

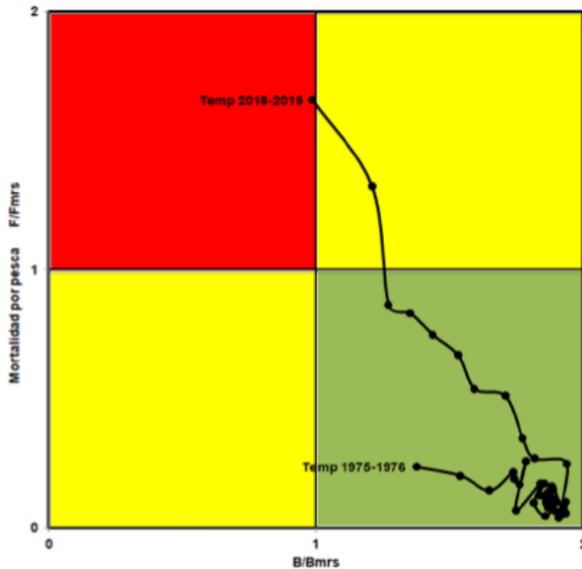
Evaluación del estado actual del stock norte y central de langosta espinosa (*Panulirus interruptus*) en la Península de Baja California.

Elaborado para Pronatura Noroeste por:
A. Medellín – Ortiz, C. Álvarez – Flores.
Diciembre de 2023.

INTRODUCCIÓN	1
	2
	2
OBJETIVO	2
MÉTODOS	3
<i>BASES DE DATOS EMPLEADAS</i>	3
<i>Langosta de Baja California</i>	3
<i>Bitácoras de la pesquería de langosta Océano Pacífico (NOM-006-SAG/PESC-2016); Baja California</i>	4
<i>Langosta de FEDECOOP</i>	4
<i>MODELOS UTILIZADOS</i>	5
<i>SPiCt y SRAplus</i>	5
<i>CMSY y BSM</i>	6
<i>Parámetros y supuestos</i>	6
<i>Escenarios de sensibilidad</i>	7
RESULTADOS	8
<i>BAJA CALIFORNIA</i>	8
<i>Bitácoras oficiales de tres permisionarios de langosta de Baja California</i>	10
<i>Resultados del modelo SPiCt</i>	17
<i>Resultados del modelo SRAplus</i>	19
<i>Modelos Catch-MSY</i>	21
<i>Modelo BSM</i>	25
<i>FEDECOOP</i>	28
<i>Resultados del modelo SPiCt</i>	29
<i>Resultados del modelo SRAplus</i>	31
<i>REGLA DE CONTROL SUGERIDA PARA EL MANEJO DE LA PESQUERÍA DE LANGOSTA ROJA SOBRE LOS STOCKS DEL NORTE Y CENTRO</i>	33
<i>Puntos de referencia</i>	33
<i>Reglas de decisión</i>	33
<i>ARMONIZACIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS STOCKS NORTE Y CENTRO DE LANGOSTA ROJA</i>	34
<i>Informe de la temporada de captura de langosta 2018 -2019 en Baja California (INAPESCA).</i>	34
<i>Evaluación FEDECOOP 2021 – 2022 e INAPESCA 21-22 y 22-23</i>	34
<i>Sobre la implementación de CMSY y BSM</i>	34
<i>Stocks norte y centro de langosta roja</i>	34

Introducción

En el contexto del desarrollo del proyecto de mejora pesquera de langosta espinosa en Baja California, es imperativo realizar una evaluación del estado del recurso que determine si el stock se mantiene cerca del rendimiento máximo sostenible. Hasta la fecha, se dispone de una evaluación oficial elaborada por el IMIPAS (INAPESCA), donde se señala que, para la temporada 2018-2019, el stock de langosta en Baja California se encuentra en el límite de sobreexplotación (Figura 1). Asimismo, nos interesa revisar los métodos empleados para evaluar el stock central de langosta espinosa bajo la certificación del MSC, con el objetivo de aplicar métodos adecuados que nos permitan obtener una evaluación precisa del estado del recurso en relación con el rendimiento máximo sostenible. En la actualidad, la pesquería de langosta del stock central, gestionada por la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera "Baja California" (FEDECOOP), acaba de concluir la auditoría de re-certificación.



Objetivo

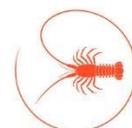
Evaluar el estado actual de la langosta roja aprovechada en Baja California y comparar los métodos aplicados al stock central para analizar la pertinencia de unificar implementaciones metodológicas.

Métodos

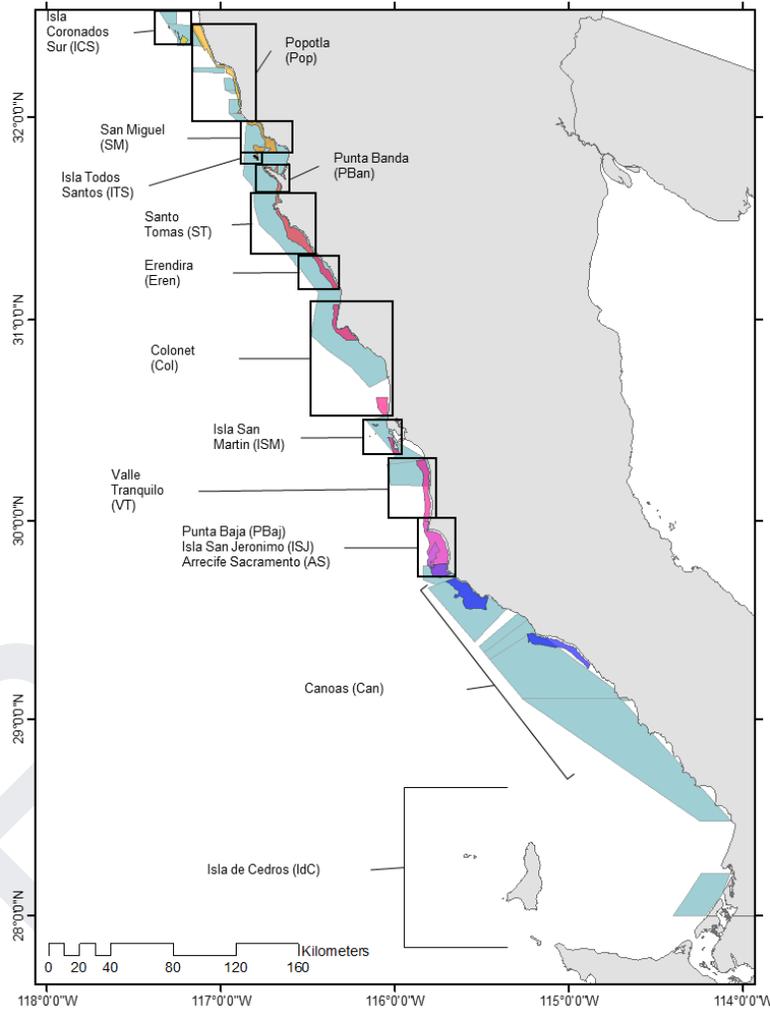
Bases de datos empleadas

Langosta de Baja California

Se utilizaron datos de captura y esfuerzo provenientes de los registros oficiales obtenidos mediante el sistema de SIPESCA. Se calculó un índice de abundancia de tipo captura por unidad de esfuerzo o CPUE. Este CPUE se comparó de manera informal con los valores presentes en el



reporte de evaluación proporcionado por el IMIPAS (INAPESCA) en el 2020¹. Se armonizaron las bases de datos de arribos y bases de datos de permisionarios de langosta para obtener el número autorizado de trampas por embarcación de cada permisionario, ya que la base de datos de captura no cuenta con el número de trampas utilizadas para la captura registrada. Este número de trampas fue utilizado como el número de trampas máximo que podían utilizar los permisionarios, sin embargo debido a la mecánica de la pesquería, los pescadores pueden o no revisar todas las trampas que colocan al inicio de la temporada de pesca, por lo que se consideró que únicamente podrían revisar el 50% del total de trampas. Además, se georreferenció la captura correspondiente a cada permisionario por polígono de pesca autorizado, asignándole una región con base en lo descrito por Medellín – Ortiz et al (2022², Figura 2). De esta manera se obtuvo el número de días de pesca, trampas revisadas y captura de langosta para el cálculo de una CPUE en kilogramos de langosta por trampa revisada por día de pesca.



Bitácoras de la pesquería de langosta Océano Pacífico (NOM-006-SAG/PESC-2016); Baja California

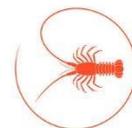
En el marco de las tareas y acciones planteadas en el plan de trabajo del proyecto de mejora pesquera (FIP) de langosta en Baja California, tres organizaciones pesqueras ubicadas el sur del estado compartieron las bitácoras de seguimiento a la pesquería de langosta para la temporada de captura 2022-2023. Estas bitácoras contienen información diaria por pescador sobre el número de langostas de talla legal capturadas, así como el número de langostas por debajo de la talla legal

¹ INAPESCA. 2020. Informe Técnico. Situación y estado de la pesquería de langosta roja *Panulirus interruptus*, en el macizo costero del estado de BC. Temporada de pesca 2018-2019.

² Medellín–Ortiz A, Montaño–Moctezuma G, Álvarez–Flores C, Santamaría–del–Ángel E, García–Nava H, Beas–Luna R and Cavanaugh K. 2022. Understanding the impact of environmental variability and fisheries on the red sea urchin population in Baja California. *Front. Mar. Sci.* 9:987242. doi: 10.3389/fmars.2022.987242

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.987242/full>

Medellín – Ortiz y Álvarez Flores, 2023



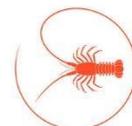
liberadas, el número de trampas tendidas y revisadas, además de observaciones climatológicas y de otras especies que terminan dentro de las trampas de langosta.

Langosta de FEDECOOP

Dado que la pesquería se encontraba en auditoría de re-certificación, se le solicitó información al cuerpo evaluador (CAB) para poder llevar a cabo la comparación entre aproximaciones. Previa a la recepción de la información solicitada, se analizó la base de datos de registros oficiales de captura de langosta espinosa reportada por las organizaciones que participan en la certificación; esta base de datos fue obtenida a través del INAI y comprende registros diarios de captura entre enero de 2000 y diciembre de 2020. Se calculó un índice de abundancia de tipo captura por unidad de esfuerzo o CPUE. Este CPUE se comparó de manera informal con los valores presentes en el reporte de evaluación de FEDECOOP (2021³). Se armonizaron las bases de datos de arribos y bases de datos de permisionarios de langosta para obtener el número autorizado de trampas por embarcación de cada permisionario, ya que la base de datos de captura no cuenta con el número de trampas utilizadas para la captura registrada. Este número de trampas fue utilizado como el número de trampas máximo que podían utilizar los permisionarios, sin embargo debido a la mecánica de la pesquería, los pescadores pueden o no revisar todas las trampas que colocan al inicio de la temporada de pesca, por lo que se consideró que únicamente podrían revisar el 50% del total de trampas. Cabe mencionar que a diferencia del informe de INAPESCA, la base de datos analizada incluye información de la Cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón.

Posteriormente FEDECOOP, a través de su departamento de pesquerías, compartió la base de datos utilizada para la elaboración de dicho informe por lo que se pudo comparar entre los datos oficiales y los registrados por las sociedades cooperativas, así como llevar a cabo análisis con la información que fue presentada en la re-evaluación de la pesquería recientemente.

³ Reporte de la evaluación del stock de langosta certificada bajo el estándar del Marine Stewardship Council, para la temporada de pesca 2021-2022. FEDECOOP. Septiembre 2021.
Medellín – Ortiz y Álvarez Flores, 2023



Modelos utilizados

SPiCt y SRaplus

El modelo de dinámica poblacional utilizado fue el de producción excedente de biomasa en tiempo continuo en dos implementaciones en R denominadas **SPiCt**⁴ y **SRaplus**⁵. Ambos son implementaciones de modelos de producción excedente primero en tiempo continuo y el segundo en intervalos discretos, pero con error de proceso.

El modelo **SPiCt** (Stochastic Surplus Production in Continuous Time) representa la producción excedente mediante una ecuación diferencial estocástica, que reconoce la presencia de procesos de variabilidad aleatorios no modelados:

$$dB_t = \left(\gamma m \frac{B_t}{K} - \gamma m \left[\frac{B_t}{K} \right]^n - F_t B_t \right) dt + \sigma_B B_t dW_t$$

dónde $\gamma = \frac{n^{n/(n-1)}}{(n-1)}$, $m = \frac{rK}{n^{n/(n-1)}}$ y $\sigma_B B_t dW_t$ representa los procesos de variabilidad aleatorios no modelados.

SPiCt utiliza puntos de referencia estocásticos derivados por Bordet y Rivest (2014):

$$B_{MSY} = B_{MSY}^d \left(1 - \frac{1 + F_{MSY}^d (n-2)/2}{F_{MSY}^d (2 - F_{MSY}^d)^2} \sigma_B^2 \right)$$

$$F_{MSY} = F_{MSY}^d - \frac{(n-1)(1 - F_{MSY}^d)}{(2 - F_{MSY}^d)^2} \sigma_B^2$$

$$MSY = MSY^d \left(1 - \frac{n/2}{1 - (1 - F_{MSY}^d)^2} \sigma_B^2 \right)$$

dónde el súper índice ^d indica los puntos de referencia determinísticos; los puntos de referencia estocásticos se utilizan cuando $n > 1$ y los puntos de referencia determinísticos cuando $0 \leq n \leq 1$.

