

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



Evaluación de las acciones de “trasplante” de erizo rojo (*Mesocentrotus franciscanus*) como estrategia de manejo de la pesquería en El Rosario, Baja California, México.

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFIA COSTERA

PRESENTA

ALANH HERNÁNDEZ CASTILLO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO. AGOSTO DEL 2021

Resumen

Recientemente los ecosistemas de bosques de macroalgas se han visto gravemente afectados por ondas de calor marinas y otros eventos de calentamiento. En la medida que estos impactos hagan descender la biomasa de ciertas macroalgas, se puede afectar la disponibilidad de alimento a herbívoros de gran importancia ecológica y económica. Una especie icónica de estos ecosistemas de importancia ecológica y con alto valor para la pesca regional es el erizo rojo de mar (*Mesocentrotus franciscanus*). A pesar de que la densidad de la población de erizo rojo es alta en la bahía de El Rosario, Baja California, México en los últimos años los pescadores han reportado un bajo índice gonadosomático de los organismos, lo que pone en riesgo la rentabilidad de la pesquería, que está enfocada en la comercialización de la gónada de este organismo. Para intentar contrarrestar este impacto el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura y los productores pesqueros de erizo implementaron una estrategia de “trasplante”, que consiste en tomar erizo rojo con un bajo índice gonadosomático, transportarlo y liberarlo en donde la abundancia de macroalgas es alta. Esto le permite al organismo alimentarse de macroalgas y aumentar su índice gonadosomático para su futura cosecha y comercialización. El objetivo del presente estudio es documentar y evaluar el estado y las características de este “trasplante”. Se analizó información del índice gonadosomático de erizos derivada de la pesca, así como de la estrategia de trasplante para comparar y conocer el efecto de la temperatura superficial del mar, diferencia entre pesca y trasplante y el tiempo sobre la variación del índice gonadosomático. También se complementó con encuestas hacia los pescadores de la Sociedad Cooperativa de

Producción Pesquera Ensenada para obtener datos pesqueros y de percepción hacia la estrategia de trasplante. Nuestros resultados sugieren que de 2016 a 2019 ha ocurrido una variación en el índice gonadosomático, presentándose un incremento del 0.9% anual para la estrategia de trasplante y un decremento del 0.8% anual para la pesca en general. La temperatura superficial del mar por su parte se observó que produce un decremento del índice gonadosomático del 0.14% por cada aumento de unidad de temperatura. Las encuestas reflejan que el 100% de los encuestados aseguran que la estrategia de trasplante funciona y la mayoría de los pescadores consideran que genera un aumento en el índice gonadosomático de los organismos trasplantados. Así mismo la estrategia de trasplante les ayuda a disminuir su tiempo de búsqueda y cosecha, lo que sugiere una disminución de costos operativos de la pesquería. Aunque este estudio sugiere efectos positivos sobre el índice gonadosomático de los organismos trasplantados son necesarios más estudios para evaluar plenamente el impacto tanto en la actividad pesquera, en las especies objetivo, y en la comunidad y ecosistema en general.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

Evaluación de las acciones de “trasplante” de erizo rojo
(*Mesocentrotus franciscanus*) como estrategia de manejo de la
pesquería en El Rosario, Baja California, México.

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ALANH HERNÁNDEZ CASTILLO

Aprobada por:

Dr. Luis Malpica Cruz

Director de tesis

Dr. José Alberto Zepeda Domínguez

Co-Director de tesis

Dr. Alfonso Medellín Ortiz

Sinodal

Agradecimientos

A mi esposa **Florencia Ornelas** que siempre me ha brindado apoyo en todos mis proyectos, sueños y metas de vida.

A mis padres **Asunción Castillo y Amaury Hernández** los cuales sé que tengo su apoyo absoluto desde que tengo memoria en todos mis sueños y metas.

A mis suegros **Lin May y Florencio Ornelas** los cuales han apoyado nuestras metas y planes de vida de Florencia y míos.

A mis **Directores y Sinodal** que me han llevado fuera de mi zona de confort para hacerme crecer profesionalmente y apoyarme en todo el camino de la maestría.

A mis amigos de toda la vida que me aprecian mucho, pero a pesar de la distancia por el COVID-19 y la Maestría siguen presentes en mi vida para disfrutar.

A mis compañeros de posgrado en los cuales pude encontrar grandes amigos no solo de México si no del sur de Latino América.

A CONACyT por la beca manutención que me fue de gran utilidad para poder dedicarme a tiempo completo a esta investigación.

Este trabajo está dedicado a toda mi familia la cual me ha apoyado incondicionalmente en un sinfín de situaciones para que yo pueda seguir logrando mis metas y superarme personal y profesionalmente.

índice

Introducción	1
Hipótesis	7
Objetivo General	8
Objetivos Específicos.....	8
Preguntas de investigación.....	8
Métodos	9
Área de estudio.....	9
Base de datos de erizo rojo	11
Valor mínimo redituable	12
Temperatura superficial del mar (TSM)	12
Análisis estadístico	13
Modelo lineal	13
Análisis estadístico no paramétrico	15
Encuestas	15
Resultados.....	17
Modelo lineal generalizado	17
Diferencias entre tratamientos	24
Encuestas	28
Organismos competidores y depredadores.....	28
Caracterización del área de trasplante	30
Manipulación del erizo rojo	32
Población del área de trasplante	33
Percepción de los pescadores.....	34
Discusión	36

Reducción del índice gonadosomático	37
Aumento del índice gonadosomático	39
Competencia y depredación del erizo rojo	40
La estrategia de trasplante y el manejo de la pesquería de erizo	43
Estrategia de trasplante	43
Manejo de la pesquería de erizo rojo	45
Consecuencias e impactos ecológicos y socioeconómicos de la estrategia de trasplante	48
Consecuencias e impactos ecológicos	48
Consecuencias e impactos socioeconómicos	49
Selección del modelo linear generalizado.....	49
Conclusiones	52
Literatura citada	53

Contenido de figuras

Figura 1: Área de estudio en la bahía El Rosario, Baja California, México.	10
Figura 2: Variación del índice gonadosomático en función del tiempo	22
Figura 3: Variación del índice gonadosomático en función de la temperatura superficial del mar.....	23
Figura 4: Prueba estadística de Mann Whitney.	25
Figura 5: Prueba estadística de Kruskal Wallis.....	27
Figura 6: Preguntas y respuestas de la sección de organismos competidores y depredadores de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.....	30

Figura 7: Preguntas y respuestas de la sección caracterización del área de trasplante de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	32
Figura 8: Preguntas y respuestas de la sección de manipulación del erizo rojo de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.....	33
Figura 9: Preguntas y respuestas de la sección de población del área de trasplante de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	34
Figura 10: Preguntas y respuestas de la sección de percepción de los pescadores hacia la estrategia de trasplante de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.....	35

Contenido de tablas

Tabla I: Resultados del modelo lineal generalizado con mayor soporte con base en el análisis AIC.....	18
Tabla II: Valores AIC para los diferentes modelos generados.	19

Anexos

Anexo 1: Hipótesis planteadas para generar las preguntas presentadas en la encuesta.....	75
Anexo 2: Encuesta aplicada a los pescadores de Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	83
Anexo 3: Imágenes de apoyo en la aplicación de las encuestas a los pescadores de Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.	87
Anexo 4: Declaración de principios éticos y consentimiento de encuestas proyecto Evaluación de la medida de <i>trasplante de erizo rojo en la bahía El Rosario</i>	91

Introducción

Los ecosistemas suministran una amplia gama de beneficios tangibles e intangibles a la sociedad (Burkhard et al., 2012; Edward B. Barbier, 2011), estos beneficios se conocen como servicios ecosistémicos. Estos servicios ecosistémicos son de distintos tipos, por ejemplo: suministro (captura pesquera), regulación (climática), culturales (actividades turísticas y recreativas; Costanza et al., 1997; Daily et al., 1997; Yanes et al., 2019). Debido a que los ecosistemas costeros a nivel mundial contribuyen con dos tercios del total de los servicios ecosistémicos, se consideran entre los más productivos de la tierra (Mooney et al., 2005). Estos ecosistemas se encuentran a lo largo de los márgenes continentales, regiones de notable productividad biológica y alta accesibilidad (Yang, 2014).

Los ecosistemas costeros contribuyen significativamente a los medios de vida y la seguridad alimentaria del ser humano (McLachlan & Defeo, 2018; Weeratunge et al., 2014). Se estima que la captura mundial pesquera alcanzó alrededor de 178 millones de toneladas en 2018, siendo del total, 156 millones de toneladas utilizadas para consumo humano y los 22 millones de toneladas restantes se destinaron a uso no alimentarios (FAO, 2020b). A pesar de sus importantes contribuciones al bienestar humano, los ecosistemas costeros han sufrido daños irreversibles a un ritmo alarmante debido a actividades antropogénicas insostenibles (Lagbas & Di. Habito, 2016).

Los ecosistemas costeros se encuentran entre los más amenazados por los humanos (Halpern et al., 2008; Worm et al., 2006) por lo que debemos establecer medidas de gestión que garanticen su funcionalidad, para así garantizar la provisión de servicios ecosistémicos. El creciente impacto del ser humano en los ecosistemas va acompañado de un aumento en la demanda de servicios ecosistémicos (i.e., producción de biomasa comestible o ciclo de nutrientes; Holon et al., 2018). Este aumento en la intensidad de aprovechamiento llega a afectar la estructura y función de los ecosistemas y con esto la provisión de los bienes y servicios que los sistemas naturales proporcionan a la sociedad (Díaz et al., 2019). Lo que se traduce como la pérdida de los medios de vida, seguridad alimentaria del ser humano y de recursos económicos directos e indirectos. En este contexto, existe la preocupación sobre nuestra capacidad para gestionar el equilibrio entre los impactos humanos, el estado del ecosistema y la prestación de servicios ecosistémicos (UNEP, 2006).

La pesca es la captura de organismos acuáticos en zonas marinas, costeras e interiores mediante su recolección, procesamiento, comercialización y distribución (FAO, 2020b). Existen diferentes tipos de actividades pesqueras, entre los que destacan la pesca de altura o industrial; captura que se hace en mar abierto por medio de embarcaciones mayores adecuadas para la pesca oceánica fuera de la plataforma continental (SEMARNAT, 2010). La pesca ribereña se realiza en cuerpos de agua interiores, bahías, sistemas lagunares o estuarinos, así como en el mar abordo de embarcaciones menores que no cuentan con maquinaria de cubierta accionada por electricidad para el auxilio de las operaciones de pesca, utilizando hielo para la conservación del producto

y con una autonomía máxima de tres a cinco días. (CONAPESCA, 2018; SEMARNAT, 2010). En México, las pesquerías de atún, sardina y camarón son consideradas industriales, mientras que la mayor parte de la captura pesquera se obtiene de pesquerías ribereñas o artesanales (Fernández-Méndez et al., 2011).

El desarrollo sostenible se define como "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (WCED, 1987). Según el último informe sobre el Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura (FAO, 2020a) en 2018 se estimó que la producción total de productos marinos en el mundo alcanzó 179 millones de toneladas. De esta producción total el 46% corresponden a la acuicultura y el 54% restante a la pesca de captura. Por su parte, México alcanzó una producción de productos marinos de 1.47 millones de toneladas de captura llegando a posicionarse como el país número 15 de los principales países y territorios productores. Debido a que las capturas de pesca se encuentran estancadas desde finales de los ochenta el enfoque mundial en lograr un desarrollo sostenible por la creciente preocupación internacional en cuanto a la pesca excesiva de importantes poblaciones de peces, daños a los ecosistemas, pérdidas económicas y problemas que afectan el comercio pesquero amenazan la sostenibilidad a largo plazo (FAO, 2020a).

El erizo rojo de mar (*Mesocentrotus franciscanus*; Agassiz, 1863) se distribuye desde Alaska, EU.UU. hasta Isla de Cedros, frente a las costas de Baja California, México. (Mottet, 1976; Ramírez-Félix, 2000). Constituye un elemento clave en la dinámica de la comunidad bentónica, tanto por su abundancia como por su función; también constituye una pesquería comercialmente importante en la costa noroccidental de Baja California (Ebert, T. A. and Russell, 1992). A nivel global alcanza la mayor talla entre las diferentes especies de erizo que se pescan, y posee un alto rendimiento y calidad en sus gónadas por lo cual es un recurso de alto valor comercial (Kato, 1972; Palleiro-Nayar et al., 1988; Cota-Villavicencio et al., 1997).

En Baja California inició la pesca comercial del erizo rojo de mar en 1972 (Malagrino, 1972; Palleiro-Nayar, 2009). Sin embargo, su regulación oficial ocurrió hasta la NOM-007-PESC-1993 la cual establecía medidas restrictivas como temporada de veda (1 de marzo a 31 de junio), talla mínima de captura (80mm), densidades de población mínima, rotación de áreas de pesca, zonas exclusivas de pesca, embarcaciones menores (7.31 m) con tripulación limitada por unidad de pesca (un buzo, un bombero y un cabo de vida), método de pesca de buceo semiautónomo tipo hooka, reducción de esfuerzo de captura y registros de pesca (DOF, 1993). Estas acciones de manejo fueron seguidas de un plan de manejo pesquero para el erizo rojo y morado publicado en 2012 (DOF, 2012). En los últimos años se ha actualizado la NOM-007-SAG/PESC-2015, resaltando aspectos como la captura de erizos rojos por debajo de la talla mínima hasta del 5% y la prohibición de la pesca nocturna (DOF, 2015).

De acuerdo con Medellín-Ortiz et al., (2020), la biomasa estimada para el erizo rojo en los últimos 20 años presentó su valor mínimo en el año 2000 con 3,206 t y su valor máximo en el año 2015 con 38,338 t seguido de una disminución de 3,269 t en 2018. Así mismo, las capturas totales del erizo rojo presentaron valores máximos en el año 2013 con 3,250 t y una captura mínima en el año 2016 con 989 t (Medellín-Ortiz et al., 2020). Los autores mencionan que a pesar de que la fracción de la población que se captura es reducida, la población de erizo rojo todavía no se encuentra deteriorada. Por su parte, y de manera oficial la Secretaría de Pesca y Acuacultura del Estado de Baja California propuso y apoyó a partir del año 2016 un programa titulado “Programa estatal de apoyo para el repoblamiento de bancos de erizo”, cuyo eje principal es la actividad conocida como la estrategia de trasplante del erizo rojo. Esta estrategia busca apoyar a los productores de erizo del estado de Baja California con el objetivo principal de aumentar la producción tanto en volumen como en el tamaño de sus gónadas (SEPESCA, 2016).

La pesquería de erizo de mar se centra en las gónadas, las cuales son utilizadas para consumo humano directo (Palleiro Nayar, 2004). El índice gonadosomático es una relación expresada en forma de porcentaje entre una medida del tamaño de las gónadas y la del tamaño del cuerpo (Giese, 1959). El valor de este índice se calcula como el peso de las gónadas húmedas sobre el peso total del erizo x 100 (Harrold & Reed, 1985a). Este índice tiene dos aplicaciones inmediatas útiles para las pesquerías, en primer lugar, este parámetro permite identificar de forma aproximada el periodo de desove, proporcionando información que puede utilizarse para orientar el manejo pesquero del

recurso (i.e. establecer veda temporal), en segundo lugar, puede utilizarse para estimar el rendimiento comercial esperado de una población y su variación temporal y espacial, esta información permite planificar las rotaciones y la estacionalidad de las operaciones de pesca, y así maximizar los beneficios de la pesca (Ouréns et al., 2012). La estrategia o acción de trasplante de erizo consiste en: 1) Colectar erizos rojos mayores de 80 mm de diámetro de testa denominados “flacos”, es decir con bajo índice gonadosomático los cuales son colocados en chinguillos para subirlos a la embarcación; 2) Pesarlos y colocarlos en un contenedor vacío con una protección contra el sol como mantas húmedas o alga café para evitar que los erizos se calienten; 3) Trasladarlos al área de trasplante (i.e. zona con alta disponibilidad de alimento); y 4) Bajarlos al fondo para liberarlos uno por uno boca abajo sobre el sustrato rocoso, cuidando que se encuentren cerca del bosque de macroalgas para que puedan alimentarse.

Los proyectos de mejora pesquera (Fisheries Improvement Project “FIP” por sus siglas en inglés), son una aproximación práctica paso a paso para favorecer la sostenibilidad de una pesquería (Sustainable Fisheries Partnership, 2013). Los proyectos de mejora pesquera se guían por el estándar del Marine Stewardship Council (MSC por sus siglas en inglés), el cual promueve una nueva estrategia de manejo pesquero basado en incentivos y que opera a través de un programa de ecoetiquetado de las pesquerías que cumplen con el estándar (MSC, 2019). Como parte de la búsqueda de opciones para mejorar la pesquería de erizo rojo, ésta se involucró en un FIP en 2018. El FIP de erizo rojo identificó como una de las prioridades de investigación la evaluación de la estrategia de trasplante como herramienta de manejo.

En los últimos años la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. (Cooperativa Ensenada), lleva a cabo esta estrategia de trasplante desde finales del 2016 dentro de la Bahía del Rosario en el poblado de El Rosario, sin embargo, no existen evaluaciones de la efectividad del trasplante. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue realizar una evaluación preliminar a partir de información cuantitativa de valores del índice gonadosomático de los erizos trasplantados comparado con el de los erizos capturados por pesca. Esta información se complementó con la aplicación de encuestas a los pescadores de la Cooperativa Ensenada para obtener información cualitativa respecto al área de estudio y para conocer sobre su percepción respecto a esta estrategia de trasplante.

Hipótesis

Los erizos trasplantados tienen mayor índice gonadosomático que los erizos capturados en la pesquería.

Los pescadores consideran que la medida de trasplante favorece su actividad pesquera pues obtienen un mayor índice gonadosomático en una menor cantidad de piezas de erizo, lo que les genera una disminución en costos y tiempos.

Objetivo General

Evaluar y documentar la efectividad de trasplante de erizo rojo como estrategia de manejo para aumentar el índice gonadosomático del organismo y conocer la percepción de los pescadores hacia el trasplante, caso de estudio: pesca ribereña de erizo rojo en Punta Baja, El Rosario, B.C., México.

Objetivos Específicos

- 1) Evaluar la medida de trasplante de erizo rojo en función al cambio en el índice gonadosomático.
- 2) Conocer la percepción de los pescadores respecto a esta medida de trasplante.

Preguntas de investigación

1. ¿El trasplante de erizo rojo genera un aumento en su índice gonadosomático?
2. ¿Qué percepción tienen los pescadores con respecto a esta medida de trasplante del erizo rojo?

Métodos

Área de estudio

La Península de Baja California se caracteriza por estar bajo la influencia del Sistema de la Corriente de California (SCC) que forma el margen oriental del gran giro oceánico del Pacífico norte y una de las importantes zonas de surgencias costeras (Lynn & Simpson., 1987). Punta Baja se encuentra entre los tres sitios más importantes de la costa occidental de la península de Baja California en surgencias (Bakun & Nelson, 1977; Durazo & Baumgartner, 2002). Su origen es debido a un ligero y persistente esfuerzo de viento perpendicular a la costa, dando como resultado una mayor presencia en primavera y verano, moderada estacionalidad en la productividad primaria y una disminución estacional en la biomasa (GLOBEC, 1994).

Este caso de estudio se enfoca en la pesquería de erizo rojo que se desarrolla dentro de la Bahía de El Rosario, Baja California, México (Fig. 1).

