

La investigación reportada en esta tesis es parte de los programas de investigación del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California).

La investigación fue financiada por el CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías).

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo o titular de los Derechos Autor.

CICESE@ 2024. Todos los derechos reservados.

**Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, Baja California**



---

**Maestría en Ciencias  
en Ecología Marina**

---

**Simulación de efectos en la flota atunera mexicana relativos a  
la implementación de un Plan de Acción propuesto para el  
manejo de la capacidad de pesca en el Pacífico Oriental y la  
aplicación de un Modelo General Lineal**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Presenta:

**Enrique Isaí Barco Alejandro**

Ensenada, Baja California, México

2024

Tesis defendida por

**Enrique Isaí Barco Alejandro**

y aprobada por el siguiente Comité

**Dra. Ma. Elena Solana Arellano**  
Codirectora de tesis

**Dr. Michel Jules Dreyfus León**  
Codirector de tesis

**Dr. Rafael Ramírez Mendoza**

**Dr. Héctor Alonso Echavarría Heras**

**Dra. María Teresa Carreón Zapiain**



**Dr. Rafael Andrés Cabral Tena**  
Coordinador del Posgrado en Ecología Marina

**Dra. Ana Denise Re Araujo**  
Directora de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis que presenta **Enrique Isaí Barco Alejandro** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

**Simulación de efectos en la flota atunera mexicana relativos a la implementación de un Plan de Acción propuesto para el manejo de la capacidad de pesca en el Pacífico Oriental y la aplicación de un Modelo General Lineal**

Resumen aprobado por:

**Dra. Ma. Elena Solana Arellano**  
Codirectora de tesis

**Dr. Michel Jules Dreyfus León**  
Codirector de tesis

Los océanos han influenciado directamente en la historia y al desarrollo de la humanidad. Debido a su extensión espacial e importancia como fuente de recursos, propiciaron una de las principales actividades de sostenimiento humano: la pesca. Uno de los principales grupos pesqueros son los túnidos, para el Pacífico Oriental destacan: el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*) y atún patudo (*Thunnus obesus*); siendo el atún aleta amarilla la principal especie objetivo de la flota atunera mexicana. El aprovechamiento de estos organismos ha aumentado significativamente a través de los años, implicando el aumento en el número de embarcaciones y en el esfuerzo pesquero, consiguiendo ejercer una alta presión en las poblaciones. En el área de manejo de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) existe un exceso en la capacidad de flota, por lo que se han buscado opciones para reducir la capacidad de la flota atunera en pro de mantener una gestión sustentable del recurso. La CIAT ha buscado alternativas ecológicas y económicas, lo cual ha dado como resultado la propuesta del Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota. La propuesta cimienta su estructura en una visión económica, la cual estimularía la reducción de la capacidad y el esfuerzo pesquero por parte de las flotas. Sin embargo, a la fecha no hay ningún acuerdo para implementarlo, más aún, no han realizado simulaciones o ejercicios previos a su aplicación, por lo que en este trabajo pretendemos poner a prueba el Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota para estimar su aplicación en la flota atunera mexicana y contrastar sus resultados con Modelo General Lineal (MGL). Mediante la simulación de ambas metodologías se determino que no existen diferencias significativas entre la captura total real y la captura total generada por el Plan de Acción, demostrando la existencia de variabilidad en la captura de túnidos por parte de la flota atunera mexicana, a su vez, la aplicación del MGL determino la importancia de la comunicación entre embarcaciones para la captura total de túnidos en área de gestión de la CIAT.

**Palabras clave: Túnidos, Capacidad de flota, gestión, modelo GLM**

Abstract of the thesis presented by **Enrique Isai Barco Alejandro** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology

**Simulation of effects on the Mexican tuna fleet related to the implementation of a proposed Action Plan for the management of fishing capacity in the Eastern Pacific and the application of a General Linear Model**

Abstract approved by:

**Dra. Ma. Elena Solana Arellano**  
Codirectora de tesis

**Dr. Michel Jules Dreyfus León**  
Codirector de tesis

The oceans have had a direct influence on the history and development of mankind. Due to their spatial extension and importance as a source of resources, they have favored one of the main human sustenance activities: fishing. One of the main fishing groups are the tuna species, for the Eastern Pacific: yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*); yellowfin tuna being the main target species of the Mexican tuna fleet. The exploitation of these organisms has increased significantly over the years, which has led to an increase in the number of vessels and fishing effort, exerting high pressure on the populations. In the management area of the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) there is an excess in fleet capacity, so options have been sought to reduce the capacity of the tuna fleet in order to maintain sustainable management of the resource. The IATTC has sought alternatives, which has resulted in the proposed Action Plan for Fleet Capacity Management. The proposal is based on an economic vision, which would stimulate the reduction of fishing capacity. However, to date there is no agreement to implement it, and furthermore, no simulations or exercises have been carried out prior to its application. The proposal's structure is based on an economic vision, which would stimulate the reduction of fishing capacity and effort by the fleets. However, to date there is no agreement to implement it, moreover, no simulations have been carried out prior to its application, so in this work we intend to test the Action Plan for Fleet Capacity Management to estimate its application in the Mexican tuna fleet and contrast its results with the General Linear Model. Through the simulation of both methodologies, it was determined that there are no significant differences between the real total catch and the total catch generated by the Action Plan, demonstrating the existence of variability in the tuna catch by the Mexican tuna fleet. At the same time, the application of the GLM determined the importance of communication between vessels for the total catch of tuna in the IATTC management area.

**Keywords: Tuna, Fleet capacity, management, GLM model**

## Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, Enrique Barco Pérez y María Susana Alejandro Ortega, el puerto al que siempre puedo regresar para regocijarme, descansar y levantarme de nuevo y con mucha más fuerza hacia las rutas de mi viaje por las montañas, el desierto, la selva... por la vida.

A mis hermanos y hermanas de mi bella ciudad de las montañas, por siempre escucharme y ser mi red de apoyo ante la adversidad.

A mi pequeña hermana Alexa, por apoyarme y no dejar que me rinda en el camino de cumplir mis sueños.

También quiero dedicar este trabajo a una persona muy especial, Karla Elisa Martínez Cota, fue mi compañera, amiga y equipo en este viaje, me salvaste tantas veces que ya ni puedo contarlas, fuiste mi todo en Ensenada, gracias por tanto y perdón por tan poco mi wombat.

Cada uno de mis triunfos en la vida no sería posibles sin ustedes, se los agradezco con todo mi corazón. Esto es solo el principio.

Por último, pero no menos importante, quiero dedicar este trabajo a mí mismo, por nunca rendirme ante las adversidades que se me presentaron en el camino, por mostrar resiliencia aun cuando me quería derrumbar, todo esto es por y para ese niño que soñaba con estudiar el mar. Siempre lucha por tus sueños.

## Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y al posgrado en Ecología Marina por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado y contribuir a mi formación profesional y académica.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado para poder llevar a cabo este estudio y mis estudios de posgrado (No. CVU 1105657).

A mis directores de tesis, la Dra. Ma. Elena Solana Arellano y el Dr. Michel Dreyfus León, por las horas dedicadas a mi formación, a parte de las clases, las dedicadas a este trabajo; por todo el apoyo y guía, así como por la paciencia.

A los miembros de mi comité de tesis, el Dr. Héctor Alonso Echavarría Heras y al Dr. Rafael Ramírez Mendoza, por su acompañamiento y asesoría en este proyecto, enriqueciendo este trabajo con sus observaciones y comentarios acertados y críticos.

A la Dra. María Teresa Carreón Zapiain, por ser mi ejemplo, mi madre académica, mi apoyo y guía en este hermoso camino de la ciencia, desde la licenciatura hasta hoy en día. Gracias por siempre creer en mí.

A mis padres Enrique Barco Pérez y María Susana Alejandro Ortega por siempre apoyarme e impulsarme a cumplir cada una de mis metas a pesar de la distancia y la dificultad. No hubiese podido elegir unos mejores padres que ustedes.

A mi hermanita Alexa, por siempre escucharme, apoyarme y creer en que podía con todo esto, te quiero mucho.

A mi familia ensenadense, Gloria, Mario, Enrique, Rodrigo, Aimy, Dayana, Xaremy y el pequeño tiguier, gracias por hacerme sentir en casa y parte de su hermosa familia. Gracias a ustedes mi estadía en el puerto fue muy bella, la atesoraré por siempre en el corazón.

A mis amigos Martín, Rubio, Dani, Melanie, Javi, Marcela, Pau, Teo, Sofía, Monika, Ángel, Erika, Norma, Eliseo, Héctor, Aza, Grecia, Merari por ser mi red de apoyo, sin cada uno de ustedes esto no sería posible.

Al laboratorio de Ecología Matemática, Elena Solana, Olga Flores, Deira del Carmen, David Ramírez, Adán Avilés, Cristhian Salazar y Mauricio Martagon por todo el trabajo y soporte aportado a la realización de esta tesis, así como fuera del laboratorio.

A Dios, a la vida, al universo, al mar por darme la oportunidad de trabajar en este hermoso medio.

## Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	x
Lista de tablas .....	xii
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	3
1.1.1 Historia de la pesquería del atún .....	3
1.1.1.1 En el mundo .....	3
1.1.1.2 En México .....	4
1.1.1.3 Embargos atuneros .....	5
1.1.2 Factores ambientales .....	7
1.1.3 Organizaciones Regionales de Ordenamiento Pesquero .....	8
1.1.4 Gestiones a la pesquería .....	8
1.2 Justificación .....	11
1.3 Hipótesis.....	11
1.4 Objetivos .....	12
1.4.1 Objetivo general .....	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
<b>Capítulo 2. Metodología.....</b>	<b>13</b>

2.1	Área de estudio .....	13
2.2	Obtención de los datos .....	14
2.2.1	Datos ambientales.....	14
2.2.2	Comunicación entre embarcaciones.....	15
2.3	Análisis de los datos.....	16
2.4	Simulación del Plan de Acción.....	19
2.5	Modelo General Lineal (GLM) .....	20
2.5.1	Simulación GLM excluyendo embarcaciones.....	22
2.5.2	Comparación GLM y Plan de Acción.....	23
2.6	Simulación del Plan de Acción tomando en cuenta individualmente la CTxD por año .....	23
<b>Capítulo 3. Resultados .....</b>		<b>24</b>
3.1	Variabilidad- Estadística básica en los datos.....	24
3.1.1	Años.....	24
3.1.2	Empresas .....	27
3.1.3	Barcos.....	30
3.1.3.1	Empresa 1.....	32
3.1.3.2	Empresa 2.....	33
3.2	Simulación.....	35
3.2.1	Simulación PAEP y Plan de Acción.....	35
3.2.2	Simulación Modelo General Lineal (GLM).....	46
3.2.2.1	GLM E1 .....	46
3.2.2.2	GLM Empresa 2 .....	48
3.2.3	Simulación del GLM y del Plan de Acción excluyendo embarcaciones.....	49
3.3	Comparación Plan de Acción vs GLM.....	58
3.4	Simulación del Plan de Acción tomando en cuenta individualmente la CTxD por año .....	60

<b>Capítulo 4. Discusión.....</b>	<b>64</b>
4.1 Variabilidad espacio-temporal de Captura Total .....	64
4.2 Plan de Acción .....	66
4.3 Modelo General Lineal (GLM) .....	67
4.4 Contraste de escenarios de simulación del Plan de Acción y del GLM excluyendo embarcaciones 68	
<b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>	<b>70</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexos</b>	<b>75</b>

## Lista de figuras

Figura	Página
1. Zona de Exclusividad Económica de México en su región del océano Pacífico. ....	13
2. Captura Total por día (CT/D) promedio anual abordando el período de estudio (2016-2021), obtenida dividiendo la captura anual de todas las embarcaciones entre el total de días de pesca de todas las embarcaciones. ....	25
3. Captura por día promedio de cada viaje durante el período de estudio (2016-2021). ....	25
4. Captura Total Anual por empresa durante el período de estudio... ..	28
5. Promedio de Captura Total por día. ....	28
6. Captura Total promedio por día (CT/D) por viaje por empresa abordando el período de estudio (2016-2021). ....	29
7. Variación de Captura Total Anual por embarcación.....	32
8. Variación de Captura Total por Día de cada cada embarcación.... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
9. Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción (verde) y el escenario de simulación normal PAEP (azul) basado en el promedio de captura total durante los años de gestión 2016-2021 para la E1. ....	42
10. Contraste de Captura Total Anual (verde) entre la simulación del Plan de Acción y el escenario de simulación normal PAEP (azul) basado en el promedio de captura total durante los años de gestión 2016-2021 para la E2. ....	46
11. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones. ....	52
12. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones E1.....	53
13. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones, siendo el escenario de exclusión E2.01 (azul) y el GLM (naranja) con todos los navíos.....	57
14. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del PDA en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones.....	57
15. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del Plan de Acción y el GLM para E1.....	58

16. Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del Plan de Acción y el GLM para E2.....59
17. Contraste de Captura Total Anual de la E1 entre la simulación del Plan de Acción (naranja) y el escenario de simulación basado en el valor individual de captura total anual durante los años de gestión 2016-2021 (azul).....62
18. Contraste de Captura Total Anual de la E2 entre la simulación del Plan de Acción (naranja) y el escenario de simulación basado en el valor individual de captura total anual durante los años de gestión 2016-2021 (azul).....63

## Lista de tablas

Tabla	Página
1. Porcentaje de comunicación entre embarcaciones.....	15
2. Interpretación del Factor de Bayes sugerido por Jeffreys (1961), tomado de Ellison (1996).....	18
3. Captura Total Anual de la flota atunera mexicana.....	24
4. Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por años mediante anova paramétrico.....	26
5. Diferencias estadísticas en Captura Total (CT) por años a través de una prueba de análisis de varianza Bayesiano.....	26
6. Diferencias en Captura Total diaria (CTxD) por años a través de una prueba de análisis de varianza Bayesiano.....	26
7. Estimaciones de las 8 empresas que comprende a la flota atunera mexicana durante el lapso de estudio.....	27
8. Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por empresa mediante anova paramétrico.....	29
9. Diferencias en Captura Total (CT) por empresa a través de una prueba de análisis de varianza.....	30
10. Diferencias en Captura Total por día (CTxD) por empresa a través de una prueba de análisis de varianza.....	30
11. Estimaciones de Captura total diaria de la empresa 2 (E2), durante el lapso de estudio.....	31
12. Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación mediante anova paramétrico.....	32
13. Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación para E1 mediante prueba paramétrica.....	33
14. Rankings de CTxD individuales pertenecientes a embarcaciones de la E1.....	34
15. Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación para E2 mediante prueba paramétrica.....	33
16. Rankings de CTxD individuales pertenecientes a embarcaciones de la E2.....	34

17. Estimación del TAE a través del promedio de días de pesca anual de cada empresa de la flota atunera mexicana durante el lapso de estudio (2016-2021), comprendido por: Años, Número de días anuales por empresa y el promedio anual de días de toda la flota.....	35
18. División del TAE por empresa a partir de: Año, Cantidad de días por empresa específico por año, Porcentaje TAE por empresa específico por año, Número de Empresa.....	36
19. TAE específico por empresa para ejercicio de simulación.....	36
20. TAE por embarcación de la empresa 1 (E1), constituido por: Código de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2021.....	37
21. Días disponibles por embarcación para la E1 con base en el TAE de 4919 días.....	38
22. Captura Total por día (toneladas) promedio para las embarcaciones de la E1.....	39
23. Cantidad de días asignados para las embarcaciones de la E1 en la simulación del Plan de Acción, comprendiendo: Código de embarcación, CTxD promedio durante el período de 2016-2021 y Cantidad de Días Asignados con base en la eficiencia de pesca de cada embarcación (mayor cantidad de CTxD).....	40
24. Captura Total Anual de las embarcaciones de la E1 contemplando la captura real promedio de los seis años de gestión 2016-2021 en contraste de la captura total anual generada mediante el Plan de Acción.....	41
25. Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción y el escenario de simulación normal PAEP mediante la aplicación de una prueba t.....	42
26. TAE por embarcación de la empresa 2, constituido por: Número de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2021.....	43
27. TAE por embarcación de la empresa 2, constituido por: Número de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2018.....	43
28. Días disponibles por embarcación para la E2 con base en el TAE de 1600 días.....	44
29. Captura Total por día (CTxD) promedio durante el período de 2016-2021 para la E2.....	44
30. Cantidad de días asignados para las embarcaciones de la E2 en la simulación del Plan de Acción, comprendiendo: Código de embarcación, CTxD promedio durante el período de 2016-2020 y Cantidad de Días Asignados con base en la eficiencia de pesca de cada embarcación (mayor cantidad de CTxD).....	45
31. Captura Total Anual de las embarcaciones de la E2 contemplando la captura real promedio de los seis años de gestión 2016-2021 en contraste de la captura total anual generada mediante el Plan de Acción.....	45

32. Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción y el escenario de simulación normal PAEP mediante la aplicación de una prueba t.....	46
33. Coeficientes de variación para el GLM de E1 y sus valores descriptivos.....	47
34. Coeficientes de variación para el GLM de E2 y sus valores descriptivos.....	49
35. Cantidad de días que la embarcación E1.07 extrapolaría al resto de la flota E1.....	50
36. Adición de días pertenecientes a la embarcación E1.07 al resto de la flota de la E1 y posterior conversión de días totales a número de lances bajo la constante (1 día= 0.91 lances).....	50
37. Aplicación del GLM en los distintos escenarios de simulación excluyendo embarcaciones..	50
38. Conversión de los valores obtenidos de la aplicación del GLM a su valor de logaritmo natural.....	51
39. Número de días de cada escenario de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.....	51
40. Captura Total Anual (toneladas) obtenida a partir de los escenarios de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.....	52
41. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del GLM con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.....	53
42. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del PDA con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.....	54
43. Cantidad de días que la embarcación E2.01 extrapolaría al resto de la flota E2.....	54
44. Adición de días pertenecientes a la embarcación E2.01 al resto de la flota de la E2 y posterior conversión de días totales a número de lances bajo la constante (1 día= 0.91 lances).....	55
45. Aplicación del GLM en los distintos escenarios de simulación excluyendo embarcaciones..	55
46. Conversión de los valores obtenidos de la aplicación del GLM a su valor de logaritmo natural.....	55
47. Número de días de cada escenario de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.....	56
48. Captura Total Anual (toneladas) obtenida a partir de los escenarios de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.....	56
49. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del GLM con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.....	56

50. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del PDA con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.....	58
51. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de simulación del Plan de Acción y GLM mediante la aplicación de una prueba t.....	59
52. Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de simulación del Plan de Acción y GLM mediante la aplicación de una prueba t.....	59
53. Captura total diaria (CTxD) promedio anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E1.....	60
54. Captura total anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E1 presente en los distintos años que comprende el período de estudio..	61
55. Contraste entre simulaciones de captura total anual para la E1.....	61
56. Captura total diaria (CTxD) promedio anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E2.....	62
57. Captura total anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E2 presente en los distintos años que comprende el período de estudio.....	63
58. Contraste entre simulaciones de captura total anual para la E2.....	63
59. Comunicación entre embarcaciones de la empresa 2 para el año 2016.....	75
60. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de los Años (2016-2021).....	76
61. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de los Años (2016-2021).....	77
62. Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las empresas.....	78
63. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las empresas.....	80
64. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las embarcaciones de la E1.....	82
65. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las embarcaciones de la E1.....	94
66. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las embarcaciones de la E2.....	106
67. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las embarcaciones de la E2.....	108

## Capítulo 1. Introducción

---

Los océanos han influenciado directamente en la historia y el desarrollo de la humanidad. Debido a su extensión espacial e importancia como fuente de recursos, propiciaron una de las principales actividades de sostenimiento humano: la pesca. Vestigios históricos revelan que las actividades pesqueras se han llevado a cabo por muchas civilizaciones desde hace 12 mil años tanto en aguas continentales como en el mar abierto con el fin de satisfacer necesidades alimenticias en todas las regiones del planeta, cimentándose como una de las principales fuentes de ingreso económico para la sociedad (Moreno y Abad, 1971; Hilborn y Walters, 1992; Fernández, 1987; Cravioto, 1999; FAO, 2022b). Con el paso del tiempo se han modificado y generado nuevas técnicas y herramientas de pesca; las cuales van desde los primeros anzuelos de hueso hasta las actuales súper embarcaciones comerciales, provocando el crecimiento de esta actividad, posicionándola como un sector económico básico a escala global (FAO, 2022b). Un gran fragmento de la población humana a nivel mundial depende de actividades ligadas con la pesca: ya sea como fuente de alimento, empleo u ámbito deportivo; debido a la explosión demográfica la demanda de estos recursos se ha incrementado, generando que un gran número de especies y poblaciones ícticas presenten un intenso aprovechamiento ligado al excedente de capacidad pesquera (Cravioto, 1999; FAO, 2022b).

Las actividades pesqueras desempeñan a nivel mundial un rol importante en el suministro de alimentos, ingresos, empleo y cultura. Estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), advierten que la demanda de pescado a nivel global ha aumentado en las últimas cinco décadas a un ritmo anual de 3.2%, llegando a alcanzar un record de producción pesquera de 214 millones de toneladas en 2020 tomando en cuenta las actividades pesqueras y de acuacultura (FAO, 2022b).

Los túnidos son uno de los principales recursos de interés pesquero, que debido a su alto valor comercial son aprovechados en todas las regiones del planeta (Moreno y Abad, 1977; Cravioto, 1999; FAO, 2022a). Una de las características primordiales de este grupo es su elevada movilidad y amplia distribución, llegando a ser consideradas especies altamente migratorias, desplazándose libremente a través de zonas marítimas bajo diferentes regímenes legales más allá de altamar (Nikolsky y Birkett, 1963; Hammond, 1981; Arenas *et al.*, 1992; Ásmundsson, 2016; FAO, 2022a). Con base en este atributo, y en pro de regular la gestión del recurso se crearon las siguientes Organizaciones Regionales de Ordenamiento Pesquero

(OROP): Comisión para la Conservación del Atún Aleta Azul del Sur (CCAAAS), Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), Comisión del Atún del Océano Índico (CAOI), Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central (CPPOC) y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). Ésta última posee como miembros a todos los países de Norte y Centroamérica, incluido México.