El modelo **SRaplus** (Stochastic Stock Reduction Analysis) tiene como base el modelo Pella-Tomilson en la forma de Winker et al (2018):

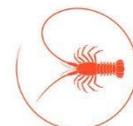
$$f(x) = \{ B_{t+1} = \left(B_t + B_t \frac{r}{m-1} \left(1 - \left(\frac{B_t}{K} \right)^{m-1} \right) - C_t \right) p_t, \text{ si } B_t > 0.25 \times K \quad B_{t+1} = \left(B_t + B_t \frac{r}{0.25 \times K} \left(B_t \frac{r}{m-1} \right) \right) p_t$$

dónde p_t es el error de proceso y m es el parámetro de escalamiento que permite que cambie la razón B_{MSY}/K ; cuando $m=2$, $B_{MSY}/K=0.5$. Este modelo permite error de proceso estocástico de la forma sugerida por Walters et al (2016) con una distribución lognormal. Todas las estimaciones que se realizan con SRaplus son de naturaleza bayesiana. Así mismo, SRaplus incluye un parámetro que permite cambios en la capturabilidad (q) dados cambios en las características del arte de pesca ($\tau = \text{creep effect}$).

El ajuste de los modelos a los datos se hace mediante la minimización de una función objetivo construida con el logaritmo negativo de la verosimilitud total de la predicción del modelo respecto a los valores observados del CPUE. El modelo utiliza las pseudo-priors penalizando la

⁴ Pedersen, M. W., and Berg, C. W. 2017. A stochastic surplus production model in continuous time. Fish and Fisheries, 18: 226–243.

⁵ Ovando et al. 2021. Improving estimates of the state of global fisheries depends on better data. Fish and Fisheries, 00:01-15.



función de verosimilitud para dar peso específico al supuesto de un parámetro definido de acuerdo con la forma de la distribución previa propuesta.

CMSY y BSM

Además, se utilizaron otras implementaciones que utilizan el modelo dinámico de biomasa como base para la determinación de puntos de referencia para stocks “pobres de datos”. Estas implementaciones fueron el método Catch-MSY y el modelo de Shaefer Bayesiano (CMSY, Martell y Froese, 2013⁶; BSM, Froese et al., 2017⁷), que se basan en el modelo de Shaefer de producción excedente en equilibrio. El CMSY considera el impedimento al reclutamiento en stocks muy reducidos como se proyectan en modelos de stock- reclutamiento, un decremento lineal en la producción excedente si la biomasa es menor de $\frac{1}{4}K$:

$$B_{t+1} = B_t + 4 \frac{B_t}{K} r \left(1 - \frac{B_t}{K} \right) B_t - C_t \left| \frac{B_t}{K} < 0.25 \right.$$

dónde B_{t+1} es la biomasa aprovechada en el año siguiente $t+1$, B_t es la biomasa actual y C_t es la biomasa al año t ; el término $4 B_t/K$ corresponde a la caída lineal en el reclutamiento a la mitad de la biomasa capaz de producir el máximo rendimiento sostenible.

El Modelo de Shaefer Bayesiano (Bayesian Shaefer Model, BSM) fue implementado como un modelo de estimación de espacio de estados (state-space) que permite incorporar tanto la variabilidad en la dinámica de la población (error de proceso), como en las mediciones y muestreo (error de observación). A diferencia del método CMSY, el modelo BSM si permite la incorporación de un índice de abundancia relativa tipo CPUE o valores de biomasa para la estimación de los parámetros. Estos parámetros estimados en CMSY y BSM se relacionan a puntos de referencia que no pueden ser modificados, de tal modo que:

$$MSY = r \frac{K}{4}$$

$$F_{MSY} = 0.5 r$$

$$B_{MSY} = 0.5 K$$

mientras que se considera $0.5 B_{MSY}$ como la biomasa a la cual el reclutamiento se ve afectado.

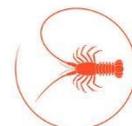
Se utilizaron las implementaciones de CMSY contenidas en las librerías `datalowSA` y `datalimited2`, mientras que la implementación del BSM fue la contenida en la librería `datalimited2` en R. Estos modelos se corrieron de manera posterior a los modelos SPiCt y SRaPlus, por lo que los valores ajustados de sus parámetros fueron utilizados como escenarios para CMSY y BSM.

Parámetros y supuestos

Se suponen distribuciones normales para todos los parámetros que son usadas como pseudo-priors con medias predefinidas en base a información existente previa y valores de coeficiente de variación (CV). Tanto las medias como los CVs se manejaron de forma variable en análisis de sensibilidad ante escenarios alternativos de los valores de los parámetros. En el caso de SRaPlus, incorpora un parámetro que permite variar la capturabilidad (q), en este caso se trabajó

⁶ Martell, S. y Froese, R. 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*. 14, 504 – 514

⁷ Froese, R., N. Demirel, G. Coro, K. Kleisner y H. Winker. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*. 18 (3), 506 – 526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>
Medellín – Ortiz y Álvarez Flores, 2023



bajo el supuesto de que q no cambió en el tiempo y $\tau = 0$. Además, se utilizaron los valores obtenidos por FEDECOOP para los parámetros para un escenario que incluye información entre 1990 y 2022. Para el análisis de CMSY y BSM se utilizaron los valores semilla que se reportan en el informe de INAPESCA (Tabla I).

Para los modelos CMSY y BSM de la librería `datalimited2` tienen la opción ajustar el modelo únicamente mencionando el nivel de resiliencia, dado por el parámetro r , a manera de texto; este texto a su vez está codificado para tomar un intervalo determinado de valores:

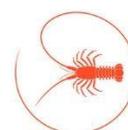
Valor de resiliencia	Intervalo de valores numéricos de r
Very low	0.015 – 0.1
Low	0.05 – 0.5
Medium	0.2 – 0.8
High	0.6 – 1.5

Escenarios de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad en el ajuste de los modelos de dinámica poblacional, variando los supuestos iniciales para los diferentes parámetros del modelo. Se utilizaron las mismas variantes de escenarios tanto en el modelo de SPiCt como en el de SRAPLUS (Tabla I).

Tabla I. Análisis de sensibilidad de diferentes escenarios para los parámetros de ajuste a los modelos.

	SPiCt y SRAPLUS			
	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	Priors FEDECOOP
Capturas sin error (cv)	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
Capturas con error (cv)	0.3	0.3	0.3	0.19
r (prior, μ)	0.47	0.3	0.7	0.47
r (prior, cv)	0.2	0.2	0.2	0.35
K (prior, μ)	8×10^6	8×10^6	8×10^6	17.57×10^6
K (prior, cv)	0.8	0.8	0.8	0.18
Depletion (prior, μ)	0.6	0.6	0.6	0.6
Depletion (prior, cv)	0.2	0.2	0.2	0.2
Shape (prior, μ)	1.2	1.2	1.2	1.2
Shape (prior, cv)	0.1	0.1	0.1	0.1
	CMSY y BSM			
	Escenario base	Min – Max Ct sin error	Min – Max Ct con error	Priors INAPESCA
r (prior)	“Low”	0.18 – 0.6	0.37 – 0.49	0.2 – 0.9



Resultados

Baja California

La base de datos de capturas analizada contiene información hasta diciembre de 2022; se observó la presencia de permisionarios nuevos en los arribos de langosta para el periodo entre 2018 y 2022. La zona autorizada de captura de estos permisionarios no está dentro de las bases de datos con las que contamos para la elaboración del artículo publicado en 2022, por lo que se les ubico como sitio de pesca desconocido (unknown) en la base de datos. Los sitios de agrupación de los permisionarios corresponden a la ubicación geográfica de sus polígonos autorizados para la captura de langosta; de esta manera Isla de Cedros (IdC) agrupa a todos los permisionarios cuyas zonas de pesca se encuentran entre los 28.5 y 28° N (Figura 2). Se removieron las capturas de los permisionarios PNA y Abuloneros y Langosteros de Isla Guadalupe ya que sus capturas no serán incluidas en este primer análisis.

Se identificaron 4 permisionarios nuevos en la base de datos, se desconoce la ubicación su polígono autorizado para la captura de langosta; sin embargo, en una búsqueda en bases de datos de CONAPESCA, se identificaron los sitios de desembarque autorizados, así como sus volúmenes de captura registrada de langosta roja (Tabla II, Figura 3).

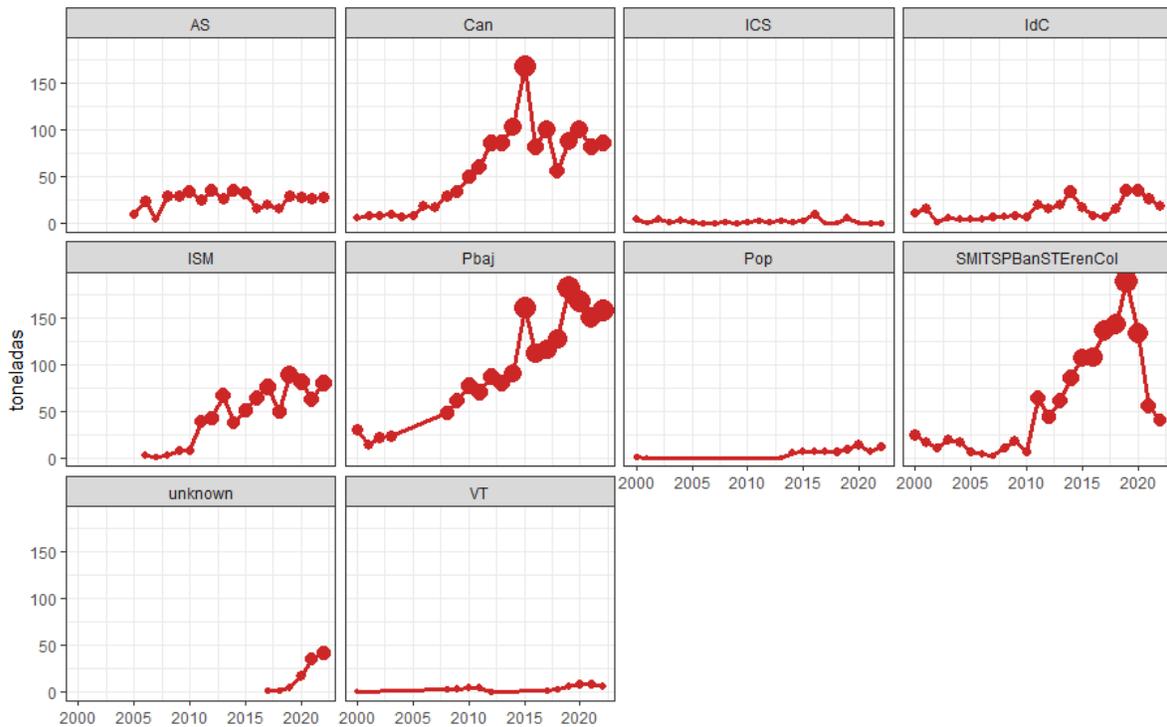


Figura 3. Captura anual de langosta por región durante las temporadas de pesca 2000 - 2022.

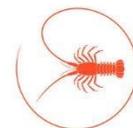


Tabla II. Permisos de langosta roja en Baja California que aparecen a partir de 2016 en los avisos de arribo y sus capturas registradas (ton). El sitio de desembarque se obtuvo de bases de datos oficiales de permisionarios.

Permisionario	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Sitio desembarque
EL PABELLON DE SAN QUINTIN SPR DE RL		0.231	3.06465	10.83444	13.2278	21.32364	Punta Rosarito
FISHINGMEX SPR DE RL	1.592	1.789	1.200	6.674	1.660	2.750	Punta Rosarito
PESQUERA PACIFIC SEA FOOD S DE PR DE RL					10.720	7.069	Punta Rosarito
PESQUERA PUERTO ENSENADA S DE PR DE RL					9.398	11.444	Punta Rosarito

Con la armonización de bases de datos se calculó un índice de abundancia relativa tipo CPUE y se contrastó gráficamente con el CPUE reportado por IMIPAS (INAPESCA, 2020). La información contenida en registros oficiales es consistente con lo reportado por IMIPAS, a pesar que la serie de INAPESCA termina en 2018 (Figura 4). De esta manera consideramos que el análisis de armonización de bases de datos produce resultados que pueden ser utilizados para construir un índice de abundancia relativo a partir de la información contenida en avisos de arribo.

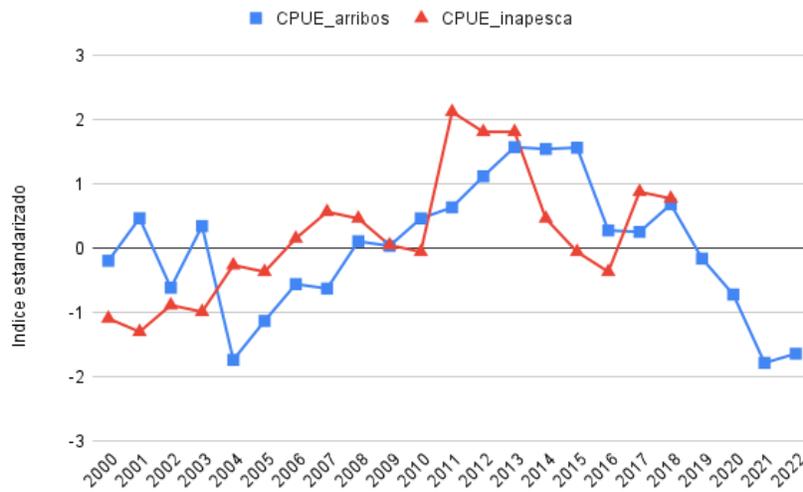
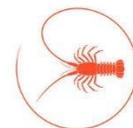


Figura 4. Comparación entre CPUE estimada por INAPESCA y la resultante de la armonización de bases de datos (CPUE_arribos) para la langosta roja capturada en Baja California.

El índice de abundancia utilizado para los análisis posteriores no contiene los registros de captura de la SPP. Pescadores Nacionales de Abulón, ya que esta información está incluida en la evaluación de stock de la langosta certificada por MSC.



