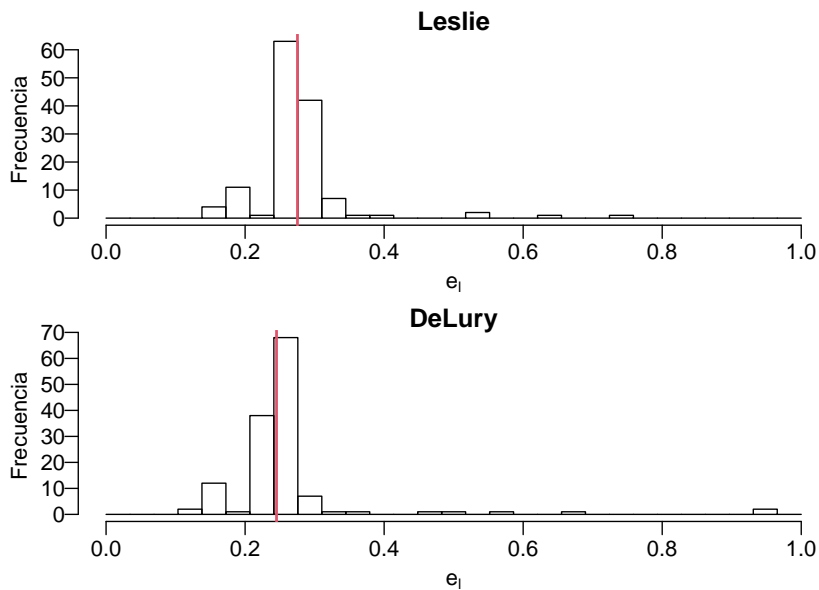
```

No=DeLury$est['No',1]
q=DeLury$est['q',1]

a = Areas/Esfuerzo
e = q*Area/a

hist(e[e<=1], col='transparent', las=1, ylab="Frecuencia",
     xlab=expression(e[1]), main="DeLury", xlim=c(0,1), breaks=bre)
abline(v=median(e[e<=1]), col=2, lwd=2)

```



```
q*Area/mean(a)
```

```
## [1] 0.2410864
```

```
confint(DeLury)[2,]*Area/mean(a)
```

```
## 95% LCI 95% UCI
```

```
## 0.2093751 0.2727977
```