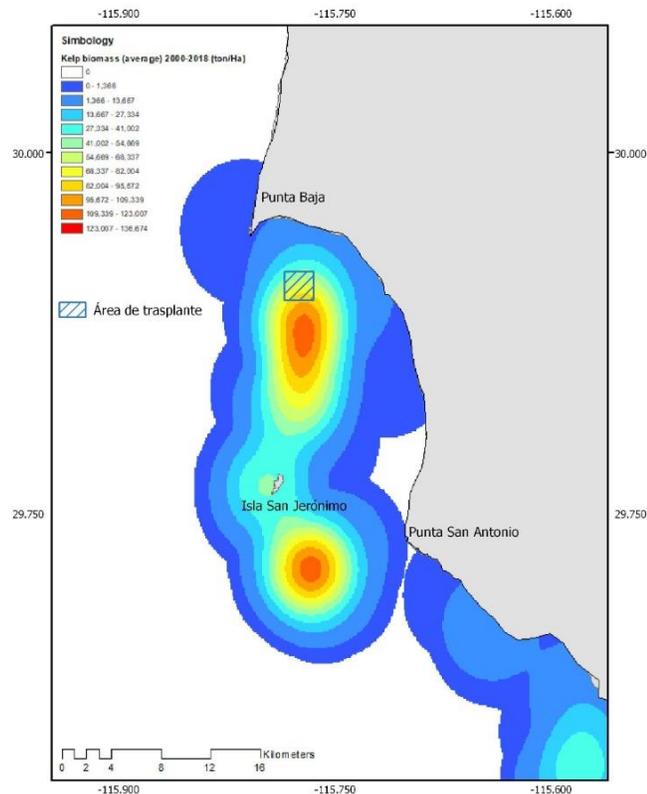


Figura 1: Área de estudio ubicada dentro de la bahía de El Rosario, Baja California, México. Se indica en un recuadro el área de trasplante de erizo rojo y el promedio de biomasa estimada de mantos de macroalgas para la bahía en el periodo 2000–2018 (Medellin-Ortiz, 2021).

La Bahía de El Rosario abarca 22 km desde Punta Baja, al norte, hasta Punta San Antonio por el sur y está compuesta en gran parte de cantos rodados y adoquines (William, K. Emerson And Warren O., 1958). Esta bahía comparte características con el hábitat del erizo rojo de mar, el cual se caracteriza por preferir fondos rocosos particularmente con salientes y grietas que generalmente están asociados con la presencia de bosques de macroalgas (*Macrocystis pyrifera*; Schroeter, 1978). Estas

características se presentan en el área de estudio denominado “área de trasplante” (29° 55' 0.9613" N, 115° 46'30.1185" O) el cual se encuentra dentro de la bahía de El Rosario y se caracteriza por presentar a lo largo del año algas pardas gigantes (*Macrocystis pyrifera*) conformando el ecosistema de bosques de macroalgas.

Base de datos de erizo rojo

Con la finalidad de comparar el índice gonadosomático de erizo rojo de la estrategia de trasplante contra el índice gonadosomático de erizo rojo que no está sujeto a la estrategia de trasplante, de los cuales me referiré como erizo de la estrategia de trasplante y erizo capturado en la pesca respectivamente. La información pesquera fue generada por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. utilizando y combinando dos bases de datos. Se utilizó una base de datos de avisos de arribos generada por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. del 2015 al 2020 en donde se reporta variables como fecha, número de inmersión, zona de pesca, número de cajas, captura en kg y rendimiento gonadal en kg. La base de datos del trasplante de erizo rojo del 2016 a 2019, donde se reportan variables como fecha, lugar de extracción, piezas de erizo, peso de erizo bola en kg, peso de gónadas de erizo en kg, rendimiento gonadal en porcentaje y longitud de testa (LT) en mm. La actividad de trasplante se llevó a cabo dentro de la bahía El Rosario, Baja California, México. La información de la base de datos de trasplante se obtuvo siguiendo los lineamientos descritos en la convocatoria de SEPESCA BC titulada como

“Programa Estatal de Apoyo para el Repoblamiento de Bancos de Erizo” (SEPESCA, 2016) en el cual resalta la toma de variables pesqueras importantes como lo son la cantidad de erizos trasplantados y sus tallas.

Valor mínimo redituable

Para la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. el valor mínimo redituable promedio para la pesquería del erizo rojo es del 8% del índice gonadosomático (Sergio Sandoval, comunicación personal)

Temperatura superficial del mar (TSM)

Se decidió utilizar esta variable de TSM como una variable explicativa para el índice gonadosomático, se recopiló información mensualmente a partir de series temporales de la TSM multisensorial del 2015 a 2018 (pixel de 4km, luz de día a 11 μ ; de los sensores AVHRR, MODIS Terra, MODIS Aqua y VIIRS Suomi-NPP). Para la base de datos de TSM 2019 a 2020 se obtuvo de Climate Predictability Tool, versión 16.5.5 (<http://iri.columbia.edu/CPT/>) del International Research Institute for Climate And Society (Mason et al., 2020). Las imágenes se procesaron en SEDAS (7) siguiendo los criterios de (M Kahru et al., 2015; Mati Kahru et al., 2012).

Análisis estadístico

Modelo lineal

Para evaluar el índice gonadosomático de la estrategia de trasplante contra la pesquería en general se realizó un análisis de esta información pesquera utilizando diferentes paquetes del ambiente de programación R (R Core Team, 2019) y la interfaz RStudio (Team, 2019). Se realizó la revisión y limpieza de la base de datos procurando consistencias en la información y manteniendo el mismo formato para su análisis, posteriormente se llevó a cabo la evaluación del análisis de variables pesqueras y físicas construyendo un Modelo Lineal Generalizado (MLG). Un MLG se define especificando dos componentes, la variable respuesta que debe ser un miembro de la familia de distribución exponencial y la función de enlace que describe cómo se relacionan las medias de la variable respuesta y la combinación lineal de las variables explicativas. En comparación de un Modelo lineal simple, el MLG nos permite utilizar datos que no cuentan con una distribución normal (Faraway, 2005), y se representa matemáticamente de la siguiente manera:

$$g(\mu_i)(\text{Enlace identidad}) = \eta_i (\text{índice gonadosomático}) = \beta_0 + \beta_1 X_1(\text{Tratamiento}) + \beta_2 X_2(\text{Tiempo}) + \beta_k X_k(\text{Temperatura superficial del mar}) \quad (1)$$

Donde $g(\mu_i)$ representa a la función de enlace, η_i a la variable respuesta, X las variables explicativas, β_0 el intercepto y $\beta_{1,2..k}$ a las pendientes de la población.

En particular se buscó entender la variación del índice gonadosomático en el tiempo y su respuesta ante cambios en la TSM, cabe mencionar que la variable del tiempo se seleccionó y utilizó para conocer la variación del índice gonadosomático como un proxy de las cambiantes condiciones oceanográficas y ambientales más no como una variable predictiva directa. Así mismo se evaluó si el efecto de estas variables explicativas era diferente entre el índice gonadosomático de erizos que habían sido sujetos a la estrategia de trasplante y aquellos capturados en la pesca a la cual me referiré como la variable de Tratamientos. Para realizar el MLG utilizamos la familia gaussiana y la función de enlace identidad para conocer la variación entre estas variables. En la selección del modelo se realizaron combinaciones de diferentes modelos desde el más simple hasta el más complejo incluyendo interacciones entre las variables explicativas para realizar la selección del MLG con mayor soporte con base en el Criterio de Información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés; Akaike, 1973). Posteriormente se realizó la validación del modelo a través de un análisis graficando los valores residuales frente a los valores ajustado con cada covariable en el modelo y contra covariables no incluidas en el modelo. Una vez listo el MLG se procedió a ver las salidas para conocer las interacciones, coeficientes y su efecto sobre la variable respuesta. Por último, se procedió a graficar estas interacciones y efecto sobre el índice gonadosomático.

Análisis estadístico no paramétrico

Para comparar si las bases de datos utilizadas principalmente la de la estrategia de trasplante y la pesca en general del erizo rojo presentaban igualdades en el índice gonadosomático a lo largo del tiempo y entre sí se realizaron dos tipos de pruebas estadísticas no paramétricas. Se utilizó una prueba a priori U de Mann Whitney ($\alpha = 5\%$; Mann & Whitney, 1947) para determinar si existían diferencias significativas del índice gonadosomático entre los dos tratamientos a lo largo del tiempo. También se utilizó otra prueba a priori, una ANOVA no paramétrica de Kruskal Wallis ($\alpha = 5\%$; Kruskal & Wallis, 1952) para determinar si existían igualdades a lo largo del tiempo en el índice gonadosomático para la estrategia de trasplante y la pesca en general del erizo rojo; una vez que se probó esto se realizó una prueba a posteriori para dos muestras independientes Wilcoxon Wilcoxon ($\alpha = 5\%$; Wilcoxon, 1945) para determinar en qué años existían diferencias mediante contrastes múltiples entre todos los años. Se utilizaron estas pruebas debido a que las bases de datos no cumplían con los supuestos para datos paramétricos de una distribución normal o gaussiana, homocedasticidad y la escala de los datos era mayor que la nominal.

Encuestas

Se realizaron estas encuestas para complementar el análisis de variables pesqueras del área de trasplante, obteniendo variables cualitativas como; presencia de depredadores, competidores, características del área de trasplante, disponibilidad de

alimento, población del erizo rojo en el área de trasplante entre otras, con la finalidad de un mayor entendimiento del desarrollo de la estrategia y sus impactos. De igual manera, con estas encuestas se buscó conocer la percepción de los pescadores, sobre el éxito de la estrategia de trasplante, tomando en cuenta factores como la reducción en el tiempo en la pesca de erizo, un aumento en el índice gonadosomático del erizo, y una disminución de los viajes en panga y de tiempo para cubrir su cuota diaria de captura de erizo rojo.

Para identificar los antecedentes, sobre las variables que tienen efecto sobre el erizo, se realizó una búsqueda bibliográfica estandarizada, comenzando con la búsqueda de esta información para erizos y realizándola también para moluscos bentónicos de alto valor. La revisión bibliográfica se realizó en diferentes bases de datos (i.e. EBSCO, WILEY, JSTOR entre otras); a partir de las variables identificadas se construyeron hipótesis sobre los posibles efectos de variables pesqueras y ecológicas sobre el erizo rojo, cabe resaltar que no todas las preguntas generadas presentan hipótesis esto debido a que algunas preguntas buscan generar información específica de la estrategia de trasplante (Anexo 1).

Con las hipótesis planteadas se desarrollaron preguntas de nuestro interés para integrarlas en una encuesta dirigida al sector pesquero de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. principalmente dirigida a buzos que pescan erizo (Anexo 2). En la aplicación de estas encuestas se utilizaron imágenes para el apoyo de preguntas (Anexo 3). Su aplicación respetó los principios éticos contenidos en

el documento generado para tal propósito (Anexo 4). Para la selección de las respuestas se consideraron solo las respuestas con mayor frecuencia. Las respuestas con resultados numéricos se promediaron. La encuesta fue validada por un panel de expertos en el tema y posteriormente se calibró con expertos en la pesquería y en las expresiones idiomáticas de los pescadores.

Resultados

Modelo lineal generalizado

De acuerdo con el análisis basado en los valores AIC, el modelo con mayor soporte fue el que explora el efecto de la TSM, tratamientos de trasplante y pesca, y el tiempo sobre el índice gonadosomático (i.e. Modelo 9; Tabla I y II). Los resultados del modelo con mayor soporte muestran una interacción de las variables explicativas que nos indican que existe un decremento o un aumento del índice gonadosomático, con base en si los erizos provienen de la pesca o del trasplante de erizo rojo, respectivamente (Tabla I).

Tabla I: Resultados del modelo lineal generalizado con mayor soporte con base en el análisis AIC con el total de datos utilizados, valor de pseudo r^2 , valor de AIC y parámetros de dispersión.

Parámetros	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr(> t)
Tratamiento-Pesca	51.09	2.507	20.378	1.09e-65
Tratamiento-Trasplante	-82.73	9.416	-8.786	3.38e-17
Fecha	-0.002217	0.0001368	-16.198	1.01e-46
Temperatura	-0.1440	0.03327	-4.327	1.87e-05
Tratamiento: Fecha	0.004689	0.0005332	8.794	3.19e-17
N			450	
Pseudo R-2			0.41	

Tabla III: Valores AIC para los diferentes modelos generados. Se presenta la combinación de variables explicativas para cada modelo lineal. M= Modelo, Int= Intercepto, Tr= Tratamiento, Fec= Fecha, Tem= Temperatura, F:T= Fecha:Tratamiento, T:T= Temperatura:Tratamiento, DF= Data Frame, Lo= Loglink, AICc= Valor del criterio de Akaike, W= Peso de Akaike, De= Delta P R²= Pseudo R².

M	Int	Tr	Fec	Tem	F:T	T:T	DF	Lo	AICc	W	De	P R²
1	9.01	+					3	-877.8	1761.8	0	225	0.00
2	43.2		-0.0019				3	-803.6	1613.2	0	77	0.29
3	11.7			-0.13			3	-873.6	1753.3	0	217	0.02
4	43	+	-0.0019				4	-802.3	1612.7	0	76	0.29
5	48.2	+	-0.0022		+		5	-771.2	1552.6	0	16	0.38
6	11.5	+		-0.12			4	-873.5	1755.1	0	218	0.26
7	11.9	+		-0.14		+	5	-872.9	1756.0	0	219	0.02
8	44.8	+	-0.0019	-0.10			5	-798.04	1606.2	0	70	0.30
9	51	+	-0.0022	-0.14	+		6	-761.9	1536.1	1	0	0.41
10	46	+	-0.0019	-0.14		+	6	-798.04	1603.7	0	67	0.31

Para el caso de erizo rojo sujeto al tratamiento de trasplante (2017-2019), los valores del índice gonadosomático marcaron una tendencia positiva presentando un aumento anual promedio de 0.9% de acuerdo con el MLG, con un promedio de 9.21% en 2017 y 9% para 2019, cabe mencionar que para el año 2019 se cuenta únicamente con 4 observaciones mientras que para el año 2017 y 2018 tuvieron un promedio de 75 observaciones llegando a mantenerse por encima del valor mínimo reductible (Fig. 2a). Para la estrategia de trasplante se aprecia una dispersión de los datos del índice gonadosomático en 2017 de 5.1% hasta 13.3%, 2018 de 6.1% hasta 13.9% y en 2019 de 8.7% hasta 9.3% haciendo que para ese año el promedio se mantuviera por arriba del mínimo valor reductible por las pocas observaciones (Fig. 2b). Por otro lado, en el tratamiento de la pesca del erizo rojo (2015-2020) los valores del índice gonadosomático marcaron una tendencia negativa presentando un decremento anual del 0.81% de acuerdo al MLG, con un promedio del índice gonadosomático de 10.66% en 2015 y 6.31% para el 2020, resaltando para el año 2016 un total de 7 observaciones mientras que para los otros años presentaron un promedio de 56 observaciones colocándose por debajo del valor mínimo reductible en 2020 para esta pesquería (8%; Fig. 2a). Para la pesca en general se aprecia una dispersión de datos del índice gonadosomático en 2015 de 9% hasta 11.7%, en 2016 de 7.9% hasta 14.3% pero con un total de 7 observaciones, en 2017 de 5% hasta 11.8%, en 2018 de 5.4% hasta 12.7%, en 2019 de 6.4% hasta 10.6% y en 2020 de 4.4% hasta 8.3% (Fig. 2b).

Variación de índice gonadosomático

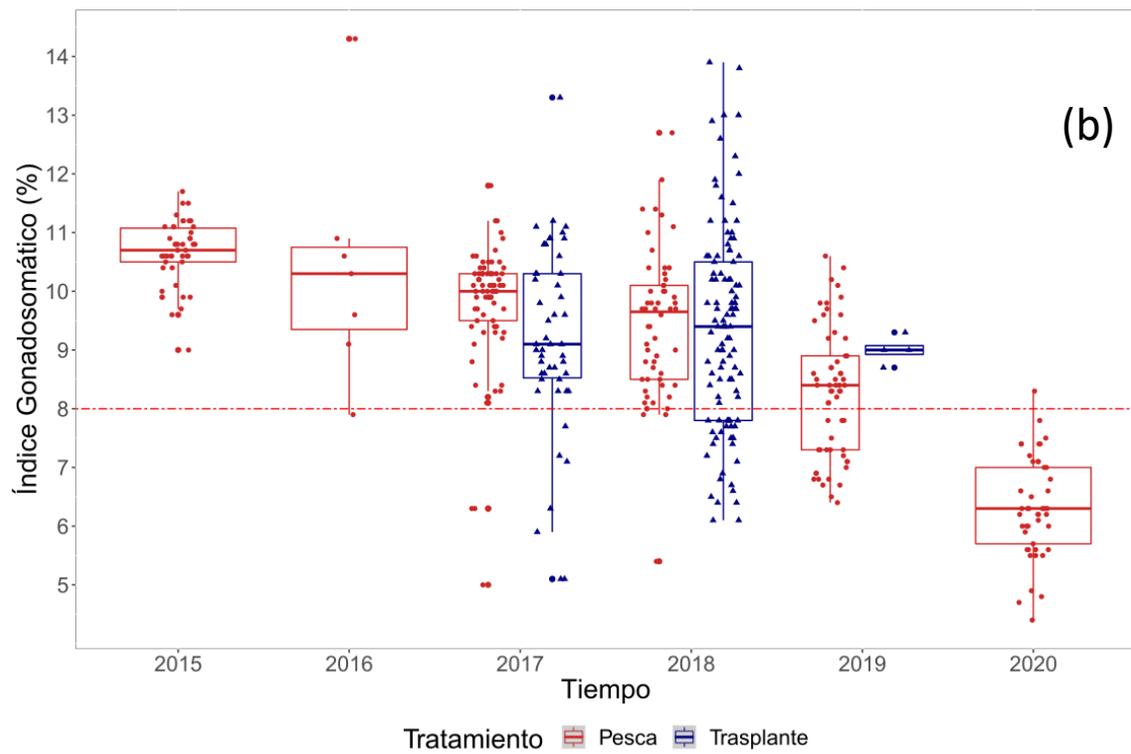
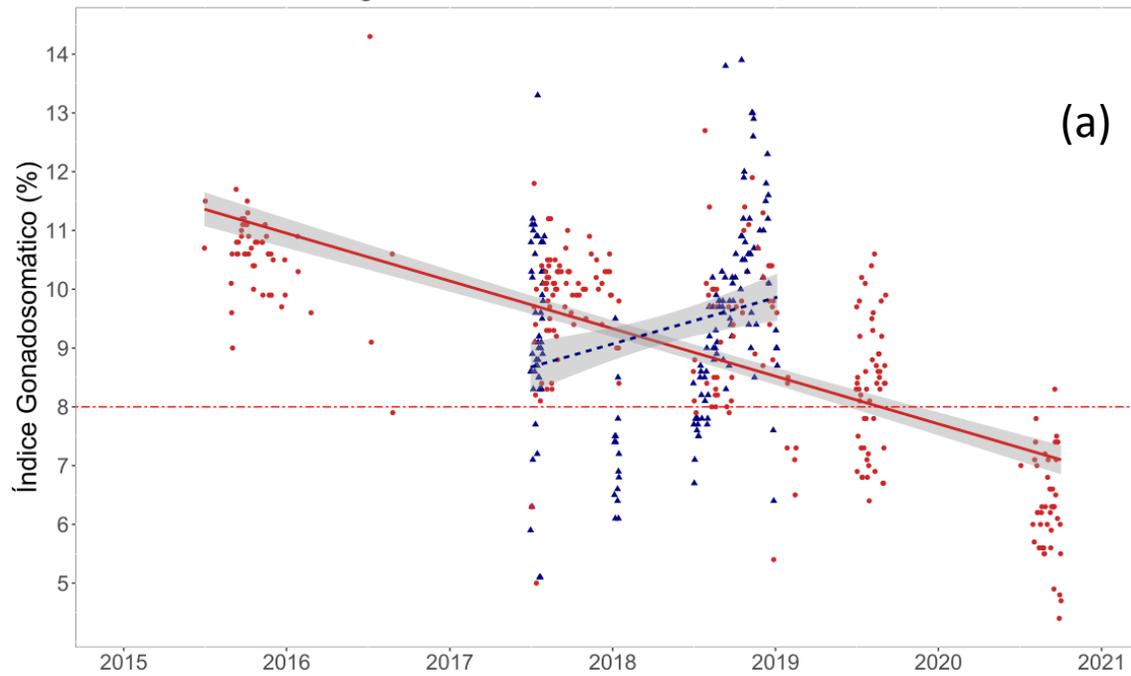


Figura 2: Se presenta la variación del índice gonadosomático en el eje “Y” en función de la estrategia de trasplante (triángulos) y pesca (círculos) del erizo rojo a lo largo del tiempo en el eje “X” (3 y 5 años respectivamente) en El Rosario, B.C., México. En el panel (a) se presenta el MLG con mayor soporte mostrando las interacciones de tratamiento y tiempo. En el panel (b) se presenta la variación del índice gonadosomático para la estrategia de trasplante y pesca. La línea horizontal punteada de 8 % representa el mínimo valor de índice gonadosomático considerado redituable para la pesca de erizo rojo de acuerdo a información de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.