En las aguas mexicanas el principal aprovechamiento pesquero lo ejercía la flota de Estados Unidos, pero fue a partir de 1950 que la pesquería de túnidos en México tuvo un gran impacto. La diferencia entre la flota mexicana con respecto a su contra parte estadounidense era abrumadora en capacidad y tamaño, imposibilitando el crecimiento de la industria atunera mexicana; este hecho fue modificándose con base en la implementación de medidas internacionales como la estipulación de la zona de exclusividad económica (ZEE), elemento que le permitió a México restringir el aprovechamiento de sus aguas, propiciando el desarrollo de su flota y el de la industria atunera (Lemus, 2002; Portilla, 2008). El período comprendido entre 1980-2000 marca un punto de ascenso en el aspecto pesquero para México, llegando a posicionar a la flota atunera mexicana como una de las principales en el mundo, pese a contar con problemas en su ascenso como los embargos impuestos por EUA; actualmente la flota atunera mexicana es tomada como ejemplo en materia de red de cerco y protección a mamíferos marinos (Portilla, 2008).

El progreso de las pesquerías dio origen a algunas problemáticas a nivel global, debido a que, con base en aspectos sociales como el crecimiento de la población, se intensificó la demanda de pescado, transformando las flotas pesqueras en capacidad y alcance; pudiendo ejercer una presión en las poblaciones de ícticas a tal punto de definirlo como “sobrepesca”, situación que hace alusión a la captura de tantos ejemplares de una especie o población marina que altera la repoblación (Salas *et al.*, 2016). En respuesta a esta situación, las organizaciones regionales de ordenamiento pesquero han generado estrategias de control en pro de la gestión y protección de las poblaciones de peces, que van desde enfoques ecológicos hasta económicos. Un ejemplo de regulaciones es el caso de la CIAT en el Océano Pacífico Oriental, la cual ha gestionado la pesquería de túnidos a través de la aplicación de vedas espaciales y temporales, abordando, la posible problemática de exceso en la capacidad pesquera mediante resoluciones entre los países que conforman este organismo regulatorio (CIAT, 2022). Actualmente la CIAT, preocupada por el exceso de capacidad pesquera, solicitó a un consultor externo la formulación de un Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota basado en fórmulas de asignación de días en el mar regidas por los lineamientos económicos, además de un programa de crédito transferible con el fin de compensar los problemas creados por el exceso de la capacidad de flota en el área de jurisdicción de la CIAT (Squires, 2018). Considerándolo un primer paso de un programa más amplio de gestión de la

capacidad de flota, ya que para su ejecución en el área jurisdicción de la CIAT, el consultor, propone aplicar un programa piloto de tres años, sin embargo, no existe acuerdo por parte de los 21 países que conforman la CIAT para dar inicio con este proyecto (Squires, 2018).

Por ello, en este estudio se efectúa una simulación de la aplicación del Plan de Acción de la CIAT a la flota atunera mexicana en un periodo de seis años, con el objetivo de vislumbrar los efectos que esta medida de gestión generaría, además de contrastar sus resultados con un Modelo General Lineal que contempla, simultáneamente variables ambientales y la comunicación entre embarcaciones pesqueras.

## **1.1 Antecedentes**

### **1.1.1 Historia de la pesquería del atún**

#### **1.1.1.1 En el mundo**

Cravioto (1999) señala que desde la época romana (siglo IV) las zonas marítimas hispánicas asociaban a los túnidos no solo como símbolo de pesca, sino que representaban a la economía, llegando a estar plasmados en amonedaciones; destacando, además, el conocimiento que tenían estas sociedades sobre el desplazamiento de estos organismos en el mar mediterráneo a través de diferentes lapsos temporales y espaciales, ligándolo con su aprovechamiento pesquero.

El continente europeo no es la única región en donde se tienen vestigios de civilizaciones que utilizaron al océano como fuente de sostenimiento, sociedades en Asia y América demostraron tener conocimientos sobre el aprovechamiento de poblaciones marinas (Morales, 2007; Ayo, 2020). Enfatizando el caso de Japón, que, en razón de su posición geográfica, liga su historia directamente con el océano; desarrollando artes de pesca, metodologías e inclusive creando embarcaciones cuyo propósito radicaba en el sustento alimenticio. Uno de los principales grupos objetivo de la flota pesquera japonesa fueron los túnidos, aprovechamiento que propició su expansión alrededor del Pacífico durante la primera mitad del siglo XX debido a los avances tecnológicos e industrialización de los buques; llegando a posicionarla como la principal flota exportadora de atún en el mundo (Ayo, 2020).

La expansión de la flota atunera japonesa no significó únicamente un crecimiento en la economía del país nipón, sino que permitió el desarrollo de nuevas potencias pesqueras, como lo fue el caso México, donde los pescadores japoneses impulsados por el Tratado de Amistad y Comercio entre ambos países tomaron un rol clave en la industria pesquera en Baja California, traspasando sus técnicas de pesca y conocimiento a sus contrapartes mexicanos. Estos acontecimientos, junto a la influencia de la flota americana, sembraron las bases de la industrialización de la flota atunera mexicana y de medidas administrativas en materia pesquera (Morales, 2007).

#### 1.1.1.2 En México

La historia de la pesca en México data de la época prehispánica; sociedades zapotecas, mexicas y mayas denotaban el conocimiento de especies marinas mediante la ilustración de las mismas en códices (Lemus, 2002). El uso que estas culturas le daban a los recursos marinos fue principalmente de sustento, aunque como efectos secundarios destacaba el impulso en las vías de comunicación y el comercio (Lemus, 2002; Contreras, 2002).

La pesquería de túnidos en el país no tomó relevancia sino hasta 1950. Previamente la flota estadounidense aprovechaba el recurso en la costa mexicana; generando en más del 70% de la producción total de estados como California. Este hecho se propiciaba debido a que, en el Pacífico Oriental, la pesquería de túnidos se basaba en una cuota global administrada por la CIAT, ésta se interpretaba como: “el que llega primero, pesca primero”, lo que daba ventaja a las flotas con mayor capacidad pesquera, como la estadounidense, misma que representaba el 90% de la capacidad de acarreo con 300 barcos, mientras que México solo contaba con 17 navíos (Portilla, 2008).

Ante esta situación, México apeló en contra de las políticas de la CIAT, en particular al reparto inequitativo para el aprovechamiento de los recursos del océano, la obstaculización de la construcción de nuevos buques y el derecho de aprovechar sus zonas litorales nacionales, siendo un punto de inflexión su participación en la Convención sobre la Ley del Mar en 1976, la cual cimentó la creación de la zona económica exclusiva (ZEE); estipulando que los Estados soberanos podían ejercer su jurisdicción hasta 200 millas náuticas para su exploración, aprovechamiento, conservación y manejo de los recursos marinos de esta zona (Portilla, 2008).

La aplicación de la ZEE representó un triunfo para los países en vías de desarrollo en razón del uso y aprovechamiento de los recursos del océano en forma equitativa. México, presentó un crecimiento notable, debido a una serie de condiciones particulares: en sus costas abundaba una especie de alto valor para el mercado, el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), una alta industrialización de las cooperativas en las zonas costeras y bajo costo de transporte hacia las empacadoras. Estas condiciones permitieron a la pesca cerquera mexicana aumentar sus capturas, además de una diversificación comercial al mercado global, posicionando al país como la tercera flota más importante debido a su tamaño y la primera como exportadora de atún congelado en el mundo (Lemus, 2002).

### 1.1.1.3 Embargos atuneros

El océano siempre ha sido visto como una fuente de recursos para el hombre, por ello se establecieron dos posturas para su aprovechamiento: la libertad de navegación y la postura de un mar cerrado; la primera de ellas sentó las bases de “mare liberum” (mar libre), concepto apropiado por la mayoría de las naciones, la cual cimbró las bases de la regulación comercial marítima (Loyola, 1996). Dentro de esta ramificación de regulaciones, nació la ZEE; la cual además de significar el crecimiento de muchas nuevas industrias como lo fue la pesquería mexicana, propicio fricción entre naciones, destacando el caso de Estados Unidos; país que experimentó una debacle, debido a que el 90% de sus capturas de atún se realizaban en zonas de exclusividad económica de otros países, incluyendo México (Del Moral y Vaca, 2009). Nuestro país ejerció su derecho sobre la aplicación de la ZEE, en respuesta Estados Unidos proclamó un embargo en 1980 que se prolongó hasta 1986, resultando en el cierre del principal mercado comprador de la industria pesquera mexicana dirigiendo la exportación hacia Europa, traduciéndose en una fuerte pérdida económica debido a la sobreproducción del recurso. Gracias al levantamiento del primer embargo y el papel de la iniciativa privada, la cual generó la adquisición de nuevas y modernas unidades pesqueras, la flota atunera mexicana alcanzó un máximo de 95 buques (Del Moral y Vaca, 2009).

El crecimiento de la industria mexicana continuó afectando a la estadounidense, fue gracias a la intervención de grupos ecologistas y empresas enlatadoras que se desencadenaron la generación de nuevas reglamentaciones por parte de Estados Unidos, y que terminó afectando a la flota mexicana, como lo fue la Ley de protección de los mamíferos marinos, cuya aplicación provocó un segundo embargo atunero para la flota mexicana en 1990. Dicho bloqueo comercial se sustentaba en la asociación entre atún aleta amarilla con los delfines, la cual, según una de las principales hipótesis, se produce cuando

ambas especies se alimentan (Nikolsky y Birkett, 1963; Hammond, 1981; Arenas *et al.*, 1992). Con base en esta sinergia operan la mayoría de los buques en México, ya que los delfines suelen nadar por encima de los cardúmenes de atún aleta amarilla, permitiendo localizar estas especies objetivo. Una vez visualizados, los barcos cercan el cardumen con el arte de pesca, recogéndola desde la parte inferior, reduciendo gradualmente el área de la misma; bajo esta metodología los delfines pueden quedar atrapados en la red y terminar ahogándose (Ortega y Muhila, 1992). Si bien, la aplicación de esta técnica de pesca permitió el aumento de las capturas globales de túnidos, también provocó un aumento en la mortalidad incidental de delfines. Bajo este concepto las empresas enlatadoras y los grupos ecologistas impulsaron al gobierno estadounidense a implementar un embargo a los países exportadores de atún aleta amarilla que operaban en el Pacífico Oriental, siendo el segundo bloqueo comercial que afectaba a México.

El segundo embargo impacto en el desarrollo de la industria atunera mexicana durante el lapso de 1990-1996, repercutiendo en la pérdida de empleo en flota, plantas procesadoras, plazas administrativas y de comercialización debido al deterioro e incluso cierre de algunas empresas (hasta el 40% de la flota). En respuesta a estos acontecimientos, México acudió al Departamento de Controversias Comerciales del Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (GATT por sus siglas en inglés), presentando una protesta, iniciando una serie de debates y negociaciones que se extendieron hasta 2004, cuando el gobierno americano levantó el bloqueo comercial (Portilla, 2008). Para solucionar la problemática entre naciones, México se comprometió a seguir una serie de condiciones presentadas por Estados Unidos, tales como: modificar sus técnicas de captura, prohibir la pesca nocturna, el uso de explosivos y sancionar a quienes no acataran programas de veda. Por otro lado, la flota atunera mexicana implementó la maniobra de “retroceso”, la cual consiste en dar marcha atrás después de lanzar la red de cerco para formar una vía de escape para los delfines asociados a los cardúmenes (Lemus, 2002; Portilla, 2008).

La aplicación de las medidas de acción impuestas por el gobierno estadounidense no fueron las únicas permutaciones en el desarrollo de la flota atunera mexicana. Convenios internacionales como el de La Jolla en 1992, la Declaración de Panamá en 1995, la ratificación del Acuerdo del Programa de Conservación de Delfines y el inicio del Acuerdo de Conservación de Antigua demostraron el interés del Gobierno Mexicano por resolver la problemática en la reducción de la captura y mortalidad incidental de delfines por parte de la pesquería atunera (Lemus, 2002; Portilla, 2008).

La historia de la pesquería atunera en México apropió como punto de inflexión los bloqueos económicos planteados por el Gobierno Estadounidense, puesto que, a partir de ellos desarrolló herramientas y

metodologías en pro de la protección a mamíferos marinos y otras especies de captura incidental, medidas que posicionan a la flota atunera mexicana como uno de los mejores ejemplos internacionales de gestión pesquera (Portilla, 2008).

### 1.1.2 Factores ambientales

Si bien los ecosistemas y poblaciones marinas siempre están sujetos a una dinámica constante en cuanto a sus condiciones ambientales asociadas directamente a los ciclos climáticos y a la naturaleza *per se* del océano, los procesos se ven magnificados con la adición del cambio climático. En dicho contexto, las poblaciones ícticas y por ende las pesquerías se ven afectadas por una serie de efectos directos e indirectos de factores fisicoquímicos. La temperatura superficial, los vientos, la mezcla vertical de nutrientes, la salinidad, el oxígeno y el pH, entre otros parámetros, impactan directamente en los organismos vivos que sustentan el aprovechamiento pesquero, actuando sobre su fisiología, tasas de crecimiento, reproducción, comportamiento y supervivencia de los individuos; mientras que los efectos indirectos actúan a través de procesos ecosistémicos (Allison *et al.*, 2009; Brander, 2010).

El impacto del cambio climático en el planeta se ha estudiado desde finales del siglo XX. Sin embargo, no se habían vislumbrado directamente sus efectos en los ecosistemas marinos y en la pesquería. El aumento en el nivel del mar, los cambios en la productividad primaria y secundaria y la distribución de especies son parte de las consecuencias propias del cambio climático en ecosistemas marinos, las cuales se suman a los impactos antropogénicos como la migración de la población humana hacia zonas costeras y el crecimiento de la infraestructura pesquera, lo que premedita un caos en la gestión pesquera (Mendenhall *et al.*, 2020).

En este contexto, se usan modelos para predecir los resultados cuantitativos de procesos físicos, químicos y biológicos del planeta (Lehodey *et al.*, 2013; Bell *et al.*, 2021). En el caso particular de los túnidos, la problemática que se busca abordar mediante los modelos climáticos son las perturbaciones en la economía pesquera que pudiesen presentarse debido a la redistribución de los túnidos impulsada por los factores ambientales. Bell y colaboradores (2021) estiman, mediante la modelación de altas emisiones de efecto invernadero, que para 2050 la biomasa del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*) y atún patudo (*Thunnus obesus*) en el Pacífico podrían disminuir en promedio 13%; afectando negativamente la captura de cerco y con ello provocando una pérdida en la economía pesquera global de esta zona.

### **1.1.3 Organizaciones Regionales de Ordenamiento Pesquero**

El aprovechamiento pesquero asume una importante correlación con los sectores sociales y económicos, determinada a partir de las primeras sociedades pesqueras que, con el paso del tiempo, en razón al crecimiento y desarrollo de la población, ha propiciado una necesidad por intensificar las actividades pesqueras, principalmente a inicios del siglo XX (Clark, 2011). Escenario por el cual se enunciaron políticas y objetivos a nivel local, regional e incluso global en pro del aprovechamiento de las poblaciones de especies de interés. Destacando el caso de las organizaciones regionales de pesca, las cuales se establecen mediante convenios entre Estados con intereses comunes respecto a poblaciones objetivo y pesca en aguas internacionales (Ásmundsson, 2016).

En el caso de los túnidos, existen cinco organizaciones internacionales: CCAAAS, CICAA, CAOI, CPPOC y CIAT. La delimitación de tantas organizaciones para un solo grupo de organismos se debe, además del valor comercial, a las características biológicas de los túnidos, resaltando su alta movilidad, por lo que son catalogadas como especies altamente migratorias (Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982) ya que se desplazan libremente a través de zonas marítimas de un Estado a otro; es por ello, que es imprescindible la cooperación de todas las partes interesadas para lograr una conservación y gestión de las poblaciones (Schmid, 2020; CIAT, 2022).

Para el Océano Pacífico Oriental, la CIAT es la organización regional pesquera encargada de la conservación y gestión de los atunes, especies afines, asociadas y sus ecosistemas, que extiende su jurisdicción desde Canadá hasta Chile, fue fundada en 1949 con el objetivo inicial de realizar investigación científica, no obstante con base en los acuerdos internacionales postulados a finales del siglo XX concernientes al medio ambiente, pero principalmente a la pesca, cambió sus objetivos a la conservación y la ordenación de especies. Finalizando el cambio total de objetivos con la Convención de Antigua en el 2003, donde la CIAT adoptó el termino de Organización Regional de Ordenamiento Pesquero (CIAT, 2022).

### **1.1.4 Gestiones a la pesquería**

Con respecto al aprovechamiento pesquero, en la actualidad muchas poblaciones ícticas a nivel global, regional, nacional y local se encuentran en el estatus de “sobrepescadas”, termino que se acuña cuando el tamaño de la población de interés se ve limitada por el aprovechamiento que se le aplica; es decir, se

capturan tantos ejemplares que es imposible la repoblación, debido, entre otras cosas, al excedente en la capacidad pesquera de los organismos de ordenamiento pesquero y las distintas naciones ocasionando daños ecológicos y pérdidas económicas, resultando en un mal sistema de gestión por parte de pescadores, organismos de ordenación y Estados (Salas *et al.*, 2016).

Para determinar la salud de las poblaciones biológicas de aprovechamiento pesquero y el efecto ejercido por una flota pesquera, se han realizado múltiples estudios para estimar la abundancia de los organismos basándose en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Tal es el caso de Ortega y Muhlia (1992), la cual estableció, con base en bitácoras de pesca de la flota atunera mexicana entre 1984-1986, el éxito de pesca de las embarcaciones en relación con su tipo de pesca, área de operación y ayuda aérea. Concretando que los barcos con mayor eficiencia son aquellos efectúan lances asociados a delfines en áreas más oceánicas. Este tipo de estudios pueden contribuir a la estructura de parámetros de gestión de la población en el área donde opera la flota atunera mexicana.

De manera análoga, se han suscitado casos donde el ordenamiento pesquero no fue incitado por investigaciones con objetivos ecológicos, sino que parte de visiones económicas debido a la importancia que tiene la pesquería en esta área, específicamente en los sistemas de crédito; los cuales se basan en crear incentivos en el comportamiento y la toma de decisiones de los operadores pesqueros con el fin de reducir el impacto ambiental al menor costo (Squires, 2018). Destacando el enfoque de tope y comercio, en el cual se le asigna un límite a cada embarcación, ya sea de captura incidental, límite de captura o cualquier medida cuantificable de interés; de ese fondo, la porción no “utilizada” puede recibir un valor monetario, que encausa el comercio entre buques, incentivando una conducta que reduzca la problemática ecológica a la vez que no produce pérdidas económicas (Squires 2018).

Bajo el mismo ámbito, otra orientación aplicada a las pesquerías es la de penalización-recompensa, la cual busca reducir el impacto ambiental mediante la aplicación de recompensas por comportamiento positivo (subvención indirecta) y penalizaciones por comportamiento negativo (impuesto indirecto), destacando su implementación en capturas incidentales (Squires, 2018).

Un ejemplo de la aplicación de estas visiones económicas al ámbito ecológico es la reducción de la captura incidental de halibut en la pesquería de arrastre para peces demersales en Alaska, en la cual, las principales empresas que aprovechan el recurso optaron por incluir un plan de penalización-recompensa debido a las altas tasas de descarte económico que producía la pesquería de halibut; el método presentaba un tope de

captura incidental permisible por embarcación, el cual en caso de ser superado generaba un impuesto económico al navío en cuestión, del mismo modo, si el buque no superaba ese límite permisible era acreedor de un bono económico (Squires, 2018). Consumando la reducción en la captura incidental de esta pesquería.

En el caso de los túnidos, una de las principales problemáticas que se busca abordar en el Pacífico Oriental, es la capacidad de la flota, la cual ha mostrado un incremento sustancial en las últimas décadas. Squires (2018), con el propósito de disminuir la capacidad de la flota atunera, planteó un programa que busca sustituir los días de veda espacio-temporal por un programa en el cual a cada empresa se le asignen días de pesca que pueda usar y distribuir como desee entre sus embarcaciones, a su vez estipula que cada empresa le dará más días de pesca a sus embarcaciones más rentables, incentivando a que vendan a las embarcaciones menos eficientes.

Basándose en cuatro fórmulas que contemplan el esfuerzo compartido permisible proporcional de cada buque (PAES): siendo 1) días históricos promedio de los tres últimos años (2016-2018), 2) días históricos como mejor x de y (elección de los mejores años de pesca), 3) capacidad (días proporcionales a los metros cúbicos de capacidad) y 4) híbrido (permite elegir entre capacidad o mejor x de y); el método de elección de los días sería elegible por cada buque permitiendo que todos aprovecharan el recurso, obteniendo mejores ganancias económicas y con ello una buena gestión del recurso. No obstante, el autor ha mencionado que para su ejecución en toda el área de la Convención de Antigua, es necesario ponerlo a prueba por un periodo de tres años antes de generar resultados.

Las estrategias de gestión con visión económica, priorizan la generación de ganancias comerciales en las problemáticas ecológicas al bienestar de las poblaciones pesqueras, no tomando en cuenta los factores ambientales que las perturban y la fluctuación de los movimientos poblacionales en razón de eventos climáticos como el Niño, ENSO, además de patrones oceanográficos como el aumento en la temperatura superficial y la profundidad de la termoclina (FAO, 2022a).

Por ello las medidas hacia el futuro del manejo pesquero deben basarse en la comprensión del ecosistema más que al aprovechamiento de especies individuales; de tal manera que los factores ambientales, fenómenos climáticos, relaciones entre especies y otros componentes del ecosistema sean considerados para el manejo de las pesquerías, permitiendo su sostenibilidad además de rescindidas afectaciones al sector económico y social.

## 1.2 Justificación

La pesca constituye una de las principales actividades económicas y de sostenimiento para la sociedad, debido a su aprovechamiento para la alimentación humana. Uno de los principales grupos pesqueros son los túnidos y para el Pacífico Oriental destacan: el atún aleta amarilla, barrilete y atún patudo (CIAT, 2022). En México el atún aleta amarilla es el objetivo de captura de la flota (CIAT, 2022). El aprovechamiento de estos organismos se ha magnificado a través de años, lo que puede traducirse en el aumento en el número de embarcaciones y en el esfuerzo pesquero, lo cual ocasiona una alta presión en las poblaciones y un impacto económico. Ante esta inquietud, al igual que otras organizaciones regionales de ordenamiento pesquero, la Comisión Interamericana del Atún Tropical buscó alternativas y propone el Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota, el cual parte del objetivo de reducir la capacidad pesquera sin ocasionar pérdidas económicas para las partes Contratantes del Convenio en el área de jurisdicción de la CIAT. Sin embargo, los 21 países miembros de la CIAT no han llegado a un acuerdo ni para su simulación ni para su aplicación, por lo que en este trabajo pretendemos simular el Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota para estimar si cumple su función en la flota atunera mexicana.