Bitácoras oficiales de tres permisionarios de langosta de Baja California

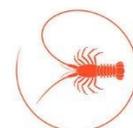
Se analizó la información contenida en las bitácoras de captura de langosta para tres permisionarios: SCPP Ensenada, SPR Punta Canoas y SCPP Rafael Ortega Cruz. Estos tres permisionarios tienen sus polígonos autorizados de captura en el sur del estado; cabe mencionar que las áreas de pesca de la SCPP Ensenada y SCPP Rafael Ortega Cruz corresponden a 40% del total de los 14,440 km² de zona costera permitida para la captura de langosta roja, mientras que el área de pesca de la SPR Punta Canoas representa únicamente 1.2%. Además, cada permisionario cuenta con un número específico de embarcaciones y trampas autorizadas por embarcación para ser utilizadas durante la temporada de pesca de langosta (Tabla III).

Tabla III. Área, número de embarcaciones y trampas autorizadas para la captura de langosta para tres permisionarios de Baja California.

Permisionario	Área autorizada para captura (km ²)	Número de embarcaciones autorizadas	Trampas autorizadas por embarcación
SCPP Ensenada	3,146 en tres zonas: ZI: 844 ZII: 1,579 ZIII: 723	43	45
SPR Punta Canoas	179	7	30
SCPP Rafael Ortega Cruz	2,503	20	39

La bitácora oficial de captura de langosta contenida en la NOM-006-SAG/PESC-2016 indica que debe anotarse el número de trampas “tendidas” y revisadas durante cada día de captura, así como anotar el número de langostas por arriba de la talla mínima de captura (legales) y todas las langostas que fueron liberadas por no cumplir con la talla (sub legales). Para la SCPP Ensenada y la SPR Punta Canoas se analizaron bitácoras correspondientes a la temporada 2022-2023, que comenzó en septiembre de 2022 y terminó en febrero de 2023; solo se analizaron bitácoras de enero y febrero 2023 para la SCPP Rafael Ortega Cruz.

Se observó que los pescadores de las tres organizaciones registraron el mismo número de trampas tendidas y revisadas por cada día de pesca. Esta información fue utilizada para construir un índice de abundancia relativo tipo CPUE para cada organización, que además fue contrastado con la CPUE previamente descrita y calculada a partir de la armonización de bases de datos. Comparando el número de trampas revisadas y las CPUE calculadas a partir de la armonización de bases de datos y las bitácoras, se observa que la tendencia de la CPUE para los tres permisionarios es similar, con una escala ligeramente mayor en la CPUE de la armonización (Figura 5).



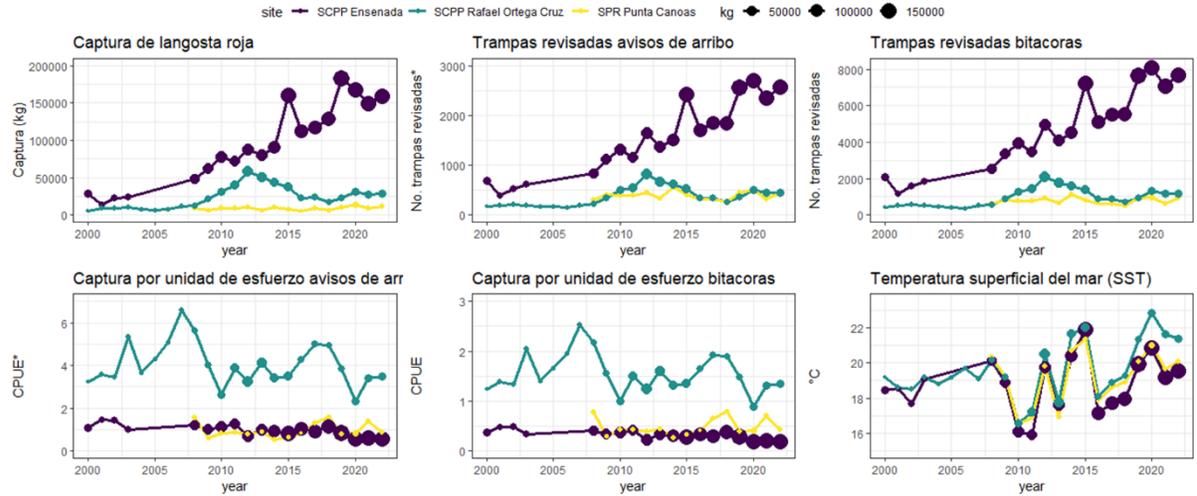
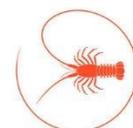


Figura 5. Comparación de capturas, trampas revisadas de arribos, trampas revisadas de bitácoras, CPUEs respectivas y temperatura superficial observada para 3 permisionarios de langosta roja en el sur de Baja California.

Con la finalidad de mejorar la resolución obtenida de los registros oficiales (arribos) situación que fue corroborada a través de una entrevista informal realizada por el Dr. Álvarez – Flores con Sergio Sandoval y Francisco Arauz, directivos de la SCPP Ensenada, donde se describieron de manera detallada las operaciones de captura de langosta roja en sus zonas autorizadas. Con base a los resultados anteriores, sugerimos que el uso del análisis de armonización de bases de datos propuesto es consistente con lo registrado en las bitácoras de captura de langosta roja en Baja California y utilizar un índice de abundancia construido a partir de este análisis es apropiado.

Con la información contenida en las bitácoras se puede observar el número de organismos por arriba y por debajo de la talla mínima legal de 82.5 mm de cefalotórax. Con base en el análisis de dicha información se observa que para la temporada 2022-2023, la SCPP Ensenada y la SPR Punta Canoas registraron un mayor número de organismos capturados durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. La con mayor proporción de langostas legales y sublegales que fueron liberadas fue mayor para la SCPP Ensenada (Figura 6).



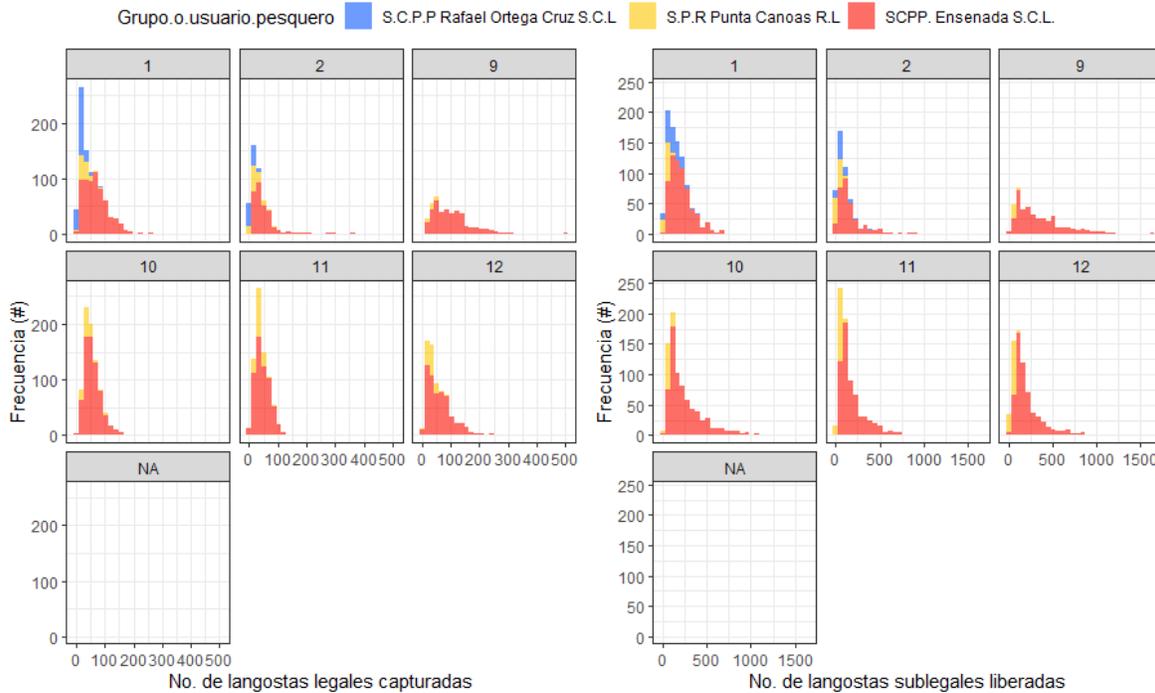
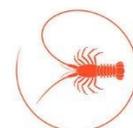


Figura 6. Captura de langostas de talla mínima (legales) y langostas por debajo de la talla mínima liberadas por mes registradas en las bitácoras de tres organizaciones pesqueras durante la temporada de captura 2022-2023.

Dado a que la bitácora oficial únicamente indica el registro de organismos legales o sublegales, no existe la posibilidad de obtener información de la estructura de tallas de la captura, así como la talla o el peso promedio de las langostas capturadas y liberadas. Agregar esta información para que sea registrada en la bitácora sería de gran importancia para incrementar el alcance de la recolecta de información de importancia biológica y de manejo de la pesquería.

Otro tipo de información que también se registra en la bitácora son las condiciones climáticas durante las operaciones de captura. En el caso de las tres organizaciones analizadas, el mayor número de langostas legales capturadas se registraron durante tiempo “bueno”, “calmo”, y “viento”, mientras que condiciones como “marejada”, “lluvia”, “norte”, o cualquiera de las posibles combinaciones, no registraron captura de langostas de talla legal (Figura 7). Es importante resaltar que el pescador es libre de anotar las condiciones que observa, lo que resulta en una gran variedad de categorías que pudieran ser re-categorizadas y simplificadas para que la persona responsable del llenado de la bitácora seleccionara entre un número limitado de categorías, simplificando el llenado, análisis posterior e interpretación de los resultados.



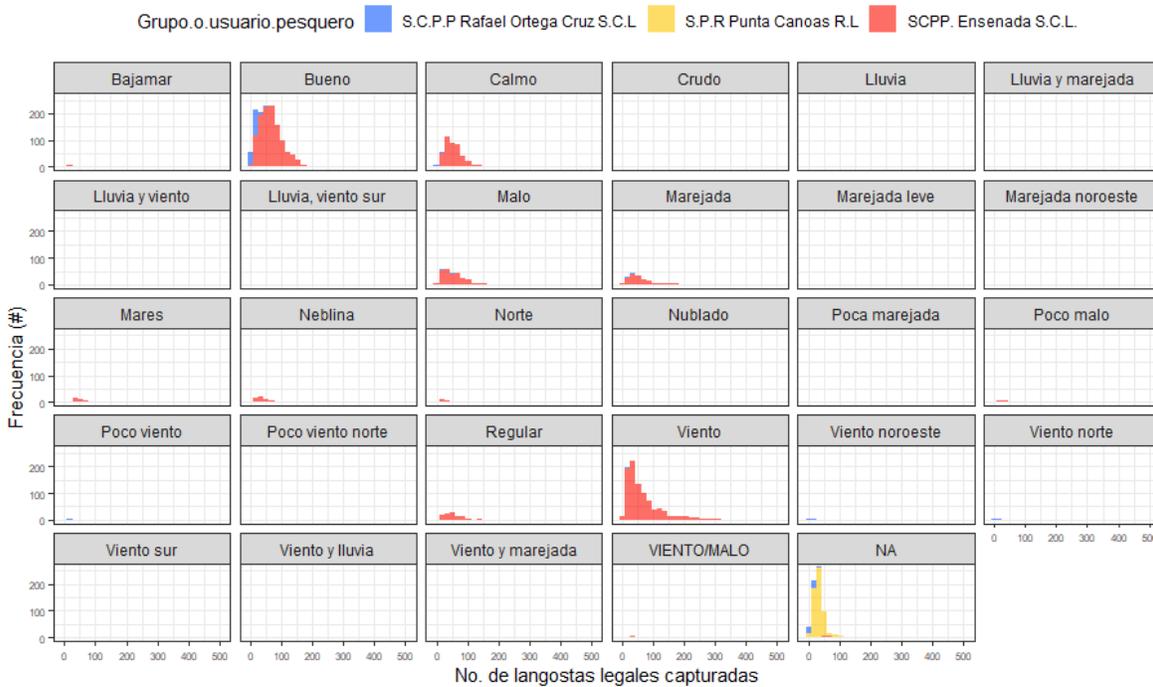


Figura 7. Captura de langostas de talla mínima bajo diferentes condiciones climatológicas registradas en la temporada de captura 2022-2023.

Las bitácoras también contienen información de los sitios de captura que permiten tener una idea de los caladeros de pesca donde se capturan mayor o menor número de langostas legales y sublegales. De esta manera se observa que organización captura en que sitios con mayor frecuencia durante las temporadas de captura, información que puede ser de utilidad para sugerir a los permisionarios redirigir esfuerzos a los sitios donde se observa mayor captura de langostas sublegales, o en que temporalidades ocurre este fenómeno (Figura 8). De la misma forma que con las condiciones climáticas, cada responsable del llenado de la bitácora anota el nombre del sitio de captura (caladero) de acuerdo a su conocimiento, experiencia y costumbre, por lo que se registran una gran variedad de nombres de los sitios de captura que bien podrían ser el mismo. Este campo no sería conveniente transformar en una lista para seleccionar, sin embargo, es necesario hacer el trabajo de gestión con las organizaciones y permisionarios para que exista consistencia en el llenado de las bitácoras dentro de cada zona permitida. Lo anterior simplificaría el análisis de la información así como la interpretación de los resultados.

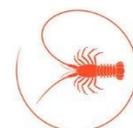
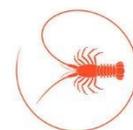




Figura 9. Observaciones registradas en las bitácoras de captura (sin modificación).

Es necesario considerar la oportunidad de incrementar el volumen y la calidad en la toma de información, tomando como ejemplo las necesidades de información que la pesquería de langosta certificada que realiza la FEDECOOP. La bitácora oficial podría servir de vehículo para que la información que se requiere para cumplir con compromisos como las certificaciones internacionales, fuera registrada de una manera sistemática, continua y sencilla de analizar. Esto se podría lograr si se incluyeran columnas específicas para el número de langostas ovígeras (parchadas) y mudadas, así como una columna específica para anotar la presencia o ausencia de tiburones e indicar cuál fue el destino del mismo (liberado/retenido).