Por su parte la variable de la temperatura superficial del mar, sugiere que cada aumento de un grado de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) produce un decremento del 0.14% en el índice gonadosomático. Sin embargo, y a pesar de esta tendencia negativa, considerando sólo el efecto del cambio en la temperatura, el valor promedio del índice gonadosomático se mantiene por arriba del valor mínimo redituable para la pesca del erizo rojo, en base con los datos de TSM llegaron a presentar un promedio de 8.74% en el índice gonadosomático con una dispersión de 5.4% hasta 12.3% en los 16 $^{\circ}\text{C}$ y un promedio de 8.77% con una dispersión de 4.4% hasta 11.7% a los 23 $^{\circ}\text{C}$ llegando a mantenerse por arriba del del valor mínimo redituable para esta pesquería (8%; Fig. 3).

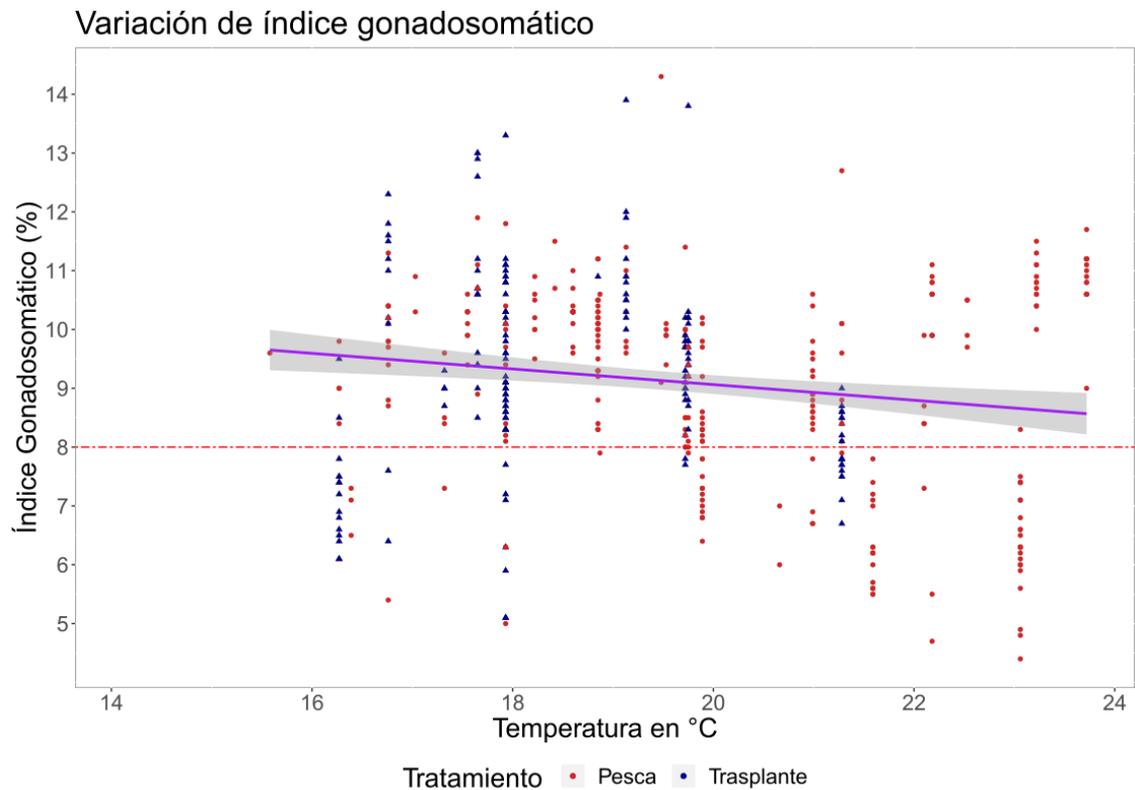


Figura 3: Se presenta la variación del índice gonadosomático en el eje “Y” en función de la estrategia de trasplante (triángulos) y pesca (círculos) del erizo rojo con respecto a la temperatura superficial del mar en el eje “X” (3 y 5 años respectivamente) en El Rosario, B.C., México. La línea horizontal punteada de 8 % representa el mínimo valor de índice gonadosomático considerado redituable para la pesca de erizo rojo de acuerdo a información de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.

Diferencias entre tratamientos

En la prueba estadística U de Mann Whitney ($\alpha = 5\%$; Mann & Whitney, 1947) se obtuvo una diferencia entre la pesca en general y la estrategia de trasplante de acuerdo a su índice gonadosomático en el año 2017 (Fig. 4a), presentando una mediana del índice gonadosomático mayor en la pesca en general que la estrategia de trasplante (10% y 9.1% respectivamente; $p = 0.023$, $w = 2295$). Para los años 2018 y 2019 se obtuvo que no hay diferencias entre la pesca en general y la estrategia de trasplante llegando a presentar una mediana del índice gonadosomático mayor en la pesca en general que la estrategia de trasplante para 2018 (9.65% y 9.4% respectivamente; $p = 0.06$, $w = 3205$; Fig. 4b) y para 2019 una mediana del índice gonadosomático mayor en la estrategia de trasplante que la pesca en general (9% y 8.4% respectivamente; $p = 0.09$, $w = 57.5$; Fig. 4c).

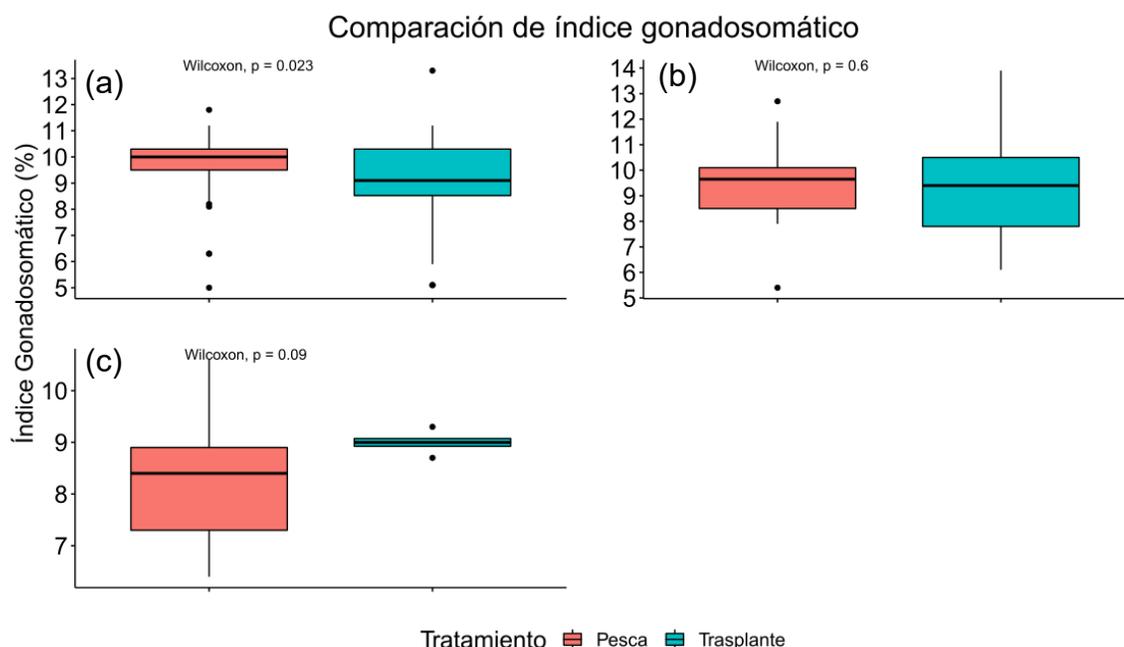


Figura 4: Comparación del índice gonadosomático de erizo rojo provenientes de pesca (rojo) y trasplantes (verde) para diferentes años. Se presentan los resultados de una prueba estadística de Mann Whitney ($\alpha = 5\%$) para el contraste entre ambos valores de índice gonadosomático de cada año, 2017 (a; $p = 0.023$, $w = 2295$), 2018 (b; $p = 0.06$, $w = 3205$), 2019 (c; $p = 0.09$, $w = 57.5$).

En la prueba estadística ANOVA Kruskal Wallis ($\alpha = 5\%$; Kruskal & Wallis, 1952) para la estrategia de trasplante no se observaron diferencias significativas a lo largo del tiempo por lo que el índice gonadosomático fue el mismo para todos los años ($p = 0.90$, $df = 2$, $X^2 = 0.226$; Fig. 5a).

Para la prueba estadística de Kruskal Wallis ($\alpha = 5\%$; Kruskal & Wallis, 1952) aplicada a pesca del erizo rojo se encontraron diferencias del índice gonadosomático a lo largo del tiempo ($p = <2.2e-16$, $df = 5$, $X^2 = 176.6$; Fig. 5b). Para determinar qué años no compartían diferencias entre el índice gonadosomático se realizó una prueba a posteriori Wilcoxon Wilcoxon ($\alpha = 5\%$; Wilcoxon, 1945) para contraste múltiples. Se identificó que para los años 2015-2016 ($p = 0.15$, $w = 215.5$), 2016-2017 ($p = 0.52$, $w = 298$) y 2016-2018 ($p = 0.24$, $w = 250.5$) el índice gonadosomático a través del tiempo era igual, los diferentes contrastes múltiples de 2015 a 2020 presentan diferencias en el índice gonadosomático a través del tiempo (Fig. 5b).

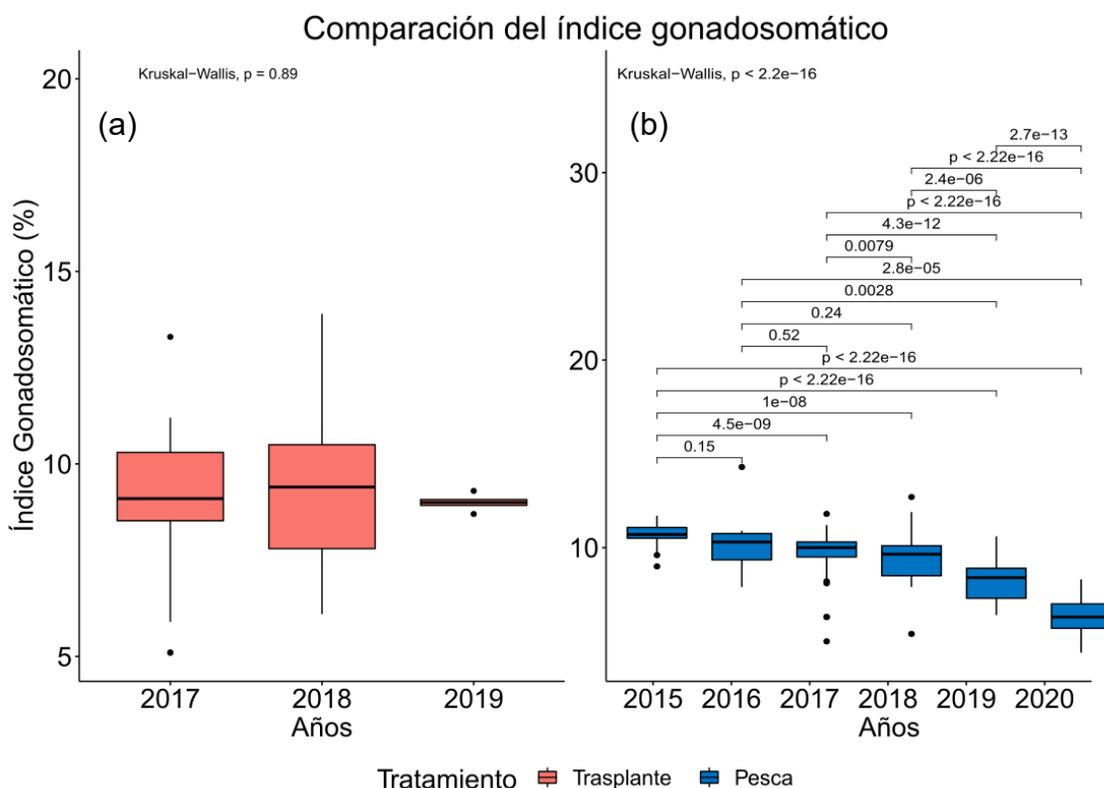


Figura 5: Comparación anual del índice gonadosomático para erizos de trasplante (naranja) y de pesca (azul). a) Se presenta también el resultado de una prueba estadística de Kruskal Wallis ($\alpha = 5\%$; $p = 0.89$, $df = 2$, $X^2 = 0.226$) para la estrategia de trasplante. b) Se presenta el resultado de una prueba estadística de Kruskal Wallis ($\alpha = 5\%$; $p = < 2.2e-16$, $df = 5$, $X^2 = 176.6$) para la pesca en general del erizo, además una prueba a posteriori de Wilcoxon Wilcoxon ($\alpha = 5\%$) de contrastes múltiples entre años, identificando que para los años 2015-2016 ($p = 0.15$, $w = 215.5$), 2016-2017 ($p = 0.52$, $w = 298$) y 2016-2018 ($p = 0.24$, $w = 250.5$) no se observaron diferencias significativas.

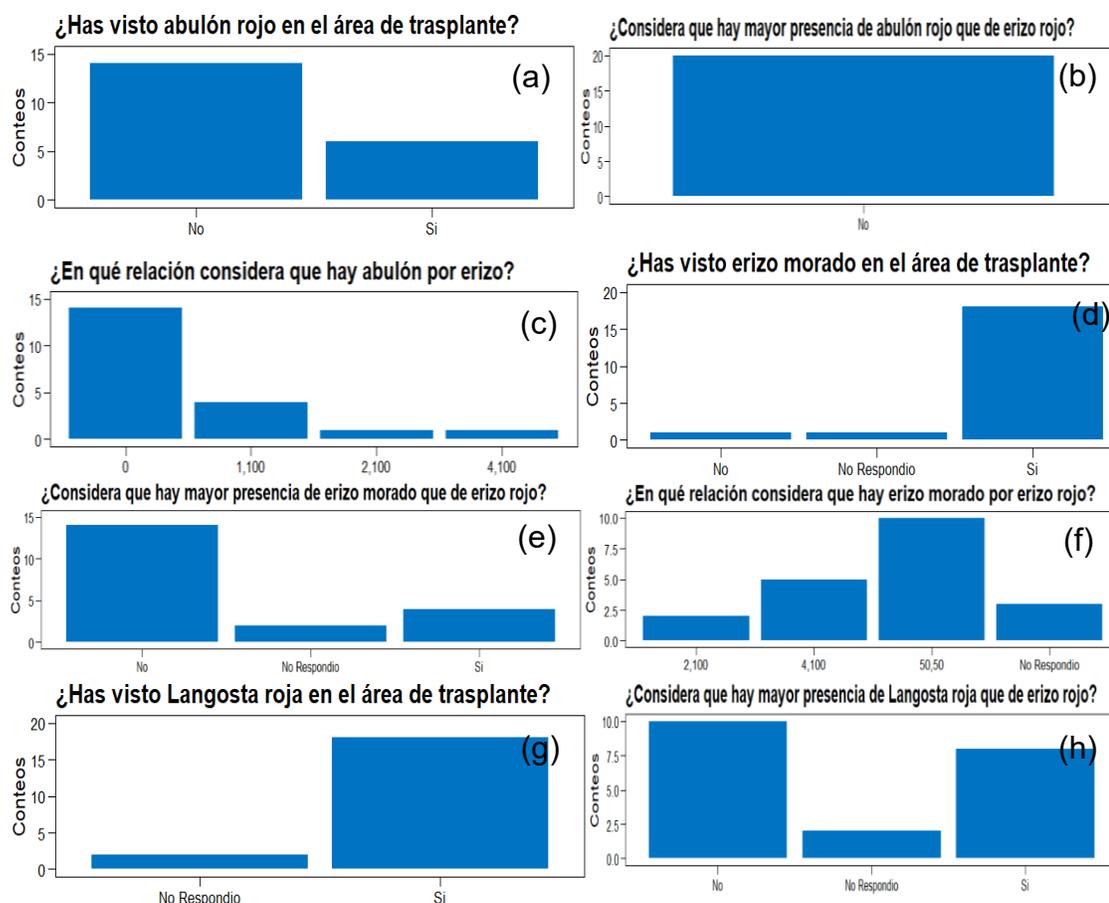
Encuestas

Aplicamos 31 encuestas a pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. en el poblado de El Rosario de las cuales 20 fueron aplicadas a buzos de erizo y las 11 restantes a diferentes integrantes de la sociedad cooperativa como cabos de vida, buzos de langosta y motoristas. Los resultados de las encuestas aplicadas a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. en el poblado de El Rosario, son las respuestas con mayor frecuencia y los promedios en el caso de respuestas numéricas, tomando en cuenta a los 20 buzos de erizo para las primeras secciones de variables pesqueras y en la sección de percepción se tomaron en cuenta todos los pescadores encuestados (Anexo 2).

Organismos competidores y depredadores

De los buzos de erizo encuestados 14 de 20 afirmaron no haber visto abulón rojo en el área de trasplante (Fig. 6a), 20 de 20 afirmaron que la presencia de abulón rojo es menor que la del erizo rojo (Fig. 6b), 14 de 20 afirmaron que la relación de abulón por erizo rojo es de 0 (Fig. 6 c), 18 de 20 afirmaron haber visto erizo morado en el área de trasplante (Fig. 6 d), 14 de 20 afirmaron que la presencia de erizo morado es menor que la del erizo rojo (Fig. 6 e), 10 de 20 afirmaron que la relación del erizo morado era de un erizo morado por un erizo rojo (Fig. 6 f), 18 de 20 afirmaron haber visto langosta roja en el área de trasplante (Fig. 6 g), 10 de 20 afirmaron que la presencia de langosta roja es menor que la del erizo rojo

(Fig. 6 h), 8 de 20 afirmaron que la relación de langosta roja es de 4 langostas por cada 100 erizos rojos (Fig. 6 i), 20 de 20 afirmaron haber visto pez vieja en el área de trasplante (Fig. 6 j), 11 de 20 afirmaron que la presencia de pez vieja es menor que la del erizo rojo (Fig. 6 k), 9 de 20 afirmaron que la relación del pez vieja era de un pez vieja por un erizo rojo (Fig. 6 l), 17 de 20 afirmaron haber visto estrella de mar girasol en el área de trasplante (Fig. 6 m), 20 de 20 afirmaron que la presencia de estrella girasol es menor que la del erizo rojo (Fig. 6 n), 11 de 20 afirmaron que la relación de estrella girasol es de 1 estrella por cada 100 erizos rojos (Fig. 6 o).