México figura como una gran opción para aplicar una simulación del Plan de Acción, debido a que su flota es considerada como una de las mejores del mundo, además de presentar un antecedente histórico en la ejecución de medidas de acción para solventar problemáticas ambientales y sociales, propiciados por los embargos atuneros (Portilla, 2008).

Juntamente con simular la aplicación del Plan de Acción, se utilizará un Modelo General Lineal (MGL) que tome en cuenta características ambientales como la temperatura superficial y profundidad de la termoclina, factores que influyen en la distribución de los túnidos, y la comunicación entre embarcaciones para detectar mejores áreas de pesca en el Pacífico mexicano con la finalidad de analizar la eficiencia de las embarcaciones.

## 1.3 Hipótesis

El Plan de Acción y el Modelo General Lineal generarán los mismos resultados en cuanto a la gestión de la capacidad de la flota atunera mexicana.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar los posibles resultados en el caso de que México adoptase el Plan de Acción para Gestionar la Capacidad de flota atunera y a través de Modelo General Lineal analizar la eficiencia de pesca de cada embarcación con factores ambientales y comunicación entre embarcaciones para contrastar efectos de ambos modelos.

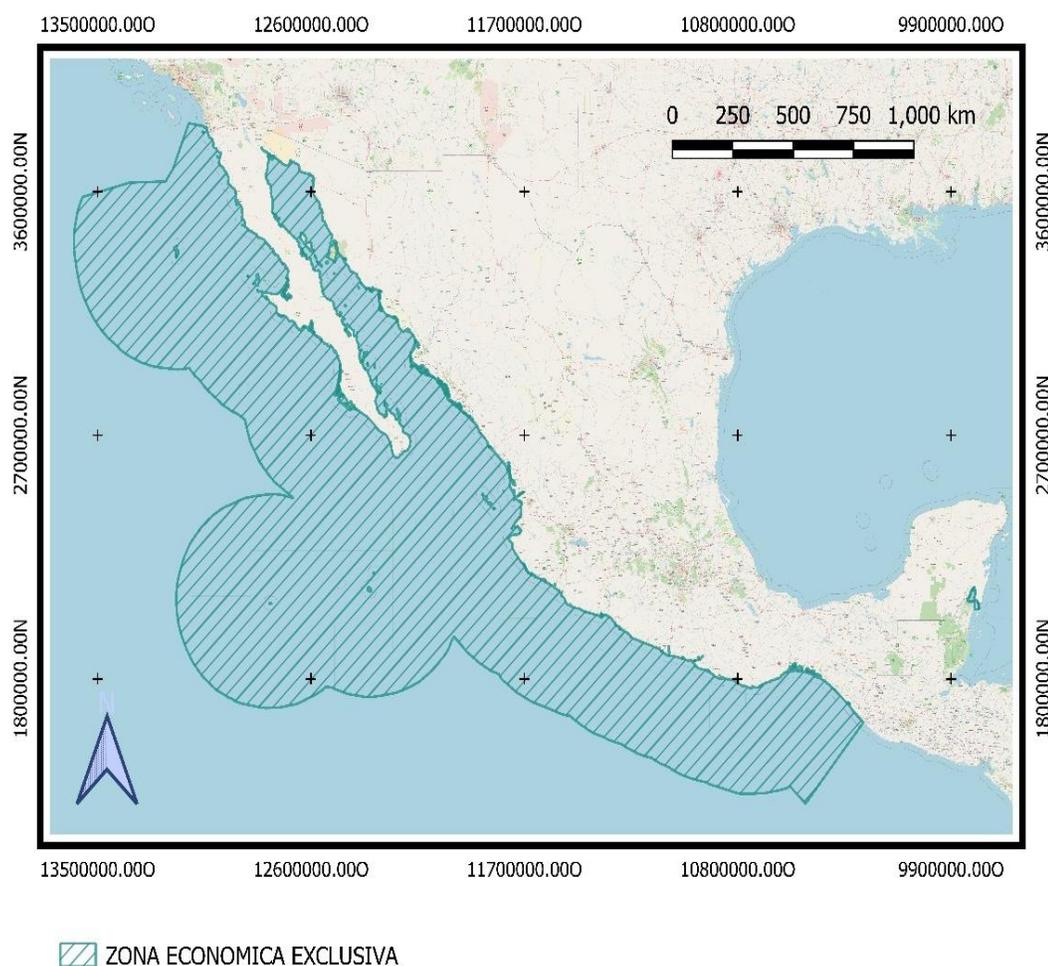
### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Simular el escenario de aplicación del Plan de Acción en la flota atunera mexicana.
- Ajustar un Modelo General Lineal considerando índices climáticos (ONI y MEI) y la comunicación entre embarcaciones enfocado en la gestión de la capacidad de flota atunera mexicana.
- Contrastar los resultados de la simulación del Plan de Acción en relación con los obtenidos por el Modelo General Lineal (GLM).

## Capítulo 2. Metodología

### 2.1 Área de estudio

El presente estudio abordó la región del Océano Pacífico Oriental donde opera la flota atunera mexicana, la cual se restringe a la Zona Económica Exclusiva de México (Figura 1), comprendiendo hasta 370.4 km (200 millas náuticas) desde la línea de costa continental e insular (Portilla, 2008). La ZEE mexicana en su región del Pacífico es regida en el norte por la corriente de California y en el centro-sur por la corriente Ecuatorial del Pacífico, además de la del golfo de California (Bautista, 1997; Bocanegra, 2007).



**Figura 1.** Zona de Exclusividad Económica de México en su región del océano Pacífico.

## 2.2 Obtención de los datos

Los datos que fueron utilizados en este estudio provienen del Programa Internacional de Observadores manejado por la CIAT, así como por el programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección a Delfines (PNAAPD) para las embarcaciones atuneras con red de cerco del Pacífico oriental. Nos concedieron un total de 6 años de datos de la flota mexicana, correspondientes al período de 2016-2021, los cuales se constituyen por: •código de cada embarcación, •fecha de inicio de viaje, •fecha de finalización del viaje, •duración del viaje, •número de lances, •número de lances asociados a delfines, •número de lances de otro tipo, •captura de atún aleta amarilla, •captura de atún barrilete, •captura total de túnidos, •empresa a la que correspondían las embarcaciones, •número de año, así como también medidas de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de cada viaje de pesca, tales como: •Captura de atún aleta amarilla por día (CAAxD), •Captura Total por día (CTxD), •Captura de atún aleta amarilla por lance (CAAxL), •Captura Total por lance (CTxL), •Captura de atún aleta amarilla por capacidad (CAAxC) y •Captura Total por capacidad (CTxC).

Debido a la confidencialidad de los datos del programa de observadores de la CIAT y el programa PNAAPD, se implementó la siguiente nomenclatura, identificando a las empresas con la letra “E”, además de asignarles un número del 1 al 8 de forma subsecuente, para el caso de las embarcaciones se identificaron como el siguiente ejemplo: E1.01; correspondiendo al primer barco de la empresa número uno. Debido a la gran cantidad de datos disponibles, se optó por elegir a las empresas nombradas en este estudio como 1 y 2 para el ejercicio del Modelo General Lineal, ya que son las que mayor número de embarcaciones presentaron.

### 2.2.1 Datos ambientales

Las variaciones ambientales de temperatura superficial fueron obtenidas a partir de los índices climáticos: Índice Niño Oceánico (ONI por sus siglas en inglés) e Índice Multivariado ENOS (MEI por sus siglas en inglés), mediante la página principal de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, sigla en inglés). El ONI contempla anomalías de temperatura superficial trimestrales en la región de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), mientras que el MEI es un índice multivariado que combina datos bimestrales de presión del nivel del mar, temperatura superficial, componentes zonales y meridionales del viento a nivel de superficie y la radiación de onda larga saliente sobre la cuenca del Pacífico Tropical.

## 2.2.2 Comunicación entre embarcaciones

Se definió como “comunicación entre embarcaciones” a la probabilidad compartida entre dos barcos de la misma empresa de encontrarse operando de forma conjunta durante el mismo periodo de tiempo en altamar. Para su estimación, se calculó de manera individual por viaje el número de días al año que compartía una embarcación con el resto de buques de la empresa a la que este pertenecía y contrastándolos con todos los viajes que realizó el resto de las embarcaciones pertenecientes a la misma empresa durante ese año, transformando los días que dos embarcaciones compartían por un porcentaje, y de forma subsecuentemente para el resto de navíos y años (Tabla 1). Vease también Anexo A.

**Tabla 1.** Porcentaje de comunicación entre embarcaciones.

Barco	Salida	Llegada	Días	Comunicación entre embarcaciones 2016					
				E2.01	E2.02	E2.04	E2.05	E2.06	E2.07
E2.01	17/01/2016	17/03/2016	60	1.00	0.88	0.95	0.45	0.90	1.00
	31/03/2016	28/05/2016	58	1.00	0.84	1.00	0.79	0.72	0.95
	20/06/2016	24/08/2016	65	1.00	0.74	0.82	0.83	0.86	0.78
	14/09/2016	07/11/2016	54	1.00	1.00	0.89	0.93	0.87	0.91

\* Se evaluó la comunicación del mismo modo para el resto de años previamente definidos en este estudio.

Tomando como ejemplo el E2.01, el barco número uno de la empresa dos tuvo una probabilidad de comunicación de 0.45 con el barco número cinco (E2.05) durante el viaje del 17/01/2016 al 17/03/2016, esto es, que durante el 45% de la duración del viaje del barco E2.01, la embarcación E2.05 también estuvo en altamar.

## 2.3 Análisis de los datos

Se realizaron las estadísticas básicas de todas las variables que representaban los datos con el propósito de definir los valores promedios y desviación estándar por embarcación, por empresa y por año para cada elemento: Captura Total (CT), Captura Total aleta amarilla (CAAA), Lances Totales (LT), Días totales (D), Capacidad (C), así como también para las distintas CPUE; Captura de atún aleta amarilla por día (CAAxD), Captura Total por día (CTxD), Captura de atún aleta amarilla por lance (CAAxL), Captura Total por lance (CTxL), Captura de atún aleta amarilla por capacidad (CAAxC) y Captura Total por capacidad (CTxC).

Para evaluar las diferencias entre embarcaciones, empresas y años, se emplearon pruebas estadísticas paramétricas (anovas de un factor y su posteriori) y bayesianas, además de complementarlas con estadísticas y graficas básicas (ej. cajas-bigotes, barras etc.).

En el caso de los anovas paramétricos, se establecieron las siguientes hipótesis para cada una de las medidas de esfuerzo en el programa Rstudio:

$$H_0: \mu_{cpue(1)} = \mu_{cpue(2)} = \dots = \mu_{cpue(n)}$$

$$H_a: \mu_{cpue(1)} \neq \mu_{cpue(2)} \neq \dots \neq \mu_{cpue(n)}$$

Correspondiendo  $\mu_{cpue(n)}$  a la media de cada Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), en nuestro caso Captura Total (CT) y Captura Total por día (CT/D).

La estadística bayesiana se aplicó en los casos que los datos no cumplían con los supuestos de la estadística frecuentista de normalidad y homocedasticidad. La estadística bayesiana cimienta su enfoque en la probabilidad subjetiva propuesta en el Teorema de Bayes (Bolstad y Curran, 2016) para solucionar la problemática de cuál hipótesis es más probable de emplear a partir de un conjunto de datos, donde la evidencia disponible sobre los parámetros en un modelo estadístico se actualiza constantemente con los datos observados.

La diferencia con los anovas bayesianos radica en que estos no requieren el cumplimiento de estos supuestos para su aplicación, no contrastar las hipótesis con valores de significancia estadística (valor P),

y por lo tanto no se abusa de esta probabilidad, además de que, por su naturaleza probabilística, los análisis bayesianos permiten modelar la incertidumbre en los modelos. El empleo del Factor de Bayes para la interpretación de anovas permite agregar la inferencia sobre la presencia y magnitud de efectos (Van Den Bergh *et al.*, 2020).

La base en la que se fundamenta la estadística bayesiana es el Teorema de Bayes, el cual a su vez deriva de la probabilidad condicional, el cual, por ejemplo, en caso de dos elementos A y B (ambos son posibles de ocurrir), se define de la siguiente manera:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (1)$$

Y genera a través la regla de probabilidad multiplicativa el teorema de Bayes:

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i) \times P(B|A_i)}{P(B)} \quad (2)$$

Donde:

$P(A_i)$  son probabilidades a priori, es decir, la probabilidad inicial de los sucesos que forman las particiones del espacio muestral.  $P(B|A_i)$  es la probabilidad de B dado que ha ocurrido  $A_i$ , es decir, las probabilidades de un suceso condicionado por otro.  $P(A_i|B)$  son probabilidades a posteriori, es decir, las probabilidades de un suceso cuando ya se conoce que ha ocurrido.  $P(B)$  es la distribución de la probabilidad marginal de B.

El Teorema de Bayes nos permite entender los fundamentos de la estadística bayesiana. Sin embargo, este no es su único elemento, el factor de Bayes (BF por sus siglas en inglés) permite comparar las probabilidades de los datos observados mediante hipótesis definidas. Por ejemplo:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_n$$

$$H_1 = \mu \text{'s heterogeneas}$$

El Factor de Bayes está definido como:

$$BF10 = \frac{P \{H1\}}{P \{H0\}} \quad (3)$$

O su recíproca:

$$BF01 = \frac{P \{H0\}}{P \{H1\}} \quad (4)$$

Para el caso de los anovas bayesianos se ajustaron las hipótesis con el Factor de Bayes de la siguiente manera:

$$Factor\ de\ Bayes = FB_{10} = \frac{P (Hipotesis\ alterna)}{P (Hipotesis\ nula)} \quad (5)$$

El Factor de Bayes<sub>10</sub>, indicaría que estamos dividiendo la probabilidad de la hipótesis alterna sobre la probabilidad de la hipótesis nula.

**Tabla 2.** Interpretación del Factor de Bayes sugerido por Jeffreys (1961), tomado de Ellison (1996).

Jeffreys (1961)		
$\log_{10} (FB_{10})$	$FB_{10}$	Evidencia contra $H_0$
0-0.5	1-3.2	Una simple mención
0.5-1	3.2-10	Sustancial
1-2	10-100	Fuerte
>2	>100	Decisivo

Se emplearon anovas de una vía bayesianos mediante el programa JASP (v 0.16.3; JASP Team), con la premisa de evaluar las diferencias entre embarcaciones, empresas y años para las distintas CPUE. Del

mismo modo, la forma de discriminación del  $FB_{10}$  se determinó considerando lo que menciona Jeffreys 1961 (Tabla 2), donde a mayor valor del  $FB_{10}$ , mayor probabilidad existiría en contra de la  $H_0$ .

## 2.4 Simulación del Plan de Acción

El Plan de Acción postula cuatro fórmulas para la asignación de días en el mar: 1) Promedio de Días totales de los últimos seis años, 2) Promedio de Días totales mejor X que Y, 3) Metros cúbicos de capacidad e 4) Híbrido. Todas buscando la mayor eficiencia de captura por parte de las embarcaciones. Sin embargo, con base en el objetivo del estudio, se optó por elegir únicamente la primera fórmula para el escenario de simulación en la flota atunera mexicana.

Para abordar la simulación del escenario “normal” de captura de la flota atunera mexicana y el escenario del Plan de Acción, primero fue necesario delimitar el esfuerzo permisible proporcional de cada buque (PAE por sus siglas en inglés), mediante la definición de los días totales de un año de gestión (TAE por sus siglas en inglés). Por ello, en principio se promediaron los días totales de la flota atunera mexicana durante los seis años de análisis con el objetivo de generar un TAE, dicho elemento contemplaría la proporción que le “pertenece” a cada una de las seis empresas que constituyen la flota mexicana. Esto se estableció debido a que no se contaba con un TAE estimado.

Una vez estipulado el TAE de cada empresa, se definió la cantidad de días que se le asignaría a cada embarcación mediante el promedio y proporción que cada navío había presentado en el período de 2016-2021; esto únicamente para las empresas 1 y 2, ya que son las que cuentan con más barcos y en las que la simulación podría apreciarse de mejor manera en relación con las otras empresas con una “N” menor. Del mismo modo, se definió la CTxD que cada embarcación presentaría en la simulación, mediante el promedio de esta CPUE durante el período de 2016-2021.

De esta forma se estimó el esfuerzo proporcional permisible de cada buque (PAE), al multiplicar la CTxD promedio por la cantidad de días que “se le asignarían” normalmente a cada determinada embarcación de ambas empresas. El resultado es la simulación de lo que pasaría en un año “normal” de gestión. Sin embargo, fue necesario una modificación en la cantidad de días disponibles por empresa y por embarcación.

Con base en el Plan de Acción se ordenaron de forma decreciente las embarcaciones de acuerdo con el valor de CTxD promedio de los seis años de estudio, de este modo se les asignó la cantidad de días que “tendrían” en altamar, para ello se definió como el máximo valor de días disponibles durante el año al mayor número de días de pesca observado durante los seis años. Con base en que el barco con mayor CPUE obtendría la mayor cantidad de días disponibles y así subsecuentemente para el resto de los navíos hasta agotar el TAE de cada empresa. Una vez definidos los días, se multiplicarían individualmente por la CTxD de cada barco, obteniendo el esfuerzo permisible proporcional de cada embarcación en un año de gestión hipotético.

Para contrastar el escenario real de captura total contra el Plan de Acción, se empleó un anova bayesiano en JASP (v 0.16.3; JASP Team), con el propósito de evaluar si ambas generaban resultados similares en relación con la gestión de la flota atunera mexicana, partiendo de las hipótesis previamente definidas y con el criterio establecido de Jeffreys 1961.

## **2.5 Modelo General Lineal (GLM)**

Los modelos lineales generalizados (GLM por sus siglas en inglés Generalized Linear Models) fueron desarrollados por Nelder-Wedderburn como una extensión de los modelos lineales o regresiones lineales que permiten usar distribuciones no normales de los errores (binomial, Poisson, gamma, etc.) (Chikobvu y Mamba, 2023). Su aplicación permite definir la relación que existe entre una variable dependiente y múltiples variables independientes, así como el efecto que cada una de ellas tiene en la variable de respuesta. Para su resolución es necesario el cumplimiento de ciertos supuestos como media cero, varianza constante y linealidad entre las variables predictoras con respecto a la variable de respuesta (Chikobvu y Mamba, 2023).

Los GLM's se constituyen por:

- 1) Componente/variable aleatoria

Se constituye por la variable dependiente (Y's), la cual tiene una distribución de la familia de las exponenciales.

## 2) Componente sistemática o predictor lineal

Constituido por las variables independientes ( $X$ 's) y un predictor lineal  $\eta$ , el cual se conforma por la suma lineal de los efectos de las variables explicativas.

## 3) Función vínculo

Hace referencia a que la relación entre el componente aleatorio y el sistemático no es lineal, sino una función de las exponenciales, por ende, es indispensable que los GLM cuenten con una función que se encargue de linealizar la relación entre ambas variables, siendo la función vínculo la encargada de ello. La linealización se produce mediante la transformación de la variable de respuesta (Chikobvu y Mamba, 2023).

La función liga logarítmica usada para aproximar la estructura de errores y para la estimación del mejor GLM, es decir, el mejor conjunto de variables independientes que explican la variable de respuesta es el ajuste de la siguiente ecuación:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + E_i \quad (7)$$

Para este estudio:

$Y_i$  = Captura por unidad de esfuerzo, Captura Total por día (CTxD, variable dependiente)

$X_i$  = variables independientes o predictoras

$\beta_0$  = intercepto

$\beta_1 \dots \beta_n$  = coeficientes del modelo

$E_i$  = error

Para el GLM, primero se definió la variable dependiente, la cual fue CTxD, subsecuentemente se definieron las variables independientes que podrían tener efecto en la variable dependiente, las cuales fueron: Captura Total (CT), Duración del viaje (D), Lances Totales (LT), Capacidad (C), Índice MEI, Índice ONI,

Estacionalidad (se dividió a todo el año en cuatro periodos de tres meses c/u), Año (2016 a 2021), Comunicación entre embarcaciones (probabilidad de que hayan estado en comunicación dos o más embarcaciones que estaban al mismo tiempo en altamar) e Interacción entre embarcaciones (los días totales que un barco compartió con una determinada embarcación en altamar).

Una vez definidas las variables, se procedió a correr el GLM en Rstudio, bajo la premisa que el mejor modelo contase con la mayor devianza explicada, la cual constituye el porcentaje del total de los datos que son explicados en el modelo, esto mediante la fórmula:

Proporción de la Devianza total=  $D^2$

$$D^2 = \frac{DN - DR}{DN} \quad (8)$$

DN= Desvianza del modelo nulo, correspondiendo a la medida de discrepancia entre el modelo y los datos.

DR= Desvianza de los residuales, correspondiendo a la medida de la variabilidad de los residuos, que son las diferencias entre los valores observados y los valores predichos en un modelo de regresión.

### 2.5.1 Simulación GLM excluyendo embarcaciones

Una vez obtenidos los resultados del Modelo General Lineal, se realizó un ejercicio de simulación tomando en cuenta las variables significativas del GLM exceptuando el efecto de la embarcación con menor valor de CPUE, en este caso CTxD, con el propósito de traspasar los días asignados a esa embarcación al resto de la flota y así contrastar el resultado de la simulación con el escenario real de aplicación. Para dicho ejercicio se aplicó nuevamente la ecuación del MGL sin la embarcación previamente excluida.

Dicho procedimiento se empleó para ambas empresas llegando a excluir más de 1 navío, con el objetivo de proporcionar mayor robustez a la simulación y al contraste con los distintos escenarios de aplicación del modelo.

### **2.5.2 Comparación GLM y Plan de Acción**

Seguidamente de realizar ambas simulaciones, el escenario de aplicación del Plan de Acción y los distintos escenarios generados del Modelo General Lineal, fue necesario contrastar ambos modelos para definir cuál arrojaba mejores resultados con respecto a su implementación.

Para la comparación se emplearon gráficas de tendencia lineal con los valores de Captura Total Anual obtenidos con ambas simulaciones, además de la aplicación de una prueba *t* student para presentar diferencias estadísticas.

### **2.6 Simulación del Plan de Acción tomando en cuenta individualmente la CTxD por año**

Para esta simulación se aplicó la metodología del Plan de Acción con una única variación, su captura total anual cambiaria, en lugar de emplear el promedio de CTxD obtenido durante el período de estudio, se aplicaría individualmente la CTxD de cada año comprendido del período de 2016 a 2021. El contraste de ambas simulaciones se efectuaría mediante gráficas de tendencia lineal con los valores de Captura Total Anual.

