

# **Análisis del muestreo aleatorio estratificado realizado históricamente durante las campañas de evaluación de abundancia del calamar argentino *Illex argentinus*, Stock Sudpatagónico**

Nicolás Iván Prandoni

Citar como:

Prandoni, NI. [2023]. Análisis del muestreo aleatorio estratificado realizado durante las campañas de evaluación de abundancia del calamar argentino *Illex argentinus*, Stock Sudpatagónico. Inf Investigación INIDEP N° 042/23, 25 pp.



# Análisis del muestreo aleatorio estratificado realizado históricamente durante las campañas de evaluación de abundancia del calamar argentino *Illex argentinus*, Stock Sudpatagónico

Nicolás Iván Prandoni

Instituto Nacional de Investigaciones y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP)

## Resumen

El calamar argentino *Illex argentinus* es una de las especies de mayor importancia ecológica y pesquera en la plataforma continental argentina y áreas adyacentes. En el presente trabajo se diseñó un programa en R “MAE.r” para analizar las últimas once campañas de evaluación de la abundancia del Stock Sudpatagónico llevadas a cabo por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina. La metodología de referencia fue la teoría del muestreo aleatorio estratificado con una afijación de los lances por el método de mínima varianza o afijación de Neyman, con el fin de evaluar si el diseño de muestreo fue el óptimo durante el periodo de estudio. Se observó que existe variabilidad entre el número de lances efectivo que se realizó en cada estrato en las campañas y el número óptimo de lances calculado por el modelo: algunos estratos fueron submuestreados y otros sobremuestreados. Los resultados mostraron que existen estratos con mayor densidad de calamar que otros, como es el caso de los estratos 3, 4 y 2 que son de mayor importancia para la evaluación del recurso; y otros como el 8, 9, 14 de menor densidad. Además, existió una gran variabilidad interanual en las densidades medias para cada estrato, lo que puede deberse a diversos factores: movimientos de la especie a pequeña escala o cambios en el ambiente físico que den lugar a diferencias en su ciclo anual de migración. Los resultados en la distribución del calamar también sugieren la posibilidad de un rediseño de la campaña en el cual se podría subdividir algunos estratos como el caso del 3 y 4 en dos zonas diferenciadas según la latitud geográfica, o la posibilidad de eliminar o modificar ciertos estratos por pertenecer a otros stocks pesqueros de la misma especie. El programa diseñado para los análisis no tiene diferencias significativas con el análisis usado anteriormente y se podría implementar para el futuro.

## Palabras Clave

Evaluación de recursos pesqueros, muestreo aleatorio estratificado (MAE), calamar argentino, estratificación, R.

## Introducción

El calamar argentino *Illex argentinus* (Castellanos, 1960) (Clase Cephalopoda, Familia Ommastrephidae) posee una amplia distribución nerítico-oceánica y se encuentra desde el sur de Brasil (23°S) hasta el sur de Argentina (54°S). Ocupa amplias áreas en el mar desde la plataforma continental hasta el talud (aproximadamente hasta los 1.000 m de profundidad) aunque su mayor presencia se da entre 35° - 52°S y a profundidades de hasta 400 m (Brunetti et al. 1998; 2000).

*I. argentinus* es uno de los principales recursos pesqueros de Argentina y del océano Atlántico sur: en 2020 se pescaron 171.162 toneladas en aguas de la Zona Económica Exclusiva Argentina (ZEEA), el 21,7% de los desembarques totales del país (Giussi et al. 2022). La pesca del calamar argentino se lleva a cabo por buques de bandera argentina, en su mayoría barcos poteros (*jiggers*) y en menor medida buques arrastreros de fondo; además de flotas internacionales en su mayoría de países asiáticos fuera de la ZEEA (Ivanovic et al. 2020). En 2020 las exportaciones de calamar argentino resultaron las más importantes en cuanto a toneladas por delante del langostino patagónico (*Pleoticus*



*muelleri*) y de la merluza común (*Merluccius hubbsi*): se exportaron 148.256 t, principalmente a China, Corea Republicana y Tailandia, con un beneficio de 395,8 millones de USD (MAGyP, 2020).

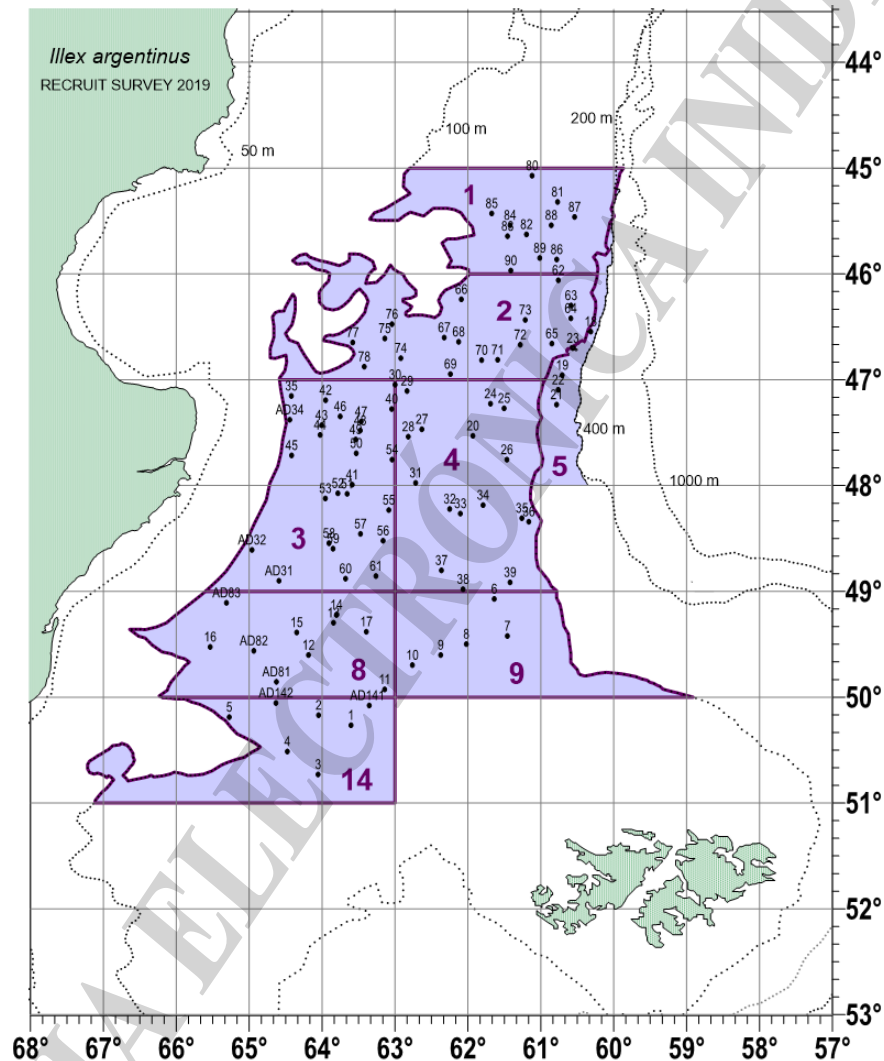
Para el estudio de su abundancia y distribución histórica se han llevado a cabo campañas anuales de evaluación mediante buques de investigación del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Estas campañas se diseñan en base al conocimiento de las áreas de distribución del recurso y su división en stocks pesqueros. Entre ellas, la campaña de evaluación de reclutas a la pesquería denominada “campaña de evaluación calamar sur”, es la más importante ya que en ella se estudia el Stock Sudpatagónico (SSP), que corresponde al de mayor biomasa e históricamente el que soporta la mayor actividad pesquera (Brunetti et al. 1998; 2000; Ivanovic et al. 2020). Además, en los estratos más septentrionales de la misma se abarca una parte del área de distribución del Stock Desovante de Verano (SDV), en reproducción al momento de hacer la campaña, muy importante en las capturas de la flota desde 2015 (Ivanovic et al. 2022).

El “crucero de evaluación de prereclutas de calamar sur” se ha realizado sin apenas cambios en su metodología de muestreo desde el año 1994 cuando fue diseñada, hace casi 30 años. De tal manera, en el último crucero realizado en 2022 (denominado VA-0122, Elena et al. 2022), el área total de la campaña se extendió entre los paralelos de 46°S y 51°S, y las isobatas de 100 m y 400 m (Figura 1). El diseño histórico de muestreo elegido para la evaluación de *I. argentinus* es el muestreo al azar estratificado: para ello, se delimitaron 8 estratos, utilizando meridianos, paralelos y las isobatas de 100, 200 y 400 m, y los registros históricos en la distribución geográfica y batimétrica de la especie. Los estratos fueron divididos en unidades de muestreo de igual área (cuadrículas de 2,0' de latitud y 2,5' de longitud) entre los 45°S y 51°S. La cantidad de lances a efectuar se determinó teniendo en cuenta los días de barco disponibles y el área total de investigación. El número de lances por estrato fue adjudicado sobre la base del tamaño relativo y la desviación estándar de la densidad en cada uno de ellos. Ya con los datos de cada lance y estrato, con el fin de estimar la abundancia en peso y número de individuos por lance, por estrato y total del área muestreada de la campaña, se aplican cálculos por el método de área barrida mediante la utilización de los programas DATAMAR (Buono y Ruocco 2014) y DATOFOX (Hansen y Buono 2000), ambos desarrollados en INIDEP. Éste último, si bien muy necesario y ampliamente utilizado en el INIDEP para estimar las abundancias de los recursos, se torna dificultosa su utilización por parte de las computadoras actuales debido a que fue desarrollado hace varias décadas sin haber sido adecuadamente actualizado.

Basándose en la teoría de muestreo, en caso de que la distribución de una población sea muy heterogénea (como ocurre en muchos recursos pesqueros) y para aumentar la precisión del muestreo aleatorio podemos recurrir a la estratificación, es decir, a la subdivisión de la población en subpoblaciones que no se superponen y juntas forman la totalidad de la población. Estas subpoblaciones reciben el nombre de estratos y para realizar el muestreo se extrae una muestra de cada estrato (por ejemplo, el número de lances en investigación pesquera), tomando como muestra final el conjunto de todas las submuestras. A esto se le llama Muestreo Aleatorio Estratificado (abreviado como MAE; Cochran 1977; Aubone 2020). El MAE, por tanto, es una herramienta útil a la hora de diseñar campañas de investigación pesquera que generalmente van dirigidas a la estimación de un índice de biomasa del recurso que se quiere investigar. Teniendo en cuenta esto, posibles cambios en la distribución espacial del recurso o cambios en la estructura de tamaños de los individuos o densidades hacen conveniente revisar periódicamente la estratificación de las campañas. Esto posiblemente lleve a reformular los estratos y los tamaños de muestreo dentro de cada estrato (Aubone 2020). Estos cambios en el diseño pueden ser debidos también a cambios en las condiciones de realización de la campaña: distintos buques de investigación según la disponibilidad o distinto presupuesto y por tanto tiempo de realización de la campaña.

Por ello, este trabajo pretende evaluar si el muestreo realizado en los últimos años de campaña fue el adecuado de acuerdo con el criterio de mínima varianza del MAE. Se evaluará la factibilidad de un nuevo diseño de estratos (y asignación de lances de pesca) en base a los resultados obtenidos. Para ello se generará un programa de cálculo de abundancias de campaña, mediante el software libre de análisis estadístico R (R Core Team2013), utilizando datos de campañas de evaluación del calamar argentino realizadas en las últimas décadas por el INIDEP. Finalmente, se testearán y compararán los resultados con los resultados que arrojó el programa DATOFOX.