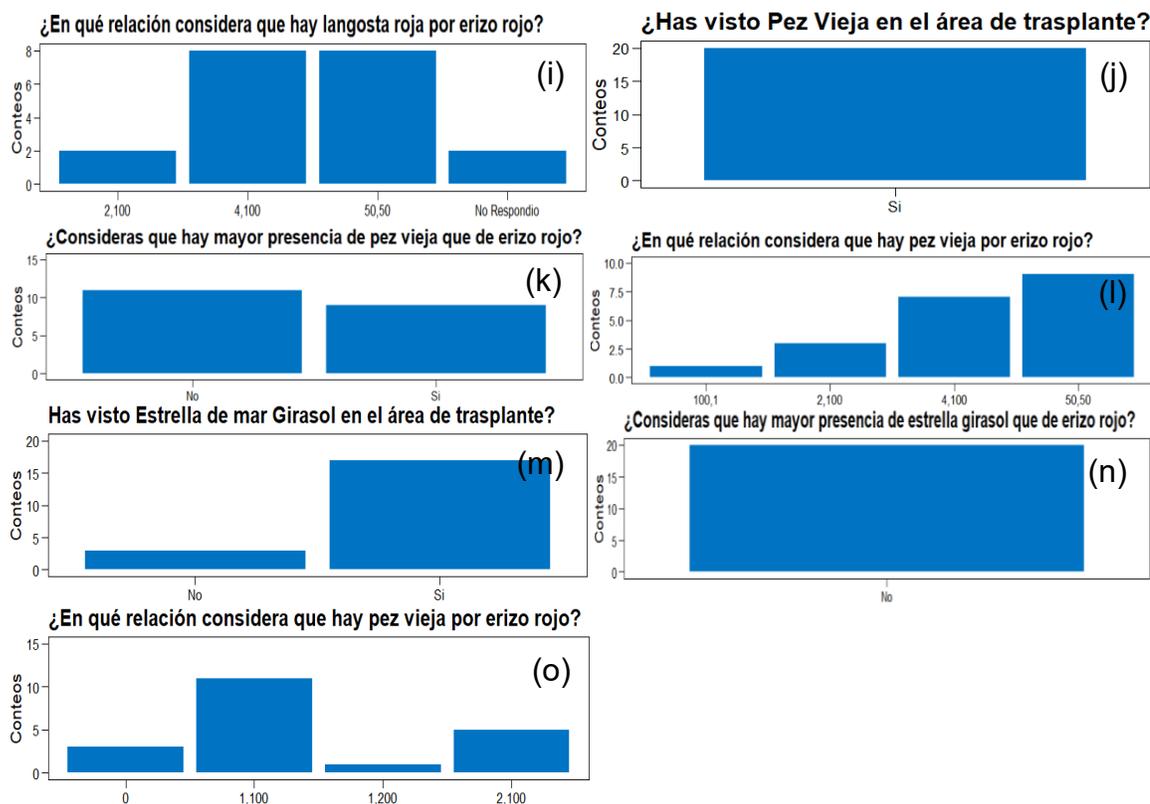
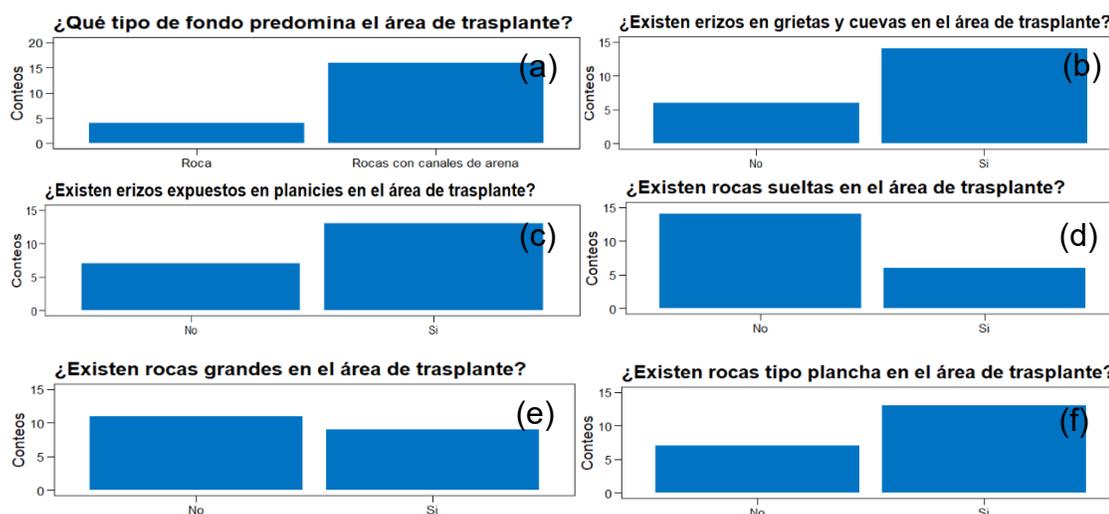


Figura 6: Representación gráfica de las respuestas de la sección “Organismos competidores y depredadores” de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. En cada panel se presenta la pregunta planteada. Las escalas difieren entre paneles debido a los diferentes tipos de preguntas y respuestas obtenidas.

Caracterización del área de trasplante

De los buzos de erizo encuestados 16 de 20 afirmaron que predomina el sustrato rocoso con canales de arena (Fig. 7 a), 14 de 20 afirmaron que existen erizos en grietas y cuevas en el área de trasplante (Fig. 7 b), 13 de 20 afirmaron que existen

erizos expuestos en planicies en el área de trasplante (Fig. 7 c), 14 de 20 indican que no existen rocas sueltas en el área de trasplante (Fig. 7 d), 11 de 20 indican que no existen rocas grandes en el área de trasplante (Fig. 7 e), 13 de 20 afirman que existe roca tipo plancha en el área de trasplante (Fig. 7 f), 12 de 20 afirman que no existen parches de erizo en el área de trasplante (Fig. 7 g), 13 de 20 afirman que sustrato del área de trasplante presenta macroalgas (Fig. 7 h), 11 de 20 afirman que existen canales de arena en el área de trasplante (Fig. 7 i), 11 de 20 afirman que el área de trasplante no es mayormente arenoso (Fig. 7 j), 17 de 20 afirman que a lo largo del año existe la presencia de bosques de macroalgas en el área de trasplante (Fig. 7 k), 9 de 20 afirman que en invierno el área de trasplante presenta manchones en la superficie de los mantos de macroalgas (Fig. 7 l), 13 de 20 afirman que en verano el área de trasplante se ven las hojas a media agua de los mantos de macroalgas (Fig. 7 m), 7 de 20 afirmaron y 6 de 20 afirmaron que en el año 2017 y 2016 respectivamente la presencia de macroalgas se vio afectada (Fig. 7 n).



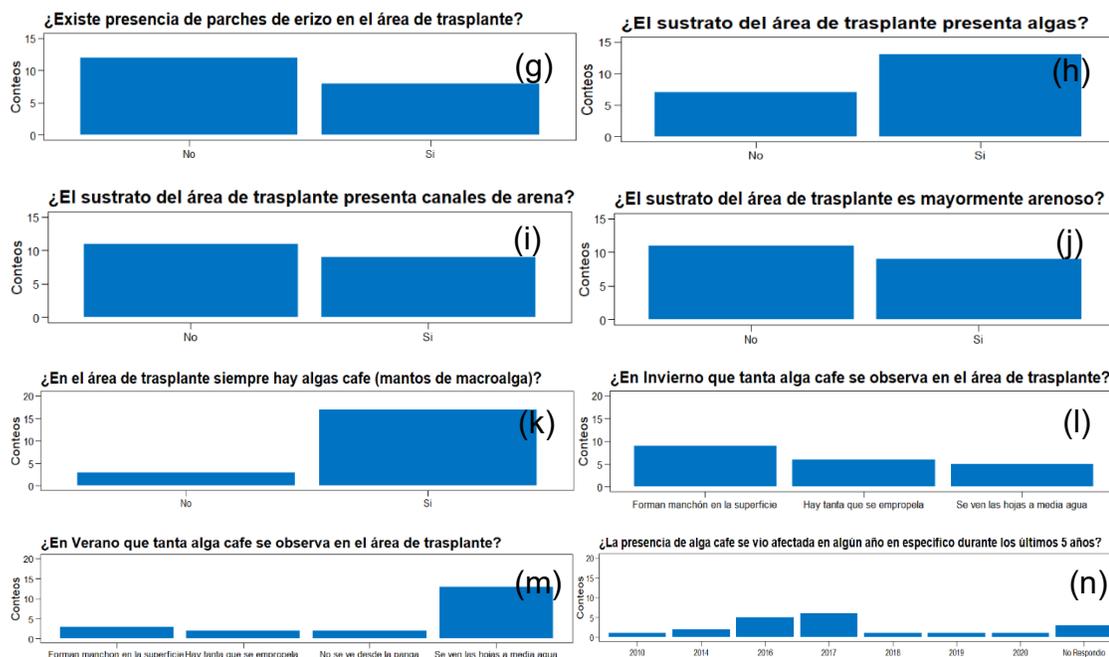


Figura 7: Representación gráfica de las respuestas de la sección "Caracterización del área de trasplante" de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. En cada panel se presenta la pregunta planteada. Las escalas difieren entre paneles debido a los diferentes tipos de preguntas y respuestas obtenidas.

Manipulación del erizo rojo

De los buzos de erizos encuestados 20 de 20 afirmaron que la estrategia de trasplante consiste en pescar erizo rojo con bajo índice gonadosomático, colocarlo en changuillos (bolsas de red), subirlos a la embarcación y colocarlos en un contenedor vacío con protección del sol (sargazo o cobijas húmedas) (Fig. 8 a), 20 de 20 afirmaron que trasplantan erizos mayores de 6 mm (Fig. 8 b).

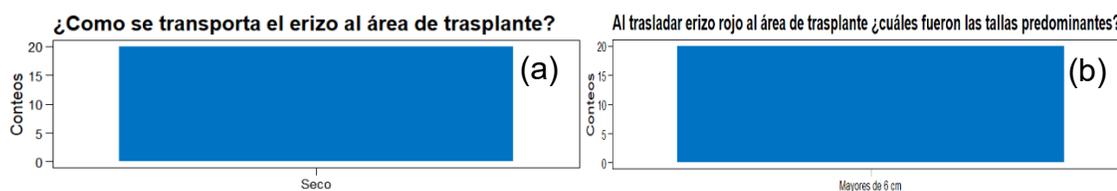


Figura 8: Representación gráfica de las respuestas de la sección “Manipulación del erizo rojo” de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. En cada panel se presenta la pregunta planteada.

Población del área de trasplante

De los 20 buzos de erizo encuestados se obtuvo el promedio de la proporción de erizos mayores de 80 mm en el área de trasplante respecto a la población total, dando como resultado un total del 68% (Fig. 9 a), el promedio de organismos mayores de 80 mm por metro cuadrado es de 12 individuos (Fig. 9 b), el promedio de organismos de todas las tallas por metro cuadrado es de 35 individuos (Fig. 9 c), 18 de 20 afirmaron que el erizo trasplantado presentaba erizos más pequeños debajo del dosel de espinas (Fig. 9 d). 12 de 20 afirmaron que la mayor densidad de erizos se encuentra dentro del manto de macroalgas en el área de trasplante (Fig. 9 e).

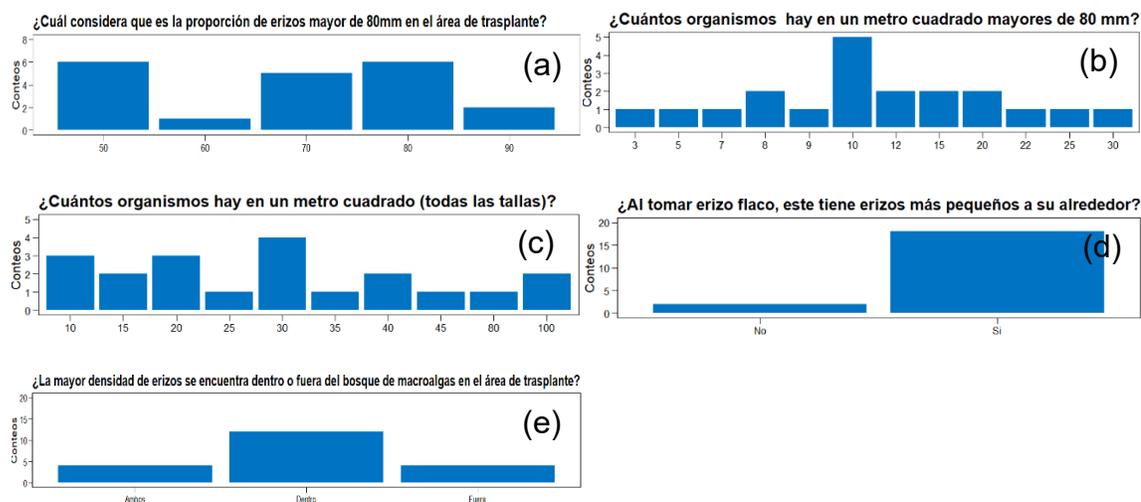


Figura 9: Representación gráfica de las respuestas de la sección “Población del área de trasplante” de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. En cada panel se presenta la pregunta planteada. Las escalas difieren entre paneles debido a los diferentes tipos de preguntas y respuestas obtenidas.

Percepción de los pescadores

De los pescadores encuestados 31 de 31 afirmaron que la estrategia de trasplante genera un aumento en el índice gonadosomático de los erizos trasplantados (Fig. 10 a), 23 de 31 consideran que los viajes en embarcaciones disminuyeron (Fig. 10 b), 31 de 31 afirmó que consideran que la implementación de la medida de trasplante funciona (Fig. 10 c), 26 de 31 afirma que el tiempo

destinado a pescar erizo disminuyó (Fig. 10 d) y 28 de 31 afirmó que el tiempo que necesita un buzo para cubrir la cuota disminuyó (Fig. 10 e).

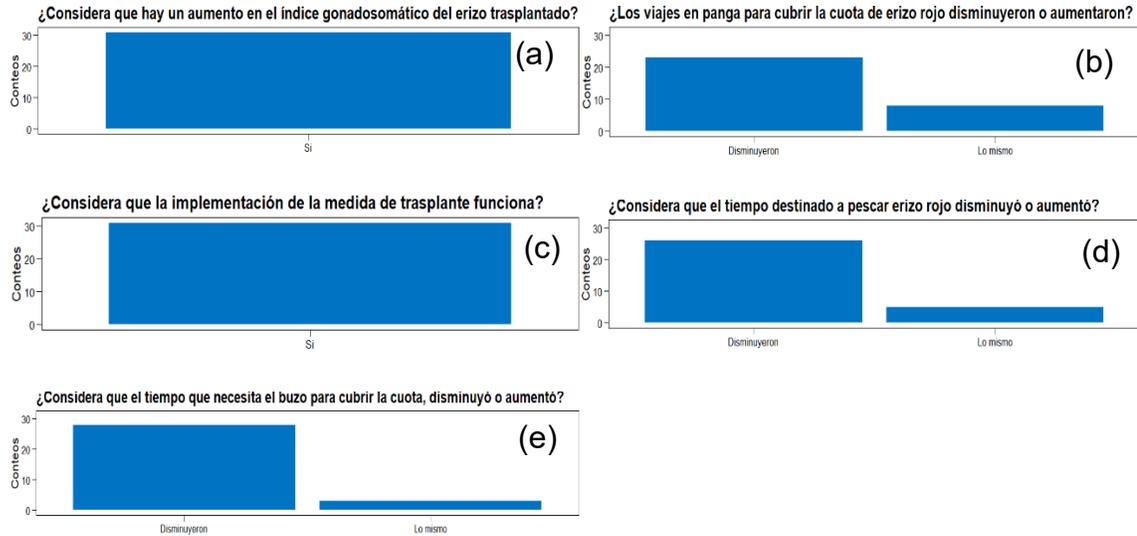


Figura 10: Representación gráfica de las respuestas de la sección “Percepción de los pescadores hacia la estrategia de trasplante” de la encuesta dirigida a los pescadores de la Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L. En cada panel se presenta la pregunta planteada.

Discusión

En la bahía de El Rosario ocurre una población de erizo rojo de alta densidad y una amplia estructura de tallas, predominando organismos de tallas intermedias (70 a 80 mm; Palleiro-Nayar, 2009). Esto sugiere que el stock pesquero en esta área no es un problema serio para la pesquería, de hecho, el principal problema identificado por la cooperativa Ensenada, es el bajo índice gonadosomático que presentan los erizos rojos. Por lo tanto, se sugiere que la disminución del índice gonadosomático, está relacionado con la pérdida de biomasa de los mantos de macroalgas ocasionada por las anomalías positivas de temperatura (Smale, 2020) que se han presentado en los últimos años (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017; Iskandar et al., 2018), disminuyendo el índice gonadosomático de los erizos que depende principalmente de la cantidad y calidad de los mantos de macroalgas (Lares & McClintock, 1991; Tegner, 2001).

Existe evidencia que los análisis realizados en este estudio permiten sugerir que el índice gonadosomático de los organismos trasplantados presentan un aumento anual de 0.91% en el índice gonadosomático en comparación con los organismos capturados en la pesca que presentaron un decremento anual de 0.8% en su índice gonadosomático. Estas evidencias sugieren que probablemente la hipótesis generada de que la estrategia de trasplante de erizo rojo a zonas con aparente mayor disponibilidad de alimento aumenta el índice gonadosomático de los organismos, pero es importante resaltar un posible sesgo en el año 2019 debido a que solo se tienen 4 registros que jalan la tendencia de la curva hacia arriba por los valores que presenta.

Así mismo, las encuestas aplicadas sugieren que los pescadores consideran que la estrategia de trasplante les permite obtener un mayor índice gonadosomático lo que les genera una disminución del tiempo empleado en la pesca del erizo rojo.

Reducción del índice gonadosomático

Los análisis estadísticos del MLG muestran un decremento de la variación del índice gonadosomático para la pesca en el periodo de 2015 a 2020 del 0.81% anual llegando a presentar años con promedios por debajo del valor mínimo redituable (8%). Esto se asocia principalmente a las diferentes anomalías de temperatura entre las que destaca la anomalía conocida como “la mancha” que se manifestó en el Pacífico noreste y persistió con valores positivos de 2013 a 2016 (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017). Este evento se traslapó con la anomalía de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) que persistió con valores positivos en 2015-2016 (Iskandar et al., 2018). Estos datos son consistentes con lo reportado por (Smale, 2020), que demostró que el aumento de la temperatura en el mar afecta directamente a los bosques de macroalgas llegando a presentar una disminución de la abundancia, alteración de su estructura, contracción del área de distribución y mortalidad del ecosistema de bosques de macroalgas. En las encuestas aplicadas a los pescadores de la cooperativa Ensenada señalan que en el año 2016 a 2017 tuvo lugar una notable reducción de biomasa en los mantos de macroalgas de la bahía El Rosario, además otros estudios reportan la disminución de la biomasa en los mantos de macroalgas en Baja California en estos mismos años 2016 a 2017 (Arafeh-Dalmau et al., 2021).