Con la finalidad de ejemplificar este punto, se llevó a cabo una re-categorización de las observaciones contenidas en las bitácoras analizadas, manteniendo en número de observaciones pero agrupándolas en un menor número de categorías. Con esta re-categorización se observa más claramente que el registro de las observaciones está dominado por langosta, mientras que peces, pulpos y tiburones presentan un número reducido de registros (Figura 10). Esta misma tendencia se mantiene cuando se analiza a los permisionarios por separado o en conjunto.



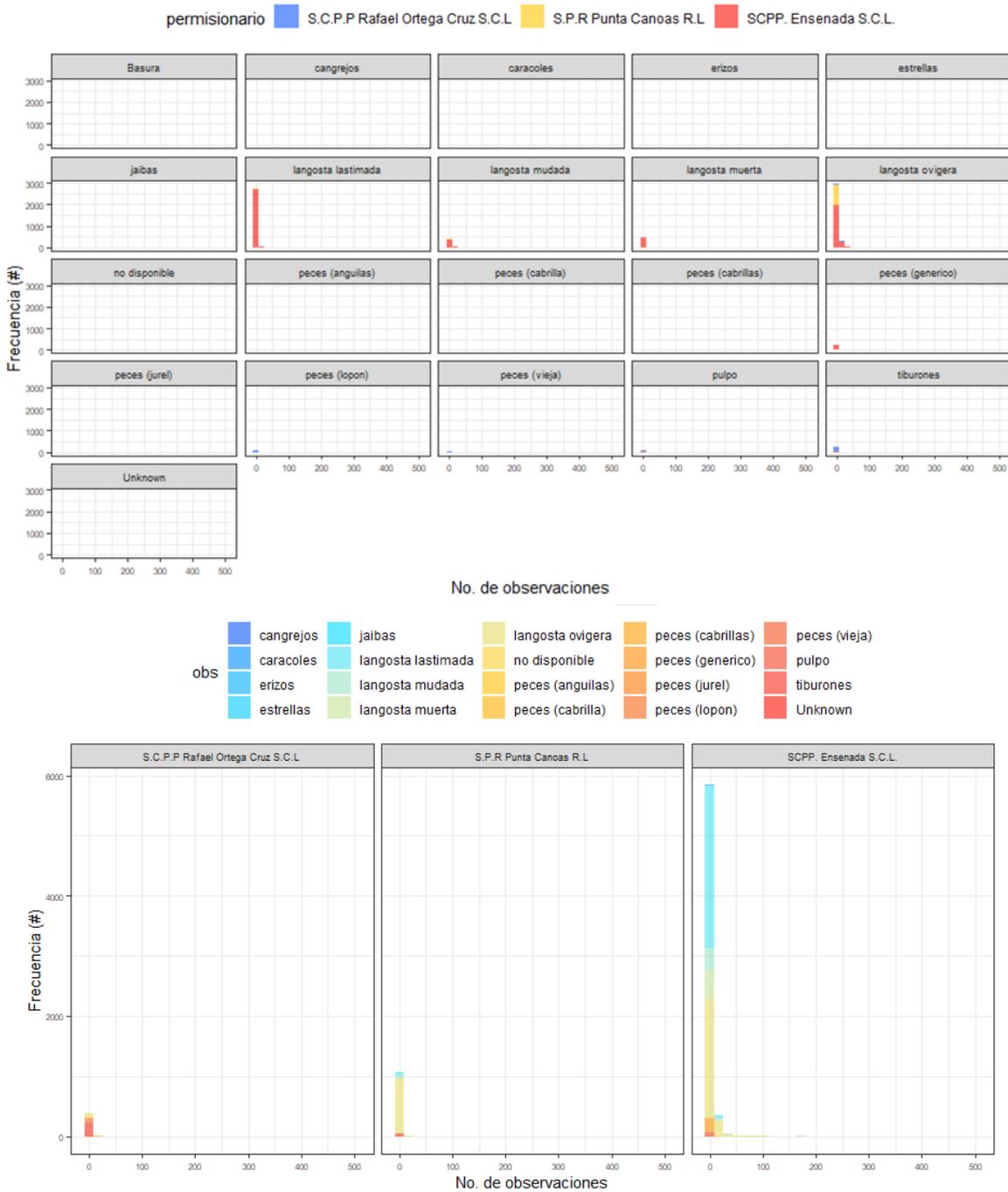
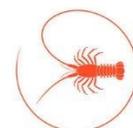


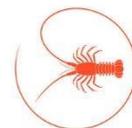
Figura 10. Observaciones registradas en las bitácoras re-categorizadas para simplificar análisis, por categoría (paneles superiores) y por permisionario (paneles inferiores).



Resultados del modelo SPiCt

En general, los resultados obtenidos con el modelo SPiCt muestran niveles de biomasa absoluta y relativa por arriba de $B/B_{MSY} = 1$ para todo el periodo analizado. Dentro de los escenarios de sensibilidad, se observó que los casos donde la biomasa estuvo por debajo de este punto de referencia fueron con valores de r de 0.3 (Escenario 2 para capturas con y sin error). Los escenarios más optimistas fueron donde se utilizaron valores de $r = 0.7$ (Escenario 3). En los escenarios base, se observó que la biomasa estuvo por debajo de $B/B_{MSY} = 1$ únicamente en 2004 y 2021 (Fig. 11). Cabe mencionar que el valor de r en el modelo base (0.47) está basado en el valor promedio para ese parámetro por un análisis realizado para el stock central de langosta en la Península de Baja California (FEDECOOP, 2021).

En cuanto a los valores previos (priors) y posteriores de los parámetros del modelo, observamos que aun con un coeficiente de variación pequeño ($cv=0.2$), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional r fue ajustada a los valores posteriores de la capacidad de carga K alrededor de 4,000 ton. Así mismo, se observa que la distribución posterior de la reducción (depletion) se concentra alrededor de 0.65 – 0.7, que representaría una reducción del stock de langosta entre 30 y 35% de la biomasa original (Fig. 12).



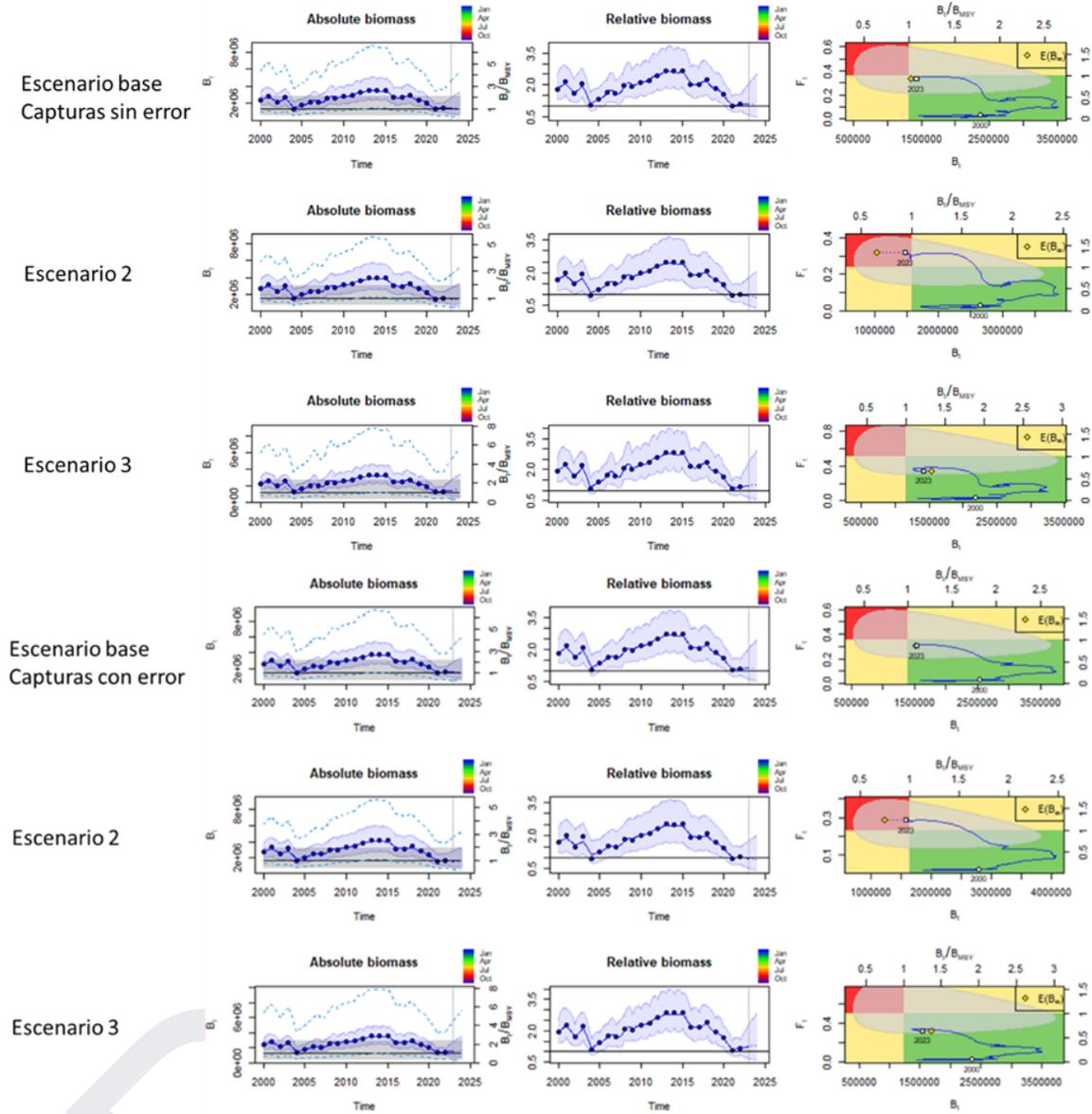
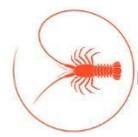


Figura 11. Biomasa absoluta, relativa y diagrama de Kobe para langosta roja en Baja California bajo diferentes escenarios.



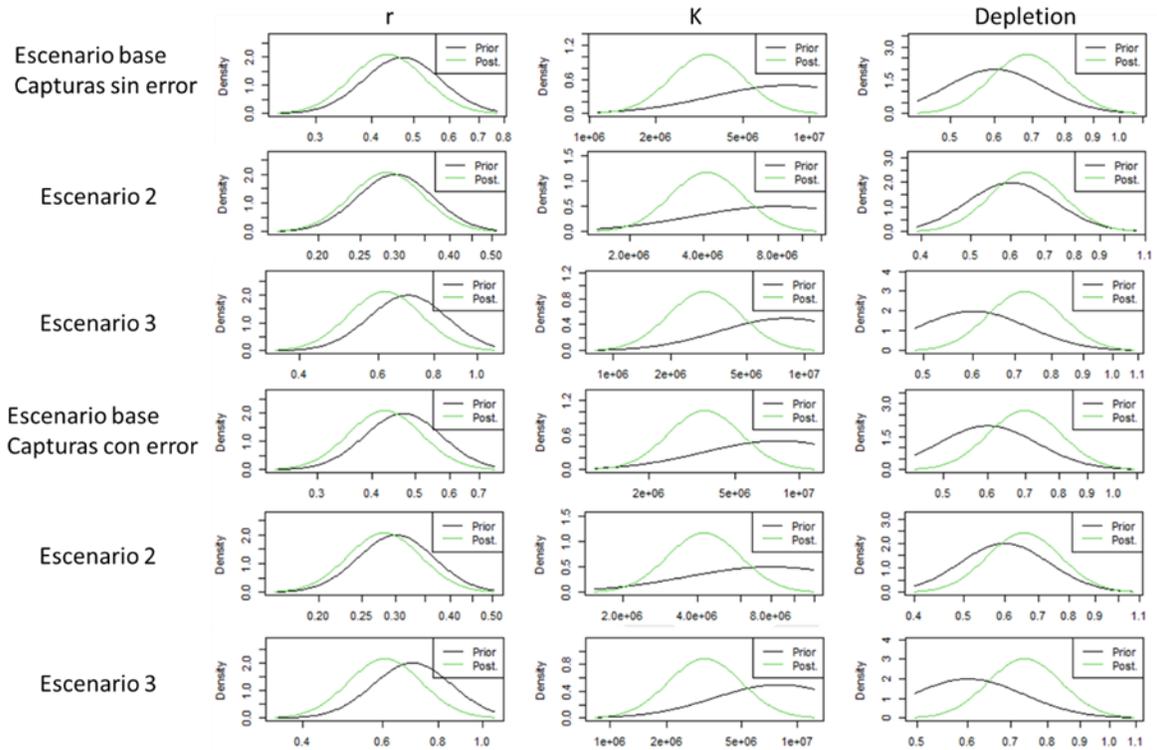
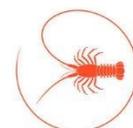


Figura 12. Valores previos (priors) y posteriores de los parámetros del ajuste del modelo SPiCt para los diferentes escenarios de evaluación de langosta roja en Baja California.

Resultados del modelo SRaplus

Los resultados a partir del ajuste del modelo SRaplus bajo los diferentes escenarios son consistentes con los resultados obtenidos del ajuste del modelo SPiCt, donde el escenario 2 para capturas con y sin error es el escenario más pesimista, con menor biomasa relativa, mayor proporción de la captura con respecto al rendimiento máximo sostenible y tasa de aprovechamiento. Sin embargo, en el caso del ajuste a las capturas sin error observamos que en los tres escenarios modelados presentan valores de reducción mayores al 60%, mientras que los escenarios de las capturas con error la reducción del stock no superan el 50% de la biomasa original (Figura 13). En todos los escenarios ajustados con el modelo SRaplus se observa que el stock de langosta se encuentra por arriba del punto de referencia $B/B_{MSY} = 1$.