## Materiales y métodos



**Figura 1.** Mapa general de las campañas de evaluación de reclutas de calamar sur. Área de investigación, estratos (números color morado) y lances de pesca (color negro) (Elena 2019).

El diseño de muestreo que se aplica actualmente fue analizado a partir de los datos colectados durante once campañas de evaluación del SSP: 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2012, 2014, 2019 y 2022 (cuyos informes de campaña son: Brunetti 2001; 2002; 2004, 2005, 2006, 2007, 2009; Elena 2012, 2014, 2019; Elena et al. 2022). No se incluyeron en el estudio, datos de campañas anteriores al año 2001 para minimizar los posibles cambios en la distribución del recurso pesquero. Las bases de datos fueron las bases de campaña de investigación denominadas “Puente” (en formato



“.dbf”) para los años mencionados, obtenidas con el programa DATAMAR (Última versión 3.9.28. 2022).

Los lances de pesca constituyen unidades de muestreo en la investigación de recursos pesqueros. En los estudios del calamar argentino, que durante el día habita cerca del fondo, se utiliza una red de arrastre de fondo modelo Engel. Los lances consisten, de una manera resumida, en que la red desciende hasta el fondo, se abre y comienza a arrastrarse a una velocidad constante de 4 nudos durante una distancia y tiempo predeterminados (1 milla náutica en 15 minutos; debe ser igual en todos los lances) para tener unas condiciones estandarizadas. La red utilizada permite estandarizar una abertura vertical de aproximadamente 4,5 – 5 m para capturar calamar en base a su comportamiento demersal. La captura en cada lance permite, mediante el método de área barrida (Serpa 1993), realizar cálculos de densidades medias (en  $t\ mn^{-2}$  o Número de individuos  $mn^{-2}$ ) y estimaciones de biomasa para cada estrato y para el área total de estudio.

El diseño de la campaña y los análisis matemáticos se basan en la teoría del MAE (Cochran 1977; Aubone 2020). Se denomina afijación de la muestra al reparto, asignación, adscripción o distribución del tamaño muestral entre los diferentes estratos. La afijación utilizada para el calamar es la de mínima varianza o afijación de Neyman, y consiste en determinar los valores de  $n_h$  (número de unidades que se extraen del estrato  $h$ -ésimo para la muestra) de forma que para un tamaño de muestra fijo igual a  $n$ , la varianza de los estimadores sea mínima. Se ha observado que las poblaciones de *I. argentinus* se distribuyen heterogéneamente en el océano, por ello para su estudio se recurrió a la estratificación de la población, es decir, a la subdivisión de la población en subpoblaciones (Estratos:  $N_1, N_2, \dots, N_L$ , Figura 1) que no se superponen y juntas forman la totalidad de la población. Los estratos están diseñados en base a las características de la distribución de la especie tanto geográficamente como en profundidad en la columna de agua. De cada estrato se extraen diversas muestras (llamados Lances en investigación pesquera:  $n_1, n_2, \dots, n_L$ ), que son las unidades de muestreo.

Notación:

$N_{h\text{ óptimo}}$  = nº de lances óptimo a calcular de cada estrato  $h$

$n$  = nº total lances efectivos de la campaña

$N_h$  = nº lances del estrato  $h$

$S_h$  = Desviación standard del estrato  $h$

$W_h$  = Peso o ponderación del estrato  $h$

Esta distribución por estrato se denomina de Neyman-Tschuprow.

De esta manera, si queremos obtener una mínima varianza para un tamaño de muestreo fijo  $n$  (total de lances de campaña), se deben realizar los siguientes pasos (Aubone2020):

- Realizar un muestreo aleatorio intensivo preliminar (lances de pesca) en el área total de prospección: en este caso no es necesario porque ya se cuenta con los datos de varias campañas de evaluación del recurso.
- Definir los estratos espacialmente ( $h=1, L$ ) y calcular  $N_h, S_h$ . Luego definir  $N=\sum h$ .  $N_h$  y  $W_h=N_h / N$ . Cada campaña cuenta con un número determinado de lances de pesca y de estratos que se mantuvieron constantes. Las áreas de los estratos usados históricamente no variaron a lo largo de los años, se mantuvieron fijas.



- Definir el número máximo de lances posibles ( $n$  total) en una campaña de investigación. Este número permanece constante generalmente, aunque puede variar en función del presupuesto o días de barco disponibles. En las campañas de las que se dispone de datos para este proyecto el  $n$  total varió entre 86 – 99 lances.
- A partir de  $N_h$  y  $S_h$  calcular el número de lances óptimo ( $nh_{\text{óptimo}}$ ) para minimizar la varianza muestral.
- Finalmente, y si fuera aconsejable un rediseño el muestreo, sortear aleatoriamente posiciones para  $nh$  lances de pesca en el estrato  $h$ .

Con este propósito se diseñó una rutina utilizando el software de programación estadística R (usando el editor de código R-Studio, R Core Team 2013) capaz de leer los datos obtenidos de cada campaña anual de evaluación del recurso y así poder realizar los cálculos necesarios. Adicionalmente el programa tiene la capacidad de calcular los datos finales de campaña de una manera equivalente a los cálculos con DATOFOX. Para tal fin, se diseñó el programa “MAE.r”, que se encuentra disponible con el material de este trabajo para su réplica y utilización. En el mismo, los análisis se desarrollan de la siguiente manera:

A partir de la base de datos *Puente* de campañas se extraen las variables: Fecha (dd/mm/aa), número de Lance, Estrato, Área barrida (superficie cubierta por la red de pesca durante un lance, en millas náuticas cuadradas,  $mn^2$ ), Especie\_1 y Captura de la Especie\_1 (kg), asegurándose de que la Especie\_1 sea siempre la especie objetivo: *I. argentinus* y no otra. En los casos que no existiera captura de *I. argentinus* en un lance se le otorgó un valor de captura de 0 kg, ya que el valor 0 se ha de contar para las estimaciones de densidades.

Se calcularon las densidades medias en peso para cada lance según la fórmula:

$$\text{Densidad en peso (t } mn^{-2}) = \text{captura calamar argentino (t) / área barrida (} mn^2)$$

Adicionalmente se calculó la densidad media en número de individuos para cada lance según la fórmula:

$$\text{Densidad en número (n } mn^{-2}) = \text{número de ejemplares calamar / área barrida (} mn^2)$$

donde el número de ejemplares se obtuvo multiplicando la captura de *I. argentinus* de la base *Puente* y los ejemplares por kilogramo de la base *Muestra*. Para ello se contó con los datos de muestreo biológico de las especies capturadas en cada lance de las campañas (identificada como base *Muestra*). El programa comparó las bases *Muestra* y *Puente* con el fin de asegurar que el número de lances en dichas bases coincidieran y no hubiera faltantes.

Para cada año que se tienen datos de campaña se trabajó con los siguientes datos de salida (Tabla 1, Resultados): Estrato (1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 14), Área ( $mn^2$ ), número de cuadrículas ( $N_h$ ); número de lances efectivos ( $nh$ ), ponderación de cada estrato ( $Wh$ ), varianza ( $sh^2$ ), número de lances óptimo según Neyman ( $nh_{\text{óptimo}}$ ) y densidades medias para cada estrato (miles de individuos por milla náutica cuadrada). Se realizaron gráficos de barras para cada año de campaña para comparar entre los lances efectivos ( $nh$ ) realizados en los estratos y los lances óptimos ( $nh_{\text{óptimo}}$ ) calculados por el programa (Figura 2, Resultados).



A partir de los datos obtenidos anteriormente se calcularon las siguientes variables para cada año: Densidad media total anual (individuos  $\text{mn}^{-2}$ ) y su varianza, Abundancia total de la campaña (millones de individuos) y su varianza, grados de libertad efectivos (gl.) y coeficiente de variación (CV); estos incluyen todos los estratos de esa campaña y se presentaron en la Tabla 2.

Complementariamente, se diseñaron mapas de distribución del recurso a partir de los datos de densidades medias para cada lance de pesca con el programa Surfer v.11 (Golden Software, LLC). La elaboración de los mapas permitirá caracterizar las densidades de cada lance y/o estrato en cada año e identificar las áreas más importantes de concentración del calamar a los fines de la evaluación del recurso y para facilitar la comparación entre años.

## Resultados

### *Análisis del MAE*

En la Tabla 1 y Figura 2 (gráficos de barras) se muestran los resultados obtenidos por el programa para los estratos y años de campaña analizados. De esta manera podemos evaluar cuan eficaz fue el diseño realizado en las campañas y como es la asignación de lances óptima de acuerdo con el MAE. Se observa que todos los estratos tienen cierta variabilidad en cuanto al número de lances efectivo y el óptimo calculado según la teoría del MAE. En orden decreciente de variabilidad, los estratos 1, 5, 3 y 14 resultaron ser los más variables en cuanto a asignación de número de lances óptimos, seguidos de los estratos 8 y 4. A su vez, en los estratos 9 y 2 la variabilidad sería menor. No se observa una relación clara entre el tamaño (área) de cada estrato y la variabilidad, ni tampoco en cuanto al número de lances asignado a cada estrato y la variabilidad. Esto se refleja en que, por ejemplo, los estratos 2 y 4 que son algunos de los de mayor superficie (9.094 y 9.400  $\text{mn}^2$  respectivamente, Tabla 1) no poseen tanta variabilidad y en cambio, el estrato 5 es peculiar porque si bien es el más pequeño en cuanto a área (1.912  $\text{mn}^2$ ), es uno de los que muestran mayor variabilidad en algunos años.

Para algunos años, la diferencia entre el número de lances óptimo y el número de lances efectivo para cada estrato es de gran magnitud debido a la gran variabilidad entre las densidades medias (Tabla 1). Esto se puede observar por ejemplo en la campaña del año 2004 donde las densidades medias de cada estrato son por lo general pequeñas (menores a mil individuos  $\text{mn}^{-2}$ ) y sin embargo el estrato 1 posee más de 23.000 individuos  $\text{mn}^{-2}$ ; por ello en el estrato 1 se realizaron 11 lances efectivos y el programa arrojó, como óptimo, una estimación de 72 lances. Otro ejemplo, es el estrato 14: en 2001 se realizaron 7 lances efectivos (estimación óptima 37 lances) y en 2019 se realizaron 7 lances (estimación óptima 33 lances). Históricamente, en el estrato 3 se realiza la mayor asignación de lances, pero sin embargo no en todos los años se obtuvieron las mayores densidades medias de individuos y, salvo en 2006 y 2007, el  $nh_{\text{óptimo}}$  debió ser menor al  $nh$  según el análisis.



**Tabla 1.** Variables y estadísticos calculados por el programa *MAE.r* para cada estrato y en cada año de campaña; *Nh*: n° cuadrículas del estrato *h*; *nh*: n° total lances efectivos de la campaña; *Wh*: Peso o ponderación del estrato *h*; *Sh*<sup>2</sup>: varianza del estrato *h*; *nh\_óptimo*: n° de lances óptimo a calcular de cada estrato *h*; *Dens\_med\_N*: densidad media del estrato (individuos\*1000 mn<sup>-2</sup>).