Se ha documentado que los erizos rojos subsisten principalmente por las algas de los bosques de macroalgas que se encuentran a la deriva pero si esta fuente de alimento empieza a escasear los erizos de mar pueden abandonar su sedentarismo y empezar a buscar activamente el alimento (Dayton et al., 1992; Harrold & Reed, 1985; Tegner & Dayton, 1987). Esta búsqueda puede detonar la disminución de la biomasa de los ecosistemas de macroalgas por un comportamiento destructivo en los erizos dejando extensas áreas estériles a su paso ocasionadas por el sobrepastoreo (Ling et al., 2015; Steneck et al., 2002). Esta pérdida de macroalgas por sobrepastoreo puede ocasionar una disminución del índice gonadosomático debido a que el crecimiento de las gónadas depende de la cantidad y calidad de alimento, la tasa de consumo, digestión y absorción del erizo (Lares & McClintock, 1991; Lawrence, 1975; Lawrence et al., 2003).

Las anomalías de temperatura tiene un efecto directo sobre el erizo rojo ya que su alimentación y ritmo respiratorio están directamente relacionados (Mcbride et al., 1997), lo que podría reducir su tasa de alimentación y de asimilación (Rogers-Bennett et al., 2003). Otros estudios demuestran el efecto negativo de las anomalías de temperatura positivas sobre el peso de las gónadas en equinoideos (Delorme & Sewell, 2016; Gouda & Agatsuma, 2020; Johnstone et al., 2019; Siikavuopio et al., 2008) lo cual ha sido asociado a una mayor demanda de energía del metabolismo (Uthicke et al., 2014).

En el periodo de tiempo de 2015 a 2020 la base de datos de arribos pesqueros presentó en el año 2016 una disminución considerable de registros (7 observaciones).

Probablemente esta disminución de registros se deba a la combinación de las anomalías de temperaturas positivas que ocurrieron en la región (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017; Iskandar et al., 2018) generando una pérdida de biomasa de los mantos de macroalgas (Smale, 2020), lo que ocasiono que el índice gonadosomático de los erizos disminuyera debido a que el crecimiento de las gónadas depende de la cantidad y calidad de los mantos de macroalgas (Lares & McClintock, 1991; Lawrence, 1975; Lawrence et al., 2003). Esto sugiere que en el año 2016 pudo haber sido poco redituable la pesca del erizo rojo dando como resultado los pocos registros de pesca observados.

Aumento del índice gonadosomático

Nuestros resultados sugieren que la estrategia de trasplante en la bahía de El Rosario ha tenido efectos positivos en el índice gonadosomático de los organismos trasplantados. Se observó un aumento de la variación del índice gonadosomático en el periodo 2017-2019 de 0.9% anual manteniéndose por arriba del valor mínimo redituable (8%). Esto se atribuye principalmente a la abundancia de biomasa disponible de los mantos de macroalgas ya que el crecimiento de las gónadas depende de la cantidad y calidad de alimento, la tasa de consumo, digestión y absorción del erizo (Lares & McClintock, 1991; Lawrence, 1975; Lawrence et al., 2003; Tegner, 2001). Las características del área del trasplante de acuerdo con las encuestas aplicadas sugieren que la presencia de macroalgas se encuentra a lo largo de todo el año en el área de

trasplante con una densidad mayor en invierno y una disminución en verano lo que probablemente le permite al erizo alimentarse y generar un mayor peso de sus gónadas en comparación de los organismos capturados por pesca.

Los eventos de calentamiento prolongado como las ondas de calor se pronostican que aumenten en frecuencia, duración e intensidad en los próximos años (Oliver et al., 2018). Para el erizo rojo las anomalías de temperatura tienen un efecto directo sobre la producción de gónada ya que su alimentación y su ritmo respiratorio están directamente relacionados (Leighton, 1971; McBride et al., 1997; Ulbricht, 1973). Esto sugeriría una disminución del índice gonadosomático del erizo rojo, pero a pesar de haberse presentado anomalías de temperaturas positivas como “la mancha” (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017) y El Niño (Iskandar et al., 2018) la estrategia de trasplante presentó valores superiores en el índice gonadosomático en comparación con los obtenidos por los organismos capturados en la pesca en general.

Competencia y depredación del erizo rojo

Los bosques de macroalgas albergan más de 200 especies de algas, invertebrados, peces y mamíferos (Graham, 2004). Esto sugiere que la población de erizo rojo está sujeta a diferentes procesos ecológicos como pueden ser la depredación y la competencia. En específico, el erizo rojo compite por espacio y alimento con el erizo morado debido a que este tiene una alta tasa de reclutamiento, baja mortalidad por pesca, la disminución de la competencia del erizo rojo y de sus principales depredadores

(De et al., 2008; Kato & Schroeter, 1985). Además, el erizo morado presenta una mayor tolerancia a temperaturas elevadas, su periodo larvario es más corto que el del erizo rojo (Workman, 1999) y tiene una menor presión por la pesca comercial, lo que le brinda ventajas competitivas sobre el erizo rojo (Palleiro-Nayar, Salgado-Rogel, et al., 2012). De acuerdo con las encuestas, la población de erizo morado en el área de trasplante presenta una densidad poblacional igual a la del erizo rojo, lo que sugiere una alta competencia por alimento y espacio para el erizo rojo. Los abulones comparten preferencias alimenticias y de hábitat similares con los erizos rojos y morados (Leighton, 1966, 1971). Esto sugiere que al igual que el erizo morado los abulones son competidores para el erizo rojo. Sin embargo, de acuerdo a las encuestas, la población del abulón no se consideró como un competidor importante ya que la mayoría de los encuestados afirmo que no había presencia del organismo en el área de trasplante.

Los principales depredadores que regulan las poblaciones de erizos distribuidos desde Punta Concepción, California hasta Baja California, México son la langosta roja (*Panulirus interruptus*) un depredador nocturno y el pez vieja (*Semicossyphus pulcher*) un depredador diurno (Lafferty, 2004; Tegner & Levin, 1983). De acuerdo con Tegner y Levin, (1983) la langosta roja tiene una preferencia alimenticia hacia los erizos rojos pequeños debido a la diferencia substancial en el largo de las espinas de los erizos rojos más grandes, para evadir la depredación por la langosta los erizos pequeños se refugian debajo del dosel de espinas de erizos más grandes. En el caso del pez vieja se llevó a cabo un experimento en una zona de la isla San Nicolas en California demostrando que

el pez vieja puede regular con éxito la abundancia y distribución del erizo rojo (Cowen, 1983). La presencia de estos depredadores tiene implicaciones indirectas sobre la modificación de la intensidad de pastoreo del erizo (Bernstein et al., 1981; Cowen, 1983; J. A. Estes & Palmisano, 1974; Harding & Scheibling, 2015; Matassa, 2010). Esto sugeriría que la presencia de depredadores además de regular la población de erizos probablemente también modifica el comportamiento de alimentación del erizo. Disminuyendo el índice gonadosomático de los erizos que depende principalmente de la cantidad y calidad de los mantos de macroalgas (Lares & McClintock, 1991; Tegner, 2001). La densidad poblacional de la langosta en el área de trasplante es de 4 langostas por cada 100 erizos rojos y la densidad poblacional del pez vieja es igual a la del erizo rojo según las encuestas.

A pesar de que las observaciones de los pescadores sugieren que en el sitio de estudio se puede presentar una alta competencia por parte del erizo morado, y efectos de la depredación de pez vieja y langosta, los resultados observados indican que los organismos sujetos a la estrategia de trasplante presentan un valor en el índice gonadosomático superior a los obtenidos en la captura por pesca.

Las encuestas sugieren que en el área de trasplante se presenta una densidad poblacional de 35 erizos por metro cuadrado la cual está compuesta en su mayoría (68%) de erizos con tallas superiores a los 80mm de diámetro de testa. La densidad poblacional en el área de trasplante supera estimaciones realizadas en otros trabajos reportando en el lugar más cercano del área de trasplante a Punta Baja con un promedio

de densidad poblacional de 1.5 a 2 erizos por metro cuadrado (Medellín-Ortiz et al., 2020; Palleiro-Nayar, Montaña-Moctezuma, et al., 2012). Incluso la densidad poblacional del erizo rojo en el área de trasplante sugerida por los pescadores supera al de sitios como Isla Todos Santos y Punta Banda con un promedio poblacional de 10 erizos por metro cuadrado (Medellín-Ortiz et al., 2020). El promedio de biomasa estimadas de los mantos de macroalgas en el área de trasplante sugieren un promedio de 68 a 82 mil toneladas por hectárea y el de Isla Todos Santos y Punta Banda un promedio de 27 a 41 mil toneladas por hectárea (Medellin-Ortiz, 2021). Esta comparación sugiere que la reubicación de erizos al área de trasplante presenta una alta densidad poblacional del erizo rojo e incluso llegando a superar la de los sitios como Isla Todos Santos y Punta Banda, además de presenta un mayor promedio de la biomasa de los mantos de macroalgas que los sitios Isla Todos Santos y Punta Banda.

La estrategia de trasplante y el manejo de la pesquería de erizo

Estrategia de trasplante

De acuerdo al objetivo principal del “programa estatal de apoyo para el repoblamiento de bancos de erizo” donde se busca recuperar bancos de erizos rojo sobreexplotados y aumentar el peso y calidad de la gónada de erizos (SEPESCA, 2016). Los resultados de esta investigación son limitados y sugieren un aumento del peso de las gónadas de los organismos trasplantados, pero aún es necesario evaluar la efectividad de la

estrategia de trasplante en la recuperación de bancos de erizo sobreexplotados y un aumento en la calidad de las gónadas de los erizos trasplantados.

A nivel ecológico la reubicación de organismos puede ser un medio eficaz para la restauración ecológica y asegurar el stock pesquero (Oliva & Castilla, 1990; Teixeira et al., 2007). La estrategia de trasplante consiste en reubicar los erizos con bajo índice gonadosomático y transportarlos en seco (fuera del medio acuático) al área de trasplante. Estas prácticas generan un gran estrés para el organismo ya que en algunos casos se puede drenar el agua que contienen en su interior provocando una alta mortalidad para erizos rojos de hasta un 58% del total de organismos transportados en seco (Burnett et al., 2002; Warren & Pearce, 2020). Uno de los riesgos del trasplante si no es realizado adecuadamente es que, si los erizos sufren daños en las espinas por un manejo brusco o empaque denso estos empezaran a invertir energía de las gónadas para la generación de nuevas espinas, disminuyendo así su índice gonadosomático y afectando la rentabilidad de la actividad pesquera (Edwards & Ebert, 1991). Al implementar cambios en la práctica de trasplante (transporte de erizos dentro del medio acuático) y una manipulación cuidadosa probablemente se obtendría una mejoría adicional a los resultados del índice gonadosomático de la estrategia de trasplante acompañado de un aumento en la densidad poblacional del erizo rojo en el área de trasplante.

Es importante resaltar que la estrategia de trasplante es una reubicación de organismos que se encuentran en áreas con poca disponibilidad de alimento y se lleva a cabo dentro de la bahía El Rosario. Actualmente la estrategia de trasplante funciona a nivel

económico para los pescadores ya que el aumento del índice gonadosomático de los erizos trasplantados fue superior al de los erizos pescados en general, pero a nivel ecológico aún no se sabe con precisión las consecuencias que esta estrategia pueda ocasionar. Algunos autores indican que la densidad poblacional de erizos puede estar relacionada con el sobrepastoreo de mantos de macroalgas llegando a detonar un comportamiento destructivo hacia los mantos de macroalgas (Dean et al., 1984; Karatayev et al., 2021). Pero otros autores reportan que la intensidad de pastoreo de los erizos es independiente de su densidad poblacional (Harrold & Reed, 1985a), asociando la intensidad de pastoreo con la reducción de mantos de macroalgas haciendo que los erizos salgan de su estado sedentario y empiecen a buscar activamente su alimento (Dayton et al., 1992; Harris et al., 1984; Harrold & Reed, 1985a; Mia. J Tegner & Dayton, 1987).

Manejo de la pesquería de erizo rojo

Desde la implementación en 2016 de la estrategia de trasplante en la bahía El Rosario no se contaba con información sobre la relación específica entre la temperatura y la efectividad y desempeño de la estrategia de trasplante. Debido a la falta de información sobre la estrategia de trasplante de erizo rojo se utilizaron casos similares en el repoblamiento de especies bentónicas de alto valor como el abulón (Emmett & Jamieson, 1989; Salas-Garza, 2000; Searcy-Bernal et al., 2013) o el caso de

re poblamiento de caracol loco en Chile (Oliva & Castilla, 1990) que representan una guía en conocimiento para la gestión de la pesquería del erizo rojo y la estrategia de trasplante aquí mencionada.

Estudios pronostican que las anomalías de temperatura como las ondas de calor aumentarán en frecuencia, duración e intensidad en años futuros (Oliver et al., 2018). Estas anomalías de temperatura tienen un efecto sobre las especies objeto para la pesca ya que están cambiando su distribución geográfica además de experimentar la contracción, expansión o fragmentación del área de distribución (García Molinos et al., 2016; McHenry et al., 2019; Poloczanska et al., 2013, 2016). Para enfrentar las anomalías de temperatura positiva se debe diseñar una estrategia de adaptación para la especie objetivo en función del contexto y lugar tomando en consideración tanto las repercusiones que ocurran a corto plazo como a largo plazo (SUBPESCA. & DECACLI., 2015).

Actualmente el manejo del recurso pesquero erizo rojo en México está regido por medidas restrictivas que se encuentran en el plan de manejo pesquero de erizo rojo (DOF, 2012) y en la NOM-007/SAG/PESC-2015 (DOF, 2015) por lo que es necesario implementar estrategias de manejo pesquero para mitigar los efectos del cambio climático. Como parte de la búsqueda de opciones para mejorar la pesquería del erizo rojo, ésta se involucró en un FIP en 2018 en Baja California. El FIP de erizo rojo identificó como una de las prioridades de investigación la evaluación de la estrategia de trasplante como herramienta de manejo. Consideramos que realizar un seguimiento a la estrategia

de trasplante es clave para un mejor entendimiento de los potenciales beneficios e impactos que pueda tener, para así proveer herramientas para un mejor entendimiento de las consecuencias que estas acciones puedan tener sobre el ecosistema. Nuestros resultados sugieren que la implementación de la estrategia de trasplante genera un aumento en el índice gonadosomático de los organismos trasplantados en la bahía El Rosario, sin embargo, no se tiene la certeza de que la implementación de la estrategia de trasplante sea exitosa en otras zonas debido a las características del área de trasplante y por las diferentes condiciones oceanográficas que se pueden presentar en cada sitio.

El enfoque precautorio en la ordenación pesquera se puede adoptar aun cuando la información sea muy limitada. Las investigaciones efectuadas para aumentar la información sobre una pesquería normalmente permiten obtener mayores beneficios y, al mismo tiempo, reducir el peligro para los recursos. Por lo tanto, se propone que debe realizarse una evaluación de la estrategia de trasplante como una medida de acción y adaptación ante el cambio climático en la pesquería del erizo rojo en bahía El Rosario. El aumento del índice gonadosomático observado en organismos sujetos a la estrategia de trasplante en comparación con el obtenido por los organismos capturados en pesca sugiere que esta estrategia de trasplante es más redituable, pero aún es necesario el entendimiento de los impactos ecológicos que esta estrategia de trasplante pueda ocasionar por lo que se recomienda seguir implementándola utilizando el principio precautorio.

Consecuencias e impactos ecológicos y socioeconómicos de la estrategia de trasplante

Consecuencias e impactos ecológicos

Una de las potenciales consecuencias de la estrategia de trasplante más preocupante es la posible detonación del comportamiento destructivo de los erizos hacia el bosque de macroalgas provocando “desiertos de erizo”, este pastoreo intensivo no sólo afectaría el conjunto de algas, sino que también generaría un efecto en cascada sobre el resto de la comunidad marina que habita en este ecosistema (J. A. Estes & Palmisano, 1974; J. E. Estes et al., 1978; Kitching & Ebling, 1961; Leighton et al., 1966). Los desiertos de erizo ocasionarían una disminución principalmente de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques de macroalgas como lo son la fijación de CO² y la pérdida de hábitat vertical para otras especies costeras, especialmente de peces (Hereu et al., 2005). Esto probablemente desencadenaría posibles efectos negativos en las pesquerías que se realizan en estas áreas como en especies demersales (rocotes, lenguado) pelágicas costeras (jurel y curvina) bentónicos (erizo, abulón, langosta, cangrejo y pepino) y que representarían pérdidas ecológicas y económicas importantes. Aunque este estudio sugiere efectos positivos de la estrategia de trasplante, son necesarios más estudios para evaluar plenamente el impacto tanto en la actividad pesquera, en las especies objetivo, y en la comunidad en general.

Consecuencias e impactos socioeconómicos

De acuerdo con información de la Agencia Nacional de Océanos y Atmosfera (NOAA, 2021) la fluctuación del precio unitario del erizo rojo se ha ido elevando en los últimos años pasando de 28.9 dólares el kg en 2010 a 91.7 dólares por kg en 2020. Probablemente este aumento se deba a que la demanda de gónada de erizo rojo superó la oferta que el mercado puede ofrecer y que se asocia principalmente a las anomalías de temperatura como “la mancha” (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017) y “el niño” (Iskandar et al., 2018) que afectaron la disponibilidad y calidad de los mantos de macroalgas (Smale, 2020) y estudios sugieren que puede asociarse con la disminución en el crecimiento de las gónadas debido a la cantidad y calidad de los mantos de macroalgas (Lares & McClintock, 1991; Lawrence, 1975; Lawrence et al., 2003). El aumento que presenta el índice gonadosomático en la estrategia de trasplante del 0.9% anual sugiere que la implementación de esta estrategia representa una alternativa más redituable desde el punto de vista económico para los pescadores en comparación con el decremento de 0.8% anual obtenido por la pesca en general.

Selección del modelo lineal generalizado

Para la realización e implementación del modelo lineal generalizado se siguió el principio de información teórica (Information Theoretic Approach; Blankenship et al., 2002). Para esto primero definimos diferentes hipótesis con base en la información disponible y el entendimiento del sistema y actividad estudiada, de cada hipótesis

generada se produjo un modelo matemático a probar y validar. Posteriormente, para la selección del mejor modelo se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés; Akaike, 1973), comparando entre todas las combinaciones posibles de modelos y buscando el que presente el valor más bajo de AICc seguido se aplican los criterios aproximados de Burnham y Anderson, (2002) del delta AIC entre los mejores modelos y por último revisamos el peso de cada modelo buscando el que tenga mayor peso. Es importante mencionar que en la selección del modelo las variables explicativas utilizadas como la temperatura superficial del mar son promedios mensuales por lo que la calidad de estas variables afecta en los resultados sugeridos en el modelo. El mejor modelo fue el modelo nueve el cual presenta el AICc más bajo 1536 y el segundo mejor modelo fue el cinco con un AICc de 1552, el mejor modelo presento una diferencia en el valor delta de 16. Por último, se comparó el peso de los modelos obteniendo para el modelo nueve un peso de 1 mientras que el modelo cinco presento un peso de 0. El modelo nueve representó el modelo con mayor soporte, de entre todos los modelos comparados.

Las variables explicativas utilizadas fueron Tiempo, Tratamiento y Temperatura Superficial del Mar. Estas se seleccionaron debido a la limitada disponibilidad de información en las bases de datos proporcionadas por la cooperativa Ensenada. La variable del tiempo se seleccionó y utilizó para conocer la variación del índice gonadosomático como un proxy de las cambiantes condiciones oceanográficas y ambientales que se han reportado en los últimos cinco años (Gentemann et al., 2017; Hu et al., 2017; Iskandar et al., 2018), más no como una variable predictiva directa del

comportamiento del índice gonadosomático. La variable tratamiento se seleccionó y utilizó para diferenciar el efecto entre los datos de captura de organismos provenientes de la pesca y trasplante, respectivamente. Por último, la variable temperatura se utilizó pues existen estudios que reportan cómo las variaciones en temperatura pueden afectar diferentes aspectos biológicos y ecológicos de las comunidades de bosques de macroalgas, tales como (Doney et al., 2011; Friedlander et al., 2020; Smale, 2020; Mia. J Tegner & Dayton, 1987; Zhao et al., 2016). De esta manera se consideró que es una variable predictiva relevante para entender la variación del índice gonadosomático.