## Capítulo 3. Resultados

---

### 3.1 Variabilidad- Estadística básica en los datos

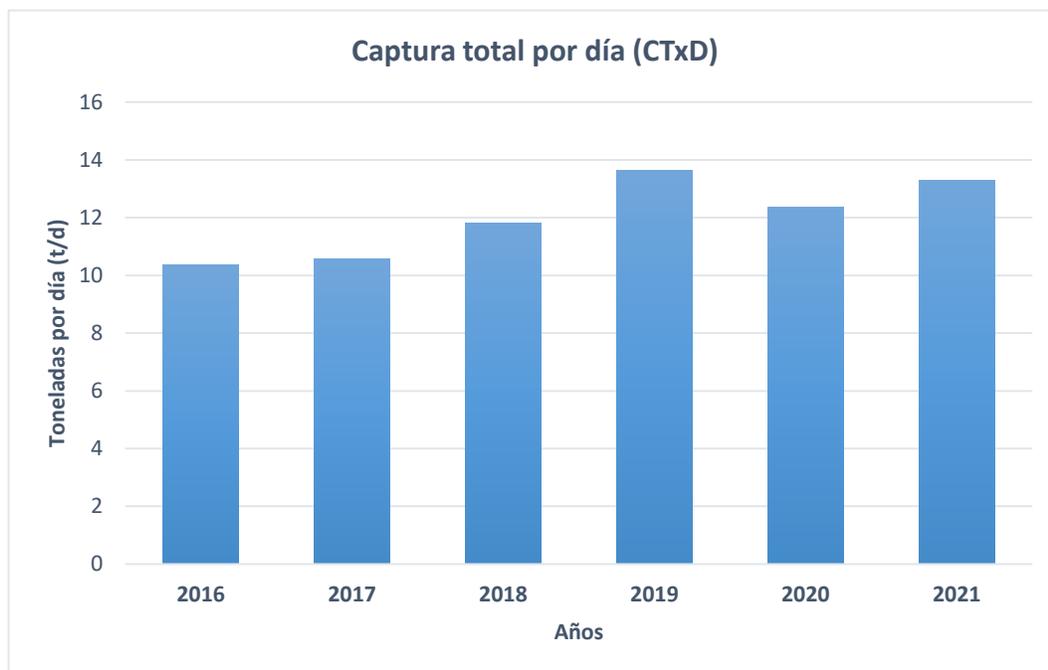
Se realizó un análisis exploratorio de los datos con el objetivo de visualizar la variabilidad existente entre las distintas unidades de esfuerzo (CPUE) y los elementos que engloban a los viajes de pesca, como: cantidad de días por viaje, número de lances, toneladas totales de pesca, etc., a partir de los años, las empresas y las embarcaciones que se abordaron en este estudio. Con esta finalidad, se emplearon gráficas de barras y diagramas de cajas-bigotes, además del uso de inferencia estadística mediante prueba de hipótesis para las CPUE, en este caso Captura Total (CT) y Captura total por día (CTxD).

#### 3.1.1 Años

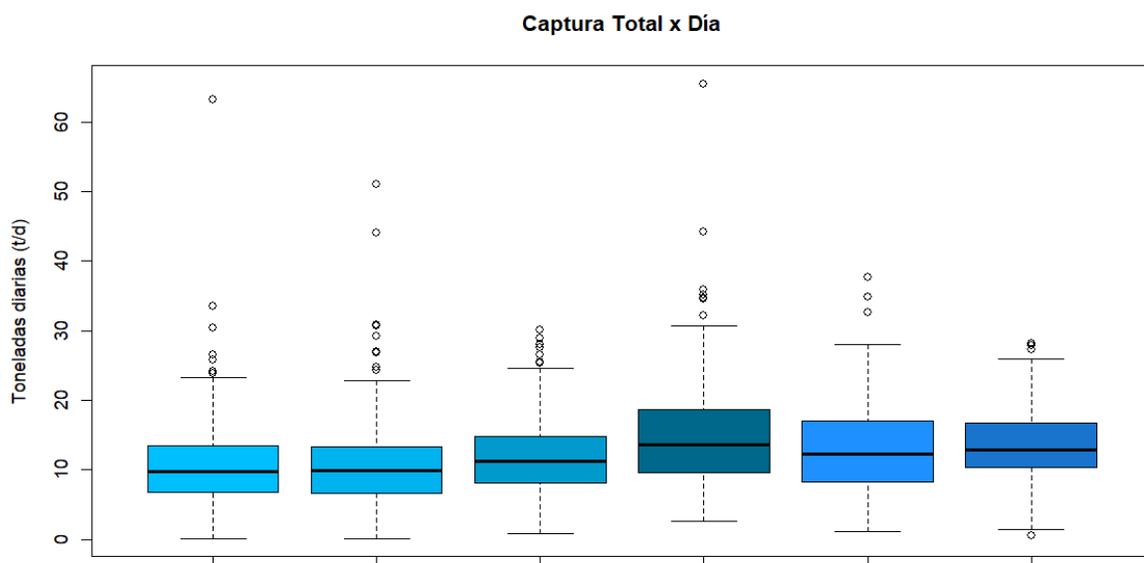
Inicialmente se evaluó anualmente la captura total por día (CTxD) englobando todas las embarcaciones constituyentes de la flota atunera mexicana (Tabla 3), además de su representación gráfica (Figura 2) y diagrama de cajas y bigotes (Figura 3).

**Tabla 3.** Captura Total Anual de la flota atunera mexicana.

Año	Totalidad de Viajes	Número de Barcos	Días totales	Captura Total (t)	CTxD (t/d)
2016	208	45	10,415	107,927	10.36
2017	186	45	9,837	103,976	10.57
2018	193	47	9,845	116,452	11.83
2019	194	46	9,652	131,601	13.63
2020	182	43	9,215	114,100	12.38
2021	182	46	9,327	124,029	13.30



**Figura 2.** Captura Total promedio por día (CT/D) del período de estudio (2016-2021), obtenida dividiendo la captura anual de todas las embarcaciones entre el total de días de pesca de todas las embarcaciones.



**Figura 3** Captura promedio por día de cada viaje durante el período de estudio (2016-2021).

Por métodos estadísticos (aplicación de ANOVA paramétrico y bayesiano para mayor robustez) se comprobó que hay diferencias significativas entre años para la Captura Total (Tabla 4 y 5) y Captura Total por día (Tabla 6). Vease también Anexo B y Anexo C.

**Tabla 4.** Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por años mediante anova paramétrico.

Factor	Variable dependiente	F value	P value
Año	CT	10.82	3.48E-10
	CTxD	12.22	1.49E-11

Los valores en rojo corresponden a las variables significativas

**Tabla 5.** Diferencias estadísticas en Captura Total (CT) por años a través de una prueba de análisis de varianza Bayesiano.

Años		BF <sub>10</sub>	Error%
2016 ( $\bar{x}$ =518.88)	2018( $\bar{x}$ =603.38)	9.6	2.00E-03
	2019( $\bar{x}$ =678.36)	6.13E+05	3.35E-12
	2020( $\bar{x}$ =626.92)	113.72	2.32E-04
	2021( $\bar{x}$ =656.19)	3.04E+06	6.29E-13
2017( $\bar{x}$ =559.01)	2018( $\bar{x}$ =603.38)	0.35	0.05
	2019( $\bar{x}$ =678.36)	384.71	7.35E-05
	2020( $\bar{x}$ =626.92)	1.46	0.01
	2021( $\bar{x}$ =656.19)	1061.78	2.82E-05
2018( $\bar{x}$ =603.38)	2019( $\bar{x}$ =678.36)	3.12	0.01
	2020( $\bar{x}$ =626.92)	0.16	0.1
	2021( $\bar{x}$ =656.19)	5.33	4.00E-03
2020( $\bar{x}$ =626.92)	2021( $\bar{x}$ =656.19)	0.7	0.03

**Tabla 6.** Diferencias en Captura Total diaria (CTxD) por años a través de una prueba de análisis de varianza Bayesiano.

Años		BF <sub>10</sub>	Error%
2016( $\bar{x}$ =10.59)	2019( $\bar{x}$ =14.92)	1.43E+06	1.40E-12
	2020( $\bar{x}$ =13.00)	50.95	4.96E-04
	2021( $\bar{x}$ =14.56)	2.53E+04	8.90E-11
2017( $\bar{x}$ =11.05)	2019( $\bar{x}$ =14.92)	2.09E+04	1.08E-10
	2020( $\bar{x}$ =13.00)	4.78	0.005
	2021( $\bar{x}$ =14.56)	582.77	5.01E-05
2018( $\bar{x}$ =12.07)	2019( $\bar{x}$ =14.92)	245.69	1.12E-04
	2021( $\bar{x}$ =14.56)	7.85	3.00E-03
2019( $\bar{x}$ =14.92)	2020( $\bar{x}$ =13.00)	2.68	0.01

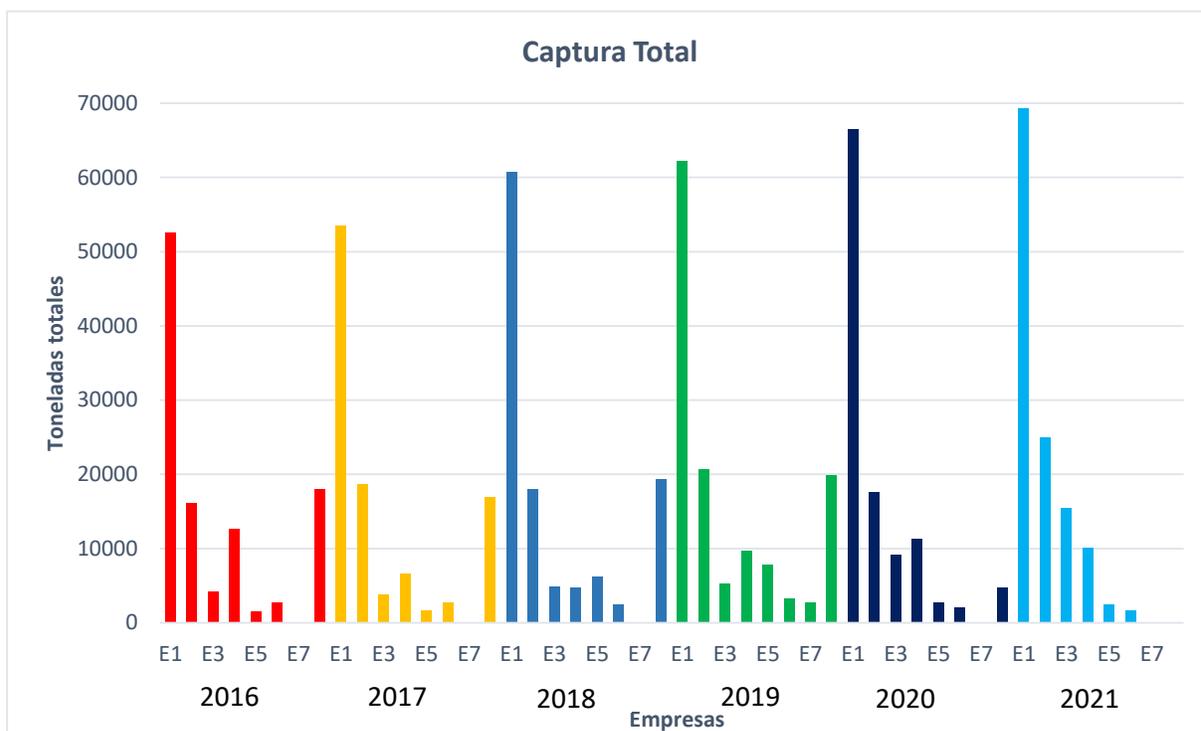
### 3.1.2 Empresas

Al igual que en el caso de los años, se evaluó la captura total diaria (CTxD) durante los años de estudio englobándola a partir de las distintas empresas que conforman la flota atunera mexicana (Tabla 7).

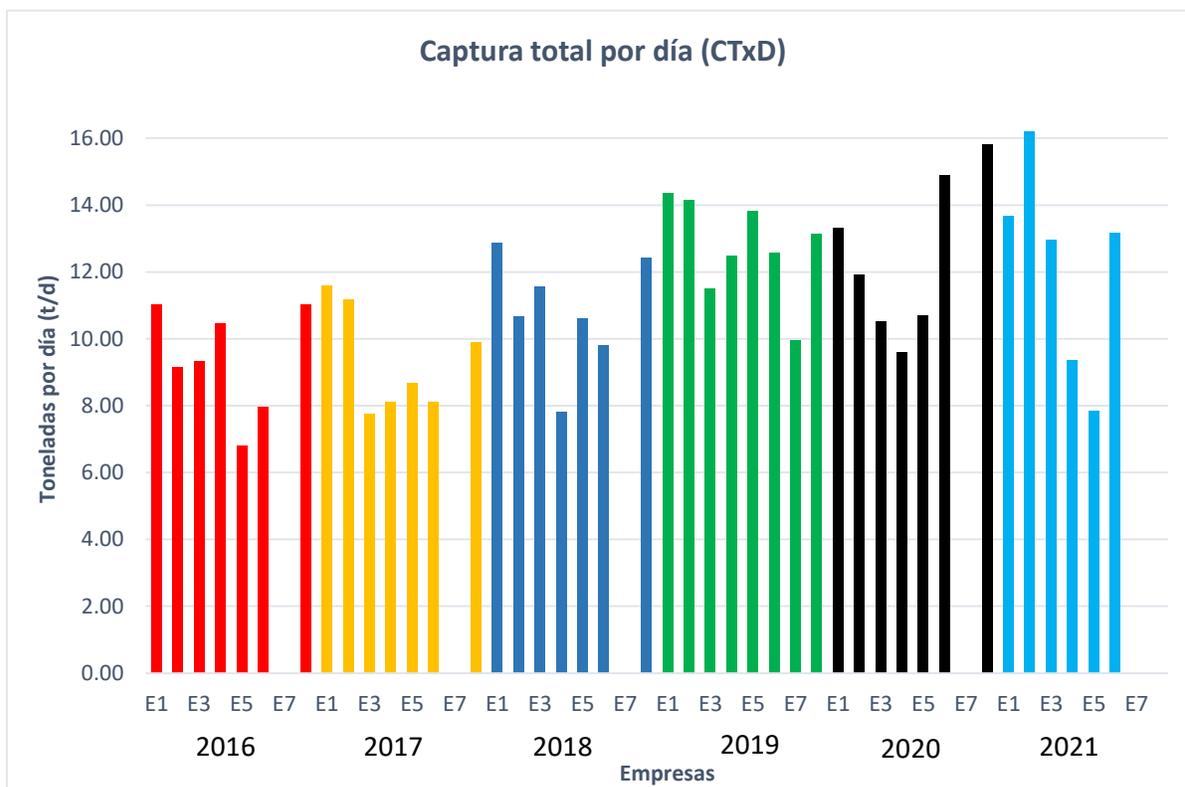
**Tabla 7.** Estimaciones de las 8 empresas que comprende a la flota atunera mexicana durante el lapso de estudio.

Empresas		Años					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
E1	Captura Total (t)	52573	53476	60691	62169	66508	69304
	Días Totales	4777	4610	4722	4335	4999	5065
	CTxD (t/d)	11.01	11.60	12.85	14.34	13.30	13.68
E2	Captura Total (t)	16198	18701	17986	20712	17592	24928
	Días Totales	1768	1675	1687	1463	1476	1539
	CTxD (t/d)	9.16	11.16	10.66	14.16	11.92	16.20
E3	Captura Total (t)	4168	3816	4869	5276	9136	15507
	Días Totales	447	493	421	459	868	1197
	CTxD (t/d)	9.32	7.74	11.57	11.49	10.53	12.95
E4	Captura Total (t)	12691	6593	4794	9753	11340	10167
	Días Totales	1214	813	613	781	1180	1086
	CTxD (t/d)	10.45	8.11	7.82	12.49	9.61	9.36
E5	Captura Total (t)	1544	1647	6171	7801	2683	2464
	Días Totales	227	190	582	565	251	314
	CTxD (t/d)	6.80	8.67	10.60	13.81	10.69	7.85
E6	Captura Total (t)	2790	2780	2519	3277	2053	1659
	Días Totales	350	343	257	261	138	126
	CTxD (t/d)	7.97	8.10	9.80	12.56	14.88	13.17
E7	Captura Total (t)	0	0	0	2716	0	0
	Días Totales	0	0	0	273	0	0
	CTxD (t/d)	0	0	0	9.95	0	0
E8	Captura Total (t)	17963	16963	19420	19897	4788	0
	Días Totales	1632	1713	1563	1515	303	0
	CTxD (t/d)	11.01	9.90	12.42	13.13	15.80	0

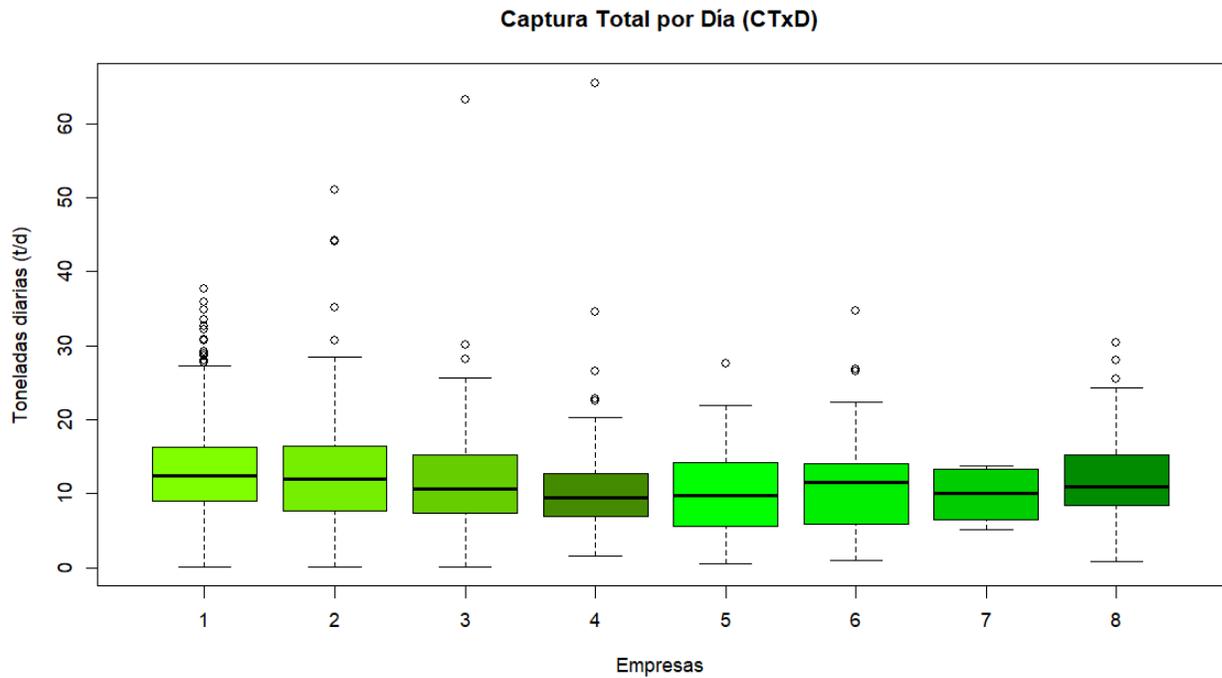
Bajo la misma metodología, se contrastaron las Capturas Totales y CPUE (CTxD) por empresa durante el periodo de evaluación del presente trabajo mediante la aplicación de gráficas de barras (Figura 4 y 5) y diagramas de cajas (Figura 6), para este último, se utilizó la captura promedio por día de cada viaje de pesca para generar el diagrama de cajas .



**Figura 4.** Captura Total Anual por empresa durante el período de estudio.



**Figura 5.** Promedio de Captura Total por día.



**Figura 6.** Captura Total promedio por día (CT/D) por viaje por empresa abordando el período de estudio (2016-2021).

Por métodos estadísticos (aplicación de ANOVA paramétrico y bayesiano para mayor robustez) se comprobó que existen diferencias significativas entre empresas para la Captura Total (Tabla 8 y 9) y Captura Total por día (Tabla 10). Vease también Anexo D y Anexo E.

Demostrando variabilidad de captura total de túnidos y captura total diaria de túnidos por parte de las diferentes empresas que conforman la flota atunera mexicana.

**Tabla 8.** Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por empresa mediante anova paramétrico.

Variable	Parámetro	F value	P value
Empresa	CT	17.07	<2E-16
	CTxD	3.06	3.36E-03

Los valores en rojo corresponden a las variables significativas.