Es importante señalar que de acuerdo a estos resultados, el stock de langosta roja en Baja California se encuentra oscilando alrededor del punto de referencia $B/B_{MSY} = 1$. Los valores de los parámetros reajustados, así como los puntos de referencia para cada escenario y modelo se pueden consultar a detalle en la Tabla IV.



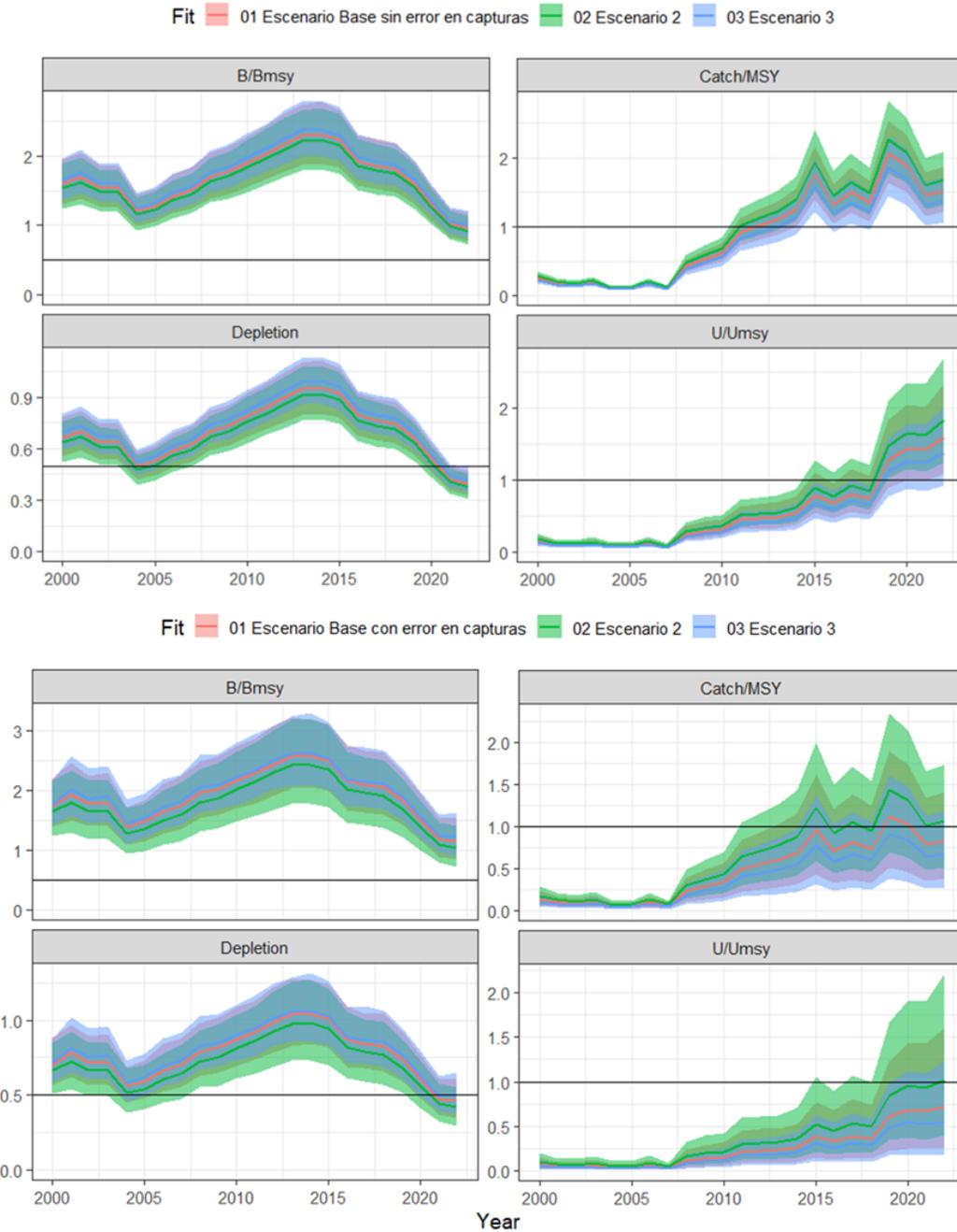
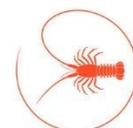


Figura 13. Biomasa relativa (B/B_{MSY}), captura relativa al rendimiento máximo sostenible ($Catch/MSY$), reducción (depletion) y tasa de aprovechamiento (U/U_{MSY}) para langosta roja en Baja California utilizando el modelo SRAPlus.



Modelos Catch-MSY

CMSY en dataLowSA

A partir de las capturas de Baja California y un valor de resiliencia “low”, el modelo CMSY calculo un diagrama de fase con la biomasa predicha en el eje horizontal y la tasa de aprovechamiento (HR) en el eje vertical. De acuerdo a este diagrama, para 2022 la biomasa de langosta roja se encuentra por debajo de la biomasa objetivo, mientras que la tasa de aprovechamiento se encuentra por arriba de la tasa de aprovechamiento objetivo, lo que significaría que el stock está siendo objeto de sobrepesca (Figura 14).

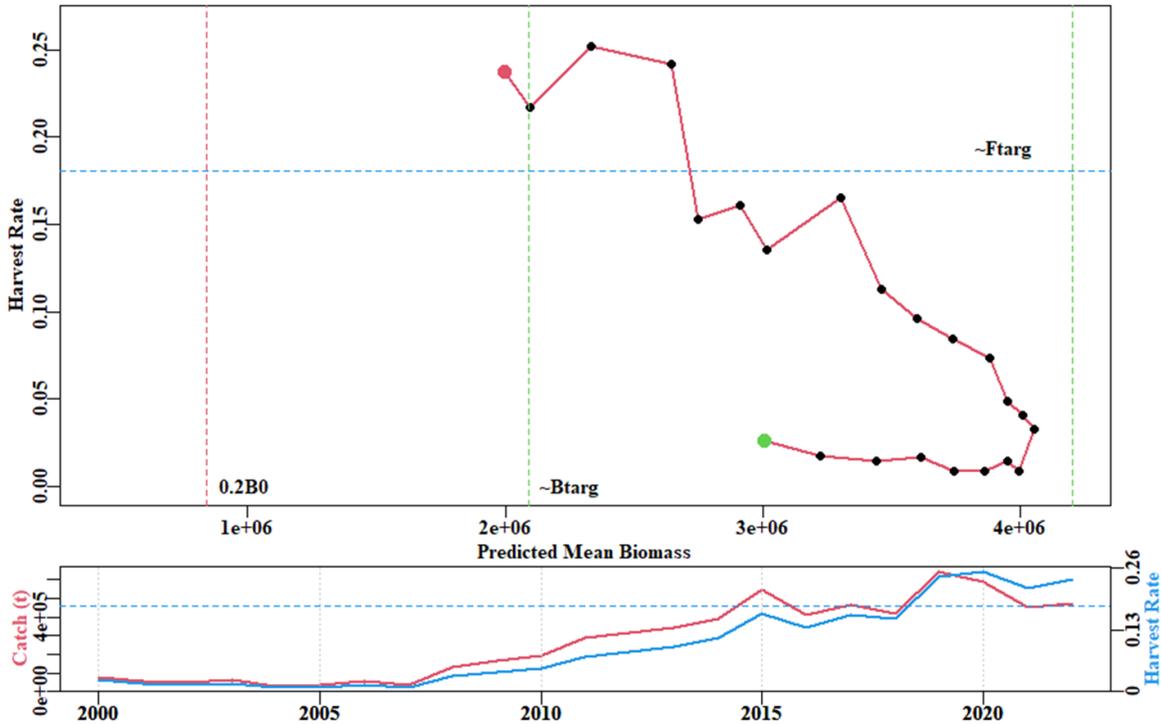
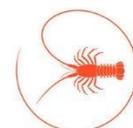


Figura 14. Diagrama de fase para la población de langosta roja y tasa de aprovechamiento resultante del análisis CMSY con la implementación de dataLowSA. El punto verde representa el año 2000 y el punto rojo el año 2022.

Con base en estos resultados, esta implementación calcula las trayectorias plausibles de biomasa de acuerdo a cada par de r y K para los cuales se encuentra una solución válida (hay convergencia del optimizador). Además, se calcula el máximo rendimiento sostenible (MRS - MSY) para cada par de r y K y su trayectoria de biomasa correspondiente (Figura 15). De acuerdo con este análisis, el valor del MSY para la langosta roja se encuentra en 377.22 ton, por lo que las capturas desde 2014 han sido mayores a este punto de referencia calculado a partir de esta implementación.



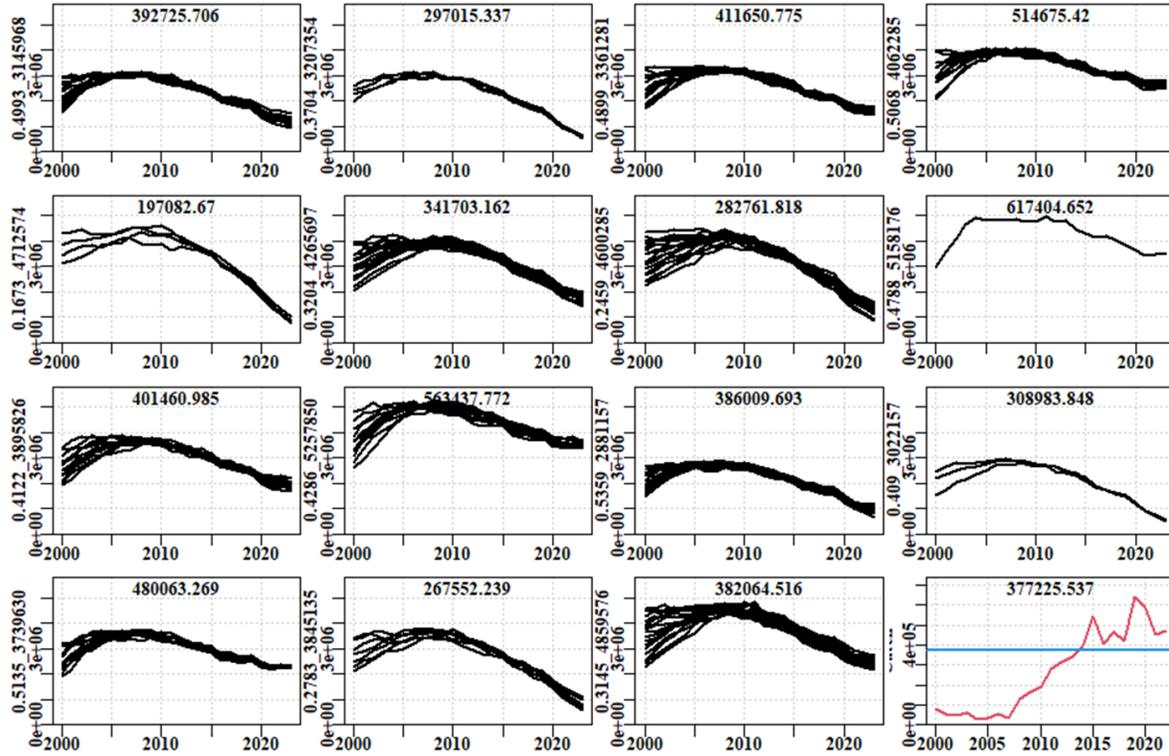
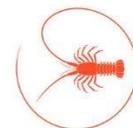


Figura 15. Diferentes combinaciones de los parámetros r y K con las trayectorias de biomasa plausibles; el número en la parte superior representa el MRS para cada par de parámetros. Los valores de r y K están representados en el eje vertical. La última figura representa la curva de capturas con el MRS.

Otro de los resultados de esta implementación es la posibilidad de explorar visualmente las soluciones encontradas para r y K , así como los MSY correspondientes a cada par de parámetros. Para este análisis, se observa que no existió convergencia para valores de r y K menores de 0.4 y 3,000 o mayores de 0.55 y 5,500; de esta manera, los pares “exitosos” de r y K oscilan entre 0.13 – 0.59 y 2,600 – 5,600, respectivamente. De esta manera, los valores que puede tomar el MSY oscilan entre 200 y 600 toneladas (Figura 16).



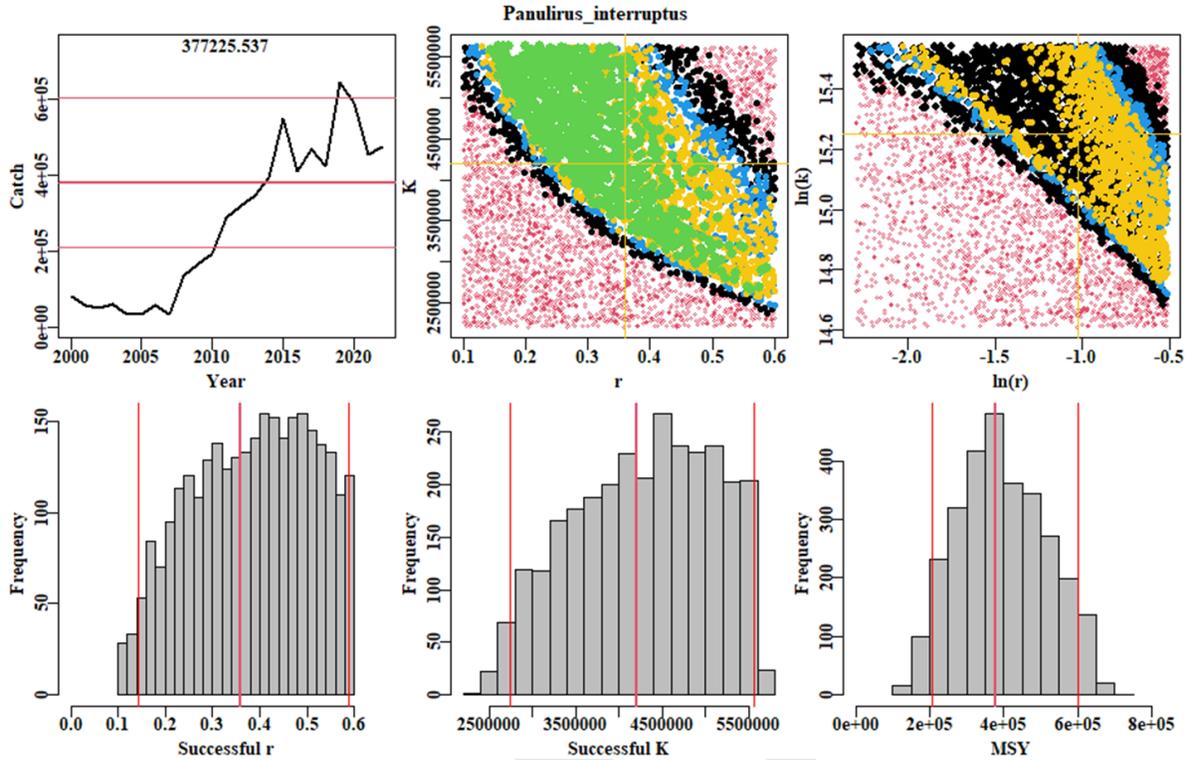
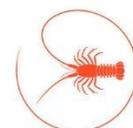


Figura 16. Trayectoria de la captura y el MSY (+ percentil 90, primer panel). Combinaciones de r y K donde los puntos rojos representan falta de convergencia (paneles superiores). Los histogramas describen la distribución de los parámetros y el MRS resultante (las líneas rojas representan la mediana y el percentil 90).