A pesar de esto es importante considerar el porcentaje de variabilidad que logró explicar nuestro mejor modelo (valor pseudo R^2), el cual fue de 41%. Esto indica que es necesaria la implementación de variables explicativas con mayor poder explicativo debido a que las variables utilizadas no fueron suficientes para explicar un mayor porcentaje de la variación del índice gonadosomático. Esto se debe principalmente a la limitada información que se encuentra disponible de la estrategia de trasplante, por lo que es necesario considerar la toma de variables explicativas que tengan un mayor poder explicativo en los monitoreos ecológicos futuros de la estrategia de trasplante.

Conclusiones

El análisis realizado sugiere que los organismos sujetos a la acción de trasplante durante el periodo de tiempo analizado, en El Rosario, Baja California, presentan un aumento del índice gonadosomático en comparación de los organismos capturados por pesca. Así mismo, las encuestas aplicadas a los pescadores de la cooperativa Ensenada sugieren que los pescadores tienen una percepción favorable hacia la estrategia de trasplante en comparación a la pesca en general del erizo rojo.

Esta investigación no se enfocó en los efectos que puede tener la acción de trasplante sobre la comunidad marina por lo que son necesarios más estudios sobre las potenciales repercusiones e impactos que esta estrategia pueda tener en la actividad pesquera, sobre las especies objetivo, y sobre la comunidad y el ecosistema en general.

Literatura citada

- Agassiz, A. (1863). List of the echinoderms sent to different institutions in exchange for other specimens, with annotations. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College*, 1, 17–28.
<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=6822>
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *Pertaran, B.N., Csaaki, F. (Eds.), International Symposium on Information Theory, 2nd Ed. Acadeemiai Kiadi, Budapest, Hugary, 267–281.*
- Arafeh-Dalmau, N., Cavanaugh, K. C., Possingham, H. P., Munguia-Vega, A., Montaña-Moctezuma, G., Bell, T. W., Cavanaugh, K., & Micheli, F. (2021). Southward decrease in the protection of persistent giant kelp forests in the northeast Pacific. *Communications Earth & Environment*, 2(1).
<https://doi.org/10.1038/s43247-021-00177-9>
- Arafeh-Dalmau, N., Montaña-Moctezuma, G., Martínez, J. A., Beas-Luna, R., Schoeman, D. S., & Torres-Moye, G. (2019). Extreme Marine Heatwaves Alter Kelp Forest Community Near Its Equatorward Distribution Limit. *Frontiers in Marine Science*, 6, 499.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00499>
- Bakun, A., & Nelson, C. S. (1977). Climatology of upwelling related processes off Baja California. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 19.
- Bernstein, B., Williams, B., & Mann, K. (1981). The role of behavioral responses

to predators in modifying urchins' (*Strongylocentrotus droebachiensis*) destructive grazing and seasonal foraging patterns. *Marine Biology*, 63, 39–49. <https://doi.org/10.1007/BF00394661>

Blankenshipa, E. E., Perkinsb, M. W., & Johnsonc, R. J. (2002). the Information-Theoretic Approach To Model Selection: Description and Case Study. *Conference on Applied Statistics in Agriculture*.
<https://doi.org/10.4148/2475-7772.1200>

Bose, A. P. H., Zayonc, D., Avrantinis, N., Ficzyz, N., Fischer-Rush, J., Francis, F. T., Gray, S., Manning, F., Robb, H., Schmidt, C., Spice, C., Umedaly, A., Warden, J., & Côté, I. M. (2019). Effects of handling and short-term captivity: A multi-behaviour approach using red sea urchins, *Mesocentrotus franciscanus*. *PeerJ*, 2019(3), 1–17. <https://doi.org/10.7717/peerj.6556>

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply , demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>

Burnett, L., Terwilliger, N., Carroll, A., Jorgensen, D., & Scholnick, D. (2002). Respiratory and Acid-Base Physiology of the Purple Sea Urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*, During Air Exposure: Presence and Function of a Facultative Lung. *The Biological Bulletin*, 203(1), 42–50. <https://doi.org/10.2307/1543456>

Burnham, K.P., & Anderson, D. R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. (Kenneth P. Burnham & D. R. Anderson (eds.); 2nd Editii). Springer New York.

<https://doi.org/10.1007/b97636>

- Cavanaugh, K. C., Reed, D. C., Bell, T. W., Castorani, M. C. N., & Beas-Luna, R. (2019). Spatial Variability in the Resistance and Resilience of Giant Kelp in Southern and Baja California to a Multiyear Heatwave. *Frontiers in Marine Science*, 6, 413. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00413>
- Centoni, J. (2018). *Negatively correlated abundance suggests competition between red abalone (Haliotis rufescens) and red sea urchins (Mesocentrotus franciscanus) inside and outside established MPAs closed to commercial sea urchin harvest in northern California.*
- CONAPESCA. (2018). Carta Nacional Pesquera 2017. *Diario Oficial de La Federación*, 268.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018&print=true
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *LK -*
<https://royalroads.on.worldcat.org/oclc/4592801201>. *Nature TA - TT -*, 387(6630), 253–260. <https://www-nature-com.ezproxy.royalroads.ca/articles/387253a0.pdf>
- Cowen, R. K. (1983). Ecology on red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) populations : an experimental analysis. *Oecologia*, 58, 249–255. <https://doi.org/10.1007/BF00399225>

- Daily, G., Matson, P. A., Costanza, R., Nabhan, G. P., & Lubchenco, J. (1997). Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems. *Scientist*, *January*, 7–8.
- Dayton, P. K., Tegner, M. J., Parnell, P. E., & Edwards, P. B. (1992). Temporal and Spatial Patterns of Disturbance and Recovery in a Kelp Forest Community. *Ecological Monographs*, *62*(3), 421–445.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2937118>
- De, M., Salgado-Rogel, L., & Said Palleiro-Nayar, J. (2008). Disminución de la abundancia de erizo rojo y propuestas para su manejo en Baja California, México. *Ciencia Pesquera*, *16*(May), 37–45.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3839.8880>
- Dean, T. A., Schroeter, S. C., & Dixon, J. D. (1984). Effects of grazing by two species of sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *Lytechinus anamesus*) on recruitment and survival of two species of kelp (*Macrocystis pyrifera* and *Pterygophora californica*). *Marine Biology*, *78*(3), 301–313.
<https://doi.org/10.1007/BF00393016>
- Delorme, N. J., & Sewell, M. A. (2016). Effects of warm acclimation on physiology and gonad development in the sea urchin *Evechinus chloroticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *198*, 33–40.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.03.020>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K.,

Liu, J., Subrmanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., ... Zayas, C. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.*

<https://uwe-repository.worktribe.com/output/1493508>

DOF. (1993). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-007-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de las poblaciones de erizo rojo en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico de la costa oeste de Baja California. *Diario Oficial de La Federación.*

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4779620&fecha=01/09/1993

93

DOF. (2012). Acuerdo Por el Que se da a Conocer el Plan de Manejo de Erizo rojo *Strongylocentrotus Franciscanus* y erizo Morado *Strongylocentrotus Purpuratus* en la Península de Baja California. *Diario Oficial de La*

Federación. www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5282909

DOF. (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-007-SAG/PESC-2015. Para Regular el Aprovechamiento de las Poblaciones de erizo rojo y Morado en Aguas de Jurisdicción federal del Océano Pacífico de la Costa Oeste de Baja California. *Diario Oficial de La Federación.*

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5397876&fecha=24/06/2015

Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Emmett Duffy, J., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., Galindo, H. M., Grebmeier, J. M., Hollowed, A. B., Knowlton, N., Polovina, J., Rabalais, N. N., Sydeman, W. J., & Talley, L. D. (2011).

- Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 4(1), 11–37. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-041911-111611>
- Durazo, R., & Baumgartner, T. R. (2002). Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Progress in Oceanography*, 54(1), 7–31. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00041-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00041-1)
- Ebert, T. A. and Russell, M. P. (1992). Growth and mortality estimates for red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* from San Nicolas Island, California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 81:31-41.
- Edward B. Barbier. (2011). *The value of estuarine and coastal ecosystem services*. 81(2), 169–193.
- Edwards, P. B., & Ebert, T. A. (1991). Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 145(2), 205–220. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0981\(91\)90176-W](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0981(91)90176-W)
- Emmett, B., & Jamieson, G. S. (1989). An experimental transplant of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, in Barkley Sound, British Columbia. *Fishery Bulletin*, 87(1), 95–104.
- Estes, J. A., & Palmisano, J. F. (1974). Sea Otters: Their Role in Structuring Nearshore Communities. *Science*, 185(4156), 1058–1060. <http://www.jstor.org/stable/1738455>
- Estes, J. E., Smith, N. S., & Palmisano, J. F. (1978). Sea Otter Predation and

- Community Organization in the Western Aleutian Islands, Alaska. *Ecology*, 59(4), 822–833. <https://doi.org/10.2307/1938786>
- FAO. (2020a). El Estado Mundial De La Pesca Y La Acuicultura (SOFIA), La sostenibilidad en acción. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 3, Issues 1–2). <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- FAO. (2020b). World fisheries and aquaculture in review. In *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome*. <https://doi.org/10.4060/ca9229en> (Vol. 35, Issue 3).
- Faraway, J. J. (2005). *Extending the Linear Model with R (Texts in Statistical Science)*. Chapman & Hall/CRC.
- Fernández-Méndez, J., Alvarez Torres, P., Arreguín-Sánchez, F., López-Lemus, L., Ponce-Díaz, G., Diaz-de-Leon, A., Arcos-Huitrón, E., & del Monte-Luna, P. (2011). Coastal fisheries of Mexico. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (pp. 231–284).
- Friedlander, A. M., Ballesteros, E., Bell, T. W., Caselle, J. E., Campagna, C., Goodell, W., Hüne, M., Muñoz, A., Salinas-DeLeón, P., Sala, E., & Dayton, P. K. (2020). Kelp forests at the end of the earth: 45 years later. *PLoS ONE*, 15(3), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229259>
- García Molinos, J., Halpern, B. S., Schoeman, D. S., Brown, C. J., Kiessling, W., Moore, P. J., Pandolfi, J. M., Poloczanska, E. S., Richardson, A. J., & Burrows, M. T. (2016). Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change*, 6(1), 83–88. <https://doi.org/10.1038/nclimate2769>

- Gentemann, C. L., Fewings, M. R., & García-Reyes, M. (2017). Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*, *44*(1), 312–319.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2016GL071039](https://doi.org/10.1002/2016GL071039)
- Giese, A. C. (1959). Comparative Physiology: Annual Reproductive Cycles of Marine Invertebrates. *Annual Review of Physiology*, *21*(1), 547–576.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ph.21.030159.002555>
- GLOBEC. (1994). A Science Plan for the California Current. *US GLOBEC Report*, *11*, 134.
- Gouda, H., & Agatsuma, Y. (2020). Effect of high temperature on gametogenesis of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in the Sea of Japan, northern Hokkaido, Japan. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *525*, 151324.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2020.151324](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2020.151324)
- Graham, M. H. (2004). Effects of Local Deforestation on the Diversity and Structure of Southern California Giant Kelp Forest Food Webs. *Ecosystems*, *7*(4), 341–357. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0245-6>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V, Micheli, F., Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, *319*(5865), 948–952.

<https://doi.org/10.1126/science.1149345>

Harding, A. P. C., & Scheibling, R. E. (2015). Feed or flee: Effect of a predation-risk cue on sea urchin foraging activity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 466, 59–69.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.02.005>

Harris, L. G., Ebeling, A. W., Laur, D. R., & Rowley, R. J. (1984). Community recovery after storm damage: a case of facilitation in primary succession. *Science (New York, N.Y.)*, 224(4655), 1336–1338.

<https://doi.org/10.1126/science.224.4655.1336>

Harrold, C., & Reed, D. C. (1985a). Food Availability, Sea Urchin Grazing, and Kelp Forest Community Structure. *Ecology*, 66(4), 1160–1169.

<https://doi.org/10.2307/1939168>

Harrold, C., & Reed, D. C. (1985b). Food Availability, Sea Urchin Grazing, and Kelp Forest Community Structure. *Ecology*, 66(4), 1160–1169.

<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1939168>

Hereu, B., Zabala, M., Linares, C., & Sala, E. (2005). The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology*, 146(2), 293–299. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1439-y>

Holon, F., Marre, G., Parravicini, V., Mouquet, N., Bockel, T., Descamp, P., Tribot, A. S., Boissery, P., & Deter, J. (2018). A predictive model based on multiple coastal anthropogenic pressures explains the degradation status of a marine ecosystem: Implications for management and conservation.

Biological Conservation, 222(April), 125–135.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.006>

Hu, Z. Z., Kumar, A., Jha, B., Zhu, J., & Huang, B. (2017). Persistence and predictions of the remarkable warm anomaly in the northeastern Pacific ocean during 2014-16. *Journal of Climate*, 30(2), 689–702.

<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0348.1>

Iskandar, I., Lestari, D., Utari, P., Sari, Q., Setiabudidaya, D., Mardiansyah, W., Supardi, & Rozirwan. (2018). How strong was the 2015/2016 El Niño event? *Journal of Physics: Conference Series*, 1011(1).

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1011/1/012030>

Johnstone, J., Nash, S., Hernandez, E., & Rahman, M. S. (2019). Effects of elevated temperature on gonadal functions, cellular apoptosis, and oxidative stress in Atlantic sea urchin *Arbacia punctulata*. *Marine Environmental Research*, 149, 40–49.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.05.017>

Jurado-Molina, J., Palleiro-Nayar, J. S., & Gutiérrez, N. L. (2009). Desarrollo de un marco Bayesiano para la valoración del stock y el análisis de decisión de la pesquería del erizo rojo en Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 35(2), 183–193. <https://doi.org/10.7773/cm.v35i2.1528>

Kahru, M., Kudela, R. M., Anderson, C. R., & Mitchell, B. G. (2015). Optimized Merger of Ocean Chlorophyll Algorithms of MODIS-Aqua and VIIRS. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(11), 2282–2285.

<https://doi.org/10.1109/LGRS.2015.2470250>

- Kahru, Mati, Di Lorenzo, E., Manzano-Sarabia, M., & Mitchell, B. (2012). Spatial and temporal statistics of sea surface temperature and chlorophyll fronts in the California Current. *Journal of Plankton Research*, 34. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs010>
- Karatayev, V. A., Baskett, M. L., Kushner, D. J., Shears, N. T., Caselle, J. E., & Boettiger, C. (2021). Grazer behaviour can regulate large-scale patterning of community states. *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.13828>
- Kato, S., & Schroeter, S. (1985). Biology of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, and its fishery in California. *Marine Fisheries Review*, 47(3), 1–20.
- Kitching, J. A., & Ebling, F. J. (1961). The Ecology of Lough Ine. *Journal of Animal Ecology*, 30(2), 373–383. <https://doi.org/10.2307/2304>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621. <https://doi.org/10.2307/2280779>
- Lafferty, K. D. (2004). Fishing for lobsters indirectly increases epidemics in sea urchins. *Ecological Applications*, 14(5), 1566–1573. <https://doi.org/10.1890/03-5088>
- Lafferty, K. D., & Kushner, D. J. (2000). Population Regulation Of The Purple Sea Urchin, *Strongylocentrotus Purpuratus*, At The California Channel Islands. *Fifth California Islands Symposium. Minerals Management Service Publication*, 379–381.
- Lagbas, A. J., & Di. Habito, C. (2016). Ecosystem services of coastal and

- fisheries resources: Perspectives of high school students in Municipality of Panukulan, Polillo Island, Quezon, Philippines. *Journal of Marine and Island Cultures*, 5(2), 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.imic.2016.09.005>
- Lares, M. T., & McClintock, J. B. (1991). The effects of food quality and temperature on the nutrition of the carnivorous sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 149(2), 279–286. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(91\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(91)90050-7)
- Laur, D. R., Ebeling, a W., & Reed, D. C. (1986). Experimental evaluations of substrate types as barriers to sea urchin (*Strongylocentrotus* spp.) movement. *Marine Biology*, 215, 209–215.
- Lawrence, J M. (1975). *On the Relationships Between Marine Plants and Sea Urchins*. G. Allen and Unwin.
<https://books.google.com.mx/books?id=y3TaHAAACAAJ>
- Lawrence, John M, Plank, L. R., & Lawrence, A. L. (2003). The effect of feeding frequency on consumption of food, absorption efficiency, and gonad production in the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 134(1), 69–75. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(02\)00222-2](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(02)00222-2)
- Leighton, D. L. (1966). Studies of Food Preference in Algivorous Invertebrates of Southern California Kelp Beds. *Pacific Science*, 20(1), 104–113.
- Leighton, D. L. (1971). Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. *The Biology of Giant Kelp Beds (Macrocystis) in California.*, Pergamon Press, Oxford UK, 421–453.

- Leighton, D. L., Jones, L. G., & North, W. J. (1966). Ecological Relationships Between Giant Kelp and Sea Urchins in Southern California. In *Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium, Halifax, August 25–28, 1965*. Pergamon Press Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-011841-3.50023-9>
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A., Johnson, C. R., Shears, N., Connell, S. D., Salomon, A. K., Norderhaug, K. M., Pérez-Matus, A., Hernández, J. C., Clemente, S., Blamey, L. K., Hereu, B., Ballesteros, E., Sala, E., Garrabou, J., Cebrian, E., Zabala, M., Fujita, D., & Johnson, L. E. (2015). Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130269. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0269>
- Lynn, R. J., & Simpson, J. J. (1987). The California Current system: The seasonal variability of its physical characteristics. *Geophysical Res*, 92(C12).
- Malagrino. (1972). Extracción y preservación de las gónadas de erizo de mar. *Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Marinas UABC*, 52.
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50–60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Mann, K. H. (1971). Sea Urchins , The Relation Between Lobster Abundance and Kelp Bedsl ' z. *Nova Hedwigia*, 603–605.

- Matassa, C. (2010). Purple sea urchins *Strongylocentrotus purpuratus* reduce grazing rates in response to risk cues from the spiny lobster *Panulirus interruptus*. *Marine Ecology Progress Series*, 400, 283–288.
<https://doi.org/10.3354/meps08425>
- Mcbride, S. C., Pinnix, W. D., Lawrence, J. M., Lawrence, A. L., & Mulligan, T. M. (1997). The effect of temperature on production of gonads by the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* fed natural and prepared diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4), 357–365.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1997.tb00282.x>
- McHenry, J., Welch, H., Lester, S. E., & Saba, V. (2019). Projecting marine species range shifts from only temperature can mask climate vulnerability. *Global Change Biology*, 25(12), 4208–4221.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gcb.14828>
- McLachlan, A., & Defeo, O. (2018). *Chapter 14 - Fisheries* (A. McLachlan & O. B. T.-T. E. of S. S. (Third E. Defeo (eds.); pp. 331–374). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809467-9.00014-X>
- Medellin-Ortiz, A. (2021). *Desarrollo de un modelo predictivo que integre los factores ambientales y biológicos para determinar la trayectoria poblacional del erizo rojo, bajo diferentes escenarios de variabilidad ambiental y pesquera*. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas.
- Medellín-Ortiz, A., Montaña-Moctezuma, G., Alvarez-Flores, C., & Santamaria-del-Angel, E. (2020). Retelling the History of the Red Sea Urchin Fishery in

Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 7(March), 1–14.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00167>

Mooney, H. A., Cropper, A., Leemans, R., Arico, S., Bridgewater, P., Peterson, G., Revenga, C., Rivera, M., & Peter, A. W. (2005). *Ecosystems Wetlands*.