**Tabla 9.** Diferencias en Captura Total (CT) por empresa a través de una prueba de análisis de varianza.

Empresas		BF <sub>10</sub>	Error%
E1( $\bar{x}$ =672.92)	E3( $\bar{x}$ =503.20)	1.16E+05	2.00E-11
	E4( $\bar{x}$ =494.09)	6.30E+07	3.30E-14
	E5( $\bar{x}$ =518.84)	47.01	6.31E-04
	E6( $\bar{x}$ =335.07)	2.08E+12	5.45E-19
E2( $\bar{x}$ =620.95)	E3( $\bar{x}$ =503.20)	12.7	2.00E-03
	E4( $\bar{x}$ =494.09)	134.06	2.21E-04
	E6( $\bar{x}$ =335.07)	1.11E+06	5.98E-13
E3( $\bar{x}$ =503.20)	E6( $\bar{x}$ =335.07)	340.74	4.73E-09
	E8( $\bar{x}$ =475.75)	88.54	2.92E-08
E4( $\bar{x}$ =494.09)	E6( $\bar{x}$ =335.07)	1701	7.35E-10
	E8( $\bar{x}$ =475.75)	2362.42	8.82E-10
E5( $\bar{x}$ =518.84)	E6( $\bar{x}$ =335.07)	19.44	1.58E-07
	E8( $\bar{x}$ =475.75)	2.21	0.01
E6( $\bar{x}$ =335.07)	E8( $\bar{x}$ =475.75)	1.01E+09	2.73E-11

**Tabla 10.** Diferencias en Captura Total por día (CTxD) por empresa a través de una prueba de análisis de varianza.

Empresas		BF <sub>10</sub>	Error%
E1( $\bar{x}$ =13.24)	E3( $\bar{x}$ =12.22)	3.05E-01	0.05
	E4( $\bar{x}$ =10.71)	1.31E+02	1.91E-04
	E5( $\bar{x}$ =10.32)	1.10E+01	2.00E-03
	E6( $\bar{x}$ =11.48)	7.84E-01	0.02
	E7( $\bar{x}$ =9.84)	7.24E-01	5.83E-04
	E8( $\bar{x}$ =12.64)	3.63E-01	0.05
E2( $\bar{x}$ =12.8)	E3( $\bar{x}$ =12.22)	1.65E-01	0.07
E5( $\bar{x}$ =10.32)	E8( $\bar{x}$ =12.64)	1.01E+00	0.01

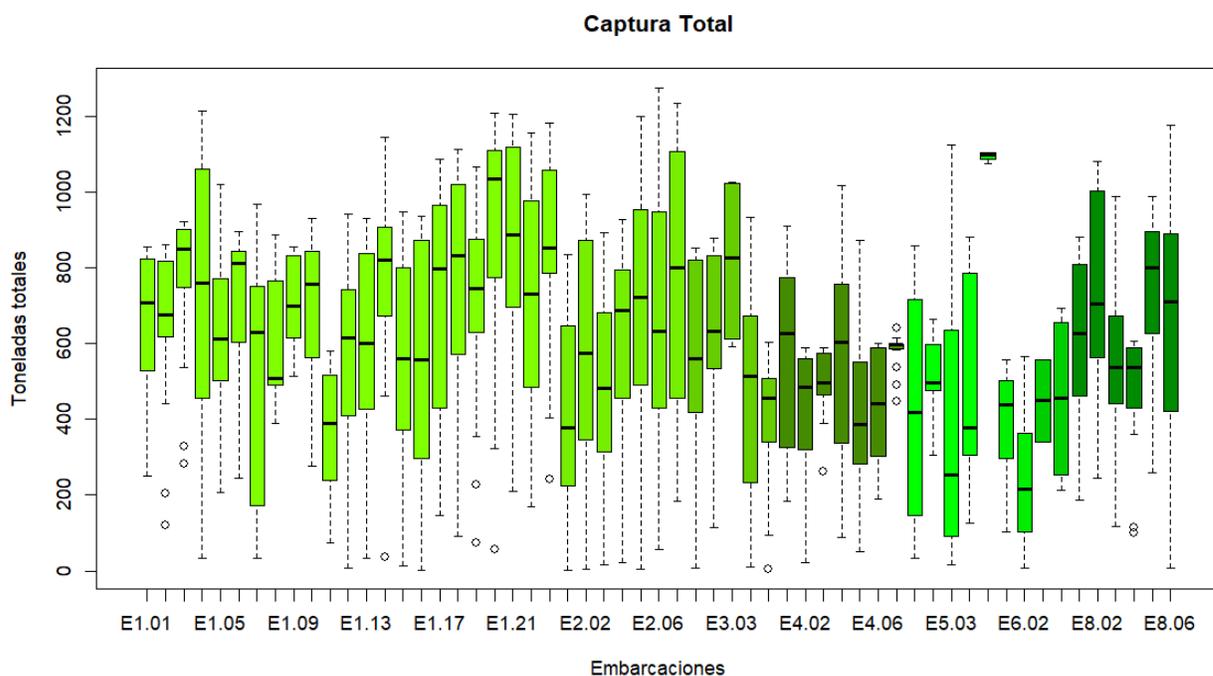
### 3.1.3 Barcos

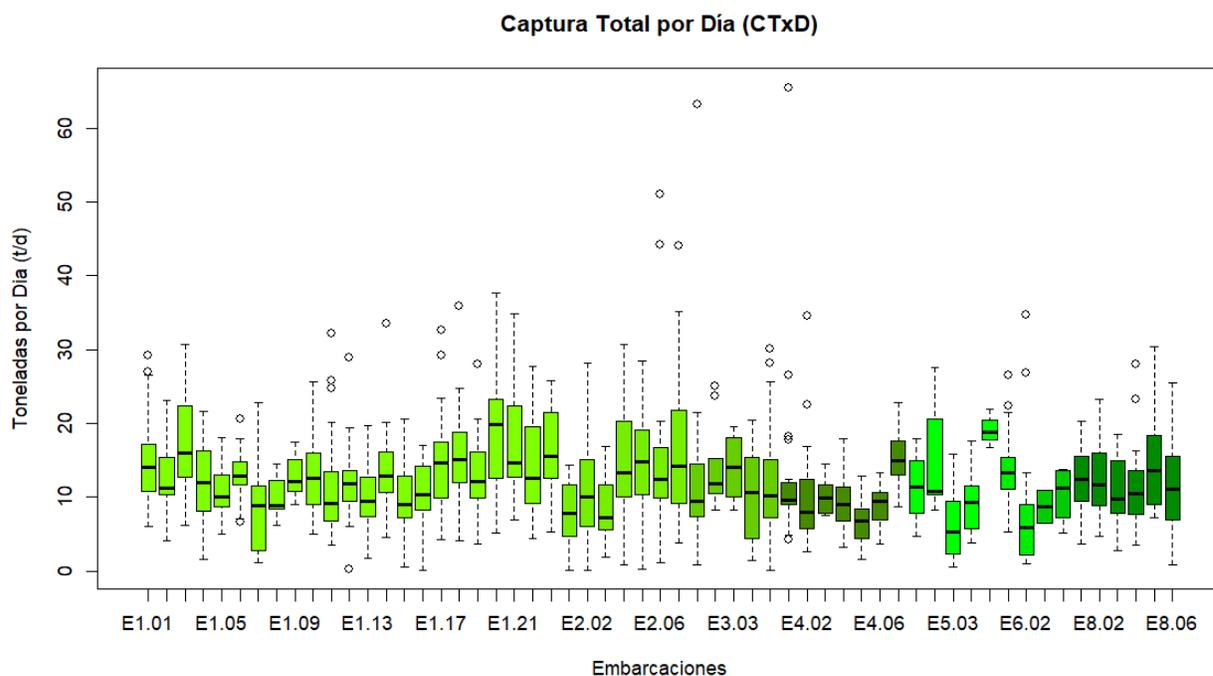
Continuando con la misma metodología, se evaluó la captura total (CT) y captura total diaria (CTxD) durante los años de estudio englobándola a partir de las distintas embarcaciones que conforman la flota atunera mexicana, ejemplo de ello la Empresa 2 (Tabla 11).

**Tabla 11.** Estimaciones de Captura total diaria de la empresa 2 (E2), durante el lapso de estudio.

Empresa	Embarcaciones	Parámetro	Años					
			2016	2017	2018	2019	2020	2021
2	E2.01	Captura Total (t)	1752	545	1575	1957	1708	3755
		Días Totales	237	172	220	241	257	299
		CTxD (t/d)	7.39	3.17	7.16	8.12	6.65	12.56
	E2.02	Captura Total (t)	1932	2033	2614	2710	2289	3770
		Días Totales	266	264	254	242	236	236
		CTxD (t/d)	7.26	7.70	10.29	11.20	9.70	15.97
	E2.03	Captura Total (t)	2231	2875	1594	664	0	0
		Días Totales	257	238	251	63	0	0
		CTxD (t/d)	8.68	12.08	6.35	10.54	0.00	0.00
	E2.04	Captura Total (t)	1621	2591	2919	3182	3835	5275
		Días Totales	241	238	221	238	243	276
		CTxD (t/d)	6.73	10.89	13.21	13.37	15.78	19.11
	E2.05	Captura Total (t)	3347	3487	3452	3268	3050	3879
		Días Totales	242	247	252	193	243	228
		CTxD (t/d)	13.83	14.12	13.70	16.93	12.55	17.01
	E2.06	Captura Total (t)	2583	3977	2835	3156	3139	3682
		Días Totales	264	256	249	242	238	254
		CTxD (t/d)	9.78	15.54	11.39	13.04	13.19	14.50
	E2.07	Captura Total (t)	2732	3193	2997	5775	3571	4567
		Días Totales	261	260	240	244	259	246
		CTxD (t/d)	10.47	12.28	12.49	23.67	13.79	18.57

Se contrastaron las Capturas Totales y CPUE (CTxD) por embarcación durante el periodo de evaluación del presente trabajo mediante la aplicación de diagrama de cajas (Figura 7 y 8).

**Figura 7.** Variación de Captura Total Anual por embarcación



**Figura 8.** Variación de Captura Total por Día de cada cada embarcación.

Por métodos estadísticos (aplicación de anova paramétrico) se comprobó que hay diferencias significativas entre embarcaciones para la Captura Total (Tabla 12) y Captura Total diaria (CTxD).

**Tabla 12.** Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación mediante anova paramétrico.

Variable	CPUE	F value	P value
Embarcaciones	CT	6.87	<2E-16
	CTxD	3.62	<2E-16

Los valores en rojo corresponden a las variables significativas.

### 3.1.3.1 Empresa 1

Para la E1 se evaluó la captura total (CT) y captura total diaria (CTxD) durante los años de estudio a partir de las distintas embarcaciones que conforman a la empresa y mediante métodos estadísticos (anova

paramétrico y bayesiano) se comprobó que hay diferencias entre embarcaciones para ambas CPUE (Tabla 13). Vease también Anexo F y Anexo G.

**Tabla 13.** Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación para E1 mediante prueba paramétrica.

Variable	CPUE	F value	P value
Embarcaciones	CT	6.32	<2E-16
	CTxD	5.25	5.05E-13

Además de ello, para una mejor visualización de la variabilidad en los viajes de cada embarcación se realizó la siguiente tabla (Tabla 14), la cual engloba el promedio de CTxD anual de cada navío de la E1 durante los años de gestión, implementando un ranking con base en este atributo, además de contrastarlo con el ranking individual de CTxD de cada año (2016-2021).

### 3.1.3.2 Empresa 2

Del mismo modo que con la E1, para la E2 se evaluó la captura total (CT) y captura total diaria (CTxD) durante los años de estudio a partir de las distintas embarcaciones que conforman a la empresa y mediante métodos estadísticos (anova paramétrico y bayesiano) se comprobó hay diferencias entre embarcaciones para ambas CPUE (Tabla 15). Vease también Anexo H y Anexo I.

**Tabla 15.** Diferencias en Captura Total (CT) y Captura Total diaria (CTxD) por embarcación para E2 mediante prueba paramétrica.

Variable	CPUE	F value	P value
Embarcaciones	CT	4.53	3E-4
	CTxD	4.81	1E-4

Se realizó la siguiente tabla (Tabla 16), la cual engloba el promedio de CTxD anual de cada navío de la E2 durante los años de gestión, implementando un ranking con base en este atributo, además de contrastarlo con el ranking individual de CTxD de cada año (2016-2021).

**Tabla 14.** Rankings de CTxD individuales pertenecientes a embarcaciones de la E1

Embarcación	Promedio de CTxD	Ranking	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
			CTxD	Ranking										
E1.01	14.4	9	8.98	8	27	1	14.43	6	18.7	6	17.19	15	18.17	6
E1.02	12.41	15	4.8	13	10.97	15	11.64	13	23.08	3	17.16	16	10.34	19
E1.03	17.47	2	6.27	11	22.38	5	16.74	3	28.69	1	21.71	6	13.95	12
E1.04	12.58	14	1.52	16	14.79	8	10.33	16	18.6	7	20.81	7	20.7	3
E1.05	10.58	18	10.49	6	11.23	14	11.4	14	12.8	17	8.52	23	9.9	20
E1.06	13.08	10	12.84	4	12.67	11	12.89	9	14.91	12	13.43	19	14.37	10
E1.07	9.51	23	1.32	17	22.83	3	1.14	20	14.01	15	20.05	10	12.2	17
E1.08	9.89	21	0	21	0	21	0	21	0	20	8.77	22	14.52	8
E1.09	12.96	11	0	22	0	22	0	22	0	21	17.43	14	10.94	18
E1.10	12.62	13	11.4	5	13.92	10	11.03	15	15.2	11	18.39	13	17.28	7
E1.11	10.98	17	9.73	7	8.13	18	6.88	19	8.29	19	20.18	8	8.64	23
E1.12	12.34	16	0.3	19	11.96	12	8.31	17	13.8	16	19.02	12	19.41	5
E1.13	9.66	22	1.74	15	9.48	16	7.94	18	14.25	14	19.4	11	12.49	15
E1.14	14.73	6	33.54	1	19.52	6	11.9	12	20.09	4	20.17	9	12.87	14
E1.15	10.27	19	0.57	18	5.82	20	12.14	11	17.5	8	8.91	21	9.17	21
E1.16	10.16	20	0.14	20	6.75	19	12.29	10	14.28	13	9.84	20	14.38	9
E1.17	14.67	7	4.84	12	14.6	9	13.38	7	12.39	18	32.58	3	23.4	1
E1.18	15.71	5	8.91	9	24.81	2	15.46	4	19.27	5	13.65	18	8.84	22
E1.19	12.93	12	3.65	14	11.39	13	12.91	8	16.27	9	28.03	4	13.56	13
E1.20	18.11	1	20.69	2	8.77	17	21.48	2	26.51	2	37.62	1	19.88	4
E1.21	16.89	3	6.9	10	22.6	4	22.51	1	15.95	10	34.9	2	14.21	11
E1.22	14.44	8	18.51	3	15.84	7	15.07	5	0	22	27.68	5	22.16	2
E1.23	16.16	4	0	23	0	23	0	23	0	23	15.57	17	12.25	16

**Tabla 16.** Rankings de CTxD individuales pertenecientes a embarcaciones de la E2.

Embarcación	Promedio de CTxD	Ranking	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
			CTxD	Ranking	CTxD	Ranking	CTxD	Ranking	CTxD	Ranking	CTxD	Ranking	CTxD	Ranking
E2.01	7.59	7	5.43	4	6.7	5	11.34	4	11.25	6	14.42	4	13.24	5
E2.02	10.71	5	0.13	7	5.75	6	13.45	3	12.86	3	16.24	2	28.16	1
E2.03	9.14	6	6.07	2	13.11	3	5.22	6	10.54	7	0	7	0	7
E2.04	13.87	4	7.95	1	0.88	7	17.51	1	11.85	4	23.76	1	27.86	2
E2.05	14.87	2	0.19	6	12.12	4	14.13	2	20.13	2	8.33	6	21.06	3
E2.06	14.19	3	4.7	5	51	1	5.02	7	11.63	5	12.74	5	12.95	6
E2.07	15.93	1	5.52	3	44	2	8.14	5	24.06	1	16.11	3	23.5	4

## 3.2 Simulación

### 3.2.1 Simulación PAEP y Plan de Acción

Para abordar el Plan de Acción, fue necesario delimitar el PAEP que comprende la flota atunera mexicana y los días totales de un año de gestión (TAE). En el caso del TAE se determinó a partir de la cantidad promedio anual de días que toda la flota atunera mexicana operó durante el período de estudio (2016-2021), esto debido a que evaluaciones del personal científico de la CIAT postularon que el esfuerzo pesquero fue el adecuado durante este período de tiempo, por lo que podemos tomar el promedio durante los años de evaluación y gestionarlo como TAE (Tabla 17).

**Tabla 17.** Estimación del TAE a través del promedio de días de pesca anual de cada empresa de la flota atunera mexicana durante el lapso de estudio (2016-2021), comprendido por: Años, Número de días anuales por empresa y el promedio anual de días de toda la flota.

Años	Total de días por empresa								TAE
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
2016	4777	1768	447	1214	227	350	0	1632	10415
2017	4610	1675	493	813	190	343	0	1713	9837
2018	4722	1687	421	613	582	257	0	1563	9845
2019	4335	1463	459	781	565	261	273	1515	9652
2020	4999	1476	868	1180	251	138	0	303	9215
2021	5065	1539	1197	1086	314	126	0	0	9327
TAE Promedio									9715

Una vez gestionado el TAE de 9715 días, se calculó el porcentaje de días que les corresponderían a cada empresa (Tabla 18).

Una vez gestionados los días que le corresponderían a cada empresa, fue necesario realizar el mismo ejercicio por embarcación, sin embargo, dada la magnitud de la flota, para esta simulación se usaron únicamente las empresas 1 y 2 (E1-E2), las cuales tuvieron el mayor número de embarcaciones (23 y 7 respectivamente). En el caso de la E1, se definió el TAE que le correspondía a cada embarcación (Tabla 20).

Mediante el TAE de 9715 días, se definió la cantidad de días que le corresponderían a cada empresa (Tabla 19).

**Tabla 18.** División del TAE por empresa a partir de: Año, Cantidad de días por empresa específico por año, Porcentaje TAE por empresa específico por año, Número de Empresa.

Años		Empresas							
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
2016	Cantidad de días por empresa	4777	1768	447	1214	227	350	0	1632
	Porcentaje del TAE del 2016	0.46	0.17	0.04	0.12	0.02	0.03	0.00	0.16
2017	Cantidad de días por empresa	4610	1675	493	813	190	343	0	1713
	Porcentaje del TAE del 2017	0.47	0.17	0.05	0.08	0.02	0.03	0.00	0.17
2018	Cantidad de días por empresa	4722	1687	421	613	582	257	0	1563
	Porcentaje del TAE del 2018	0.48	0.17	0.04	0.06	0.06	0.03	0.00	0.16
2019	Cantidad de días por empresa	4335	1463	459	781	565	261	273	1515
	Porcentaje del TAE del 2019	0.45	0.15	0.05	0.08	0.06	0.03	0.03	0.16
2020	Cantidad de días por empresa	4999	1476	868	1180	251	138	0	303
	Porcentaje del TAE del 2020	0.54	0.16	0.09	0.13	0.03	0.01	0.00	0.03
2021	Cantidad de días por empresa	5065	1539	1197	1086	314	126	0	0
	Porcentaje del TAE del 2021	0.54	0.17	0.13	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00
Promedio del porcentaje TAE por empresa		0.49	0.16	0.07	0.10	0.04	0.03	0.00	0.11

**Tabla 19.** TAE específico por empresa para ejercicio de simulación

Empresa	%	TAE correspondiente
E1	0.49	4763
E2	0.16	1600
E3	0.07	657
E4	0.10	950
E5	0.04	356
E6	0.03	243
E7	0.005	46
E8	0.11	1100

**Tabla 20.** TAE por embarcación de la empresa 1 (E1), constituido por: Código de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2021.

Embarcación	Año 2016		Año 2017		Año 2018		Año 2019		Año 2020		Año 2021		Promedio porcentual
	Días	Porcentaje											
E1.01	261	5.46	237	5.14	242	5.12	216	4.98	235	4.70	250	4.96	5.06
E1.02	267	5.59	263	5.70	242	5.12	237	5.47	138	2.76	173	3.43	4.68
E1.03	261	5.46	245	5.31	226	4.79	225	5.19	237	4.74	248	4.92	5.07
E1.04	253	5.30	240	5.21	257	5.44	214	4.94	212	4.24	227	4.50	4.94
E1.05	260	5.44	226	4.90	252	5.34	257	5.93	235	4.70	240	4.76	5.18
E1.06	269	5.63	261	5.66	236	5.00	233	5.37	237	4.74	231	4.58	5.16
E1.07	265	5.55	142	3.08	261	5.53	222	5.12	225	4.50	64	1.27	4.17
E1.08	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	173	3.46	185	3.67	1.19
E1.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	174	3.48	217	4.30	1.30
E1.10	208	4.35	263	5.70	241	5.10	258	5.95	207	4.14	210	4.16	4.90
E1.11	219	4.58	213	4.62	238	5.04	222	5.12	190	3.80	214	4.24	4.57
E1.12	247	5.17	188	4.08	244	5.17	217	5.01	228	4.56	230	4.56	4.76
E1.13	227	4.75	181	3.93	245	5.19	247	5.70	279	5.58	259	5.13	5.05
E1.14	34	0.71	239	5.18	252	5.34	172	3.97	111	2.22	133	2.64	3.34
E1.15	253	5.30	248	5.38	235	4.98	234	5.40	208	4.16	259	5.13	5.06
E1.16	248	5.19	139	3.02	191	4.04	214	4.94	293	5.86	252	5.00	4.67
E1.17	252	5.28	226	4.90	211	4.47	237	5.47	213	4.26	241	4.78	4.86
E1.18	262	5.48	239	5.18	233	4.93	231	5.33	227	4.54	234	4.64	5.02
E1.19	254	5.32	261	5.66	222	4.70	246	5.67	241	4.82	263	5.21	5.23
E1.20	264	5.53	273	5.92	200	4.24	223	5.14	229	4.58	233	4.62	5.00
E1.21	232	4.86	252	5.47	240	5.08	230	5.31	251	5.02	229	4.54	5.05
E1.22	241	5.05	274	5.94	254	5.38	0	0.00	243	4.86	230	4.56	4.30
E1.23	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	213	4.26	223	4.42	1.45
Total	4777	100	4610	100	4722	100	4335	100	4999	100	5045	100	100

Una vez estipulados los porcentajes de días que le correspondían a cada embarcación, se definió la cantidad de días que cada barco tendría disponibles durante un año de gestión (Tabla 21).

**Tabla 21.** Días disponibles por embarcación para la E1 con base en el TAE de 4919 días.

Embarcación	Promedio porcentual (%)	TAE correspondiente 4919 días
E1.01	5.06	249
E1.02	4.68	230
E1.03	5.07	249
E1.04	4.94	243
E1.05	5.18	255
E1.06	5.16	254
E1.07	4.17	205
E1.08	1.19	58
E1.09	1.30	64
E1.10	4.90	241
E1.11	4.57	225
E1.12	4.76	234
E1.13	5.05	248
E1.14	3.34	164
E1.15	5.06	249
E1.16	4.67	230
E1.17	4.86	239
E1.18	5.02	247
E1.19	5.23	257
E1.20	5.00	246
E1.21	5.05	248
E1.22	4.30	211
E1.23	1.45	71
Total	100	4919

Después de la gestión de asignación de los días, fue necesario definir la CPUE de interés en este estudio, la captura total diaria (CTxD) de cada embarcación de la E1 a partir del promedio de la (Tabla 22).

**Tabla 22.** Captura Total por día (toneladas) promedio para las embarcaciones de la E1.

Código de Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	TAE correspondiente 4919 días
E1.01	14.40	249
E1.02	12.41	230
E1.03	17.47	249
E1.04	12.58	243
E1.05	10.58	255
E1.06	13.08	254
E1.07	9.51	205
E1.08	9.89	58
E1.09	12.96	64
E1.10	12.62	241
E1.11	10.98	225
E1.12	12.34	234
E1.13	9.66	248
E1.14	14.73	164
E1.15	10.27	249
E1.16	10.16	230
E1.17	14.67	239
E1.18	15.71	247
E1.19	12.93	257
E1.20	18.11	246
E1.21	16.89	248
E1.22	14.44	211
E1.23	16.16	71

Esto en un escenario “normal” de gestión de la E1 para un año de actividad, sin embargo, para abordar el Plan de Acción fue necesario designarles a las embarcaciones el mayor número de días disponibles con base en la eficiencia de pesca (CTxD), continuando la asignación en orden decreciente con el resto de los días. Para este ejercicio se tomó como el valor tope de días disponibles durante un año de gestión al valor mayor visualizado durante el período de 2016-2021, siendo este 299 días (Tabla 23).