Año	Estrato	Área	Nh	nh	Wh	Sh <sup>2</sup>	nh_óptimo	Dens_med_N
2001	1	6062,63	1730	12	0,10	56,05	3	5,42
2001	2	9094,09	2640	17	0,16	1093,50	12	19,69
2001	3	9322,96	2790	26	0,17	2645,84	19	19,92
2001	4	9399,6	2810	16	0,17	1598,15	15	12,85
2001	5	1911,59	560	6	0,03	507,69	8	11,40
2001	8	7370,95	2270	10	0,14	56,19	3	7,64
2001	9	5865,63	1810	5	0,11	56,37	3	4,15
2001	14	6583,16	2070	7	0,12	10029,54	37	57,89
2002	1	6062,63	1730	12	0,10	6926,18	31	40,69
2002	2	9094,09	2640	17	0,16	700,66	10	18,63
2002	3	9322,96	2790	26	0,17	747,05	10	14,81
2002	4	9399,6	2810	16	0,17	1548,39	15	30,05
2002	5	1911,59	560	6	0,03	3980,06	23	39,40
2002	8	7370,95	2270	10	0,14	79,26	3	5,39
2002	9	5865,63	1810	5	0,11	58,64	3	4,42
2002	14	6583,16	2070	7	0,12	152,48	5	11,66
2004	1	6062,63	1730	11	0,10	2466,02	72	23,14
2004	2	9094,09	2640	17	0,16	164,19	18	4,83
2004	3	9322,96	2790	26	0,17	1,17	2	0,71
2004	4	9399,6	2810	16	0,17	4,24	3	1,55
2004	5	1911,59	560	6	0,03	1,09	2	0,54
2004	8	7370,95	2270	10	0,14	0,28	1	0,35
2004	9	5865,63	1810	5	0,11	0,34	1	0,43
2004	14	6583,16	2070	7	0,12	0,05	0	0,20
2005	1	6062,63	1730	11	0,10	1269,09	34	27,76
2005	2	9094,09	2640	17	0,16	553,80	23	15,09
2005	3	9322,96	2790	26	0,17	54,79	7	5,36
2005	4	9399,6	2810	16	0,17	2,75	2	1,62
2005	5	1911,59	560	6	0,03	674,14	25	27,02
2005	8	7370,95	2270	10	0,14	2,16	1	1,89
2005	9	5865,63	1810	5	0,11	1,45	1	0,73
2005	14	6583,16	2070	7	0,12	25,17	5	4,22
2006	1	6062,63	1730	11	0,10	13705,82	28	70,20
2006	2	9094,09	2640	17	0,16	518,45	5	21,93
2006	3	9322,96	2790	26	0,17	29393,87	40	95,55
2006	4	9399,6	2810	16	0,17	1159,67	8	20,28
2006	5	1911,59	560	6	0,03	7,70	1	5,02
2006	8	7370,95	2270	10	0,14	2376,03	11	31,28
2006	9	5865,63	1810	5	0,11	299,18	4	10,04
2006	14	6583,16	2070	7	0,12	7,77	1	3,83

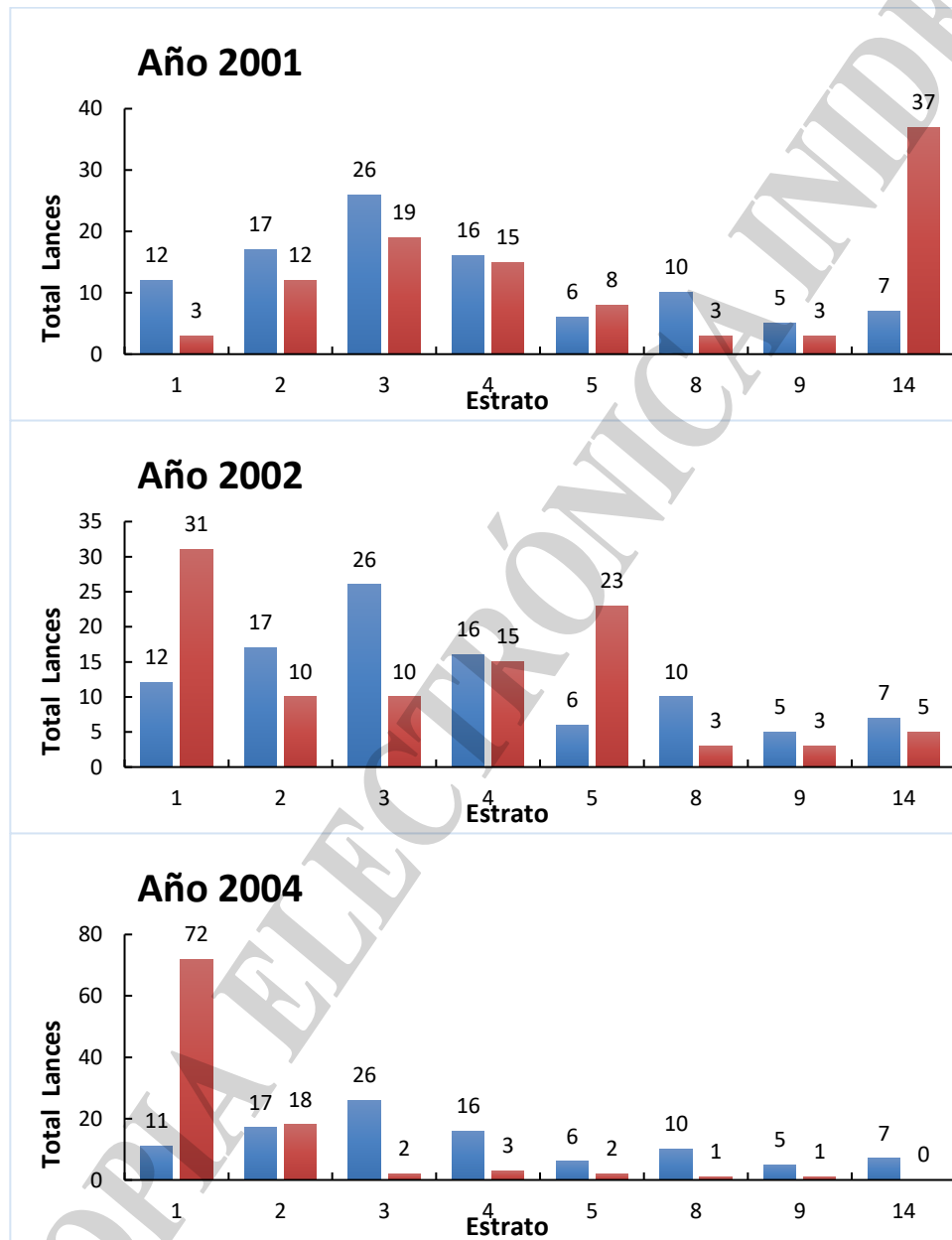


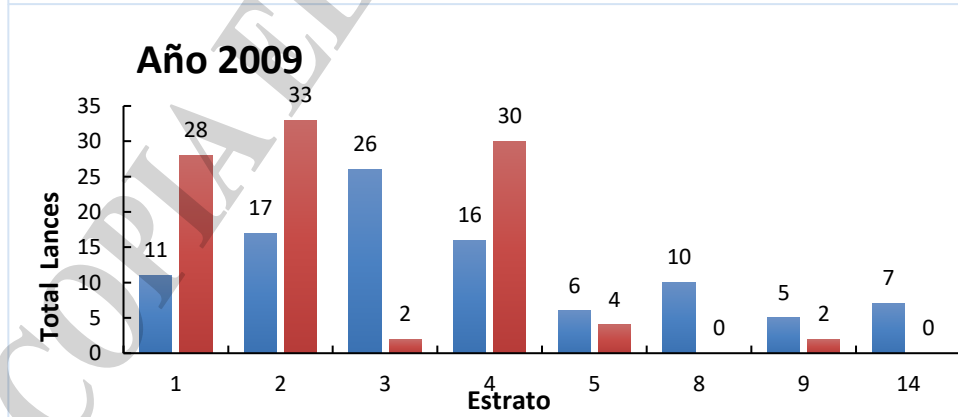
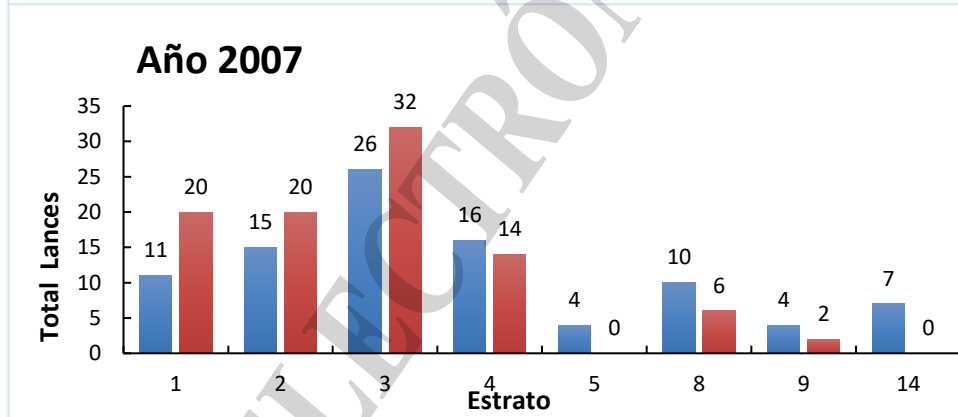
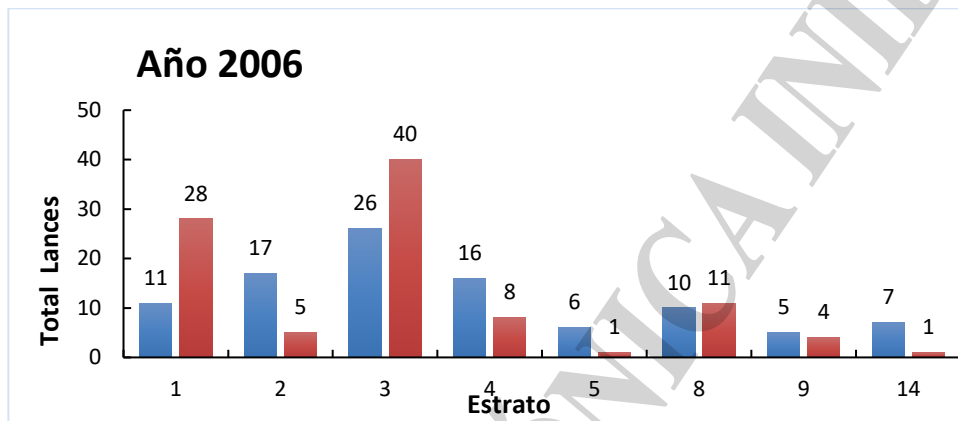
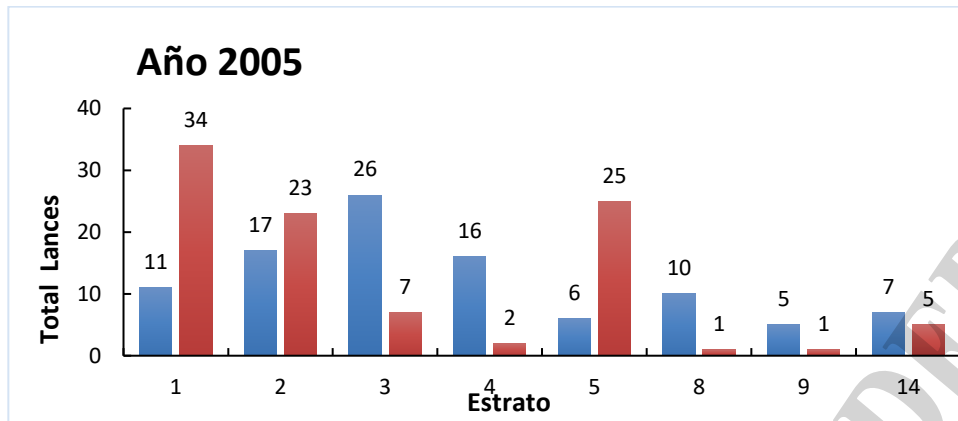
Año	Estrato	Área	Nh	nh	Wh	Sh <sup>2</sup>	nh_optimo	Dens_med_N
2007	1	6062,63	1730	11	0,10	8327,49	20	95,21
2007	2	9094,09	2640	15	0,16	8052,44	20	70,21
2007	3	9322,96	2790	26	0,17	20935,31	32	94,14
2007	4	9399,6	2810	16	0,17	4076,69	14	35,34
2007	5	1911,59	560	4	0,03	0,05	0	0,71
2007	8	7370,95	2270	10	0,14	727,00	6	17,36
2007	9	5865,63	1810	4	0,11	65,40	2	8,17
2007	14	6583,16	2070	7	0,12	1,19	0	1,03
2009	1	6062,63	1730	11	0,10	1183,47	28	27,56
2009	2	9094,09	2640	17	0,16	1628,10	33	25,86
2009	3	9322,96	2790	26	0,17	3,87	2	1,58
2009	4	9399,6	2810	16	0,17	1330,48	30	14,45
2009	5	1911,59	560	6	0,03	22,87	4	2,95
2009	8	7370,95	2270	10	0,14	0,01	0	0,07
2009	9	5865,63	1810	5	0,11	4,84	2	1,37
2009	14	6583,16	2070	7	0,12	0,02	0	0,11
2012	1	6062,63	1730	11	0,10	278,21	5	14,69
2012	2	9094,09	2640	17	0,16	2498,88	15	36,31
2012	3	9322,96	2790	26	0,17	93,83	3	6,54
2012	4	9399,6	2810	16	0,17	27266,25	51	96,65
2012	5	1911,59	560	6	0,03	214,09	5	8,66
2012	8	7370,95	2270	10	0,14	1337,37	11	19,70
2012	9	5865,63	1810	5	0,11	222,18	5	11,51
2012	14	6583,16	2070	7	0,12	73,27	3	5,31
2014	1	6062,63	1730	6	0,10	196,08	4	7,81
2014	2	9094,09	2640	16	0,16	9881,48	28	58,15
2014	3	9322,96	2790	26	0,17	1895,56	12	31,06
2014	4	9399,6	2810	15	0,17	79,64	2	8,24
2014	5	1911,59	560	6	0,03	4985,03	20	110,43
2014	8	7370,95	2270	10	0,14	807,96	8	21,53
2014	9	5865,63	1810	5	0,11	3,90	1	2,46
2014	14	6583,16	2070	7	0,12	3397,84	16	61,05
2019	2	9094,09	2640	17	0,18	23,06	2	4,43
2019	3	9322,96	2790	26	0,19	83,35	5	4,26
2019	4	9399,6	2810	15	0,19	958,84	15	11,86
2019	5	1911,59	560	6	0,04	267,07	8	8,04
2019	8	7370,95	2270	10	0,15	2038,65	22	20,88
2019	9	5865,63	1810	5	0,12	0,73	0	0,40
2019	14	6583,16	2070	7	0,14	4380,17	33	27,00
2022	2	9094,09	2640	8	0,18	1517,55	19	25,65
2022	3	9322,96	2790	24	0,19	5281,41	35	41,63
2022	4	9399,6	2810	16	0,20	830,59	14	14,71
2022	8	7370,95	2270	8	0,16	0,14	0	0,32
2022	9	5865,63	1810	5	0,13	0,34	0	0,48