Mottet. (1976). The fishery biology of the sea urchin in the family

Strongylocentrotidae. *Washington Dept. Fish. Tech. Rep., No. 20*, 66 Pp., 20.

MSC. (2019). *Working together for thriving oceans*.

NOAA. (2021). *National Oceanic And Atmospheric Administration: NOAA FISHERIES*.

Oliva, D., & Castilla, J. (1990). *Repoblación natural: El caso del loco*

Concholepas concholepas (Gastropoda: Muricidae), en Chile Central. (pp. 273–295).

Oliver, E. C. J., Donat, M. G., Burrows, M. T., Moore, P. J., Smale, D. A.,

Alexander, L. V., Benthuisen, J. A., Feng, M., Sen Gupta, A., Hobday, A.

J., Holbrook, N. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Scannell, H. A., Straub, S. C.,

& Wernberg, T. (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, 9(1), 1–12.

<https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>

Ouréns, R., Freire, J., & Fernández, L. (2012). Definition of a new unbiased gonad index for aquatic invertebrates and fish: Its application to the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquatic Biology*, 17(2), 145–152.

<https://doi.org/10.3354/ab00476>

- Palleiro-Nayar. (2009). *Análisis poblacional del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus en la costa occidental de la península de Baja California. Puede considerarse una metapoblación?*
<http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1514>
- Palleiro-Nayar, J. S., Montaña-Moctezuma, G., & Sosa-Nishizaki, Ó. (2012). Spatial and temporal variation of the population density of the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata: Echinoidea: Strongylocentrotidae) in Baja California. *Hidrobiológica*, 22(1), 28–34.
- Palleiro-Nayar, J. S., Salgado-Rogel, M. de L., & Jiménez-Quiroz, M. del C. (2012). Puntos de referencia para la pesquería de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California, considerando aspectos biológico pesqueros y ambientales. *Ciencia Pesquera*, 20(1), 5–20.
- Palleiro-Nayar, Sosa-Nishizaki, O., & Montaña-Moctezuma, G. (2011). *Importancia del sustrato y la presencia de adultos en el reclutamiento del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus en Baja California*. 37, 59–70.
- Palleiro Nayar, J. S. (2004). Dinámica de la Población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* Sujeta a Extracción Comercial en Baja California. *Programa de Posgrado En Ciencias En Ecología Marina*.
- Poloczanska, E. S., Brown, C. J., Sydeman, W. J., Kiessling, W., Schoeman, D. S., Moore, P. J., Brander, K., Bruno, J. F., Buckley, L. B., Burrows, M. T., Duarte, C. M., Halpern, B. S., Holding, J., Kappel, C. V., O'Connor, M. I., Pandolfi, J. M., Parmesan, C., Schwing, F., Thompson, S. A., & Richardson, A. J. (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate*

- Change*, 3(10), 919–925. <https://doi.org/10.1038/nclimate1958>
- Poloczanska, E. S., Burrows, M. T., Brown, C. J., Molinos, J. G., Halpern, B. S., Hoegh-Guldberg, O., Kappel, C. V., Moore, P. J., Richardson, A. J., Schoeman, D. S., & Sydeman, W. J. (2016). Responses of marine organisms to climate change across oceans. *Frontiers in Marine Science*, 3(MAY), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00062>
- R Core Team. (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (No. 2019; p. <https://www.R-project.org/>). <https://www.r-project.org/>.
- Ramírez-Félix, E. (2000). Análisis de la extracción de erizo rojo de mar (*Strongylocentrotus franciscanus*) según especie clave y conectividad en el área de Santo Tomás a Punta China, Baja California, México. *INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera*, 14(14), 19–22.
- Rey-Méndez, M., Tourón, N., Rodríguez-Castro, B., Rama-Villar, A., Fernández-Silva, I., González, N., Martínez, D., Ojea, J., & Catoira, J. L. (2015). Crecimiento y mejora del índice gonadal en el cultivo del erizo de mar *Paracentrotus lividus* (Echinoida: Echinidae) en Galicia (España). *Revista de Biología Tropical*, 63(June), 261–272. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23161>
- Rogers-Bennett, L., Rogers, D. W., Bennett, W. A., & Ebert, T. A. (2003). Modeling red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) growth using six growth functions. *Fishery Bulletin*, 101(3), 614–626.
- Russo, A. R. (1979). Dispersion and Food Differences Between Two Populations of the Sea Urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Journal of*

Biogeography, 6(4), 407. <https://doi.org/10.2307/3038092>

- Salas-Garza, A. E. (2000). Memorias del T aller: Cultivo intensivo y repoblamiento del abulón. *Instituto de Investigaciones Oceanológicas, U.A.B.C., Ensenada, B.C.*, 17–28.
- Schroeter, S. C. (1978). *Experimental Studies of Competition as a Factor Affecting the Distribution and Abundance of Purple Sea Urchins, Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson)*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3445.6564>
- Searcy-Bernal, R., Anguiano-Beltrán, C., Espinoza-Montes, J. A., & Carpizo-Ituarte, E. (2013). Restocking of abalone populations (haliotis spp.) in Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 32(1), 189–195.
<https://doi.org/10.2983/035.032.0125>
- SEMARNAT. (2010). *Glosario*.
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_GLOS_PESCA&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce .
- SEPESCA. (2016). *PROGRAMA ESTATAL DE APOYO PARA EL REPOBLAMIENTO DE BANCOS DE ERIZO. 00*, 1–10.
- Siikavuopio, S. I., Mortensen, A., & Christiansen, J. S. (2008). Effects of body weight and temperature on feed intake, gonad growth and oxygen consumption in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 281(1), 77–82.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.05.033>
- Smale, D. A. (2020). Impacts of ocean warming on kelp forest ecosystems. *New*

- Phytologist*, 225(4), 1447–1454. <https://doi.org/10.1111/nph.16107>
- Steneck, R. S., GRAHAM, M. H., BOURQUE, B. J., CORBETT, D.,
ERLANDSON, J. O. N. M., ESTES, J. A., & TEGNER, M. I. A. J. (2002).
Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future.
Environmental Conservation, 29(4), 436–459.
<http://www.jstor.org/stable/44520631>
- SUBPESCA., & DECACLI. (2015). *Plan de Adaptación al Cambio Climático
Para Pesca y Acuicultura*. 78. [https://mma.gob.cl/wp-
content/uploads/2019/08/Plan-Pesca-y-Acuicultura-CMS.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/08/Plan-Pesca-y-Acuicultura-CMS.pdf)
- Sustainable Fisheries Partnership. (2013). *Guía de los FIP para la Industria
Pesquera*.
- Team, Rs. (2019). *RStudio: Integrated Development Environment for R*
(RStudio, Inc.). <http://www.rstudio.com/>
- Tegner, M J, & Levin, L. A. (1983). Spiny lobsters and sea urchins: Analysis of a
predator-prey interaction. *Journal of Experimental Marine Biology and
Ecology*, 73(2), 125–150. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-
0981\(83\)90079-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0981(83)90079-5)
- Tegner, Mia. J, & Dayton, P. K. (1987). *El Niño Effects on Southern California
Kelp Forest Communities* (A. Macfadyen & E. D. B. T.-A. in E. R. Ford
(eds.); Vol. 17, pp. 243–279). Academic Press.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60247-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60247-0)
- Tegner, Mia J. (2001). The ecology of *Strongylocentrotus franciscanus* and
Strongylocentrotus purpuratus. In *Developments in Aquaculture and*

Fisheries Science (Vol. 32, Issue C). Elsevier Science B.V.

[https://doi.org/10.1016/S0167-9309\(01\)80019-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(01)80019-3)

Teixeira, C. P., de Azevedo, C. S., Mendl, M., Cipreste, C. F., & Young, R. J.

(2007). Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress. *Animal Behaviour*, 73(1), 1–13.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.06.002>

Ulbricht, R. J. (1973). Effect of temperature acclimation on the metabolic rate of sea urchins. *Marine Biology*, 19(4), 273–277.

<https://doi.org/10.1007/BF00348893>

UNEP. (2006). UNEP in 2006. *UN Documentation*, 7–14.

www.unep.org/governingbodies.

Uthicke, S., Liddy, M., Nguyen, H. D., & Byrne, M. (2014). Interactive effects of near-future temperature increase and ocean acidification on physiology and gonad development in adult Pacific sea urchin, *Echinometra* sp. A. *Coral Reefs*, 33(3), 831–845. <https://doi.org/10.1007/s00338-014-1165-y>

Warren, E. M., & Pearce, C. M. (2020). Effect of Transport Method on

Subsequent Survivorship and Gonad Yield/Quality in the Red Sea Urchin (*Mesocentrotus franciscanus*) . *North American Journal of Aquaculture*, 0–1.

<https://doi.org/10.1002/naaq.10153>

WCED. (1987). Vol. 17 - doc. 149. *World Commission on Environment and Development*, 17, 1–91.

Weeratunge, N., Béné, C., Siriwardane, R., Charles, A., Johnson, D., Allison, E.

H., Nayak, P. K., & Badjeck, M.-C. (2014). Small-scale fisheries through the

wellbeing lens. *Fish and Fisheries*, 15(2), 255–279.

<https://doi.org/10.1111/faf.12016>

Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bull*, 1, 80–83.

William, K. Emerson And Warren O., A. (1958). *Pleistocene Invertebrates from Punta Baja, Baja California, Mexico*. 3, 1–12.

Workman, G. (1999). *A Review of the Biology and Fisheries for Purple Sea Urchin (Strongylocentrotus purpuratus, Stimpson, 1857) and Discussion of the Assessment Needs for a Proposed Fishery*.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., & Watson, R. (2006). Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*, 314(5800), 787–790.

<https://doi.org/10.1126/science.1132294>

Yanes, A., Botero, C. M., Arrizabalaga, M., & Vásquez, J. G. (2019).

Methodological proposal for ecological risk assessment of the coastal zone of Antioquia, Colombia. *Ecological Engineering*, 130(January), 242–251.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.010>

Yang, X. (2014). Coastal ecosystems. In *Encyclopedia of Earth Sciences Series*.

https://doi.org/10.1007/978-0-387-36699-9_19

Zhao, C., Feng, W., Wei, J., Zhang, L., Sun, P., & Chang, Y. (2016). Effects of temperature and feeding regime on food consumption, growth, gonad production and quality of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*.

Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 96(1),
185–195. <https://doi.org/10.1017/S0025315415001617>

Anexos

Anexo 1: Hipótesis planteadas para generar las preguntas presentadas en la encuesta.

Hipótesis	Preguntas generadas	Referencias
Presencia de bosques de macroalgas aumentará el peso de las gónadas de los erizos.	Presencia de mantos de macroalgas en el área de trasplante	(Rey-Méndez et al., 2015)
Entre menor sea la densidad poblacional del erizo mayor será el peso de las gónadas.	¿Cuántos erizos rojos considera que hay en un metro cuadrado (todas las tallas en el área de trasplante)?	(Rey-Méndez et al., 2015)
Entre mayor sea la abundancia de abulón rojo, menor será la abundancia de erizo rojo.	¿Has visto abulón rojo en el área de trasplante?	(Centoni, 2018)
Las variables (depredación, sustrato entre otros) afectan la presencia del erizo rojo.		(Jurado-Molina et al., 2009)

<p>La presencia de sustrato rocoso o blando aumenta y disminuye el desplazamiento de los erizos respectivamente. Siendo una limitante en su distribución y evasión por depredadores</p>	<p>¿Qué tipo de fondo predomina el área de trasplante?, ¿Qué características predominan en el fondo?</p>	<p>(Laur et al., 1986)</p>
<p>Entre mayor sea la presencia de depredadores invertebrados (langosta roja, estrella de mar girasol), menor va ser la densidad de erizo rojo. Sin importar la presencia de bosques de Kelp</p>	<p>¿Existe la presencia de langosta en el área de trasplante?, ¿En qué relación considera que hay langosta por erizo rojo?, ¿Existe la presencia de estrella de mar girasol en el área de trasplante?, ¿En qué relación considera que hay estrella girasol por erizo rojo?</p>	<p>(Lafferty & Kushner, 2000)</p>
<p>La presencia del depredador clave</p>	<p>¿En qué relación considera que hay</p>	<p>(K. H. Mann, 1971)</p>

(langosta roja) controla la densidad de erizo rojo.	langosta roja por erizo rojo?	
En mayor presencia de erizo la disponibilidad de alimento disminuye (pastando bosques de kelp)	¿Cuántos erizos rojo considera que hay en un metro cuadrado (todas las tallas)?	(K. H. Mann, 1971)
En presencia de hábitats rocosos con grietas hay una probabilidad más alta de que el erizo rojo sobreviva a depredadores.	¿Qué tipo de fondo predomina en el área de trasplante?	(Hereu et al., 2005)
En menor densidad de erizos adultos los erizos juveniles tienen una tasa alta de depredación, disminuyendo su densidad.	¿Cuál considera que es la proporción de erizos mayores de 80mm en el área de trasplante? ¿Al tomar erizos flaco, este tiene erizos más pequeños a su alrededor?	(Hereu et al., 2005)

La presencia de macroalgas (bosques de kelp) formará agregados de erizo rojo	¿Se pesca erizo rojo alrededor del manto de algas cafés o dentro (en el área de trasplante)?	(Russo, 1979)
Con un sustrato rocoso, tendremos mayor presencia de erizo rojo.	¿Qué tipo de fondo predomina en el área de trasplante?	(Palleiro-Nayar et al., 2011)
Con sustratos blandos, es más difícil para el erizo rojo moverse, teniendo una baja densidad de erizo rojo	¿Qué características predominan en el fondo?	(Palleiro-Nayar et al., 2011)
Entre mayor sea la presencia de competidores por alimento y espacio (erizo morado y abulón) habrá menor densidad de erizo rojo.	¿Existe presencia de abulón rojo?, ¿En qué relación considera que hay abulón rojo por erizo rojo?, ¿Existe presencia de erizo rojo en el área de trasplante?, ¿En que relación existe erizo morado por erizo rojo?	(Ramírez-Félix, 2000)

<p>Dependiendo de la disponibilidad de alimento va variar la densidad poblacional del erizo rojo.</p>	<p>¿En el área de trasplante siempre hay algas cafés? ¿En invierno que tanta alga café se observa? ¿En verano que tanta alga café se observa?</p>	<p>(Ramírez-Félix, 2000)</p>
<p>Entre mayor sea la presencia de organismos depredadores, habrá menor densidad de erizo rojo</p>	<p>¿Existe presencia de pez vieja en el área de trasplante? ¿Existe presencia de langosta roja en el área de trasplante? ¿Existe presencia de estrella girasol en el área de trasplante?</p>	<p>(Ramírez-Félix, 2000)</p>
<p>El transportar erizo en contenedores con agua disminuye la mortandad del erizo.</p>	<p>¿Al trasladar erizo rojo al área de trasplante se realizó en contenedores con agua o en seco?</p>	<p>(Warren & Pearce, 2020)</p>
<p>Olas de temperatura como en condiciones niño van afectar</p>		<p>(Arafteh-Dalmau et al., 2019)</p>

<p>negativamente a la población de los organismos sésiles (en años niño se encontraron una disminución en erizos)</p>		
<p>Las anomalías de temperatura afectan la distribución y abundancia de los bosques de kelp, pero a pesar de eso, microclimas específicos de cada región pueden ayudar como refugios para estas algas.</p>	<p>¿La presencia de alga cafe se vio afectada en algún año en específico en los últimos 5 años?</p>	<p>(Cavanaugh et al., 2019)</p>
<p>Los erizos de mar que fueron manipulados, por lo menos el primer día son más propensos a ser depredados y más lentos al adherirse al sustrato</p>	<p>¿Cómo se realiza el trasplante de erizo rojo?</p>	<p>(Bose et al., 2019)</p>

Partiendo del supuesto de la percepción directa de los pescadores	¿Considera que hay un aumento en el índice gonadosomático de los erizos trasplantados?	
Partiendo del supuesto de la percepción de los pescadores: una disminución en viajes en panga representa menores costos para la cosecha de erizo	¿Consideras que los viajes en paga para cubrir la cuota de erizo disminuyeron o aumentaron?	
Partiendo del supuesto de la percepción de los pescadores, la estrategia de trasplante les genera un mayor ingreso económico que la pesca en general	¿Considera que la implementación de la medida de trasplante funciona?	
Partiendo del supuesto de la percepción directa de los pescadores	¿Considera que el tiempo destinado a pescar erizo rojo disminuyó o aumentó?	

Partiendo del supuesto de la percepción directa de los pescadores	¿Considera que el tiempo que necesita el buzo para cubrir la cuota, disminuyó o aumentó?	
-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	--

Anexo 2: Encuesta aplicada a los pescadores de Sociedad de Producción
Pesquera Ensenada, S.C.L.

Medida de repoblamiento de erizo rojo en la Bahía El Rosario, Baja California,
México.

Cuestionario de Encuesta

Fecha de la entrevista:

Día: Mes Año

A. Nombre del entrevistado: _____ B. Nombre del entrevistador: _____

C. Localidad donde se realizó la entrevista: _____

Datos Generales

1.1. Edad: _____

1.2. Cargo(s) que desempeña en la cooperativa _____

1.3. Antigüedad trabajando: _____

1.3.1. Si es pescador ¿Cuántos años tiene pescando? _____

1.3.2. ¿Siempre ha pescado erizo?

1.3.3. ¿Participa en otras pesquerías con organización? Si/No

1.3.4. ¿En cuáles? Abulón/Langosta/Caracol/Escama

Organismos Competidores y Depredadores

1.4 ¿Conoces el área de repoblamiento? (Si no la conoce, terminar la entrevista)

1.5. ¿Has visto abulón rojo en el área de repoblamiento? Si/No (Si contesta NO, pasar a pregunta 1.9)

1.6. ¿Considera que hay mayor presencia de abulón que de erizo rojo? Si /No

1.6.1 ¿En qué relación considera que hay abulón por erizo?

1.7. ¿Has visto erizo morado en el área de repoblamiento? Si/No (Si contesta NO, pasar a 2.0)

1.7.1 ¿Considera que hay mayor presencia de Erizo morado que de erizo rojo?

1.7.2 ¿En qué relación considera que hay erizo morado por erizo rojo?

A	B	C	D	E	OTRO	
---	---	---	---	---	------	--

1.8 ¿Has visto Langosta roja en el área de repoblamiento? Si/No (Si contesta NO, pasar a 2.1)

1.8.1 ¿Considera que hay mayor presencia de Langosta roja que de erizo rojo?

1.8.2 ¿En qué relación considera que hay langosta roja por erizo rojo?

A	B	C	D	E	OTRO	
---	---	---	---	---	------	--

1.9. ¿Has visto Pez Vieja en el área de repoblamiento? Si/No (Si contesta NO, pasar a 2.2)

1.9.1. ¿consideras que hay mayor presencia de pez vieja que de erizo rojo?

1.9.2 ¿En qué relación considera que hay pez vieja por erizo?

A	B	C	D	E	OTRO	
---	---	---	---	---	------	--

2.0. ¿Has visto Estrella de mar Girasol en el área de repoblamiento? Si/No (Si contesta NO, pasar 2.3)

2.0.1 ¿Consideras que hay mayor presencia de estrella sol-girasol que de erizo rojo?