Esta implementación del CMSY permite al usuario hacer proyecciones de la posible trayectoria de la biomasa bajo condiciones de captura constante, para explorar diferentes escenarios de manejo. De manera exploratoria, se proyectaron las posibles trayectorias de biomasa de langosta roja bajo tres escenarios distintos: 1) captura constante cero, 2) captura constante igual a la captura total de 2022 (473 ton) y 3) captura constante igual al promedio de capturas de 2000 a 2022 (271 ton). De los escenarios anteriores, todas las proyecciones de biomasa declinan, pero a diferente velocidades. En el escenario de captura constante igual a la captura de 2022, la biomasa el stock disminuye rápidamente, alcanzando 20% de la biomasa virgen en 2030, mientras que el escenario de captura promedio de la serie de tiempo muestra un incremento en la biomasa a partir de 2023 (Figura 17).



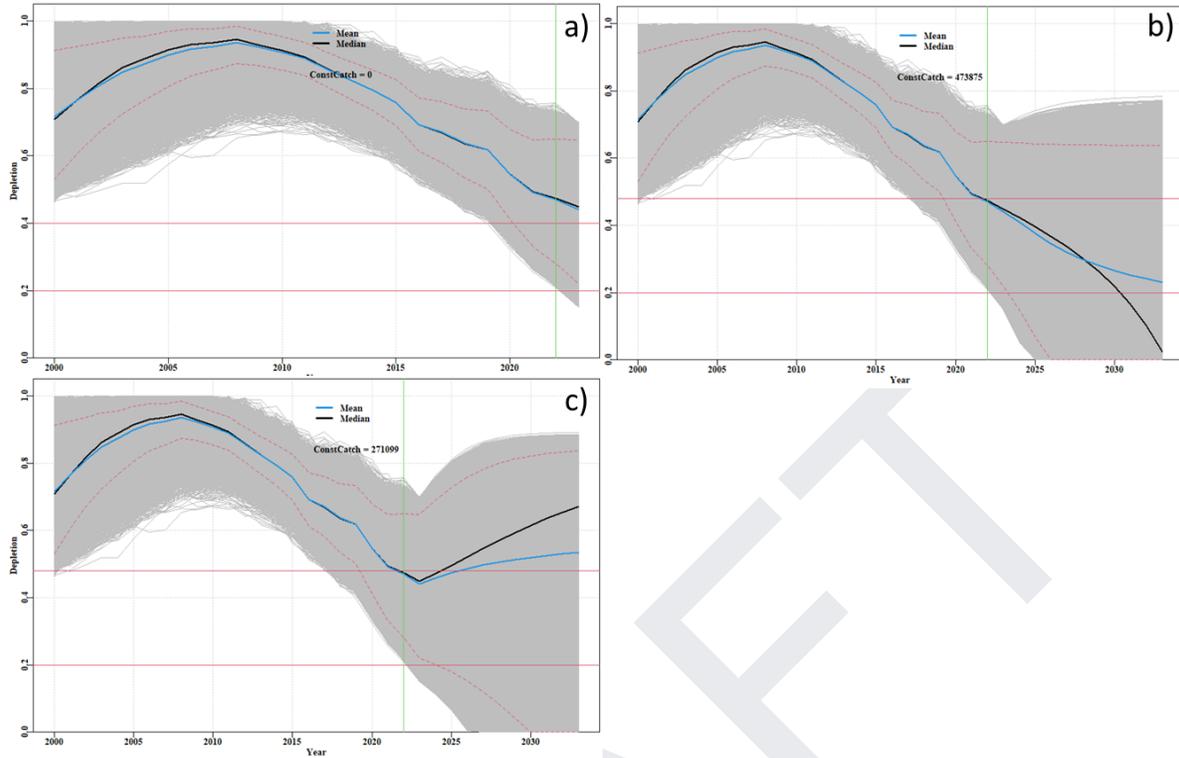
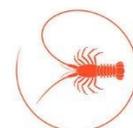


Figura 17. Proyecciones de reducción del stock de langosta roja bajo escenarios de captura constante= 0 (a), captura constante igual a 2022 (b) y captura constante igual al promedio de capturas de 2000-2022 (c).

CMSY en datalimited2

Esta implementación de CMSY permitió probar diferentes escenarios de resiliencia del stock de langosta. En todos los escenarios, con resiliencia “low” o con valores numéricos para r , tanto los pares de r y K como los puntos de referencia calculados no fueron muy diferentes entre sí; el escenario base y el escenario 2 fueron menos optimistas que los escenarios 3 y el escenario con los priors de INAPESCA. Todos los escenarios resultantes de este modelo indicarían que el stock de langosta se encuentra aprovechado por debajo de la biomasa que genera el máximo rendimiento sostenible ($B/B_{MSY} > 1$), con mortalidades por pesca mucho menores a la mortalidad por pesca asociada al máximo rendimiento sostenible ($F/F_{MSY} < 1$, Figura 18).



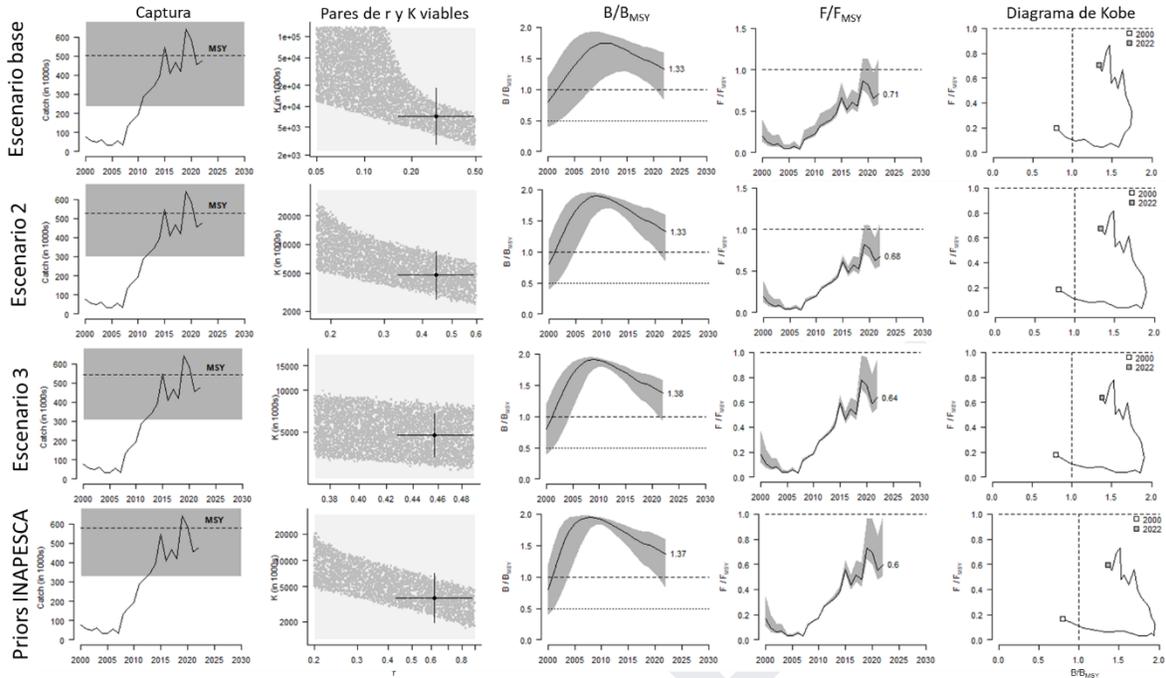
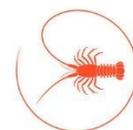


Figura 18. Resultados del método CMSY para langosta roja bajo diferentes escenarios de resiliencia (r).

La implementación del modelo CMSY contenida en la librería datalowSA no es muy diferente a la contenida en la librería datalimited2 en cuanto al modelo, los parámetros y cálculos. La diferencia principal estiba en que el CMSY en datalowSA permite únicamente valores de texto en la resiliencia, de tal forma que son transformados a valores de r dentro de las operaciones del modelo. Esto no es diferente a las opciones del CMSY en datalimited2, aunque este último da la opción de introducir valores mínimo y máximo de resiliencia (r) que son considerados sobre el valor de texto al momento de hacer los cálculos. De igual manera, el CMSY en datalimited2 permite asignar valores iniciales y finales a la biomasa, que pueden ser utilizados si se requiere de explorar más escenarios.

Modelo BSM

A diferencia del CMSY, el modelo de Shaefer bayesiano permite incorporar un índice de abundancia relativa tipo CPUE o valores de biomasa a partir de monitoreo, así como valores iniciales y finales de capturabilidad (q). Para este análisis, se utilizó el CPUE calculado a partir del análisis de armonización de bases de datos; sin embargo, no se utilizó ningún valor previo de q ya que en de todas las corridas donde se incluyó un prior para este parámetro, el modelo no encontró una solución (cero convergencia). De acuerdo con los resultados, el stock se encuentra siendo objeto de sobre pesca en tres de los cuatro escenarios evaluados (Escenario base, Escenario 2 y Priors INAPESCA). El único escenario “optimista” fue el que utilizo como valores previos de r los resultantes de los modelos SPIct y SRaplus que consideran error en la captura (Escenario 3; Figura 19).



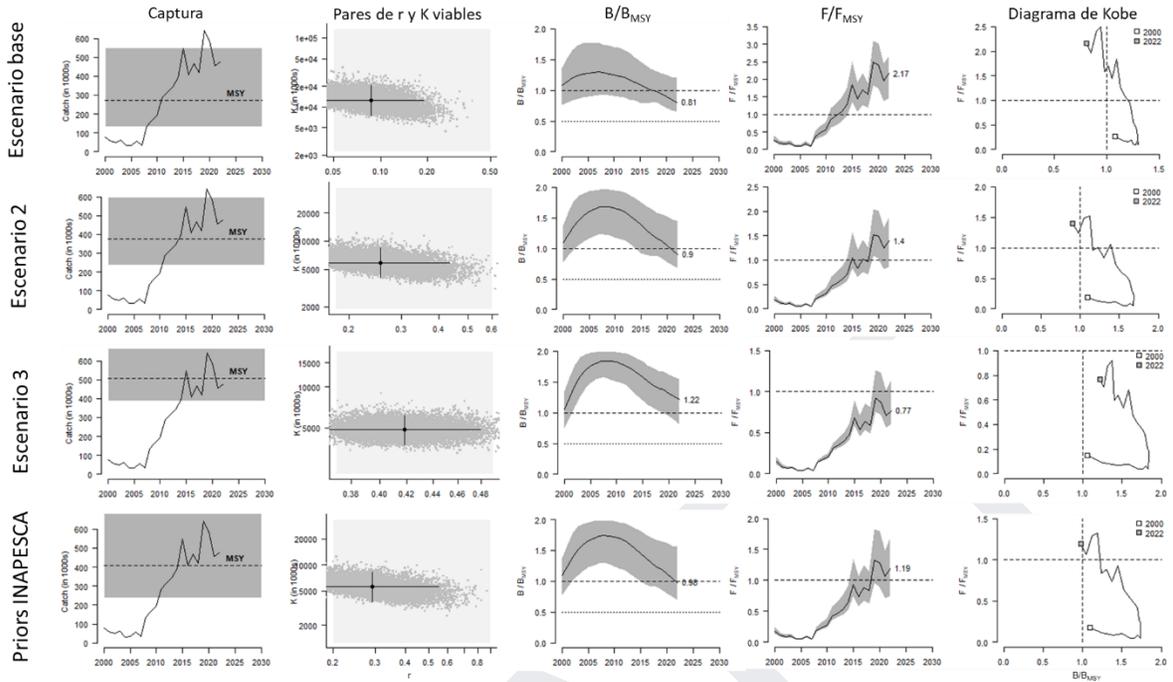


Figura 19. Resultados del método BSM para langosta roja bajo diferentes escenarios de resiliencia (r).

Es importante señalar que de acuerdo a todos estos resultados y escenarios, el stock de langosta roja en Baja California se encuentra oscilando alrededor del punto de referencia $B/B_{MSY} = 1$. Los valores de los parámetros reajustados, así como los puntos de referencia para cada escenario y modelo se pueden consultar a detalle en la Tabla IV.

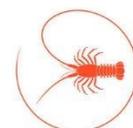
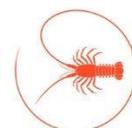


Tabla IV. Resultados de los ajustes y puntos de referencia (valores promedio) para los modelos SPiCt, SRApus, CMSY y BSM aplicados a la langosta roja aprovechada en Baja California.