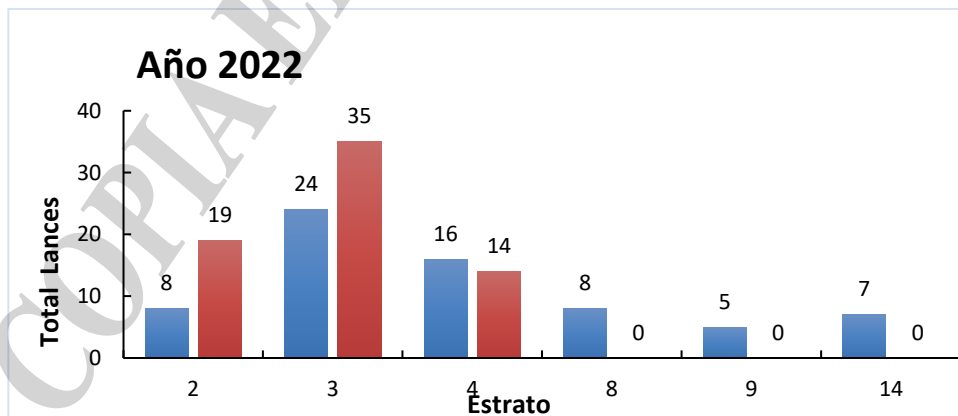
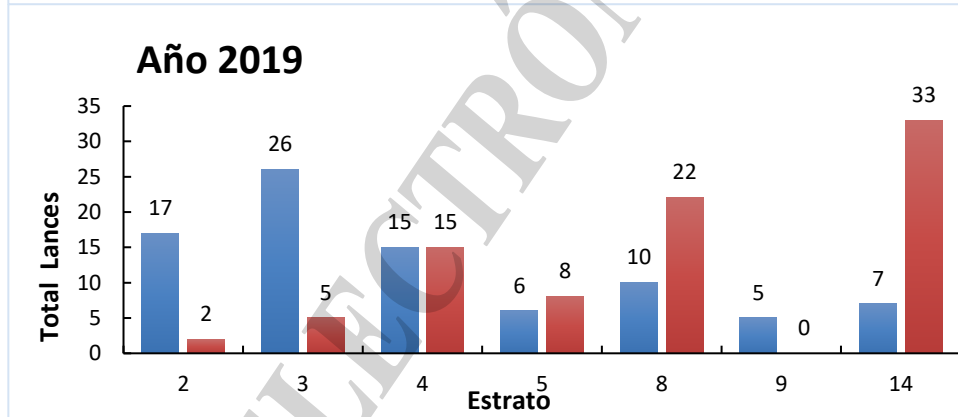
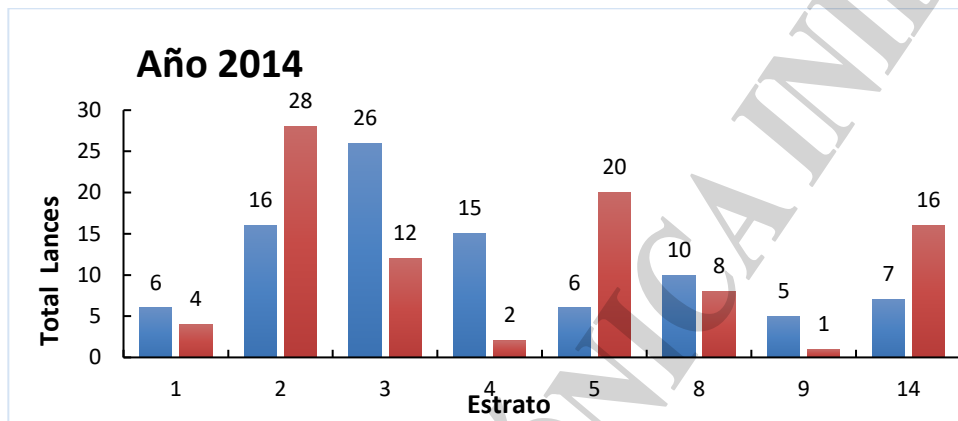
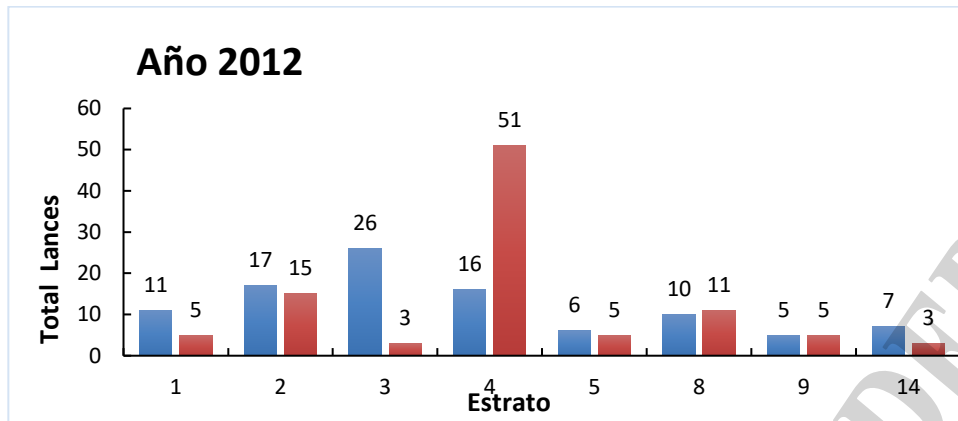


Año	Estrato	Área	Nh	nh	Wh	Sh <sup>2</sup>	nh_optimo	Dens_med_N
2022	14	6583,16	2070	7	0,14	0,02	0	0,07

**Figura 2.** Análisis por años de campaña: Número de lances efectivos ( $n_h$ , color azul) realizados en las campañas de evaluación y número de lances óptimos (color rojo) estimados según el MAE de Neyman.





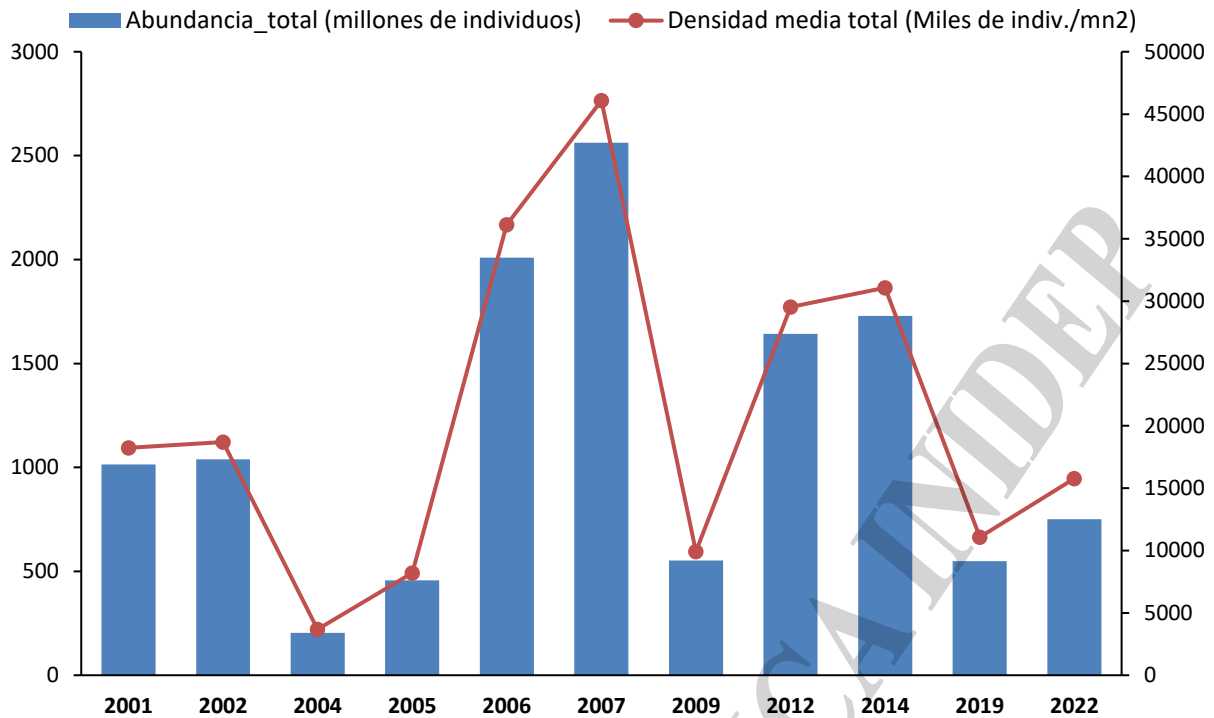




Los resultados generales para cada campaña (Tabla 2, Figura 3) arrojan que los años con mayores densidades medias totales anuales fueron 2007 y 2006 con 46.087 y 36.143 individuos  $\text{mn}^{-2}$  respectivamente. Esos años correspondieron también a los de mayores abundancias totales de campaña. Por el contrario, en las campañas de 2009, 2005 y 2004 se obtuvieron las densidades menores, inferiores a 10.000 individuos  $\text{mn}^{-2}$ . Los coeficientes de variación son, para casi todos los años, menores a 0,3, salvo en el caso de 2004 y 2019, que fueron superiores.