2.0.2 ¿En que relación considera que hay estrella girasol por erizo?

A	B	C	D	E	OTRO	
---	---	---	---	---	------	--

Caracterización del suelo: Área de Repoblamiento

2.1. ¿Qué tipo de fondo predomina el área de repoblamiento?

pedra	Rocas con canales de arena	Arena	Arena con parches de roca
-------	----------------------------	-------	---------------------------

2.2 ¿Qué características predominan en el fondo? Enumera

Erizos encuevados Piedras sueltas Piedras grandes
 Piedras tipo plancha Erizos expuestos Parches de erizo
 Fondo con algas Canales de arena Arenoso

Macroalgas: Área Repoblamiento

2.3 ¿En el área de repoblamiento siempre hay algas café (bosques de kelp) ? (Si/No)

2.4 ¿En Invierno que tanta alga cafe se observa?

No se ve desde la panga 1	Se ven las hojas a media agua 2	Forma manchón en la superficie 3	Hay tanta que se empropela la propela 4
------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------------

2.5 ¿En Verano que tanta alga café se observa?

No se ve desde la panga 1	Se ven las hojas a media agua 2	Forma manchón en la superficie 3	Hay tanta que se empropela la propela 4
------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------------

2.6 ¿La presencia de alga cafe se vio afectada en algún año en específico durante los últimos 5 años? Si/No

Año	
-----	--

Manipulación: Erizo Rojo

2.7 Describe brevemente como se realiza el trasplante de erizo de manera ascendente.

1- Se colocan los erizos flacos en “chinguillos”

2-Se pesan en la panga

4-Se colocan los erizos en: Contenedores con agua / Contenedores vacíos/ contenedores vacíos con una manta o cobija húmeda arriba para protección

5 – Se transportan al área de repoblamiento en un periodo de _____

6- liberan uno por uno en el sustrato / se liberan desde la panga

5- Se libera en el bosque de macroalgas: En el centro / a sus alrededores

2.8 Al trasladar erizo rojo al área de repoblamiento, se realizó

Sumergido	Dentro la panga con una toalla húmeda	Otro:
-----------	---------------------------------------	-------

2.9 Al trasladar erizo rojo al área de repoblamiento, ¿cuáles fueron las tallas predominantes?

Menores de 6 cm	Mayores de 6 cm
-----------------	-----------------

Caracterización de la población: Área de Repoblamiento

3.0 ¿Cuál considera que es la proporción en la población de erizos mayores de 8 cm?

100 %	90%	70%	50%	30%	10%
-------	-----	-----	-----	-----	-----

3.1 ¿Cuántos organismos considera que hay en un metro cuadrado mayores de 8 cm (adultos)?

3.2 ¿La mayor densidad de erizos se encuentra dentro o fuera del bosque de macroalgas?

3.3 ¿Cuántos erizos rojos considera que hay en un metro cuadrado (todas las tallas)?

3.4 ¿Al tomar erizo flaco, este tiene erizos más pequeños a su alrededor?

técnica de pesca

¿Se pesca alrededor del manto de algas cafes o dentro de este?

Percepción de pescadores: Medida de trasplante

3.7 ¿Considera que hay un aumento en las gónadas del erizo? **(Si/No)-**

3.7.1 ¿Considera que los viajes en panga para cubrir la cuota de erizo disminuyeron o aumentaron? (Si/No)

3.8 ¿Considera que los viajes en panga para cubrir la cuota de erizo disminuyeron o aumentaron? (Si responde NO, pasar a 3.9)

3.8.1 ¿Por qué considera que aumentaron?

3.9 ¿Considera que la implementación de la medida de trasplante funciona?

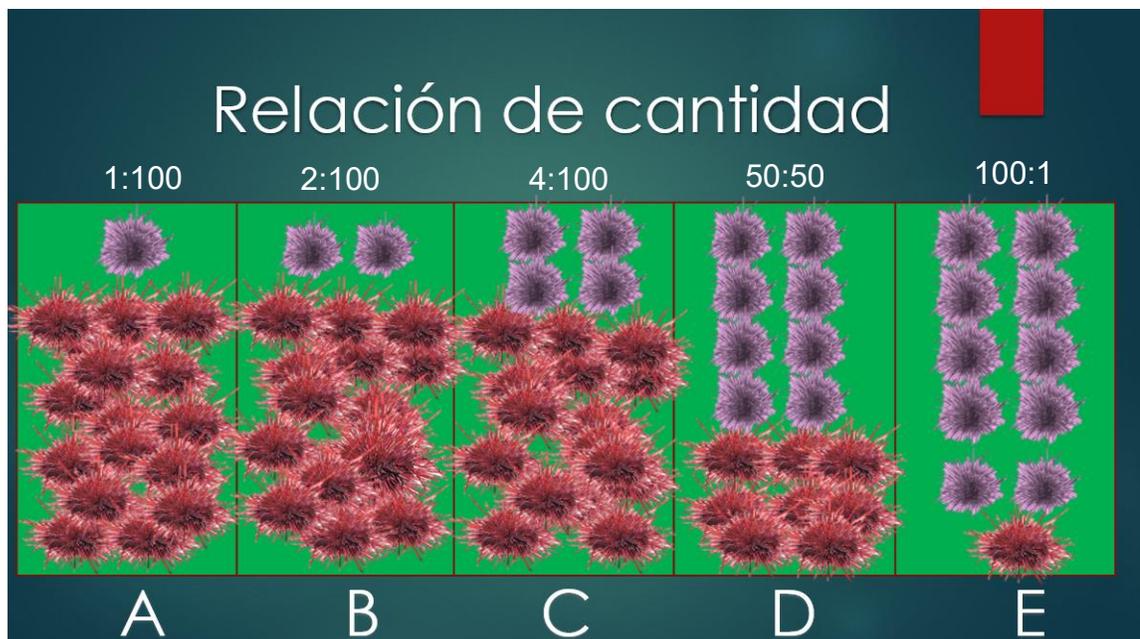
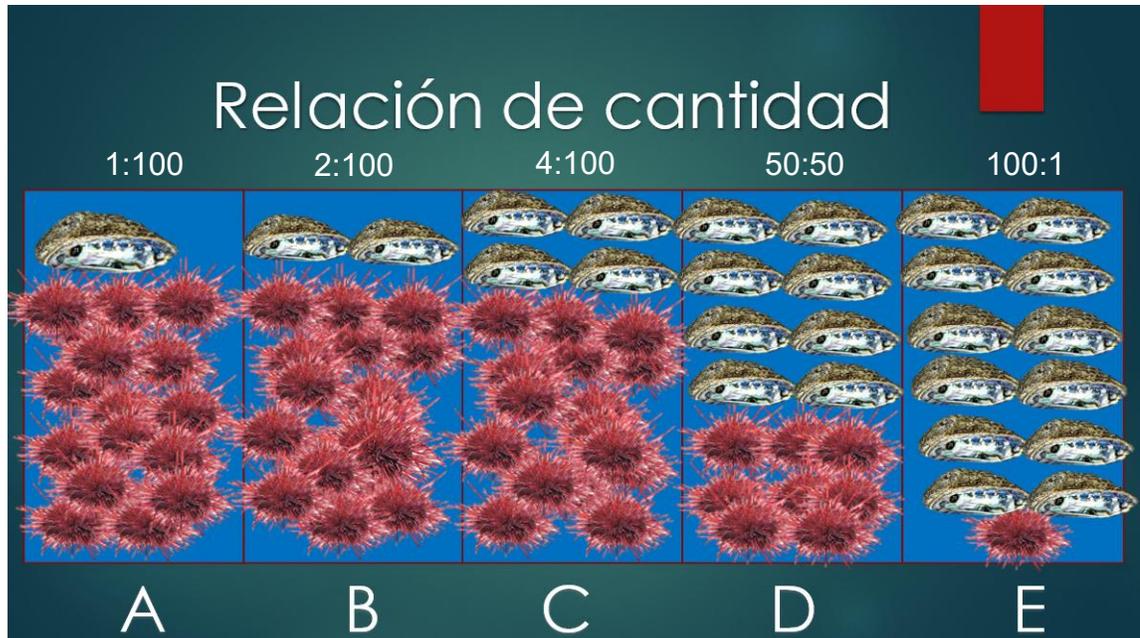
4.0 ¿Considera que el tiempo destinado a pescar erizo disminuyó o aumentó? (si responde disminuyó, pasar a 4.1)

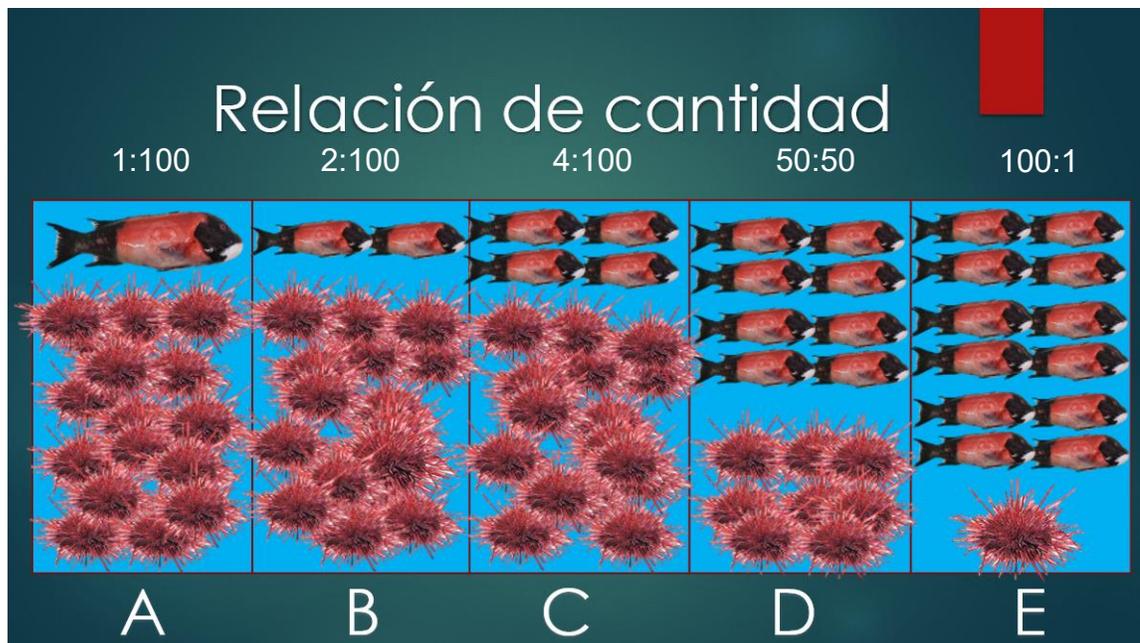
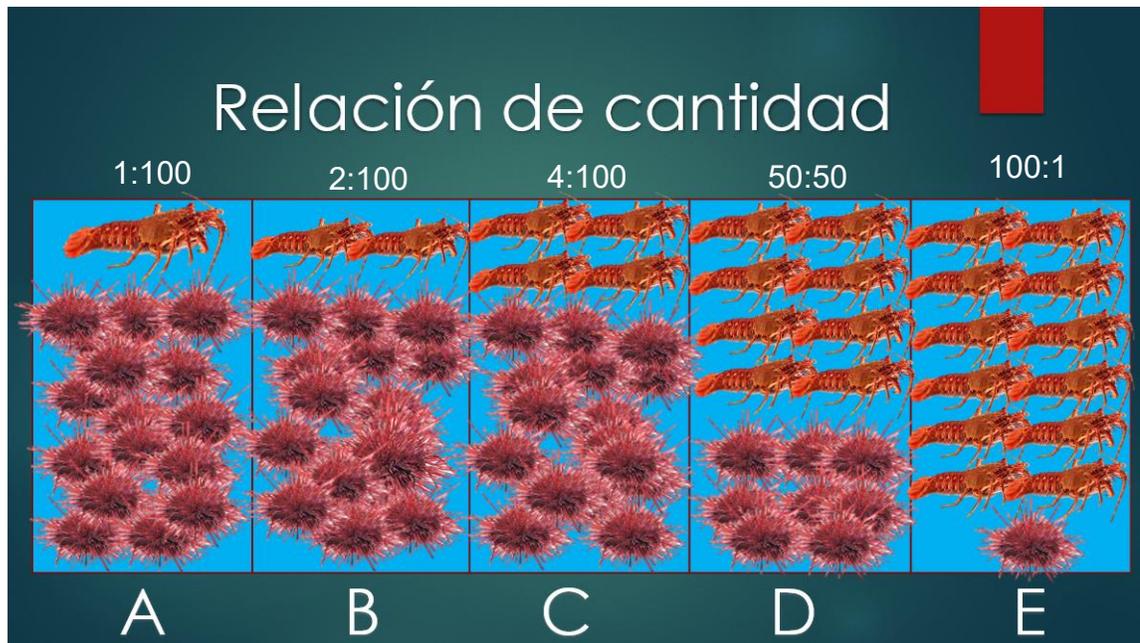
4.0.1 ¿por qué considera que aumentó?

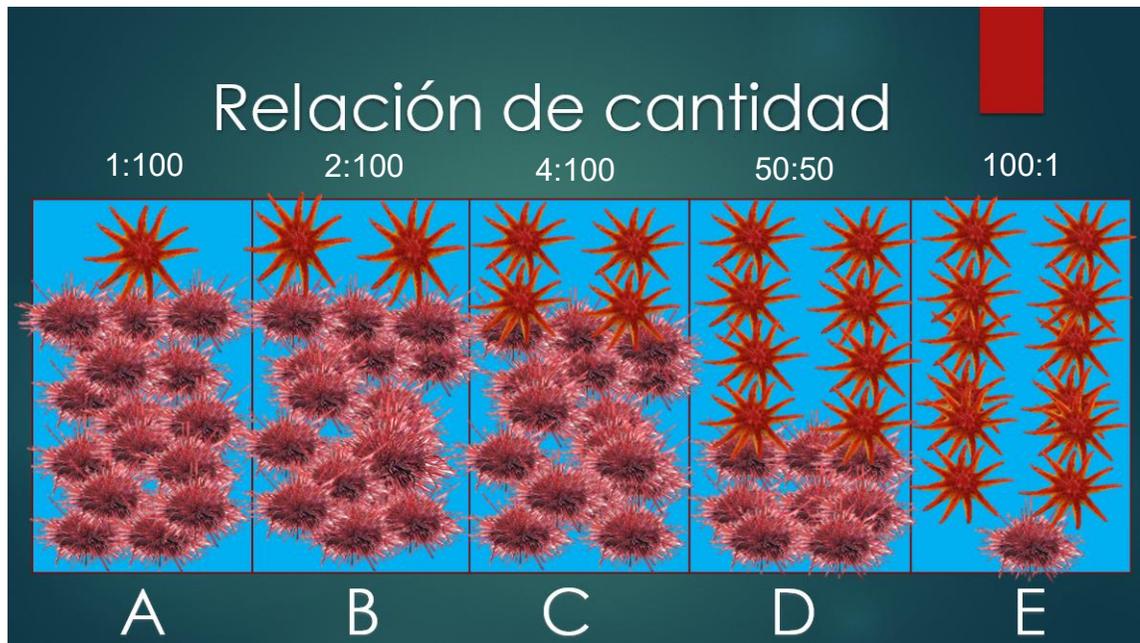
4.1 ¿Considera que el tiempo que necesita el buzo para cubrir la cuota, disminuyó o aumentó? (si responde disminuyo, pasar a 4.3)

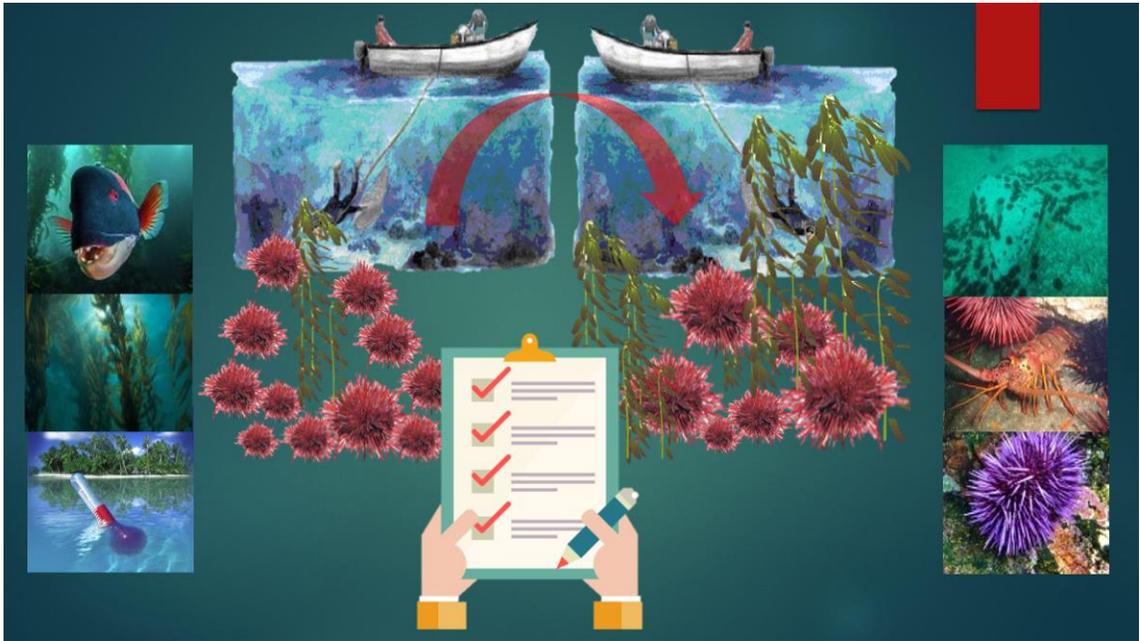
4.2 ¿Por qué considera que aumento?

Anexo 3: Imágenes de apoyo en la aplicación de las encuestas a los pescadores de Sociedad de Producción Pesquera Ensenada, S.C.L.









Anexo 4: Declaración de principios éticos y consentimiento de encuestas proyecto Evaluación de la medida de *trasplante de erizo rojo en la bahía El Rosario*

La Evaluación del **trasplante de erizo rojo en la bahía El Rosario** pretende caracterizar la efectividad de esta medida para el mejoramiento del rendimiento gonadal del organismo. Esta medida de trasplante es llevada a cabo por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Ensenada S.C.L. y el presente estudio es parte de un proyecto de tesis del Programa de Maestría en Oceanografía Costera de la Universidad Autónoma de Baja California del estudiante Alanh Hernández Castillo dirigido por los Drs. Luis Malpica Cruz y José Alberto Zepeda Domínguez. Los resultados de este estudio buscan fortalecer las acciones en favor del desarrollo de estrategias de manejo que fortalezcan la pesquería de erizo rojo en Baja California. Entendemos que todos los participantes como motoristas, cabo de vida, buzos y personal de área de procesamiento, tienen información valiosa sobre esta actividad. Por lo anterior, se solicita de su valioso apoyo a fin de identificar información sobre la caracterización de la población de erizo y su percepción de la medida de trasplante. Se les garantiza que la información obtenida será tratada y presentada siempre de manera anónima, toda la información será confidencial y sólo tendrán acceso a ella los miembros del proyecto. Los desarrolladores de este proyecto nos comprometemos por escrito (se entregará oficio firmado), a hacer llegar los

resultados obtenidos a todos aquellos que cooperen en el mismo brindando información y su tiempo.

Si está de acuerdo con responder la encuesta, firme de conformidad a continuación con su nombre. (Esta lista de nombre y firmas solo pretende obtener su consentimiento a participar en la encuesta, no se relacionará con la información que se obtenga de su parte.)

Nombre	Puesto	Firma consentimiento	Número Celular