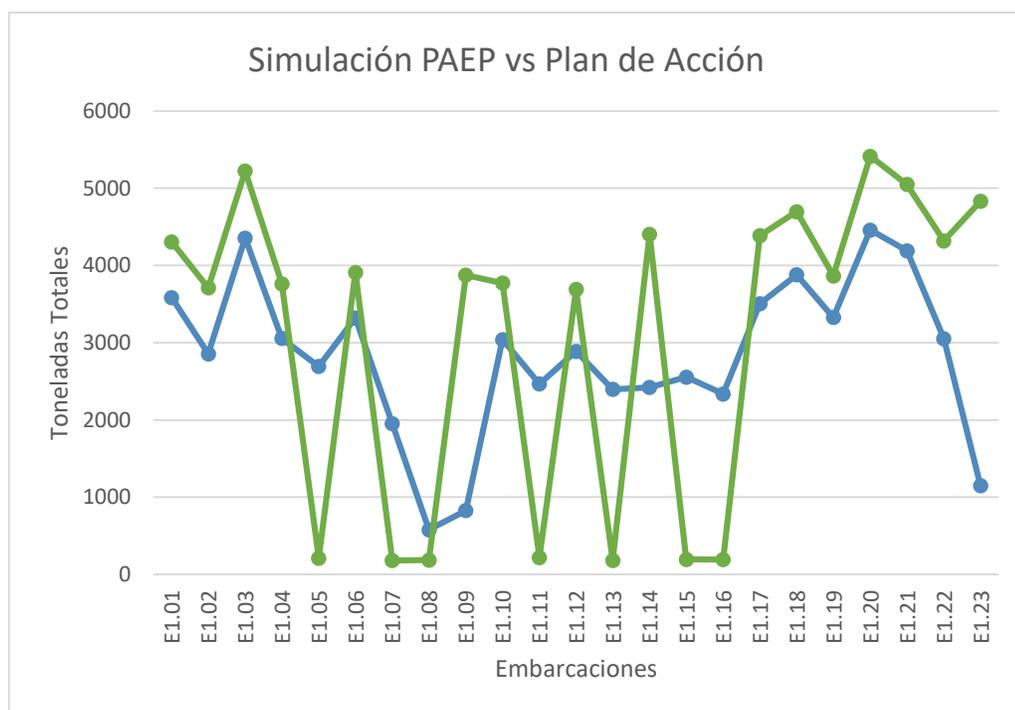
**Tabla 23.** Cantidad de días asignados para las embarcaciones de la E1 en la simulación del Plan de Acción, comprendiendo: Código de embarcación, CTxD promedio durante el período de 2016-2021 y Cantidad de Días Asignados con base en la eficiencia de pesca de cada embarcación (mayor cantidad de CTxD).

Código de Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	Plan de Acción Días asignados
E1.01	14.40	299
E1.02	12.41	299
E1.03	17.47	299
E1.04	12.58	299
E1.05	10.58	20
E1.06	13.08	299
E1.07	9.51	19
E1.08	9.89	19
E1.09	12.96	299
E1.10	12.62	299
E1.11	10.98	20
E1.12	12.34	299
E1.13	9.66	19
E1.14	14.73	299
E1.15	10.27	19
E1.16	10.16	19
E1.17	14.67	299
E1.18	15.71	299
E1.19	12.93	299
E1.20	18.11	299
E1.21	16.89	299
E1.22	14.44	299
E1.23	16.16	299

Para comparar el escenario “normal” contra el simulado del Plan de Acción, fue necesario calcular la captura anual de cada embarcación durante un hipotético año de gestión (Tabla 24) y su representación gráfica (Figura 9).

**Tabla 24.** Captura Total Anual de las embarcaciones de la E1 contemplando la captura real promedio de los seis años de gestión 2016-2021 en contraste de la captura total anual generada mediante el Plan de Acción.

Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	TAE correspondiente 4919 días	Plan de Acción Días asignados	Captura Total (t)	
				Promedio por embarcación en el período de 2016-2021	Captura Total (t) Plan de Acción
E1.01	14.40	249	299	3586.03	4306.60
E1.02	12.41	230	299	2857.26	3711.59
E1.03	17.47	249	299	4354.83	5222.53
E1.04	12.58	243	299	3055.45	3761.92
E1.05	10.58	255	20	2693.55	211.50
E1.06	13.08	254	299	3322.68	3910.92
E1.07	9.51	205	19	1952.71	180.69
E1.08	9.89	58	19	577.92	187.91
E1.09	12.96	64	299	826.84	3875.04
E1.10	12.62	241	299	3042.46	3771.89
E1.11	10.98	225	20	2466.15	219.50
E1.12	12.34	234	299	2888.27	3690.66
E1.13	9.66	248	19	2397.59	183.51
E1.14	14.73	164	299	2422.14	4404.27
E1.15	10.27	249	19	2555.79	195.19
E1.16	10.16	230	19	2336.73	193.10
E1.17	14.67	239	299	3505.99	4386.33
E1.18	15.71	247	299	3879.02	4698.29
E1.19	12.93	257	299	3326.94	3865.57
E1.20	18.11	246	299	4458.22	5414.89
E1.21	16.89	248	299	4191.26	5049.61
E1.22	14.44	211	299	3053.26	4318.16
E1.23	16.16	71	299	1150.11	4831.84
Total				64901.21	70591.5



**Figura 9.** Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción (verde) y el escenario de simulación normal PAEP (azul) basado en el promedio de captura total durante los años de gestión 2016-2021 para la E1.

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que, no hay diferencias significativas entre la Simulación PAEP y Plan de Acción para la Captura Total Anual (Tabla 25), teniendo un factor de correlación de Lin de 0.52.

**Tabla 25.** Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción y el escenario de simulación normal PAEP mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P value
PAEP	2821.79	0.53	0.3
PDA	3069.13		

Se implementó la misma metodología para la E2, partiendo de la asignación del TAE que le correspondía a cada embarcación (Tabla 26).

**Tabla 26.** TAE por embarcación de la empresa 2, constituido por: Número de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2021.

Embarcacion	Año 2016		Año 2017		Año 2018		Año 2019		Año 2020		Año 2021		Promedio porcentual %
	Días	Porcentaje											
E2.01	237	13.40	172	10.27	220	13.04	241	16.47	257	17.41	299	19.43	15.0
E2.02	266	15.05	264	15.76	254	15.06	242	16.54	236	15.99	236	15.33	15.6
E2.03	257	14.54	238	14.21	251	14.88	63	4.31	0	0.00	0	0.00	12.0
E2.04	241	13.63	238	14.21	221	13.10	238	16.27	243	16.46	276	17.93	15.3
E2.05	242	13.69	247	14.75	252	14.94	193	13.19	243	16.46	228	14.81	14.6
E2.06	264	14.93	256	15.28	249	14.76	242	16.54	238	16.12	254	16.50	15.7
E2.07	261	14.76	260	15.52	240	14.23	244	16.68	259	17.55	246	15.98	15.8
Total	1768	100	1675	100	1687	100	1463	100	1476	100	1539	100	104

**Tabla 27.** TAE por embarcación de la empresa 2, constituido por: Número de embarcación, Año específico con su respectiva cantidad de Días y Porcentaje correspondiente para el período de 2016-2018.

Embarcacion	Año 2016		Año 2017		Año 2018		Porcentaje promedio
	Días	Porcentaje	Días	Porcentaje	Días	Porcentaje	2016-2018
E2.01	237	13.40	172	10.27	220	13.04	12.24
E2.02	266	15.05	264	15.76	254	15.06	15.29
E2.03	257	14.54	238	14.21	251	14.88	14.54
E2.04	241	13.63	238	14.21	221	13.10	13.65
E2.05	242	13.69	247	14.75	252	14.94	14.46
E2.06	264	14.93	256	15.28	249	14.76	14.99
E2.07	261	14.76	260	15.52	240	14.23	14.84
Total	1768	100	1675	100	1687	100	100

En el caso de la E2, al tomar en cuenta a las siete embarcaciones y los seis años de gestión, el porcentaje promedio contemplando todos los barcos supera el 100%, ya que la embarcación E2.03 no realizó actividades pesqueras durante los años 2020 y 2021, representando un error puntual para el ejercicio de simulación. Para abordar este error, se optó por seleccionar el promedio de días anual de todas las embarcaciones durante el período de 2016-2018 (Tabla 27).

Una vez estipulados los porcentajes de días que le corresponderían a cada embarcación, se definió la cantidad de días que cada barco tendría disponibles durante un año de gestión (Tabla 28), contemplando el promedio porcentual de los años evaluados (2016-2021).

**Tabla 28.** Días disponibles por embarcación para la E2 con base en el TAE de 1600 días.

Embarcación	Porcentaje	TAE correspondiente 1600 días
E2.01	0.12	192
E2.02	0.15	240
E2.03	0.15	240
E2.04	0.14	224
E2.05	0.14	224
E2.06	0.15	240
E2.07	0.15	240

Después de la gestión de asignación de los días, fue necesario definir la CPUE de interés en este estudio, la captura total diaria (CTxD) de cada embarcación de la E2 a partir del promedio de la misma durante el período de estudio 2016-2021 (Tabla 29).

**Tabla 29.** Captura Total por día (CTxD) promedio durante el período de 2016-2021 para la E2.

Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	TAE correspondiente 1600 días
E2.01	7.59	192
E2.02	10.71	240
E2.03	9.14	240
E2.04	13.87	224
E2.05	14.87	224
E2.06	14.19	240
E2.07	15.93	240

Esto en un escenario “normal” de gestión de la E2 para un año de aplicación, sin embargo, para abordar el Plan de Acción fue necesario designarles a las embarcaciones el mayor número de días disponibles con base en la eficiencia de pesca (CTxD), continuando la asignación en orden decreciente con el resto de días. Para este ejercicio se tomó como el valor tope de días disponibles durante un año de gestión al valor mayor visualizado durante el período de 2016-2021, correspondiendo a 299 días (Tabla 30).

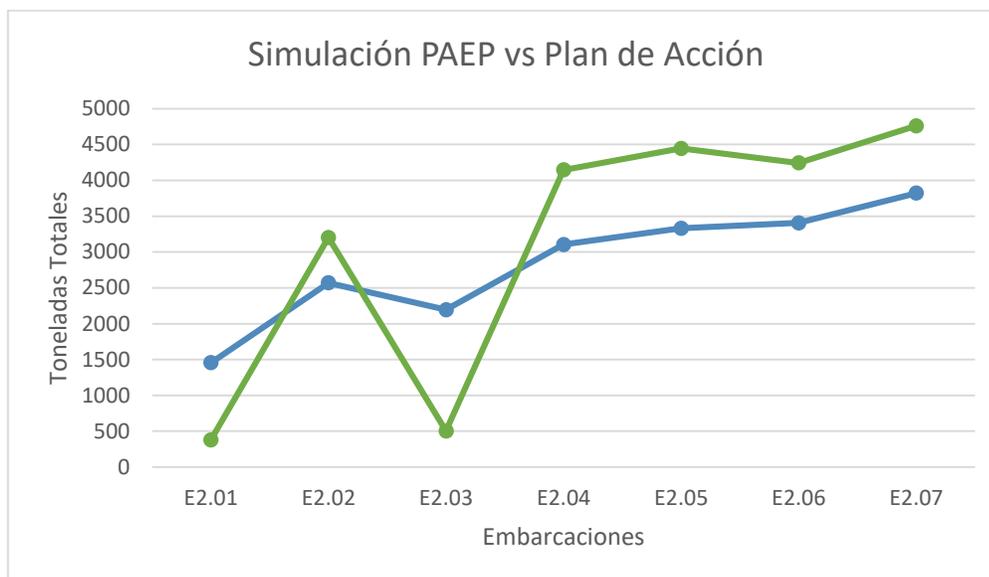
**Tabla 30.** Cantidad de días asignados para las embarcaciones de la E2 en la simulación del Plan de Acción, comprendiendo: Código de embarcación, CTxD promedio durante el período de 2016-2020 y Cantidad de Días Asignados con base en la eficiencia de pesca de cada embarcación (mayor cantidad de CTxD).

Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	Plan de Acción Días asignados
E2.07	15.93	299
E2.05	14.87	299
E2.06	14.19	299
E2.04	13.87	299
E2.02	10.71	299
E2.03	9.14	55
E2.01	7.59	50

**Tabla 31.** Captura Total Anual de las embarcaciones de la E2 contemplando la captura real promedio de los seis años de gestión 2016-2021 en contraste de la captura total anual generada mediante el Plan de Acción.

Embarcación	CTxD promedio 2016-2021	TAE correspondiente 1600 días	Plan de Acción Días asignados	Captura Total (t)	
				Promedio por embarcación en el período de 2016-2021	Plan de Acción
E2.01	7.59	192	50	1456.32	379.25
E2.02	10.71	240	299	2569.6	3201.29
E2.03	9.14	240	55	2194.2	502.84
E2.04	13.87	224	299	3105.76	4145.64
E2.05	14.87	224	299	3330.51	4445.63
E2.06	14.19	240	299	3406.4	4243.81
E2.07	15.93	240	299	3822	4761.58
Total				19884.79	21680.03

Para comparar el escenario “normal” contra el simulado del Plan de Acción, fue necesario calcular la captura anual de cada embarcación durante un hipotético año de gestión (Tabla 31) y su representación gráfica (Figura 10).



**Figura 10.** Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción (verde) y el escenario de simulación normal PAEP (azul) basado en el promedio de captura total durante los años de gestión 2016-2021 para la E2.

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que, no hay diferencias significativas entre la Simulación PAEP y Plan de Acción para la Captura Total Anual (Tabla 32), teniendo un factor de correlación de Lin de 0.94.

**Tabla 32.** Contraste de Captura Total Anual entre la simulación del Plan de Acción y el escenario de simulación normal PAEP mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P value
PAEP	2840.68	0.33	0.37
PDA	3097.19		

### 3.2.2 Simulación Modelo General Lineal (GLM)

#### 3.2.2.1 GLM E1

Para E1 y, de acuerdo con los valores de significancia, el modelo incluyó veinte variables, todas significativas  $p < 0.05$  (Tabla 33), y un valor del porcentaje de devianza explicada,  $D^2 = 52.34\%$ .

**Tabla 33.** Coeficientes de variación para el GLM de E1 y sus valores descriptivos.

Factor	Estimado	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Capacidad	2.49E-03	8.70E-04	2.864	4E-03
Lances	2.16E-01	1.54E-02	14.086	2E-16
MEI	1.51E+00	8.12E-01	1.862	0.06
ONI	-2.18E+00	7.59E-01	-2.876	4E-03
CE1.01	4.95E+00	1.40E+00	3.527	4E-04
CE1.02	1.21E+01	6.23E+00	1.936	0.05
CE1.03	-1.68E+01	5.39E+00	-3.121	2E-03
CE1.04	6.22E-01	5.84E+00	-2.593	0.01
CE1.05	6.22E-01	3.22E+00	0.193	0.85
CE1.06	6.32E+00	4.48E+00	1.411	0.16
CE1.07	3.94E+00	2.16E+00	1.825	0.07
CE1.08	4.49E+00	1.31E+00	3.415	7E-04
CE1.09	1.24E+01	3.27E+00	3.802	2E-04
CE1.10	-7.13E+00	3.20E+00	-2.228	0.03
CE1.11	-3.30E-01	2.95E+00	-0.112	0.91
CE1.12	-6.60E-01	6.75E-01	-0.978	0.33
CE1.13	-5.42E+00	2.39E+00	-2.272	0.02
CE1.14	6.73E+00	2.25E+00	2.993	3E-03
CE1.15	4.94E-01	3.57E+00	0.139	0.89
CE1.16	-1.43E+01	5.69E+00	-2.521	0.01
CE1.17	4.64E+00	5.29E+00	0.877	0.38
CE1.18	1.04E+01	5.41E+00	1.925	0.05
CE1.19	2.06E+00	2.76E+00	0.748	0.45
Year	1.10E+00	1.69E-01	6.529	1.78E-10
Estacionalidad	-6.86E-01	2.34E-01	-2.932	3E-03
IE1.01	-8.00E-02	5.97E-02	-1.34	0.18
IE1.02	-8.52E-03	1.26E-01	-0.068	0.95
IE1.03	2.01E-01	9.99E-02	2.016	0.04
IE1.04	-6.45E-02	-6.45E-02	-0.527	0.60
IE1.05	1.11E-01	5.71E-02	1.945	0.05
IE1.06	-1.70E-01	8.88E-02	-1.911	0.06
IE1.07	-7.99E-02	3.62E-02	-2.209	0.03
IE1.08	-1.08E-02	2.48E-02	-0.432	0.66

IE1.09	-1.67E-01	6.38E-02	-2.622	0.01
IE1.10	8.42E-02	6.45E-02	1.305	0.19
IE1.11	4.50E-02	6.14E-02	0.733	0.46
IE1.12	1.19E-02	1.75E-02	0.681	0.49
IE1.13	1.76E-01	6.57E-02	2.671	0.01
IE1.14	-8.58E-02	3.90E-02	-2.199	0.03
IE1.15	3.36E-02	6.88E-02	0.488	0.62
IE1.16	1.99E-01	1.02E-01	1.945	0.05
IE1.17	-6.90E-02	1.07E-01	-0.648	0.52
IE1.18	-2.58E-01	8.99E-02	-2.866	4E-03
IE1.19	-5.46E-02	4.96E-02	-1.1	0.271932

Los valores en rojo corresponden a las variables significativas. Correspondiendo la nomenclatura CE1.01 a la comunicación entre embarcaciones (porcentaje) y IE1.01 a la interacción entre embarcaciones (número de días que compartieron en altamar).

El mejor modelo para explicar la Captura total por día en la E1 es:

$$\text{LogCTxDE1} = 0.002(\text{Capacidad}) + 0.22(\text{Lances}) - 2.18(\text{ONI}) + 4.95(\text{CE1.01}) + 12.1(\text{CE1.02}) - 16.8(\text{CE1.03}) + 0.62(\text{CE1.04}) + 4.49(\text{CE1.08}) + 12.4(\text{CE1.09}) - 7.13(\text{CE1.10}) - 5.42(\text{CE1.13}) + 6.73(\text{CE1.14}) - 14.3(\text{CE1.16}) + 10.4(\text{CE1.18}) + 1.1(\text{YEAR}) - 0.69(\text{Estacionalidad}) + 0.2(\text{IE1.03}) + 0.11(\text{IE1.05}) - 0.08(\text{IE1.07}) - 0.17(\text{IE1.09}) + 0.18(\text{IE1.13}) - 0.09(\text{IE1.14}) + 0.2(\text{IE1.16}) - 0.3(\text{IE1.18}).$$

### 3.2.2.2 GLM Empresa 2

Para E2 y, de acuerdo con los valores de significancia, el modelo incluyó nueve variables, todas significativas  $p < 0.05$  (Tabla 34), y un valor de la proporción de varianza explicada,  $D^2 = 51.65\%$ .

El mejor modelo para explicar la Captura total por día en la E2 es:

$$\text{LogCTxDE2} = 0.34 (\text{Lances}) - 11.18 (\text{CE2.01}) - 24.70 (\text{CE2.02}) - 15.06 (\text{CE2.05}) + 32.21 (\text{CE2.06}) + 0.18 (\text{IE2.01}) + 0.44 (\text{IE2.02}) + 0.18 (\text{IE2.05}) - 0.58 (\text{IE2.06}).$$

**Tabla 34.** Coeficientes de variación para el GLM de E2 y sus valores descriptivos.

Factor	Estimado	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Capacidad	1E-03	4E-03	0.29	0.77
Lances	0.34	0.03	11.19	2E-16
MEI	0.21	1.41	0.15	0.88
ONI	-2.30	1.19	-2.05	0.06
CE2.01	-11.18	5.15	-2.17	0.03
CE2.02	-24.70	8.96	-2.76	0.01
CE2.04	7.43	5.64	1.32	0.19
CE2.05	-15.06	4.63	-3.25	1E-03
CE2.06	32.21	6.47	4.98	2E-06
CE2.07	21.87	11.79	1.86	0.07
Year	0.58	0.38	1.55	0.12
Estacionalidad	-0.21	0.38	-0.56	0.58
IE2.01	0.18	0.08	2.14	0.03
IE2.02	0.44	0.18	2.47	0.01
IE2.04	-0.08	0.12	-0.71	0.48
IE2.05	0.18	0.09	1.97	0.05
IE2.06	-0.58	0.13	-4.34	3E-05
IE2.07	-0.42	0.22	-1.96	0.06

Los valores en rojo corresponden a las variables significativas. Correspondiendo la nomenclatura CE1.01 a la comunicación entre embarcaciones (porcentaje) y IE1.01 a la interacción entre embarcaciones (número de días que compartieron en altamar).

### 3.2.3 Simulación del GLM y del Plan de Acción excluyendo embarcaciones

Una vez obtenidos los resultados del Modelo General Lineal, se procedió a realizar un ejercicio de simulación tomando en cuenta las variables representativas del GLM con el añadido de excluirle el efecto de alguna embarcación, en este caso la que menor eficiencia de Captura Total por día presentase, para así contrastarlo con el escenario real de aplicación. En el caso de la E1 se decidió excluir a las embarcaciones E1.07, E1.13 y E1.08 debido a ser las que menor valor de CTxD promedio presentaron (Tabla 19). Para esta simulación, se aplicó el planteamiento del Plan de Acción, en el cual los días correspondientes a la embarcación menos efectiva serían repartidos al resto de navíos de la misma empresa a la que éste pertenecía, sin embargo, la variable “número de días” no está incluida en el GLM por lo que fue necesario implementar una transformación de la variable a número de lances y de esta forma continuar con la

simulación. Se estimaron los días que la embarcación E1.07 “exportaría” (Tabla 35) al resto de barcos mediante el promedio de días en altamar que el navío operó durante los seis años de evaluación (2016-2021), procediendo del mismo modo con las embarcaciones E1.13 y E1.08, con la distinción que sus días exportados serían adicionados a los 197 del barco E1.07.