**Tabla 2.** Estimaciones de la densidad y abundancia efectuadas para cada campaña de evaluación de *Illex argentinus*: Año de la campaña, Dens.Med.N (Densidad media total anual, individuos  $\text{mn}^{-2}$ ) y su varianza, Abundancia total de la campaña (millones de individuos) y su varianza, grados de libertad efectivos (gl.) y coeficiente de variación (CV).

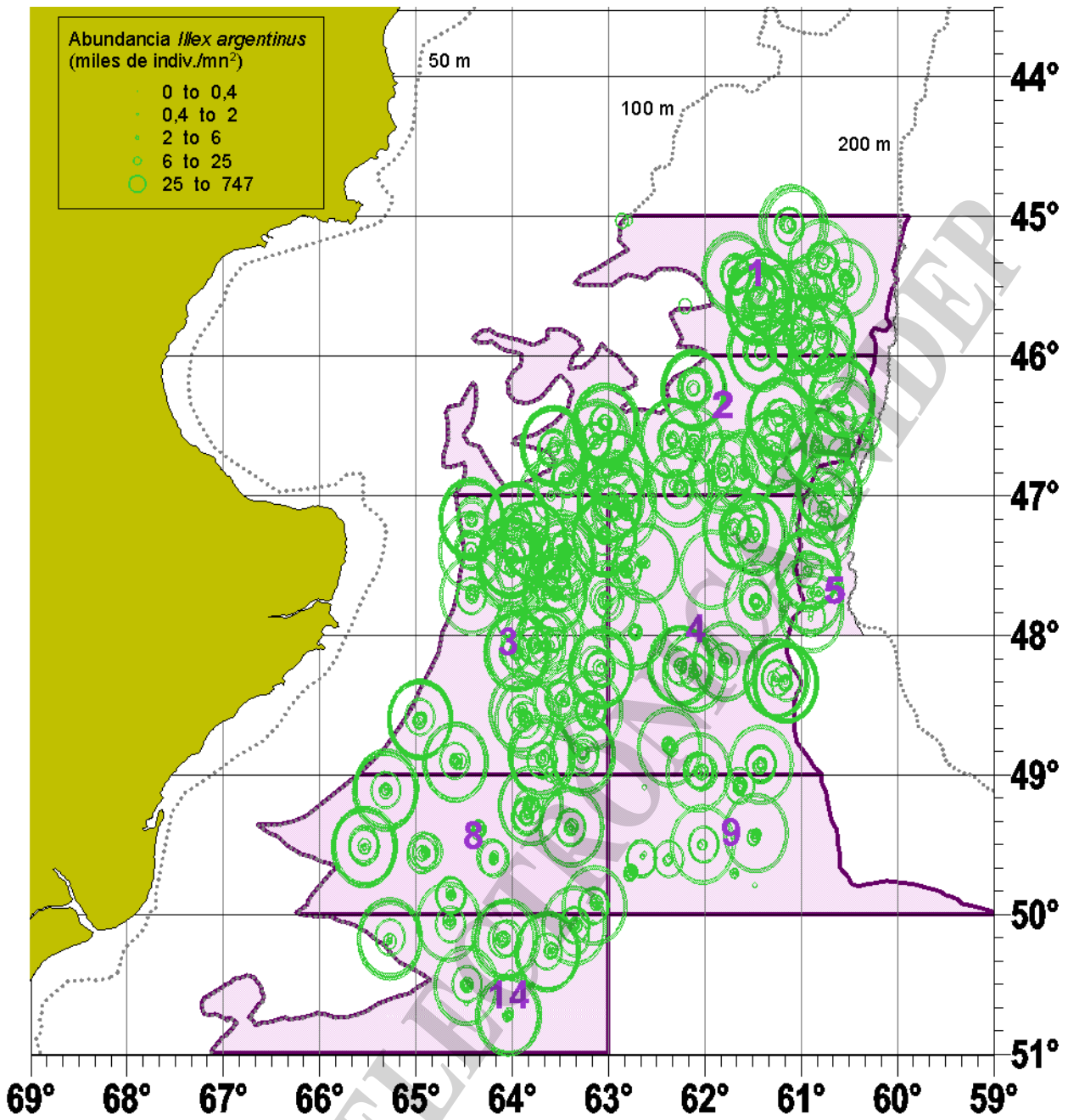
Año	Dens.Med.N	Var_dens_med	Abundancia_total	Var.Abundancia	gl.	CV
2001	18.233	29,61	1.014	915,77	11	0,298
2002	18.690	12,08	1.039	373,48	35	0,186
2004	3.681	2,65	205	81,86	12	0,442
2005	8.206	2,30	456	70,98	27	0,185
2006	36.143	52,56	2.010	1625,44	46	0,201
2007	46.087	52,51	2.563	1623,79	64	0,157
2009	9.920	5,90	552	182,46	41	0,245
2012	29.528	55,31	1.642	1710,37	20	0,252
2014	31.078	27,77	1.728	858,92	30	0,170
2019	11.065	19,10	548	468,86	14	0,395
2022	15.773	16,54	751	375,25	30	0,258



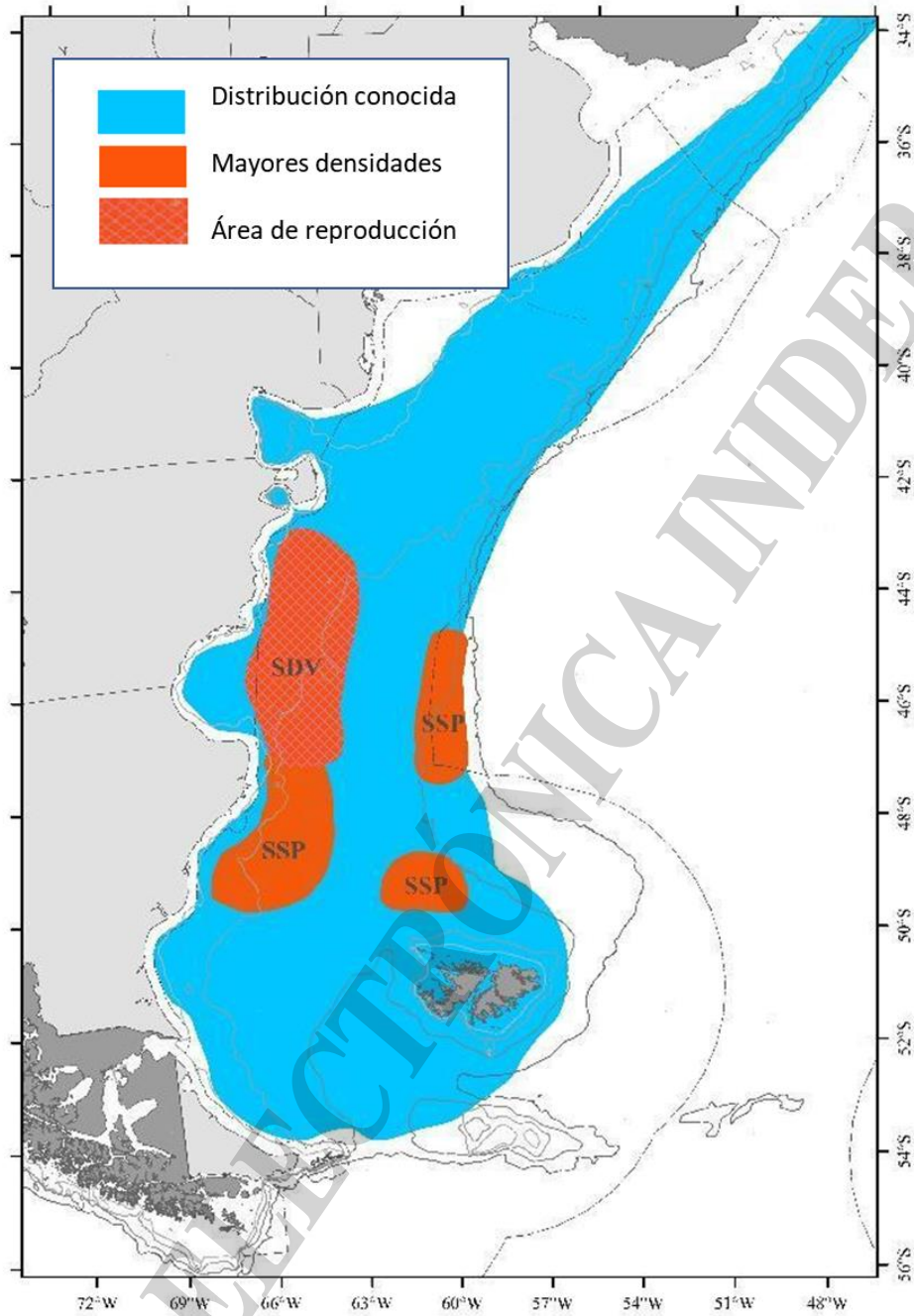
**Figura 3.** Abundancias totales de campaña y densidades medias totales por año de campaña calculadas por el método de MAE.

#### *Análisis espacial de la abundancia del calamar argentino*

Si se analizan los mapas con los datos acumulados para todos los años (Figura 4) se observa que los estratos donde se obtuvieron las mayores densidades de la especie son el estrato 3 (superior al resto), seguido de los estratos 2, 4, 5 y 1. Se observó la presencia de calamar en la mayoría de la superficie de cada estrato, sin embargo, en el estrato 4 la mayoría del recurso se encontró al sur del paralelo 48°S. Los estratos donde se produjeron las menores densidades de individuos fueron el 9, 8 y 14; si bien éste último varía mucho entre años, con años sin apenas presencia (2009, 2022) y otros con altas densidades (2001, 2014). Esto es debido a las fluctuaciones en abundancia del SSP en las latitudes más al sur. Estos resultados estarían en concordancia con las áreas de mayor distribución de los stocks sur del calamar argentino en verano (Figura 5).