	Capturas sin error			Capturas con error		
	SPiCt					
	Escenario Base	Escenario 2	Escenario 3	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3
<i>r</i>	0.43	0.28	0.62	0.42	0.28	0.60
<i>K</i>	3,452 ton	4,106 ton	3,015 ton	3,632 ton	4,266 ton	3,199 ton
<i>Depletion</i>	0.41	0.36	0.46	0.42	0.37	0.47
<i>Shape</i>	1.2	1.2	1.21	1.21	1.2	1.21
<i>q</i>	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001
<i>B_{MSY}</i>	1,325 ton	1,574 ton	1,156 ton	1,400 ton	1,645 ton	1,233 ton
<i>F_{MSY}</i>	0.35	0.23	0.50	0.35	0.23	0.49
<i>MSY</i>	473 ton	372 ton	588 ton	491 ton	381 ton	613 ton
<i>B₂₀₂₂/B_{MSY}</i>	1.07	0.94	1.22	1.10	0.96	1.23
<i>F₂₀₂₂/F_{MSY}</i>	0.930	1.34	0.67	0.87	1.23	0.64
	SRApus					
	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3
<i>r</i>	0.21	0.18	0.25	0.36	0.24	0.47
<i>K</i>	4,482 ton	4,876 ton	4,216 ton	5,358 ton	4,879 ton	5,045 ton
<i>Depletion</i>	0.39	0.37	0.41	0.46	0.42	0.49
<i>Shape</i>	1.27	1.25	1.3	1.22	1.22	1.23
<i>q</i>	0.00000009	0.00000009	0.00000009	0.00000007	0.00000007	0.00000007
<i>B_{MSY}</i>	1,852 ton	2,005 ton	1,761 ton	2,170 ton	2,385 ton	2,051 ton
<i>U_{MSY}</i>	0.17	0.14	0.19	0.29	0.20	0.38
<i>MSY</i>	314	285 ton	349 ton	652 ton	487 ton	790 ton
<i>B₂₀₂₂/B_{MSY}</i>	0.95	0.91	0.99	1.15	1.04	1.21
<i>U₂₀₂₂/U_{MSY}</i>	1.5	1.83	1.37	0.72	1.02	0.55
	CMSY (datalowSA)					
	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	Priors INAPESCA		
<i>r</i>	0.37	-	-	-		
<i>K</i>	4,250 ton	-	-	-		
<i>MSY</i>	375 ton	-	-	-		
<i>B_{MSY}</i>		-	-	-		
<i>F_{MSY}</i>		-	-	-		
	CMSY (datalimited2)					
<i>r</i>	0.028	0.44	0.47	0.61		
<i>K</i>	7,133 ton	4,770 ton	4,730 ton	3,760 ton		
<i>MSY</i>	503 ton	528 ton	541 ton	579 ton		
<i>B_{MSY}</i>	3,566 ton	2,380 ton	2,360 ton	1,880 ton		
<i>F_{MSY}</i>	0.14	0.22	0.22	0.30		
	BSM (datalimited2)					
<i>r</i>	0.08	0.25	0.48	0.29		
<i>K</i>	12,500 ton	5,900 ton	4,850 ton	5,540 ton		
<i>MSY</i>	272 ton	375 ton	507 ton	409 ton		
<i>B_{MSY}</i>	6,250 ton	2,950 ton	2,425 ton	2,770 ton		
<i>F_{MSY}</i>	0.043	0.12	0.20	0.14		



FEDECOOP

Se contrastaron los datos oficiales de langosta para las organizaciones pesqueras que participan en la certificación de langosta con las capturas proporcionadas por FEDECOOP, observando una diferencia de 0.8% entre ambas fuentes de información para el periodo entre 2000 y 2020 (Figura 20). El año donde se observa la mayor diferencia fue 2007, siendo mayores las capturas registradas por FEDECOOP que las registradas en avisos de arribo por 118 toneladas. Ambas series de captura presentan coeficientes de variación similares (0.17 arribos y 0.16 FEDECOOP), con $cv=0.15$ para ambas series en conjunto. Los valores del CPUE calculados a partir de los datos de registros oficiales, son consistentes con los valores de CPUE utilizados por FEDECOOP (Figura 20), de esta manera consideramos que el análisis de armonización de bases de datos produce resultados que pueden ser utilizados para construir un índice de abundancia relativo a partir de la información contenida en avisos de arribo.

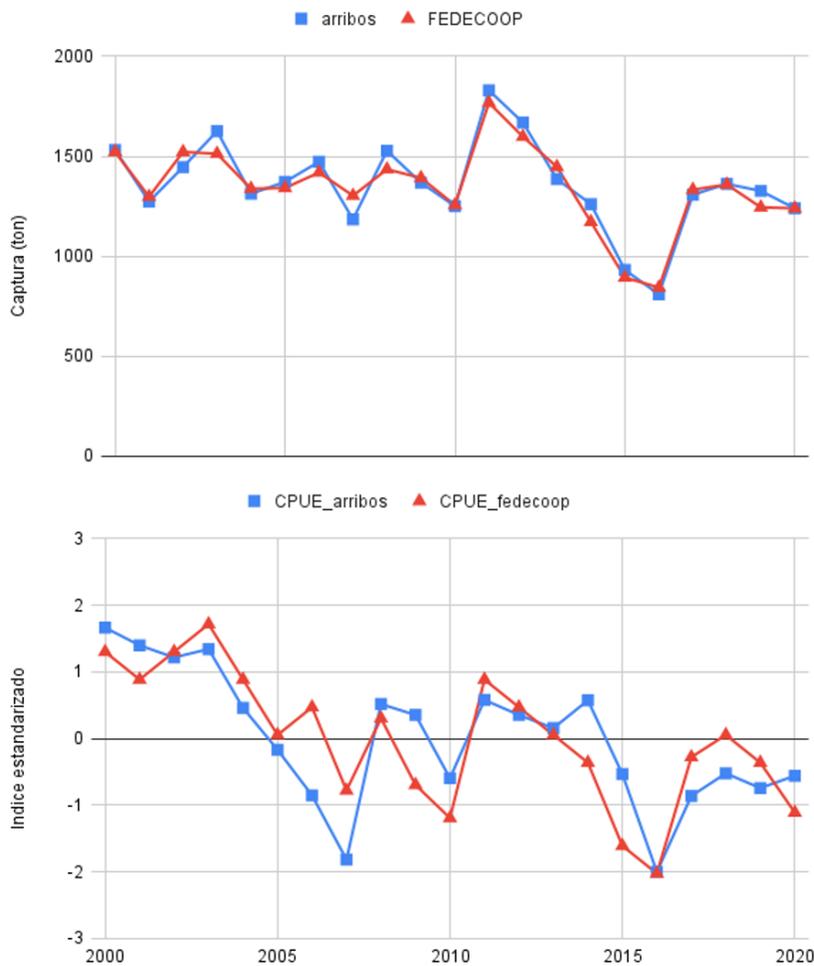
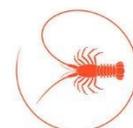


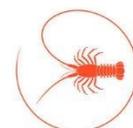
Figura 20. Serie de tiempo de las capturas registradas (panel superior) y CPUE (panel inferior) en avisos de arribo de las organizaciones y registros de FEDECOOP.



De acuerdo con FEDECOOP, estas diferencias pueden deberse al tipo de registro, ya que en arribos es posible que se registre el “peso capturado”, mientras que ellos manejan el “peso vendido”. Así mismo, mencionan que la diferencia entre registros no debe ser mayor al 5%, situación que corrobora nuestro análisis de las bases de datos (diferencia de 0.8%).

Resultados del modelo SPiCt

Se observaron niveles de biomasa absoluta y relativa por arriba de la biomasa que genera el rendimiento máximo sostenible ($\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$) para casi todos los años del periodo analizado, exceptuando el periodo entre 2015 – 2016, donde se observan valores de biomasa menores a $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$ para todos los escenarios. Sin embargo, con base en estos resultados se observa que la biomasa del recurso se encuentra fluctuando alrededor del punto de referencia $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$, así como se puede observar que la probabilidad que $\frac{B}{B_{MSY}} < 0.5$ no es mayor a 1%. Al mismo tiempo, comparando los puntos de referencia relativos de $\frac{B}{B_{MSY}}$ y $\frac{F}{F_{MSY}}$ a través de diagramas de fase (Kobe), se observa que bajo todos los escenarios, el stock de langosta aprovechado por FEDECOOP se encuentra aprovechado de manera que no se excede la mortalidad por pesca asociada al rendimiento máximo sostenible, al mismo tiempo que la biomasa se encuentra por arriba del punto de referencia $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$ (Figura 21).



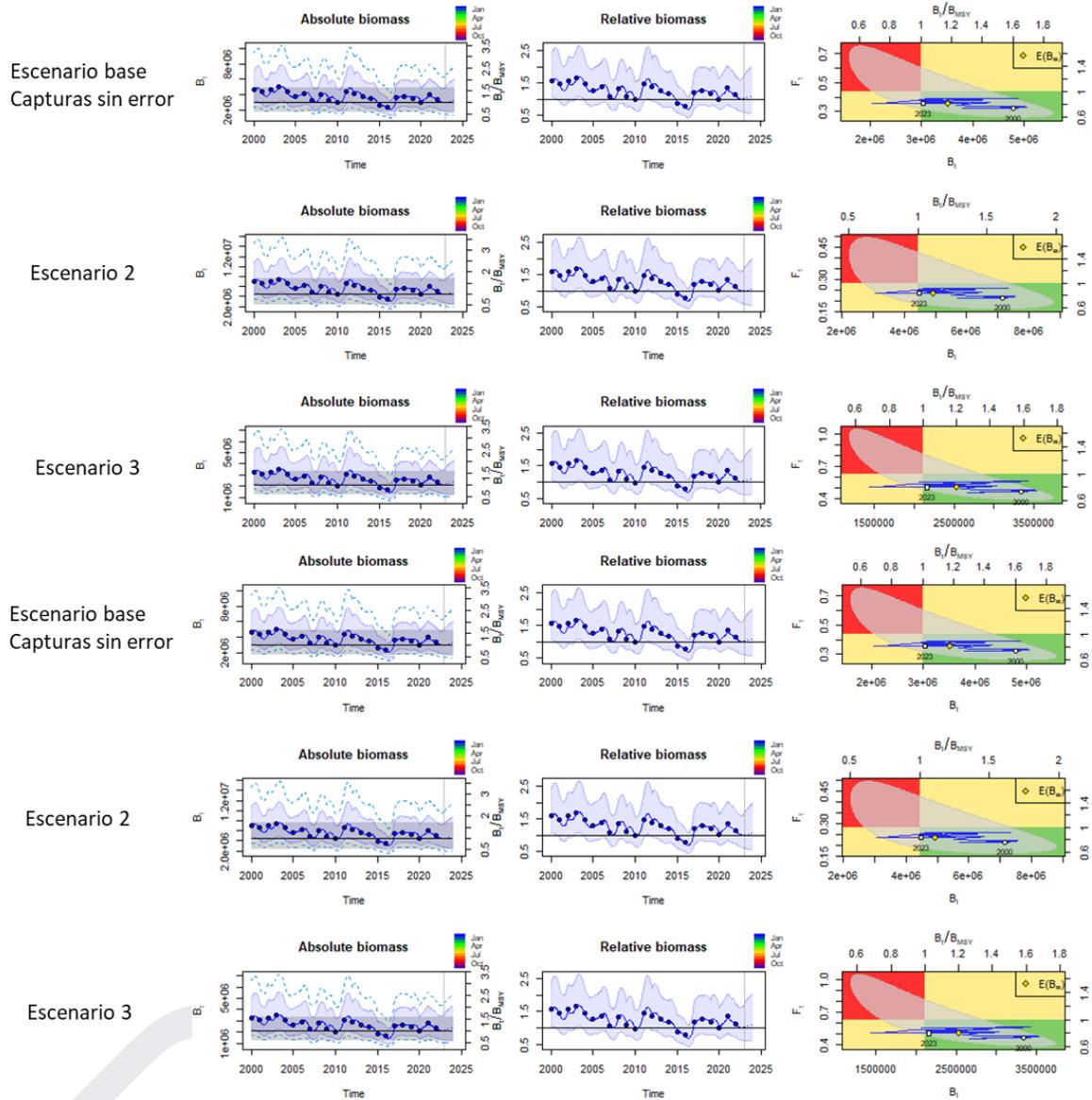
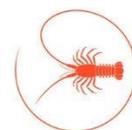


Figura 21. Biomasa absoluta, relativa y diagrama de Kobe para la langosta roja de FEDECOOP bajo diferentes escenarios.

Al utilizar la serie de tiempo proporcionada por FEDECOOP que comprende de 1990 a 2022 y sus valores de parámetros como priors, se observan tendencias similares para la biomasa absoluta y relativa, con periodos donde la biomasa es menor al punto de referencia $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$ durante 1991 – 1993, mientras que para el periodo 2015 – 2016, la biomasa se encuentra alrededor del punto de referencia. Se observa que la biomasa se encuentra por arriba de $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 0.5$ durante todo el periodo analizado, con poca probabilidad de ser menor a ese punto de referencia limite (Figura 22).



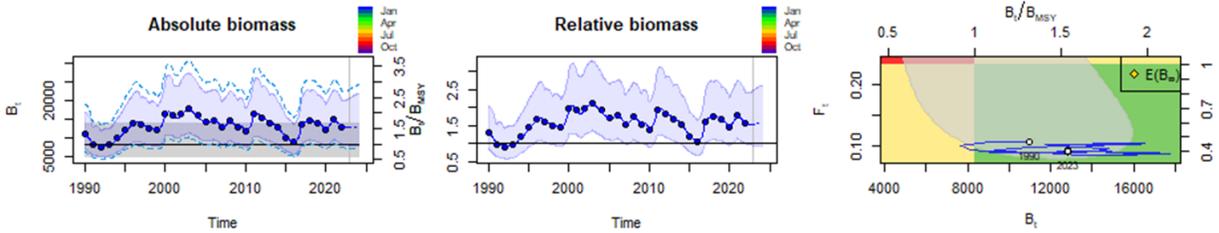


Figura 22. Biomasa absoluta, relativa y diagrama de Kobe para la langosta roja de FEDECOOP con la serie histórica de capturas con error y priors de FEDECOOP.