**Tabla 35.** Cantidad de días que la embarcación E1.07 extrapolaría al resto de la flota E1.

Embarcación	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
	Total de días de pesca						
E1.07	265	142	261	222	225	64	197

Con base en esta metodología, a la cantidad de días totales de la flota perteneciente a la E1 se le adicionarían los 197 días que le correspondían a la embarcación E1.07 y se realizaría la conversión a número de lances (Tabla 36).

**Tabla 36.** Adición de días pertenecientes a la embarcación E1.07 al resto de la flota de la E1 y posterior conversión de días totales a número de lances bajo la constante (1 día= 0.91 lances).

Año	Días totales	197 días	Cantidad final de días	Conversión a Lances (0.91x)
2016	3417	197	3614	3289
2017	3355	197	3552	3233
2018	3366	197	3563	3242
2019	3290	197	3487	3174
2020	3177	197	3374	3070
2021	3301	197	3498	3183

Una vez definida la conversión de número final de días a lances, se procedió a aplicar la ecuación del GLM para cada uno de los seis años de estudio con los distintos escenarios planteados (Tabla 37).

**Tabla 37.** Aplicación del GLM en los distintos escenarios de simulación excluyendo embarcaciones.

Año	GLM E1.07	GLM E1.13	GLM E1.08	GLM
2016	1841	1587	1319	1720
2017	1943	1665	1347	1855
2018	2059	1775	1528	1931
2019	1897	1619	1380	1851
2020	2320	1967	1718	2382
2021	2363	1891	1666	2387

Los valores obtenidos luego de la aplicación del GLM se multiplicaron por su logaritmo natural para obtener el valor real del modelo (Tabla 38).

**Tabla 38.** Conversión de los valores obtenidos de la aplicación del GLM a su valor de logaritmo natural.

Año	LN E1.07	LN E1.13	LN E1.08	LN GLM
2016	7.52	7.37	7.18	7.45
2017	7.57	7.42	7.21	7.53
2018	7.63	7.48	7.33	7.57
2019	7.55	7.39	7.23	7.52
2020	7.75	7.58	7.45	7.78
2021	7.77	7.54	7.42	7.78

Para la estimación de la Captura Total Anual de los distintos escenarios de aplicación fue necesario definir la cantidad total de días que abarcaba cada simulación (Tabla 39).

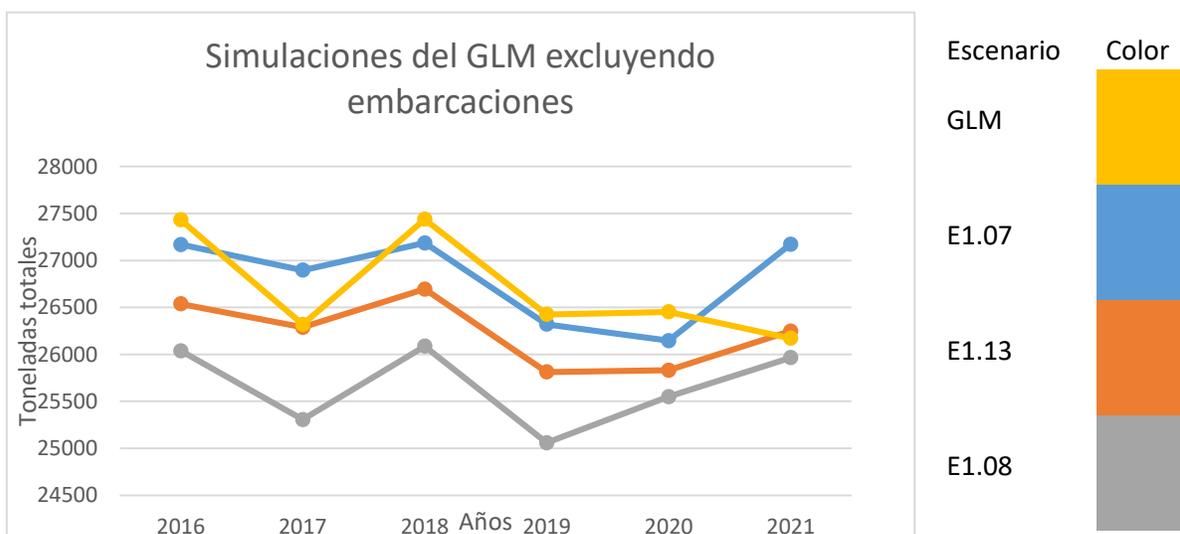
**Tabla 39.** Número de días de cada escenario de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.

Año	Días E1.07	Días E1.13	Días E1.08	Días GLM
2016	3614	3601	3624	3682
2017	3552	3544	3512	3497
2018	3563	3568	3558	3627
2019	3487	3493	3466	3512
2020	3374	3406	3430	3402
2021	3498	3479	3500	3365

Una vez definidas la cantidad de días con las que cada modelación contaba, fue necesario multiplicar estos valores con los obtenidos de la aplicación del GLM en función logaritmo natural (Tabla 40) para obtener el valor de Captura Total Anual (Figura 11).

**Tabla 40.** Captura Total Anual (toneladas) obtenida a partir de los escenarios de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.

Año	CT E1.07	CT E1.13	CT E1.08	CT GLM
2016	27169	26538	26037	27431
2017	26896	26289	25305	26319
2018	27186	26694	26086	27439
2019	26321	25812	25059	26426
2020	26146	25831	25550	26452
2021	27172	26248	25964	26171



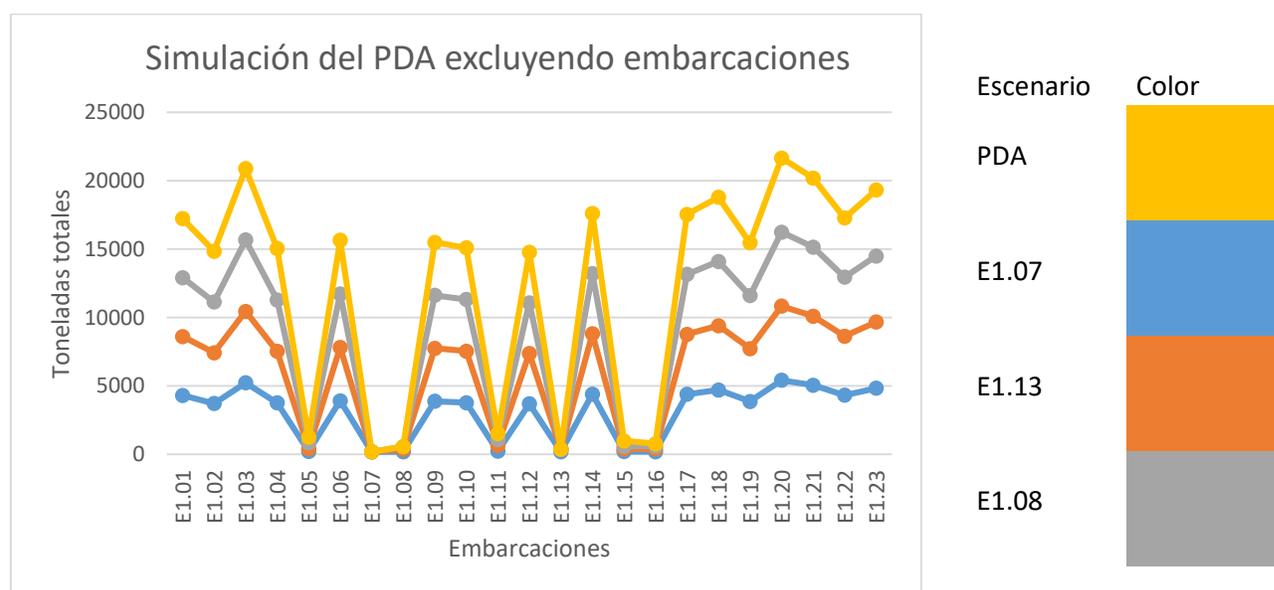
**Figura 11.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones.

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que hay diferencias significativas entre las distintas simulaciones para la Captura Total Anual a partir del GLM (Tabla 41), a excepción del escenario de exclusión del navío E1.07 con el escenario del GLM con todas las embarcaciones.

**Tabla 41.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del GLM con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.

Variable		Z value	P-value
GLM ( $\bar{x}$ =26706)	E1.07	0.36	0.36
	E1.13	1.7	0.04
	E1.08	3.56	2.00E-04
E1.07 ( $\bar{x}$ =26815)	E1.13	2.41	0.01
	E1.08	4.44	4.44E-06
E1.13 ( $\bar{x}$ =26235)	E1.08	2.49	0.01

Para el Plan de Acción, se decidió aplicar un escenario de simulación parecido al del GLM, en el que se excluyera el efecto u aporte de alguna embarcación en la Captura Total de la flota atunera mexicana, con base en la eficiencia de pesca.



**Figura 12.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones E1.

En el caso de la E1 se decidió excluir a las embarcaciones E1.07, E1.13 y E1.08 debido a ser las que menor valor de CTxD promedio presentaron. La diferencia con las simulaciones del GLM, fue que en este caso no fue necesario estimar el número de días que cada navío aportaba mediante el promedio de días de actividad durante los seis años de gestión (2016-2021), ya que esta estipulado directamente en el Plan de

Acción la cantidad de días que le corresponden a cada embarcación (Figura 12).

Demostrando que hay diferencias estadísticas significativas entre las distintas simulaciones para la Captura Total Anual a partir de los distintos escenarios de simulación PDA en la E1 (Tabla 42).

**Tabla 42.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del PDA con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.

Variable		Z value	P-value
PDA ( $\bar{x}$ =3069.20)	E1.07	2E-03	0.59
	E1.13	3E-03	0.50
	E1.08	4E-03	0.50
E1.07 ( $\bar{x}$ =3070.41)	E1.13	3E-03	0.50
	E1.08	4E-03	0.50
E1.13 ( $\bar{x}$ =3071.16)	E1.08	5E-03	0.50

Para la E2 se decidió excluir a la embarcación E2.01 debido a ser la que menor valor de CTxD promedio presentó (Tabla 27). Para esta simulación, se aplicó el planteamiento del Plan de Acción, en el cual los días correspondientes a la embarcación menos efectiva serían repartidos al resto de navíos de la misma empresa a la que éste pertenecía, sin embargo, la variable “número de días” no está incluida en el GLM por lo que fue necesario implementar una transformación de la variable a número de lances y de esta forma continuar con la simulación.

Se estimaron los días que la embarcación E2.01 “exportaría” (Tabla 43) al resto de barcos mediante el promedio de días en altamar que el navío operó durante los seis años de evaluación (2016-2021).

**Tabla 43.** Cantidad de días que la embarcación E2.01 extrapolaría al resto de la flota E2.

Embarcación	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
	Total de días de pesca						
E2.01	237	172	220	241	257	299	238

Con base en esta metodología, a la cantidad de días totales de la flota perteneciente a la E2 se le adicionarían los 238 días que le correspondían a la embarcación E1.07 y se realizaría la conversión a número de lances (Tabla 44).

**Tabla 44.** Adición de días pertenecientes a la embarcación E2.01 al resto de la flota de la E2 y posterior conversión de días totales a número de lances bajo la constante (1 día= 0.91 lances).

Año	Días totales	238 días	Cantidad final de días	Conversión a Lances (0.91x)
2016	1274	238	1512	1376
2017	1265	238	1503	1368
2018	1216	238	1454	1323
2019	1159	238	1397	1271
2020	1219	238	1457	1326
2021	1240	238	1478	1345

Una vez definida la conversión de número final de días a lances, se procedió a aplicar la ecuación del GLM para cada uno de los seis años de estudio con los distintos escenarios planteados (Tabla 45).

**Tabla 45.** Aplicación del GLM en los distintos escenarios de simulación excluyendo embarcaciones.

Año	GLM E2.01	GLM
2016	3.54E+02	2.51E+02
2017	3.26E+02	1.33E+02
2018	3.46E+02	2.52E+02
2019	3.12E+02	2.44E+02
2020	3.80E+02	2.73E+02
2021	3.39E+02	2.81E+02

Los valores obtenidos luego de la aplicación del GLM se multiplicaron por su logaritmo natural para obtener el valor real del modelo (Tabla 46).

**Tabla 46.** Conversión de los valores obtenidos de la aplicación del GLM a su valor de logaritmo natural.

Año	LN E2.01	LN GLM
2016	5.87	5.53
2017	5.79	4.89
2018	5.85	5.53
2019	5.74	5.50
2020	5.94	5.61
2021	5.82	5.64

Para la estimación de la Captura Total Anual de los distintos escenarios de aplicación fue necesario definir la cantidad total de días que abarcaba cada simulación (Tabla 47).

**Tabla 47.** Número de días de cada escenario de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.

Año	Días E2.01	Días GLM
2016	1512	1511
2017	1503	1436
2018	1454	1437
2019	1397	1400
2020	1457	1476
2021	1478	1539

Una vez definidas la cantidad de días con las que cada modelación contaba, fue necesario multiplicar estos valores con los obtenidos de la aplicación del GLM en función logaritmo natural (Tabla 48) para obtener el valor de Captura Total Anual (Figura 13).

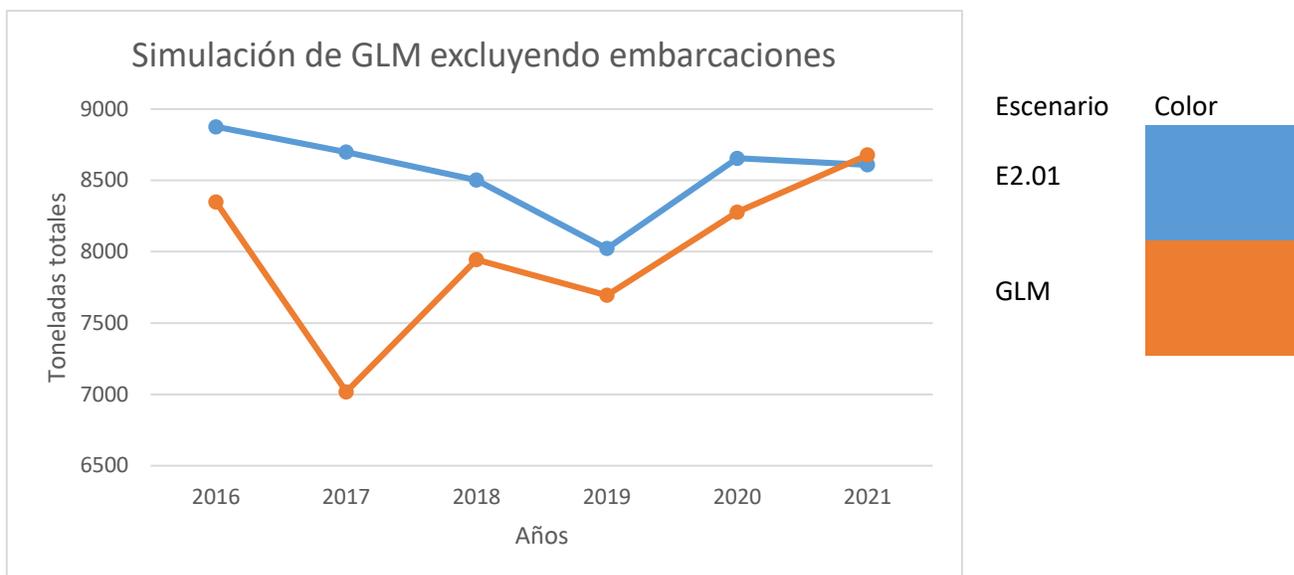
**Tabla 48.** Captura Total Anual (toneladas) obtenida a partir de los escenarios de simulación del GLM excluyendo embarcaciones.

Año	CT E2.01	CT GLM
2016	8875	8349
2017	8698	7018
2018	8502	7945
2019	8023	7695
2020	8655	8278
2021	8609	8679

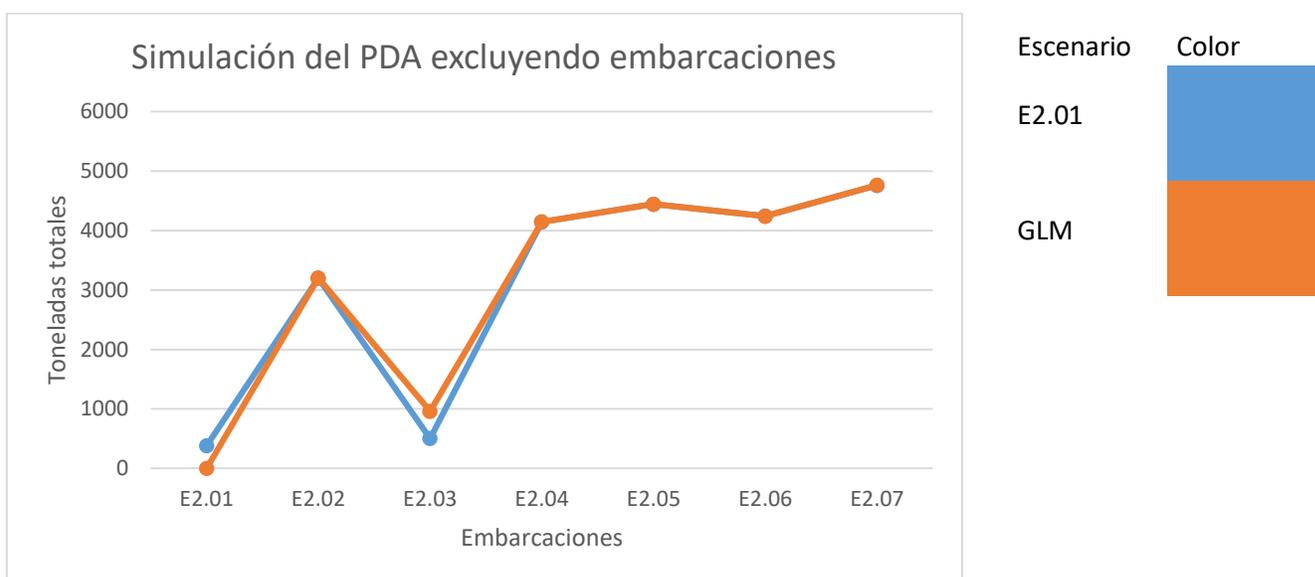
Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que no hay diferencias significativas entre las distintas simulaciones para la Captura Total Anual a partir del GLM (Tabla 49).

**Tabla 49.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del GLM con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P-value
GLM	3097.15	0.01	0.50
E2.01	3108.73		



**Figura 13.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del GLM en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones, siendo el escenario de exclusión E2.01 (azul) y el GLM (naranja) con todos los navíos.



**Figura 14.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del PDA en distintos escenarios de exclusión de embarcaciones.

Para el Plan de Acción, se decidió aplicar un escenario de simulación parecido al del GLM, en el que se excluyera el efecto u aporte de alguna embarcación en la Captura Total de la flota atunera mexicana, con base en la eficiencia de pesca. En el caso de la E2 se decidió excluir a la embarcación E2.01 debido a ser la que menor valor de CTxD promedio presento (Tabla 19). La diferencia con las simulaciones del GLM, fue

que en este caso no fue necesario estimar el número de días que cada navío aportaba mediante el promedio de días de actividad durante los seis años de gestión (2016-2021), ya que esta está estipulado directamente en el Plan de Acción la cantidad de días que le corresponden a cada embarcación (Figura 14).

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que, hay diferencias significativas entre las distintas simulaciones para la Captura Total Anual a partir de los distintos escenarios de simulación PDA (Tabla 50).

**Tabla 50.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de exclusión de embarcaciones y el escenario de simulación del PDA con todos los navíos mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P-value
GLM	7994	2.12	0.02
E2.01	8560		

### 3.3 Comparación Plan de Acción vs GLM

Una vez definidas ambas simulaciones, fue necesario realizar un contraste para definir si arrojaban resultados similares en cuanto a la gestión de actividad pesquera en la flota atunera mexicana. Para dicha comparación se emplearon graficas de tendencia (Figura 15 y Figura 16) y pruebas estadísticas (Tabla 51 y Tabla 52) respectivamente para las empresas E1 y E2.

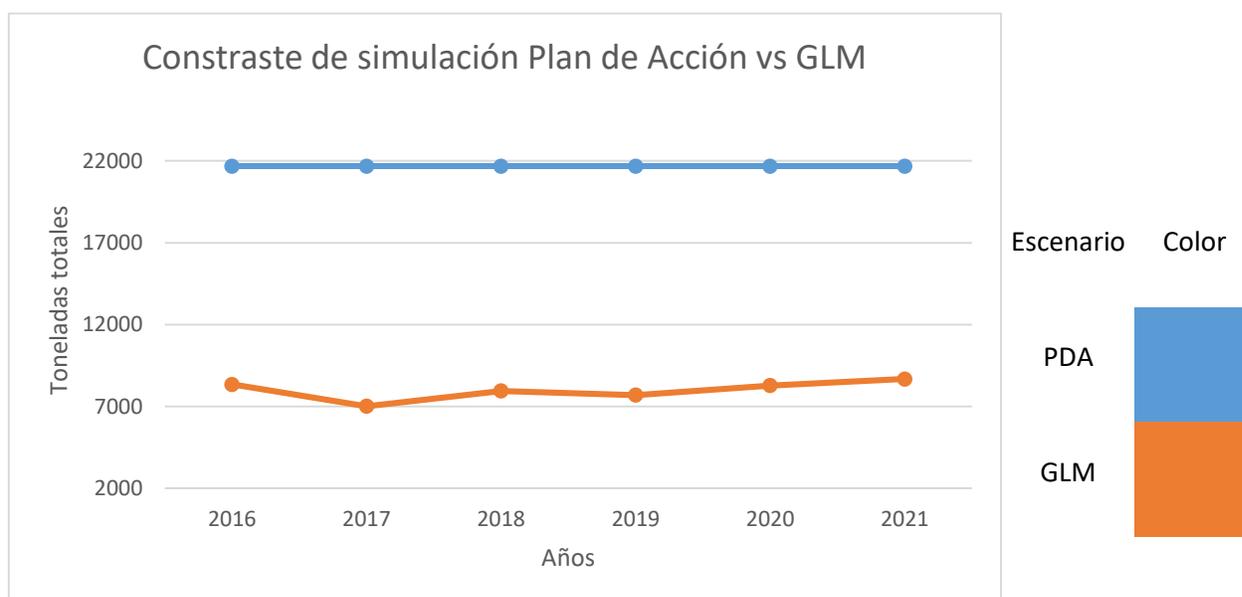


**Figura 15.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del Plan de Acción y el GLM para E1.

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que hay diferencias significativas entre las simulaciones del Plan de Acción y el GLM para la Captura Total Anual (Tabla 51).