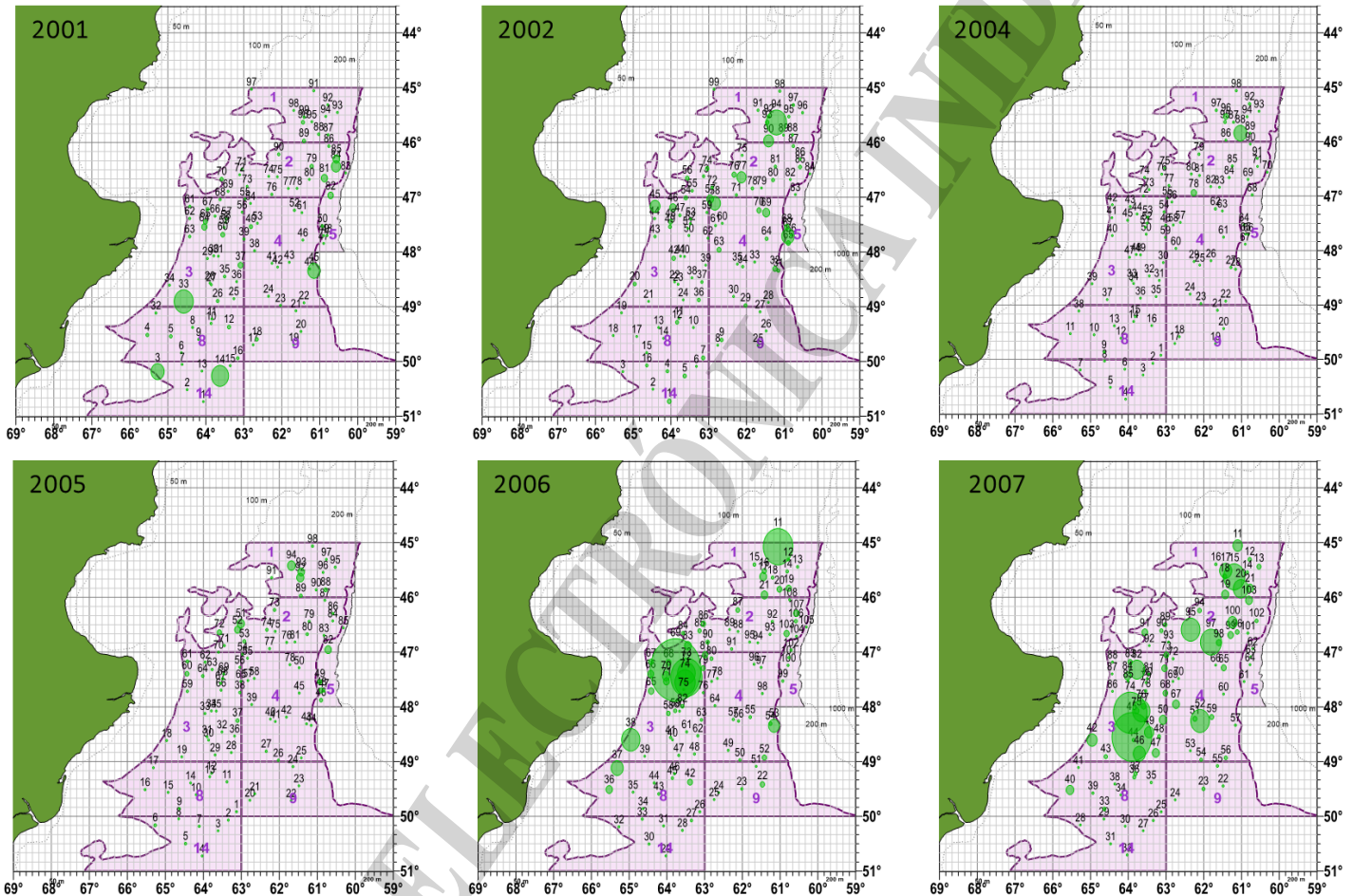
**Figura 4.** Mapa de densidades acumuladas (en miles de individuos  $mn^{-2}$ ) del calamar *Illex argentinus* para los todos los años de campañas analizadas. Los números y áreas de color violeta representan los estratos históricos de la campaña de evaluación de reclutas; los círculos verdes representan la densidad para cada lance de pesca.



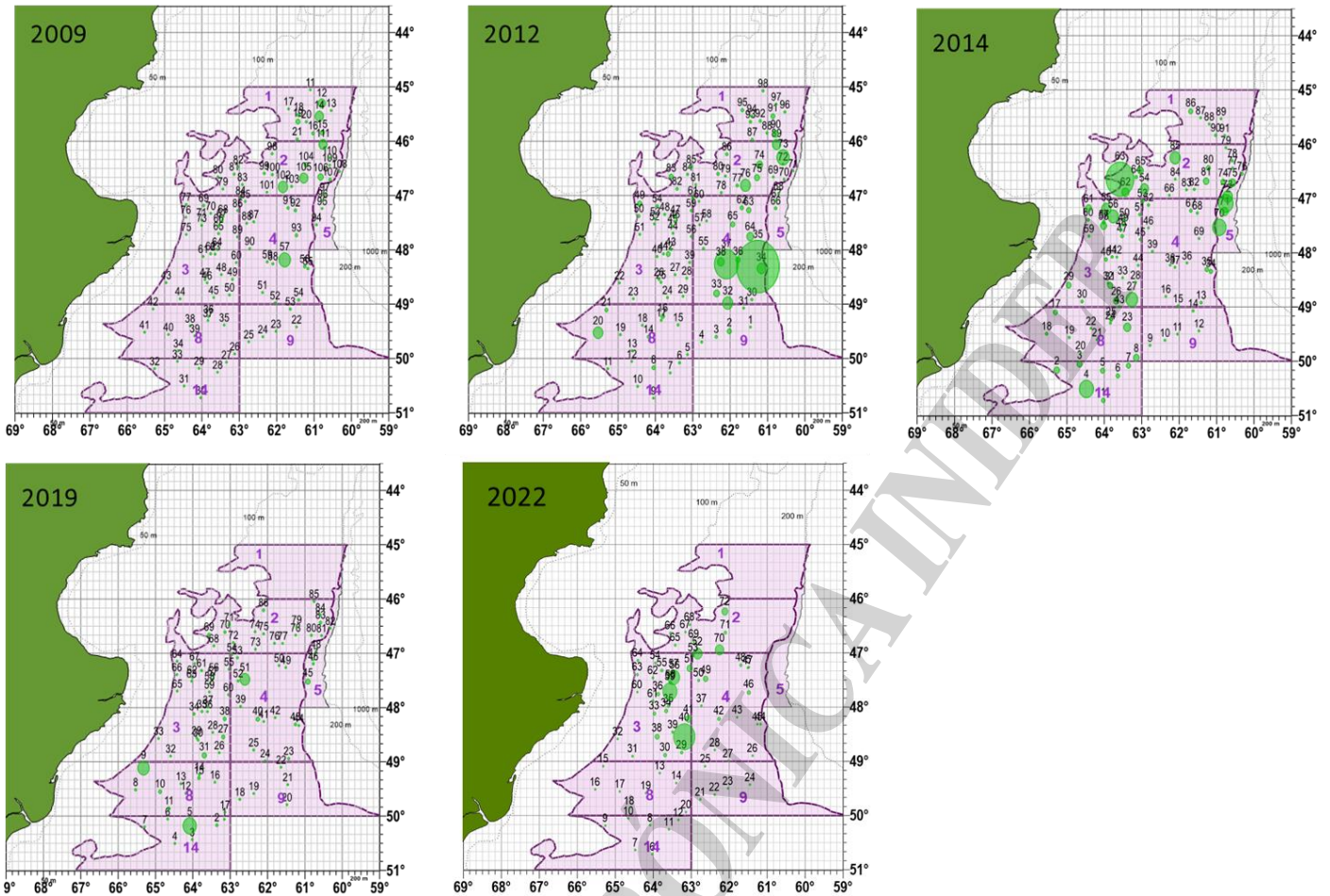
**Figura 5.** Distribución de verano del calamar argentino *Illex argentinus*, indicándose las áreas donde la especie está presente (color azul) y las de mayor densidad de los distintos stocks (color rojo).

Los valores máximos de densidad en peso en los lances de pesca fueron de 167 t  $\text{mn}^{-2}$  en 2007 (estrato 3, lance 74) y 158 t  $\text{mn}^{-2}$  en 2007 (estrato 3, lance 45); mientras que las mayores densidades en número de individuos fueron 746.634 individuos  $\text{mn}^{-2}$  en 2006 (estrato 3, lance 69) y 629.082 individuos  $\text{mn}^{-2}$  en 2012 (estrato 4, lance 35), ver figuras 4 y 6.

Además, los mapas de densidad de la especie (Figura 6) muestran que, en los años 2006, 2007, 2014 y 2012 se registraron las mayores concentraciones de calamar, mientras que los años 2009, 2005, 2004, 2019 y 2022 fueron años con menores densidades.



**Figura 6.** Densidades (miles de individuos/ $\text{mn}^2$ ) del calamar *Illex argentinus* durante las campañas de investigación realizadas entre 2001 y 2022. Los números y áreas de color violeta representan los estratos históricos de la campaña de evaluación de reclutas; los círculos verdes representan la densidad en cada lance de pesca (numerados).



**Figura 6 (Continuación).** Densidades (miles de individuos/mn<sup>2</sup>) del calamar *Illex argentinus* durante las campañas de investigación realizadas entre 2001 y 2022. Los números y áreas de color violeta representan los estratos históricos de la campaña de evaluación de reclutas; los círculos verdes representan la densidad en cada lance de pesca (numerados).

#### Comparación de resultados del programa MAE.r vs DATOFOX

En la Tabla 3 se detallan los resultados del análisis hecho con el programa diseñado con R “MAE.r” en comparación con los resultados calculados con DATOFOX, para la evaluación de las últimas tres campañas realizadas, en 2014, 2019 y 2022. Se calcularon las diferencias absolutas y en % (valor absoluto) para los índices de campaña: biomasa, abundancia y densidad.



**Tabla 3.** Resultados de las salidas de ambos programas MAE.r y DATOFOX para la evaluación de la Biomasa total (t), Abundancia de reclutas (millones de individuos) y Densidad media total (t/mn<sup>2</sup>) para las campañas de 2014, 2019 y 2022.

<b>Año</b>	<b>2014</b>	<b>2019</b>	<b>2022</b>
Biomasa (t) MAE	415.755	146.374	165.923
Biomasa (t) DATOFOX	407.274	144.202	169.006
Diferencia (t)	8.481	2.172	-3.083
Diferencia (% abs)	2,1	1,5	1,8
Abundancia (millones) MAE	1.728	548	751
Abundancia (millones) DATOFOX	1.684	541	753
Diferencia (millones)	44	7	-2
Diferencia (% abs)	2,6	1,3	0,3
Densidad (t/mn <sup>2</sup> ) MAE	7,48	2,95	3,48
Densidad (t/ mn <sup>2</sup> ) DATOFOX	8,22	2,91	3,55
Diferencia (t/ mn <sup>2</sup> )	-0,74	0,04	-0,07
Diferencia (% abs)	9,0	1,5	1,9

## Discusión

Los resultados del análisis llevado a cabo a partir de la información colectada en once campañas de evaluación de calamar entre 2001 y 2022, muestran que hay diferencias entre el número de lances realizados y el número óptimo calculado para cada estrato (Tabla 1). Así, las diferencias en la asignación óptima de número de lances se debieron principalmente a la gran variabilidad (falta de homogeneidad) en la densidad de calamares dentro de cada estrato. Para que el muestreo estratificado sea más preciso es conveniente que los estratos sean heterogéneos entre sí en desviación típica; se trata de buscar regularidades en la distribución óptima de unidades de muestreo. Por ello, al definir los estratos o subpoblaciones, éstos deberían tener heterogeneidad entre ellos: diferentes valores de la variable que se va a medir (ej. la densidad en número de individuos o en peso), e internamente homogeneidad, lo que se traduce en una pequeña variabilidad de la variable en estudio (Cochran 1977).