Resultados del modelo SRaplus

De acuerdo con los resultados del ajuste del modelo SRaplus, todos los escenarios muestran consistencia con los escenarios obtenidos a través del ajuste del modelo SPiCt, donde la biomasa relativa se encuentra oscilando alrededor del punto de referencia $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$. En ninguno de los escenarios se observa que la biomasa se encuentre cercana o por debajo del punto de referencia límite de $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 0.5$. Además, se puede observar que la captura relativa al rendimiento máximo sostenible se mantiene oscilando alrededor de 1, lo que implica que la captura ha sido cercana o igual al rendimiento máximo sostenible. De igual manera, en todos los escenarios del ajuste del modelo SRaplus, la reducción del stock oscila alrededor de 50% de la biomasa calculada para el 2000 (Figura 23).

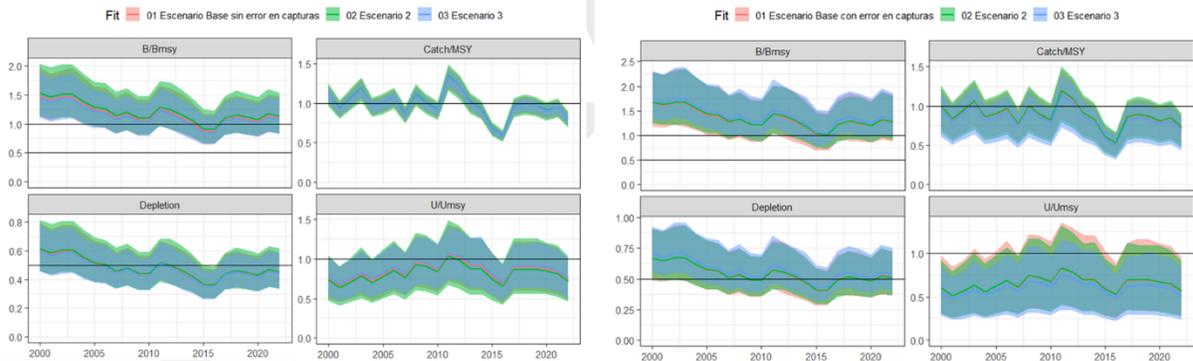
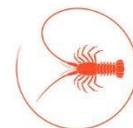


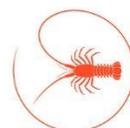
Figura 23. Biomasa relativa (B/B_{MSY}), captura relativa al rendimiento máximo sostenible ($Catch/MSY$), reducción (*depletion*) y tasa de aprovechamiento relativa (U/U_{MSY}) para langosta roja de FEDECOOP bajo diferentes escenarios.

Al utilizar la serie de tiempo proporcionada por FEDECOOP que comprende de 1990 a 2022 y sus valores de parámetros como priors, se observan tendencias similares para la biomasa absoluta y relativa, con periodos donde la biomasa es menor al punto de referencia $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 1$ durante 1991 – 1993, mientras que para el periodo 2015 – 2016, la biomasa se encuentra por arriba del punto de referencia. Se observa que la biomasa se encuentra por arriba de $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 0.5$



durante todo el periodo analizado, con poca probabilidad de ser menor a ese punto de referencia limite (Figura 24).

DRAFT



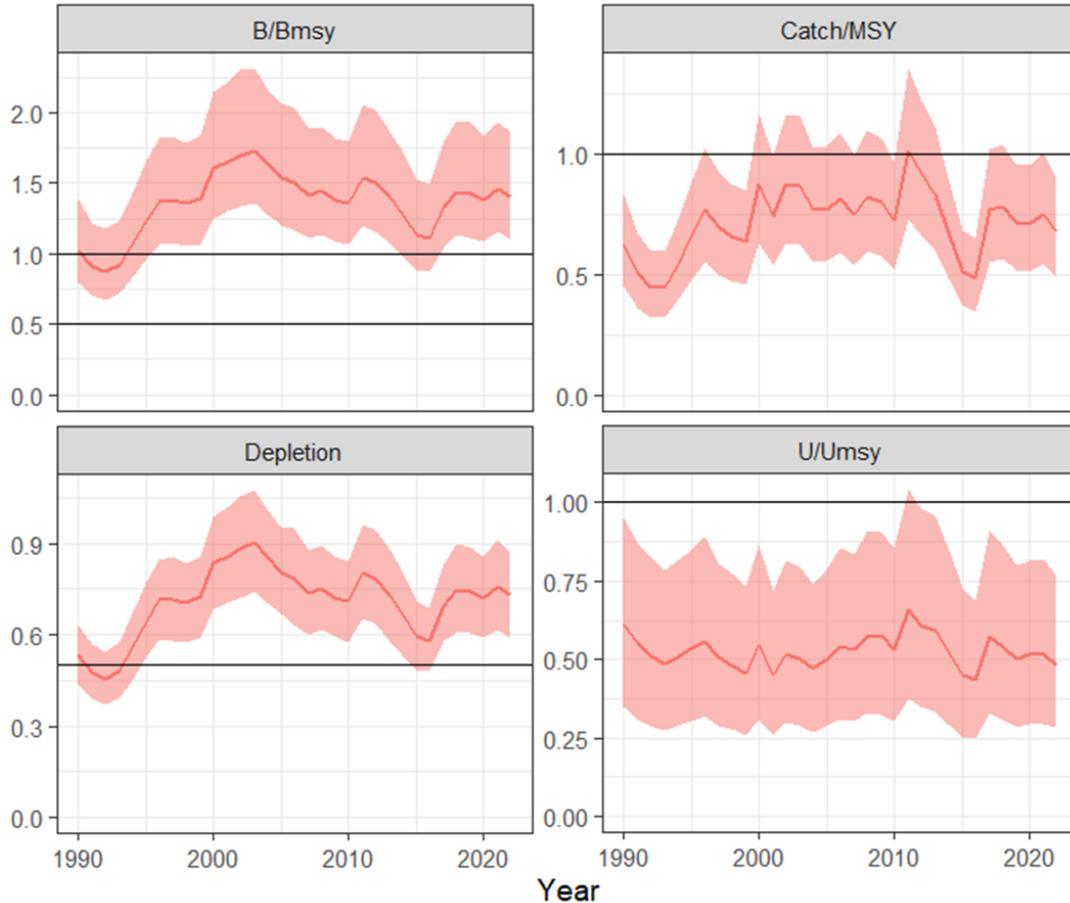


Figura 24. Biomasa relativa (B/B_{MSY}), captura relativa al rendimiento máximo sostenible ($Catch/MSY$), reducción (depletion) y tasa de aprovechamiento relativa (U/U_{MSY}) con la serie de capturas histórica con error y priors de FEDECOOP.

Es importante señalar que estos resultados son consistentes con lo reportado por FEDECOOP e INAPESCA, ubicando al stock de langosta aprovechado por FEDECOOP oscilando alrededor del punto de referencia $B/B_{MSY} = 1$. Suponiendo una distribución normal de la biomasa, la probabilidad asociada a que la biomasa en 2022 se encuentre cercana o por debajo del punto de referencia límite $\frac{B}{B_{MSY}} \cong 0.5$ es menor a 2%.

Los valores de los parámetros reajustados, así como los puntos de referencia para cada escenario y modelo se pueden consultar a detalle en la Tabla V.

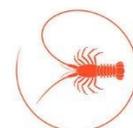


Tabla V. Resultados de los ajustes y puntos de referencia (valores promedio) para los modelos SPiCt y SRaPlus aplicados a la langosta roja aprovechada por FEDECOOP. El escenario FEDECOOP incluye capturas con error desde 1990 hasta 2022.

	Capturas sin error			Capturas con error			Escenario FEDECOOP
	SPiCt						
	Escenario Base	Escenario 2	Escenario 3	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	
r	0.43	0.28	0.62	0.42	0.28	0.60	0.47
K	3,452 ton	4,106 ton	3,015 ton	3,632 ton	4,266 ton	3,199 ton	17,350 ton
$Depletion$	0.41	0.36	0.46	0.42	0.37	0.47	0.72
$Shape$	1.2	1.2	1.21	1.21	1.2	1.21	1.99
q	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.000047
B_{MSY}	1,325 ton	1,574 ton	1,156 ton	1,400 ton	1,645 ton	1,233 ton	8,341 ton
F_{MSY}	0.35	0.23	0.50	0.35	0.23	0.49	0.23
MSY	473 ton	372 ton	588 ton	491 ton	381 ton	613 ton	1,918 ton
B_{2022}/B_{MSY}	1.07	0.94	1.22	1.10	0.96	1.23	1.53
F_{2022}/F_{MSY}	0.930	1.34	0.67	0.87	1.23	0.64	0.39
SRaPlus							
	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	Escenario base	Escenario 2	Escenario 3	Escenario FEDECOOP
r	0.21	0.18	0.25	0.36	0.24	0.47	0.41
K	4,482 ton	4,876 ton	4,216 ton	5,358 ton	4,879 ton	5,045 ton	19,236 ton
$Depletion$	0.39	0.37	0.41	0.46	0.42	0.49	0.72
$Shape$	1.27	1.25	1.3	1.22	1.22	1.23	2.29
q	0.00000009	0.00000009	0.00000009	0.00000007	0.00000007	0.00000007	0.000045
B_{MSY}	1,852 ton	2,005 ton	1,761 ton	2,170 ton	2,385 ton	2,051 ton	10,111 ton
U_{MSY}	0.17	0.14	0.19	0.29	0.20	0.38	0.18
MSY	314	285 ton	349 ton	652 ton	487 ton	790 ton	1,778 ton
B_{2022}/B_{MSY}	0.95	0.91	0.99	1.15	1.04	1.21	1.39
U_{2022}/U_{MSY}	1.5	1.83	1.37	0.72	1.02	0.55	0.48

Regla de control sugerida para el manejo de la pesquería de langosta roja sobre los stocks del norte y centro

Puntos de referencia

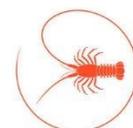
$B_{RMS}=0.4B_{F=0.0}$ Objetivo: El stock debe oscilar alrededor de B_{RMS} o $p(B_t < B_{RMS}) \cong 0.5$ durante los últimos 5 años.

$0.5B_{RMS}$ Limite: La biomasa no debe rebasar la biomasa limite en ningún año, no se debe permitir que $p(B_t < B_{LIM}) > 0.1$

Reglas de decisión

Si $B_t < B_{RMS}$ por 5 años o más, o si $B_t < B_{RMS}$ y declinando por tres años o más: Reducir la mortalidad por pesca en tal magnitud que $p(B_t < B_{LIM}) \cong 0.5$ en cinco años.

Si $p(B_t < B_{LIM}) > 0.1$ Reducir la mortalidad por pesca en tal magnitud que $p(B_t < B_{LIM}) < 0.1$ en tres años y que $p(B_t < B_{RMS}) \cong 0.5$ en seis años.



Armonización metodológica para la evaluación del estado de los stocks norte y centro de langosta roja

Informe de la temporada de captura de langosta 2018 -2019 en Baja California (INAPESCA).

El informe técnico sobre la situación y estado de la pesquería de langosta roja en el macizo costero del estado de Baja California para la temporada 2018-2019 de INAPESCA (IMIPAS), se menciona que se utiliza un modelo de producción excedente en su versión CMSY para la evaluación del estado del recurso. En este informe se establecen los valores semilla (priors) de los parámetros r y K , así como la biomasa inicial y final. Se establece una K utilizando el máximo de captura de 2018 multiplicada por 100 y un intervalo de r de 0.2-1.0, con un supuesto de una resiliencia media que duplica su población en un tiempo mínimo de 1.4 a 4.4 años. Además, suponen un error de observación de cero. Así mismo, mencionan que el procedimiento se realiza en un macro en Excel.

Evaluación FEDECOOP 2021 – 2022 e INAPESCA 21-22 y 22-23

En los informes de FEDECOOP e INAPESCA se utiliza un modelo de producción excedente en su versión en equilibrio. Los parámetros son estimados a partir de la captura y un índice de abundancia relativo tipo CPUE en Excel.

Sobre la implementación de CMSY y BSM

Ambas versiones del modelo de producción excedente fueron altamente sensibles a los valores iniciales de resiliencia (r), observando que entre más amplio fuera el intervalo de valores iniciales asignados, menos optimistas eran los resultados del estado del stock, así como los pares de r y K resultantes. Esto se debe a la relación entre los parámetros $\frac{r}{K}$ donde a valores muy grandes de K corresponden valores muy pequeños de r y viceversa. Además, estos modelos consideran puntos de referencia fijos, así como el impedimento al reclutamiento si la biomasa es menor de $\frac{1}{4} K$, lo que no permiten explorar diferentes escenarios, sensibilidades o que puede no reflejar la dinámica del stock analizado, a diferencia de las implementaciones de los modelos SPiCt y SRPlus.

Stocks norte y centro de langosta roja

De acuerdo con los documentos analizados, ambos stocks están siendo evaluados a partir de un modelo de producción excedente, cada uno con un índice de abundancia relativo tipo CPUE. Con base los resultados del presente análisis, se considera pertinente la implementación de un mismo modelo de dinámica poblacional, utilizando dos índices de abundancia relativa (norte y centro), considerando las remociones totales del stock, evaluando la sensibilidad del modelo a diferentes valores previos de los parámetros. Además, es necesario considerar las implicaciones de utilizar valores puntuales para determinar el estado del stock de langosta, así como las posibles medidas de manejo asociadas a dichos estados. Incorporar la incertidumbre asociada a las estimaciones de los puntos de referencia permite valorar de manera más objetiva el estado del recurso, así como planificar las medidas de manejo asociadas.