La variabilidad obtenida entre los lances efectivos y óptimos en cada año de campaña (Tabla 1, Figura 2) se puede observar en mayor medida en los estratos que resultaron ser subestimados: se les adjudicó un  $n_h$  más pequeño en la campaña y puntualmente se encontró una densidad mayor a la esperada. Para corregirlo sería necesario reajustar el número de lances según la importancia de dicho estrato. Sin embargo, esto es algo difícilmente aplicable a la realidad, debido a que la campaña no puede tener muchos lances en todos los estratos, debe tener un  $n$  total de lances distribuido entre los estratos y que sea acorde a las capacidades, días y presupuesto de campaña. A su vez, si un estrato es muy grande y existiera cierta regularidad en la abundancia y distribución del recurso durante varios años, observándose concentraciones en algún sector del estrato, tal vez éste se pueda dividir, para que no haya mezcla con la otra parte del estrato de escasa densidad y así crear mayor homogeneidad dentro de los mismos. Esto es evidente en los estratos 3 y 4, de gran tamaño y cierta regularidad en la distribución del calamar. De esta manera, se daría la posibilidad de dividir los estratos 3 y 4 en dos

sectores, al norte y al sur del paralelo  $47,5^{\circ}$  o  $48^{\circ}$ S arbitrariamente. En los mapas de distribución de la especie para cada año (Figura 6) se observa que hay diferencias en las densidades en ambos sectores (norte/sur) de dichos estratos por lo que son heterogéneos. Estas diferencias son mucho más marcadas para el caso del estrato 4, donde las mayores concentraciones se producen en el sector sur mientras que en el norte el calamar es mucho menos abundante. En el estrato 3 la separación es más compleja: si el análisis es anual se observan diferencias en las densidades mientras que al analizar todos los años juntos se observa que es bastante homogéneo (Figura 4). Por lo tanto, separarlos en dos partes podría aumentar la precisión del muestreo y la futura asignación de lances se basaría en premiar el estrato (o sub-estrato en estos casos) que mayores densidades posea. Para ello sería necesario realizar simulaciones para asignar un  $nh$  óptimo a cada una de las partes de la división realizada en los estratos en base a un número máximo disponible de lances a asignar a esos estratos.

Si observamos los mapas de densidad de *I. argentinus* (Figuras 4 y 6) y dado que las campañas se desarrollaron en la misma época del año (y por tanto existe una regularidad temporal en el muestreo), se podría decir que ciertos estratos representan una mayor importancia que otros en cuanto a la abundancia del recurso. Entre ellos los más importantes serían los estratos al norte de los  $49^{\circ}$ S: específicamente los estratos 1 al 5. Esto es debido al ciclo de vida anual del calamar argentino y a la distribución estacional de los distintos stocks en la plataforma continental. Así, en verano se detectan áreas de altas concentraciones de calamar sobre la plataforma patagónica, donde las más importantes corresponden al SDV en reproducción entre los  $43^{\circ}$ S -  $48^{\circ}$ S, y a los preadultos del SSP (Figura 5, mapa distribución verano) entre los  $46^{\circ}$ S -  $52^{\circ}$ S. En otoño (marzo-mayo) los calamares del SSP migran hacia la plataforma externa y el talud donde se observan importantes concentraciones pre-reproductivas (Brunetti e Ivanovic 1992; Brunetti et al. 1998; 2000). De esa manera, las mayores concentraciones de calamares identificadas en este estudio corresponden a las áreas de mayor abundancia que se conocen para la especie, es decir que hay cierta estabilidad interanual en las áreas de mayor concentración. Las variaciones interanuales encontradas para un mismo estrato podrían deberse a movimientos puntuales y de pequeña escala de la especie dentro de ese estrato o migraciones en su ciclo de vida anual buscando alimento o condiciones óptimas para reproducirse.

Es conocido que los ejemplares capturados en el estrato 1 (y parte del 2) pertenecen en su gran mayoría al SDV (Figuras 5 y 6) y por tanto no suman en importancia en cuanto a la evaluación de prereclutas del SSP. Esto ya se analizó en una campaña diseñada para el mismo durante diciembre del 2020 (Ivanovic et al. 2021). Si bien se ha observado un cambio en la pesquería desde 2015, cuando el SDV pasó a ser el stock que sostuvo la mayoría de las capturas de la flota comercial al sur de  $44^{\circ}$ S (Ivanovic et al. 2022), se lo captura cumplido su ciclo reproductivo en los meses de enero / febrero (Brunetti et al., 1992; 1998), por lo que no es tan necesario llevar una evaluación extensiva del mismo. Esto es debido a que los calamares, de naturaleza semélpara, cuando ya han completado un ciclo reproductivo mueren en poco tiempo. Así, para futuras campañas de evaluación del SSP se podría plantear la posibilidad de eliminar la cobertura de muestreo al norte del  $46^{\circ}$ S. Complementariamente, el estrato 2 podría separarse en dos partes: este y oeste del meridiano  $62^{\circ}$ W, debido a las diferencias en sus densidades y nuevamente a la presencia de individuos de ambos stocks, siendo de mayor importancia para el SSP su mitad este. Esto también podría afectar a los lances situados más al norte dentro del estrato 3 (al norte del  $47,5^{\circ}$ S), donde la presencia del SDV podría influir en la variabilidad interanual.

Las menores densidades de calamar se registraron en los estratos situados más al sur, concretamente el 8, 9 y 14 (Tabla 1, Figuras 4 y 6) y, por lo tanto, representan los estratos de menor importancia en las estimaciones de biomasa del recurso. Sin embargo, estos estratos son de naturaleza “exploratoria” ya que su importancia reside en que forman parte de los límites de distribución del SSP



y gracias a ellos se puede conocer su distribución potencial y estado poblacional (Brunetti et al. 2000). Por ello, a estos estratos arbitrariamente se les asignó un número mínimo de cinco lances. Sin embargo, esto podría estar afectando a la asignación de los lances óptimos estimados: las menores densidades de calamar en estos estratos podrían tener como consecuencia que su  $nh$  óptimo sea igual a cero o cercano a cero (Tabla 1, Figura 2) y que en los estratos con mayores densidades el  $nh$  óptimo sea mucho mayor de lo que correspondería.

Considerando la dinámica del ciclo de vida del calamar argentino a lo largo del año, un factor relevante para tener en cuenta al analizar los datos de las campañas es la temporalidad en la cual se evalúa el recurso. Durante la campaña de evaluación de 2014 los lances se efectuaron mucho más tarde que en el resto de los años (por motivos de logística): el primer lance se realizó aproximadamente el 20 de febrero frente al resto de las campañas donde se comenzó a muestrear en la primera semana del mismo mes. Este pequeño pero importante lapso temporal se refleja en que en 2014 las densidades en los estratos 5 y 14 fueron mayores que para el resto de los años (Figura 6,), consecuencia de que el SSP realiza una migración hacia el sur y hacia el este hasta alcanzar el talud como se ha señalado anteriormente (Brunetti et al. 1998; 2000). Por ello, es importante mantener las fechas de realización de las campañas y así reducir la incertidumbre respecto a la variabilidad en la dinámica espacio-temporal del calamar. De esa manera, podrán realizarse comparaciones interanuales de la abundancia de calamar reduciendo la variabilidad asociada con el patrón migratorio de la especie.

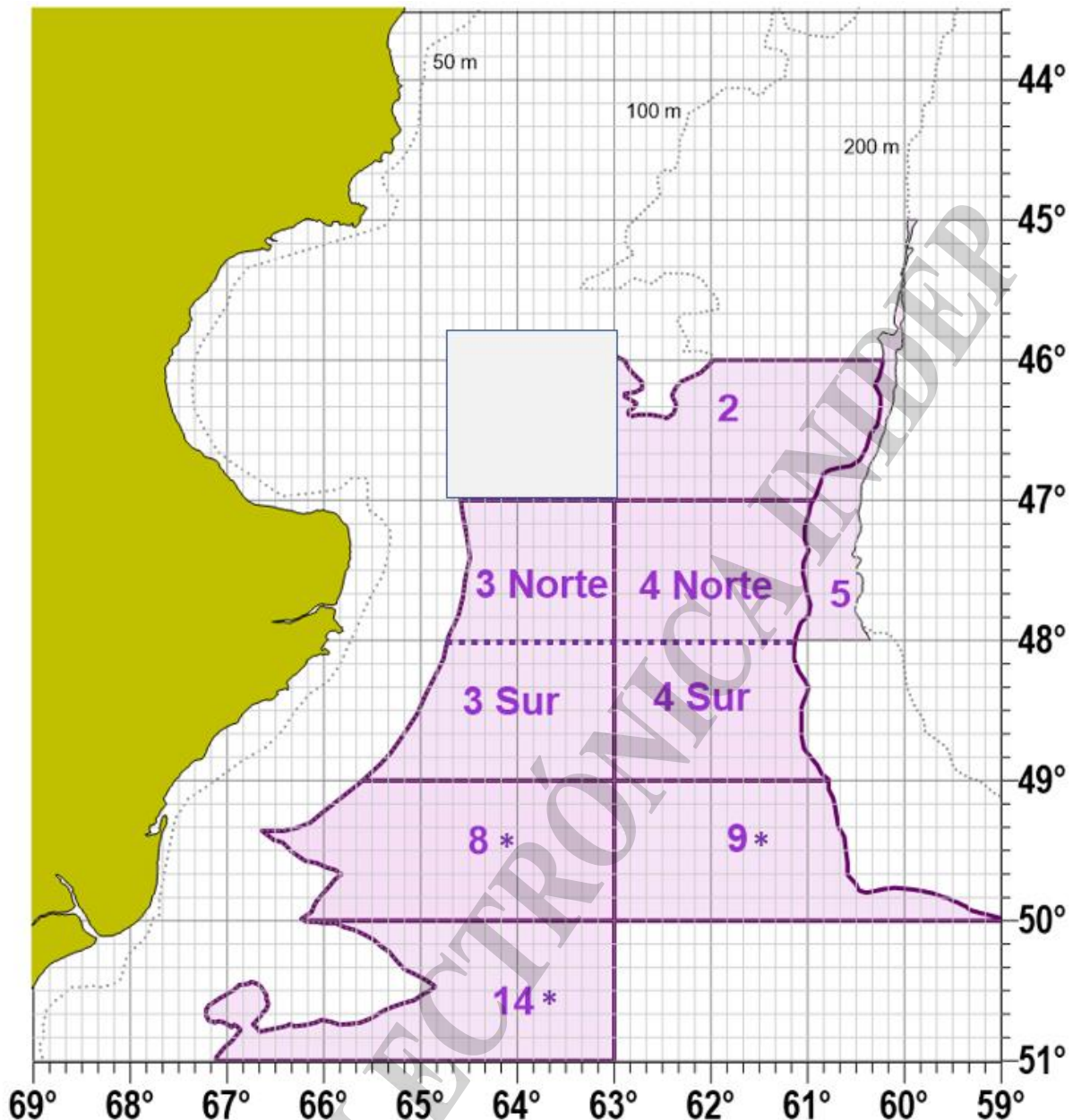
En relación con la variabilidad interanual observada en las densidades de calamar (Tabla 2, Figuras 3 y 6), no se observa ningún patrón espacial o temporal. Los calamares de la familia Ommastrephidae responden a una variabilidad cíclica en sus abundancias, es decir, ciclos de mayores o menores abundancias en relación con el ambiente marino (Anderson y Rodhouse 2001; Rodhouse et al. 2014). Además, diversos estudios han vinculado al ciclo de vida del calamar con los frentes marinos y su importancia en las tramas tróficas: Se sabe que *I. argentinus* está asociado con áreas frontales y gradientes térmicos en la plataforma patagónica y talud continental (Waluda et al. 2001; Alemany et al. 2014; Acha et al. 2015). Por ello, un aumento en la abundancia de calamares en los frentes de meso-escala puede estar relacionado con un aumento en la disponibilidad de alimentos en los mismos y podría explicar los movimientos de la especie dentro de los estratos y las variaciones interanuales en la densidad de individuos. También podría deberse a la variabilidad anual en el reclutamiento de la especie y su vulnerabilidad en relación con factores externos como la sobrepesca o variaciones en las características del ambiente físico (Torres Alberto et al. 2021). Así, en aquellos años en los cuales se ejerce una gran presión pesquera sobre el recurso o donde las condiciones ambientales no fueran óptimas para la migración de sus huevos, paralarvas o juveniles, podrían producirse reclutamientos poco exitosos y por tanto afectar a la abundancia y disponibilidad del recurso. Si bien actualmente existen grupos de investigación que trabajan en la relación entre las condiciones oceanográficas, su variabilidad y su efecto en las pesquerías, el calamar argentino constituye una especie que presenta numerosos desafíos debido a la gran variabilidad en su abundancia, a los distintos ambientes donde se desarrolla y la gran presión pesquera que soportan las distintas subpoblaciones.

Adicionalmente, se observa que el nuevo programa (MAE.r) diseñado para la estimación de índices de campaña no tiene diferencias significativas con la evaluación “clásica” llevada a cabo con el programa DATOFOX (Tabla 3). Para los tres años analizados y los índices de campaña *Biomasa total* ( $t$ ), *Abundancia de reclutas* (millones de individuos) y *Densidad media total* ( $t\ mn^{-2}$ ), se observan diferencias absolutas menores del 3% en la mayoría de los casos, salvo en la diferencia de densidad de 2014 (9%). Este nuevo programa, por tanto, es un buen proxy para los resultados de campaña y podría suponer una nueva herramienta a implementar a futuro, con mayor accesibilidad.



Este estudio constituye una revisión de la metodología de muestreo de las campañas de evaluación de uno de los recursos pesqueros más importantes de Argentina y del océano Atlántico sudoccidental. Se discute la factibilidad de diseñar un muestreo alternativo para la campaña de evaluación de abundancia de *Illex argentinus*, Stock Sudpatagónico. Esta modificación debería llevarse a cabo progresivamente y en diferentes pasos (Figura 7). La manera más simple de realizarlo sería reasignar lances sin cambiar los estratos ya definidos: los resultados obtenidos entre el número de lances efectivos y el número de lances óptimos permitiría una adecuación del número de lances y aumentando la cobertura en aquellos estratos identificados como submuestreados. Se deberían integrar los resultados hallados para los estratos 1 y 2 (que podrían ser eliminados ya que los calamares allí pescados pertenecen en su mayoría al SDV), los estratos 3 y 4 (que generalmente presentan las mayores densidades del SSP por lo que deberían ser los más importantes en cuanto a número de lances) y los estratos 8, 9 y 14 (que, si bien no presentan grandes densidades, no se pueden eliminar ya que tienen una importancia clave para conocer el alcance de la migración espacial de la especie). Así, se equipararía el muestreo entre estratos acorde a lo estimado por la teoría del MAE y se obtendría (teóricamente) una mayor precisión en la estimación de la población de *I. argentinus*. Si lo anterior no fuera suficiente, el paso siguiente y de mayor complejidad sería reestratificar el área de muestreo utilizando algún criterio de variabilidad (ej. las densidades medias para cada estrato). De esta manera se podría dividir estratos heterogéneos (como hemos visto en el caso de los estratos 3 y 4) o unir distintas partes de estratos homogéneos, y asignar número de lances de manera de cubrir las eventuales variabilidades naturales. Sin embargo, aún esto podría no ser suficiente y habría que realizar un análisis multivariado para reestratificar. Adicionalmente, se podría evaluar si la estratificación utilizada históricamente continúa teniendo sentido frente a un muestreo aleatorio simple.

COPIA ELECTRÓNICA



**Figura 7.** Propuesta inicial de modificaciones a incorporar a las futuras campañas de evaluación del SSP de *Illex argentinus*. El estrato 1 se ha eliminado al igual que la parte oeste del estrato 2 (recuadro gris) por pertenecer en su mayoría al área de distribución del SDV. Los estratos 3 y 4 se han dividido en norte y sur de los 48°S. Los estratos al sur de 49°S (estratos 8, 9 y 14, con \*) se mantienen con un número mínimo de lances debido a su importancia biológica para el SSP.

Se ha realizado una revisión del método de muestreo que se utilizaba desde hace tres décadas para la evaluación del calamar argentino, una especie de amplia distribución y cuya estructura y dinámica poblacional es muy compleja. Es por ello necesario, reevaluar con cierta frecuencia este tipo de metodologías para efectuar estimaciones de abundancias más precisas. Todo ello permite lograr una utilización más efectiva del tiempo y una reducción en los elevados costos que conllevan la realización de los cruceros de investigación, ante posibles políticas de reestructuración de campañas con respecto a los requerimientos y las prestaciones de los buques del INIDEP.



## Bibliografía

- Acha M, Piola A, Iribarne O, Mianzán H. 2015. Ecological processes at marine fronts: oases in the ocean. Springer. DOI:10.1007/978-3-319-15479-4
- Aleman D, Acha M, Iribarne O. 2014. Marine fronts are important fishing areas for demersal species at the Argentine Sea (Southwest Atlantic Ocean). *Journal of sea research*, 87, 56-67.
- Anderson C, Rodhouse P. 2001. Life cycles, oceanography, and variability: Ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fisheries Research*, 54(1), 133-143.
- Aubone A. 2020. Síntesis metodológica del Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE) y aplicación al diseño de campañas de investigación. Informe de Asesoramiento y Transferencia INIDEP N°106/2020, 12 p.
- Brunetti N, Ivanovic M. 1992. Distribution and abundance of early life stages of squid (*Illex argentinus*) in the south-west Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 49 (2), 175-183.
- Brunetti N, Elena B, Rossi G, Ivanovic M, Aubone A, Guerrero R, Benavides H. 1998. Summer distribution, abundance, and population structure of *Illex argentinus* on the Argentine shelf in relation to environmental features. *South African Journal of Marine Science*, 20 (1), 175-186.
- Brunetti N, Ivanovic M, Aubone A, Rossi G. 2000. Calamar (*Illex argentinus*), en Bezzi, S.; Akselman, R.; Boschi, E. (eds.), Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. INIDEP, 2000; Cap. III: "Recursos a mantener"; p. 103-116. Años 1997-1998, con una actualización de 1999, Mar del Plata
- Brunetti N. 2001. Informe de Campaña EH-02/01. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2001. Informe de Campaña INIDEP, 19 p.
- Brunetti N. 2002. Informe de Campaña EH-01/02. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2002. Informe de Campaña INIDEP, 43 p.
- Brunetti N. 2004. Informe de Campaña EH-02/04. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2004. Informe de Campaña INIDEP, 13 p.
- Brunetti N. 2005. Informe de Campaña EH-02/05. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2005. Informe de Campaña INIDEP, 28 p.
- Brunetti N. 2006. Informe de Campaña EH-02/06. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2006. Informe de Campaña INIDEP N° 6, 40 p.
- Brunetti N. 2007. Informe de Campaña EH-02/07. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2007. Informe de Campaña INIDEP N° 7, 34 p.
- Brunetti N. 2009. Informe de Campaña EH-02/09. Crucero de evaluación de prereclutas de calamar. Febrero 2009. Informe de Campaña INIDEP N° 8, 38 p.
- Buono P, Ruocco N. 2014. INIDEP, Manual del Software Datamar versión 3.3 63 p.
- Cochran W. 1977. Sampling techniques. Wiley & Sons, 428 p.



- Elena B. 2012. EH-02/12. *Illex argentinus*. Evaluación prerreclutas sur. Informe de Campaña INIDEP N° 9, 17 p.
- Elena B. 2014. EH-02/14. *Illex argentinus*. Evaluación calamar sur. Informe de Campaña INIDEP N° 9, 17 p.
- Elena B. 2019. VA-02/19. *Illex argentinus*. Campaña de evaluación calamar sur. Inf. Campaña INIDEP N° 9, 19 p.
- Elena B, Mc Iness MG, Pappi AA, Prandoni NI, Tapia MT, Castro Machado F, Fabrego JT, García JJP, Gobet MF, Herrera S, Remaggi AC, Scarlato NA, Vázquez FM, Veccia MH. 2022. Evaluación de reclutas del Stock Sudpatagónico del calamar argentino. Enero – febrero 2022. Inf. Camp INIDEP. N°50 /2022, 40 p.
- Exportaciones e importaciones Pesqueras 2017. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Dirección de Planificación y Gestión de Pesquerías. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. (www.agroindustria.gob.ar)
- Giussi AR, Prodescimi L, Carozza CR, Navarro GS. 2022. Estado de los recursos pesqueros bajo administración exclusiva de la República Argentina. Aportes para el informe SOFIA 2022. Informe de Asesoramiento y Transferencia INIDEP N°12/2022, 12 p.
- Golden Software, SURFER Version 11: Reference Manual, Golden Software, Inc., Golden, Colorado, U.S.A, 2012.
- Hansen J, Buono P. 2000. Programa DATOFOX. Área de informática. INIDEP.
- Ivanovic ML, Rossi GR, Elena B, Mc Innes MG, Buono ML, Prandoni N, Cozzolino E. 2020. Calamar Argentino, pesquería 2019. Informe Final. Informe técnico oficial INIDEP.
- Ivanovic M, Elena B, Mc Innes M, Prandoni N, Rossi G. 2021. Estimación de la abundancia del Stock Desovante de verano del calamar argentino. Resultados de la campaña de evaluación VA-03/20. INIDEP Inf. Téc. Of. N° 1/2021, 14 p.
- Ivanovic M, Aubone A, Rossi G, Buono M, Mc Innes M, Prandoni N, Elena B, Cozzolino E, Allega L. 2022. Calamar argentino. Pesquería 2021. Informe final. INIDEP Inf. Téc. Of. N° 33/2022
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca: Exportaciones e importaciones Pesqueras 2020
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.r-project.org/>
- Rodhouse P, Pierce G, Nichols OC, Sauer W, Arkhipkin A, Laptikhovsky V, Sadayasu K. 2014. Environmental effects on cephalopod population dynamics: implications for management of fisheries. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 67, p. 99-233). Academic Press.
- Serpa RQ. 1993. Manual de pesca por el método de área barrida. *Boletín Científico CIOH*, (14), 145-156.
- Torres Alberto ML, Bodnariuk N, Ivanovic M, Saraceno M, Acha M. 2021. Dynamics of the Confluence of Malvinas and Brazil currents, and a southern Patagonian spawning ground, explain recruitment fluctuations of the main stock of *Illex argentinus*. *Fisheries Oceanography*, 30(2), 127-141.
- Waluda C, Rodhouse P, Podestá G, Trathan P, Pierce G. 2001. Surface oceanography of the inferred hatching grounds of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) and influences on recruitment variability. *Marine Biology*, 139(4), 671-679.