**Tabla 51.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de simulación del Plan de Acción y GLM mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P-value
PDA	70591	187.59	2.2E-16
GLM	26706		



**Figura 16.** Contraste de simulaciones obtenidas con la aplicación del Plan de Acción y el GLM para E2.

Por métodos estadísticos (prueba t) se comprobó que hay diferencias significativas entre las simulaciones del Plan de Acción y el GLM para la Captura Total Anual (Tabla 52).

**Tabla 52.** Contraste de Captura Total Anual entre los distintos escenarios de simulación del Plan de Acción y GLM mediante la aplicación de una prueba t.

Variable	Media	Z value	P-value
PDA	21680	57.15	2.2E-16
GLM	7994		

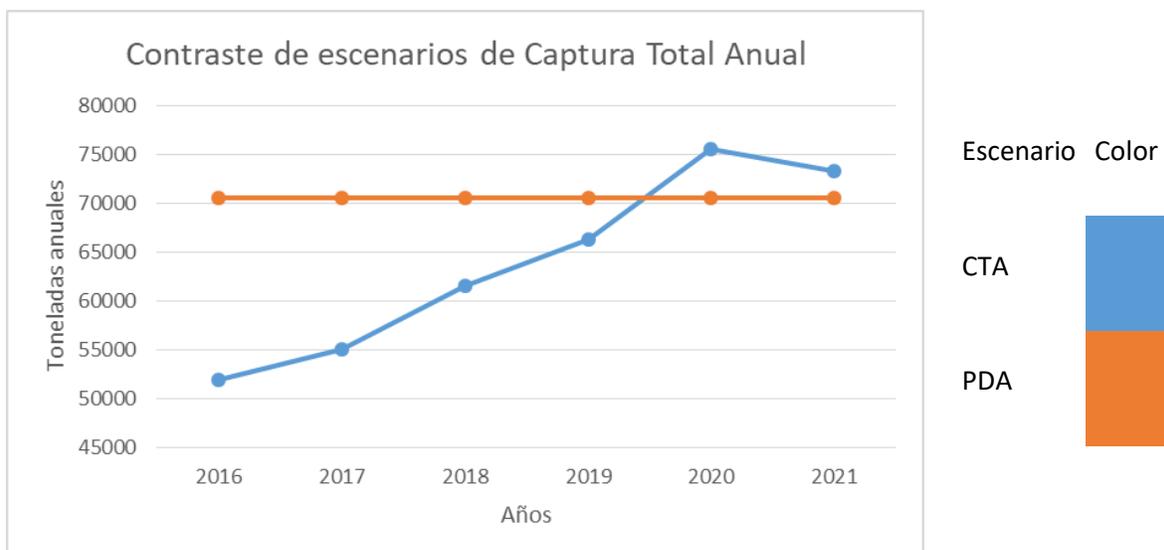
### 3.4 Simulación del Plan de Acción tomando en cuenta individualmente la CTxD por año

Para esta simulación se aplicó la metodología del Plan de Acción con una única variación, si bien a cada embarcación se le “otorgarían” los días de actividad pesquera previamente definidos en apartados anteriores (Tabla 22), su captura total anual cambiaría, ya que para este cálculo en la simulación original se empleaba el promedio de CTxD durante los seis años de gestión (2016-2021), sin embargo, en esta simulación se aplicaría individualmente la CTxD de cada año comprendido del período de 2016 a 2021, es decir: el primer año de simulación la embarcación E1.01 tendría actividad 299 días, su captura total diaria sería de 12.71 toneladas de atún (el valor promedio de la CPUE presentado en el 2016). Para el segundo año la cantidad de días de actividad sería la misma, sin embargo, el valor de CTxD sería el promedio de esta CPUE presentado en el año 2017, subsecuentemente para el resto de años y embarcaciones comprendidas en esta empresa (Tabla 53).

**Tabla 53.** Captura total diaria (CTxD) promedio anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E1.

Empresa 1	Captura total por día (CTxD)						CTxD PROMEDIO PDA
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
E1.1	12.71	17.19	16.11	14.93	12.98	12.51	14.40
E1.2	7.91	11.37	10.82	16.97	16.14	11.27	12.41
E1.3	13.4	15.95	19.98	22.05	17.83	15.59	17.47
E1.4	8.82	9.39	12.46	12.21	14.04	18.6	12.58
E1.5	11.45	10.33	10.04	11.52	7.25	12.86	10.58
E1.6	13.09	10.98	14.44	14.65	10.64	14.7	13.08
E1.7	6.06	11.24	5.63	11.34	10.6	12.2	9.51
E1.8	0	0	0	0	8.01	11.77	9.89
E1.9	0	0	0	0	13.41	12.51	12.96
E1.10	8.66	12.95	13.61	14.49	12.45	13.53	12.62
E1.11	13.78	7.3	8.54	13.76	14	8.47	10.98
E1.12	9.07	11.46	13.85	13.52	13.01	13.17	12.34
E1.13	6.35	7.19	11.12	9.82	12.15	11.02	9.66
E1.14	19.02	14.45	10.13	15.57	18.13	11.11	14.73
E1.15	6.46	7.73	13.1	14.52	9.45	10.39	10.27
E1.16	7.43	6.08	11.29	12.43	11.37	12.52	10.16
E1.17	12.21	9.12	12.72	17.45	17.66	18.86	14.67
E1.18	12.75	15.8	15.04	21.41	15.33	13.95	15.71
E1.19	8.11	10.2	14.38	14.4	17.09	13.42	12.93
E1.20	17.28	10.72	20.22	23.01	20.03	17.4	18.11
E1.21	16.1	17.97	15.86	16.2	18.29	16.92	16.89
E1.22	11.26	13.33	12.21	0	18.85	16.57	14.44
E1.23	0	0	0	0	12.27	20.05	16.16





**Figura 17.** Contraste de Captura Total Anual de la E1 entre la simulación del Plan de Acción (naranja) y el escenario de simulación basado en el valor individual de captura total anual durante los años de gestión 2016-2021 (azul).

Para la E2, el primer año de simulación la embarcación E2.01 tendría actividad 50 días, su captura total diaria sería de 7.33 toneladas de atún (el valor promedio de la CPUE presentado en el 2016), para el segundo año la cantidad de días de actividad sería la misma, sin embargo, el valor de CTxD sería el promedio de esta CPUE presentado en el año 2017, subsecuentemente para el resto de años y embarcaciones comprendidas en esta empresa (Tabla 56).

**Tabla 56.** Captura total diaria (CTxD) promedio anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E2.

Empresa 2	Captura total por día (CTxD)						CTxD PROMEDIO PDA
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
E2.1	7.33	2.83	6.51	8.18	8.01	12.65	7.59
E2.2	7.8	8.03	9.9	11.28	10.15	17.11	10.71
E2.3	7.68	12.23	6.12	10.54	0	0	9.14
E2.4	6.74	12.39	13.43	13.38	18.21	19.42	13.87
E2.5	12.73	13.27	13.78	19.04	12.76	17.63	14.87
E2.6	9.9	19.32	11.36	18.05	12.93	13.59	14.19
E2.7	10.32	16.15	12.34	24.57	14.48	17.7	15.93

Una vez definidos los valores individuales promedio anuales de CTxD para cada embarcación durante los seis años de gestión (2016-2021), se multiplicó cada valor por la cantidad de días de actividad que le correspondían a cada navío con base en el Plan de Acción (Tabla 57).

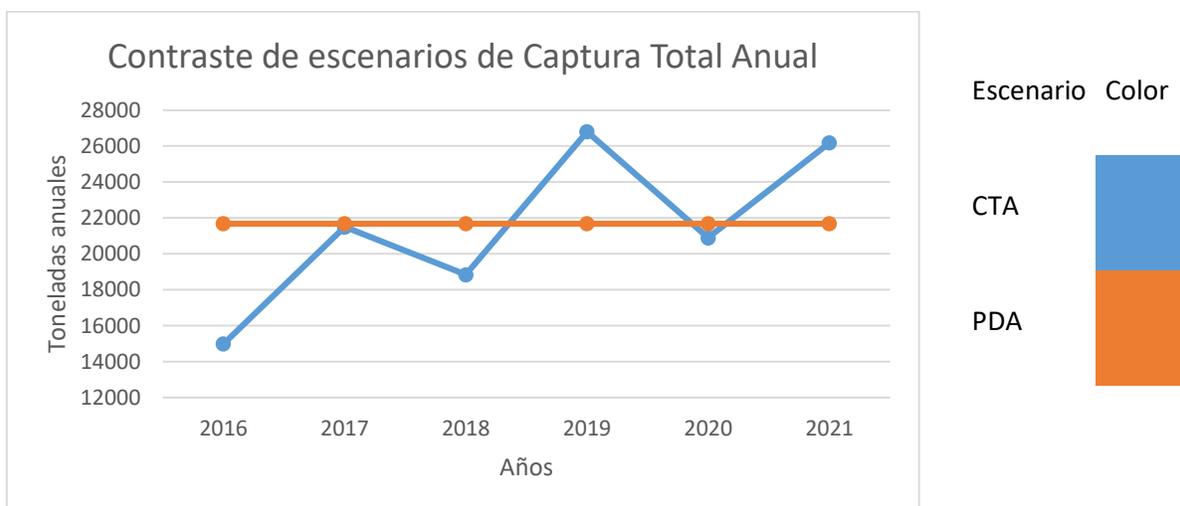
**Tabla 57.** Captura total anual para cada embarcación de la flota perteneciente a la E2 presente en los distintos años que comprende el período de estudio.

Empresa 2	Captura total anual (CTxA)						CTxA PROMEDIO PDA
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
E2.1	366.5	141.5	325.5	409	400.5	632.5	379.25
E2.2	2332.2	2400.97	2960.1	3372.72	3034.85	5115.89	3201.29
E2.3	422.4	672.65	336.6	579.7	0	0	502.84
E2.4	2015.26	3704.61	4015.57	4000.62	5444.79	5806.58	4145.64
E2.5	3806.27	3967.73	4120.22	5692.96	3815.24	5271.37	4445.63
E2.6	2960.1	5776.68	3396.64	5396.95	3866.07	4063.41	4243.81
E2.7	3085.68	4828.85	3689.66	7346.43	4329.52	5292.3	4761.58
CT	14988.41	21492.99	18844.29	26798.38	20890.97	26182.05	21680.03

Con base en la tabla anterior, se realizó un contraste entre ambas simulaciones (Tabla 58 y Figura 18), una sumando la captura total anual de cada año individual y la otra generada con el Plan de Acción.

**Tabla 58.** Contraste entre simulaciones de captura total anual para la E2.

Escenario	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Captura Total Anual	14988.41	21492.99	18844.29	26798.38	20890.97	26182.05
PDA	21680.03	21680.03	21680.03	21680.03	21680.03	21680.03



**Figura 18.** Contraste de Captura Total Anual de la E2 entre la simulación del Plan de Acción (naranja) y el escenario de simulación basado en el valor individual de captura total anual durante los años de gestión 2016-2021 (azul).

## Capítulo 4. Discusión

---

### 4.1 Variabilidad espacio-temporal de Captura Total

En este estudio se utilizó una base de datos de la captura de túnidos en el Océano Pacífico Oriental efectuada por la flota atunera mexicana dentro del área de jurisdicción de la CIAT durante el período de los años 2016-2021. En esta recopilación se acentúa indirectamente que, si bien con el paso de los años, la pesquería y ordenamiento de este grupo se ha innovado a tal punto de reconocer los sitios de distribución, eficientizando la captura en la flota, aún se necesitan muchos estudios, debido a que las distribuciones de estas especies, sus relaciones intra e interespecificas, además de muchas otras variables físico-biológicas son difíciles de estimar dada la extensión espacio temporal y su naturaleza dinámica del medio oceánico. Dichas aseveraciones impactan directamente con el Plan de Acción, ya que una de sus premisas es que no existen variaciones en la captura de túnidos en el área de jurisdicción de la CIAT, es decir, las embarcaciones siempre pescaran con la misma eficiencia de captura todos los años de actividad. Sin embargo, a través de la aplicación de herramientas estadísticas ilustrativas como los diagramas de cajas y bigotes se denota una amplia variabilidad entre los navíos, fluctuando de alta a baja eficiencia en diferentes viajes de pesca, elementos que se complementan con la inferencia estadística.

Lo anterior puede estar relacionado con el hecho de que las fluctuaciones en las capturas de túnidos no son algo nuevo, desde décadas e incluso siglos pasados se tiene registro de ello. Cravioto (1999) señala que desde los años 301-400 la sociedad romana mostraba conocimiento de la distribución espacio temporal de los túnidos en el mar mediterráneo ligándolo con su aprovechamiento pesquero. Un ejemplo de estas fluctuaciones es el caso del atún rojo a mediados del siglo XVIII en el Océano Atlántico en su región norte, donde sus capturas habían decrecido en relación con las últimas décadas (Ganzedo, 2005). Una de las principales hipótesis de este fenómeno liga los ciclos de actividad solar a las variaciones de abundancia a largo y mediano plazo, debido a que durante esos años se presentaron condiciones climáticas extremadamente frías acontecidas durante "La Pequeña Glaciación", coincidiendo con un período de mínima actividad solar (Allison *et al.*, 2009). Provocando una disminución significativa del reclutamiento y, como consecuencia, una reducción de la población de atún rojo en el Atlántico Norte (Brander, 2010).

La alta variación en la captura de los túnidos se debe principalmente a sus características biológicas, enfatizando su elevada movilidad y distribución circumglobal, permitiendo que estos organismos sean capaces de desplazarse libremente a distintos ambientes bajo condiciones oceanográficas variables, a lo que habría que agregar el impacto de factores externos que en los años recientes se han presentado como el cambio climático y la presencia cada vez más frecuente de fenómenos del Niño y la Niña (CIAT, 2022).

En este estudio, a partir de los datos proporcionados se implementaron gráficas de barras y diagramas de cajas-bigotes (Figuras 2 a la 6), además de pruebas estadísticas con el objetivo de evaluar la variabilidad de Captura Total Anual y el promedio de Captura Total diaria (CTxD) entre los distintos años y empresas (Tablas 4 a la 12), demostrando que existen diferencias significativas en estos elementos, así como considerables variaciones en la captura de túnidos realizada por las empresas que conformaron la flota atunera mexicana durante los años 2016-2021.

La variabilidad dentro de la flota atunera mexicana se ilustra a partir de los diagramas de cajas y bigotes que contemplan todos los viajes individuales de cada embarcación que presentó actividad durante el período de estudio previamente mencionado (Figura 7 y 8) y su corroboración estadística a partir de análisis de varianza bayesianos; además de ello, mediante el ejercicio de ranking en las empresas 1 y 2 (Tabla 14 y 16 respectivamente), se confirmó la existencia de amplia variabilidad en razón a la eficiencia de pesca de cada navío, debido a que en algunos años una determinada embarcación podía colocarse como la número uno, con mayor CPUE, es decir mayor Captura Total diaria y del mismo modo al año siguiente convertirse en una menos eficiente. Estos resultados pueden deberse a la naturaleza cambiante del medio oceánico, partiendo desde la influencia de la Corriente de California en el norte y la contra Corriente Ecuatorial desde el sur, las zonas de surgencia en las costas mexicanas, variables bióticas y abióticas como la temperatura superficial del mar (TSM), velocidad del viento, profundidad de la termoclina, salinidad, concentración de clorofila (Cla) y la distancia a la que pescaron con respecto a la orilla; además de variables antropogénicas como la comunicación entre embarcaciones de una misma empresa y las vedas espacio-temporales; y los de fenómenos atmosféricos de gran escala como el Niño y la Niña (Brander, 2010).

Lo anteriormente mencionado impacta directamente en lo planteado por el Plan de Acción, imposibilitando la obtención de los resultados previstos por el consultor y demostrando que en la flota atunera mexicana existe una amplia variabilidad en cuanto a la captura de túnidos en el Pacífico Oriental.

## 4.2 Plan de Acción

Los resultados de este estudio demuestran que no existen diferencias significativas entre el escenario de simulación con respecto a la captura total real de la flota presentada durante el período de 2016-2021 para las empresas 1 y 2 en relación con la captura anual de túnidos (Figura 9 y 10, Tablas 32 y 38).

El Plan de Acción se aplicó bajo la premisa de que la embarcación más eficiente, es decir la que mayor valor de Captura Total diaria (CTxD) presentase, obtendría la mayor cantidad de días para realizar actividad pesquera (Squires, 2018) y por ende mayores ganancias generaría en un escenario de nula variabilidad del éxito pesquero, disminuyendo la cantidad de días de actividad de los navíos menos eficientes, permitiendo a largo plazo disminuir la capacidad de la flota atunera mexicana teniendo un mejor ordenamiento del recurso.

La problemática de esta opción de regulación de la pesquería de túnidos recae en la interacción de múltiples factores. Si bien en una población pequeña con distribución definida como en la pesquería de halibut en Alaska funciona un ordenamiento con enfoque económico (Squires, 2018); esto no es así en el caso de los túnidos, ya que éstos presentan distribución cosmopolita, realizan grandes migraciones y están sujetos a condiciones ambientales oceanográficas mucho más variables. Todo lo anterior debe ser considerado en su ordenamiento y aprovechamiento. Es necesario mencionar que la comunicación entre embarcaciones es una variable importante en la pesquería industrial en altamar, ésta influye definitivamente en la captura de túnidos y perfectamente puede explicar el resultado obtenido de esta simulación del Plan de Acción en la flota atunera mexicana.

Al contrastar directamente el escenario de simulación creado para las empresas E1 y E2 mediante la aplicación del Plan de Acción y el escenario real de actividad pesquera presentado perteneciente a ambas empresas en el período de 2016 a 2021, se determinó que no existen diferencias estadísticas en cuanto a Captura Total generada por ambos escenarios de simulación (Tabla 24 y 31 respectivamente para las empresas 1 y 2), impactando directamente en la premisa del Plan de Acción, ya que se esperaba que su implementación generara mayor eficiencia en la flota.

Dicho resultado puede deberse a que los sistemas de regulación cimentados en visiones económicas son efectivos únicamente en pesquerías de pequeña escala espacio-temporal, ya que en estos medios, con

base en su magnitud, no se presenta una variabilidad tan marcada como es en el caso de pesquerías de mayor escala espacial como el de los túnidos.

Una prueba fehaciente de ello es el ejemplo de simulación del Plan de Acción tomando en cuenta la captura total por día (CTxD) anual en contra del mismo escenario de simulación pero tomando en cuenta la unidad de CTxD promedio de los seis años de gestión para la empresa E1 y E2 (Figura 17 y 18 respectivamente), donde se muestra la extrema variabilidad que se obtiene si se emplea el valor individual de CTxD individualmente por año en lugar del valor promedio de esta CPUE, destacando el caso de la E2, donde mayor variabilidad se observa en relación a la simulación real del Plan de Acción.

### 4.3 Modelo General Lineal (GLM)

Como se ha mencionado anteriormente, los modelos y estrategias de gestión aplicables a la pesquería de túnidos deben tomar en cuenta múltiples factores oceanográficos para su implementación y ejecución, debido a la biología de este grupo y la dinámica del océano (Ganzedo, 2005; Allison *et al.*, 2009; Brander, 2010; Mendenhall *et al.*, 2020), por ello en nuestro GLM se introdujeron los índices climáticos MEI y ONI; el primero de ellos engloba las variables de presión atmosférica, temperatura superficial del mar (TSM), vientos, corrientes oceánicas y patrones climáticos para medir las condiciones de la Oscilación Multidecadal del Este del Pacífico (EMDP); mientras que el segundo índice refleja el estado y la intensidad del fenómeno climático conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Un elemento que no suele ser considerado al implementar modelos oceanográficos en programas de ordenamiento es la comunicación entre embarcaciones, (aquí creo que deberías mencionar por qué consideras que es importante incluir esta variable de la comunicación: justifica de alguna manera el que la hayas incluido en tu análisis) es por ello que la decidimos introducir al GLM.

Con la aplicación del Modelo General Lineal en las empresas 1 y 2 se obtuvieron resultados similares en cuanto a la incorporación de algunas variables en ambos modelos, siendo el más importante la comunicación entre embarcaciones la constante, esto pese a la disparidad entre las cantidades de navíos de ambas empresas. En cuanto a sus diferencias, la ecuación del modelo GLM de la empresa 2 (Tabla 41) no incorporó las variables ambientales de estacionalidad, ni los índices climáticos MEI y ONI para la explicación de la variable dependiente, es decir, de la captura total anual. En cambio, la ecuación del modelo GLM de la empresa 1 (Tabla 40) sí tomó en cuenta estas variables, dicha disparidad puede deberse

a las diferencias en la cantidad de datos disponibles para cada modelo, siendo que la E1 triplica los datos de las embarcaciones de la E2.

Ambos modelos del GLM presentaron valores de captura total muy diferentes a los obtenidos en un “escenario normal” de actividad pesquera, llegando en algunos casos a presentar valores cercanos a la mitad de la captura real visualizada en el período de 2016-2021, este hecho puede asociarse a que ambos modelos contaron con una devianza explicada mayor del 50%, indicando que en las simulaciones del GLM se explican cerca de la mitad de los datos, lo que se puede asociar a un buen modelo debido a la naturaleza dinámica del medio donde se realizó la simulación, sin embargo, la realidad es que no hay una cantidad específica de varianza explicada que se pueda considerar universalmente como "suficiente" para acreditar un modelo lineal generalizado (GLM), todo ello depende en gran medida del contexto de varios factores como el tipo de investigación, los objetivos del estudio y la naturaleza de los datos. En nuestro caso al ser una representación de una pesquería tan amplia espacialmente como la de los túnidos y sumada a los diversos factores oceanográficos que tienen incidencia en ella, la devianza mayor al 50% y los residuales obtenidos acreditarían a nuestros modelos lineales generalizados para la pesquería de túnidos por parte de la flota atunera mexicana (Pallarés et al., 2005; Saber et al., 2015).

La aplicación del GLM como estrategia de ordenamiento pesquero en el caso de los túnidos tiene mayor sustento estadístico que el Plan de Acción, debido a que (aquí menciona el resultado de tu prueba estadística: por ejemplo “es significativamente distinto que blablablá”), además de que incluye en su análisis la variabilidad existente de captura total de túnidos en el área de jurisdicción de la CIAT y establece a la comunicación entre embarcaciones como un parámetro a tomar en cuenta a la hora de gestionar pesquerías en altamar.

#### **4.4 Contraste de escenarios de simulación del Plan de Acción y del GLM excluyendo embarcaciones**

Para abordar el último objetivo de la tesis fue necesario contrastar los escenarios de simulación del GLM y del Plan de Acción con el propósito de definir cual de los dos escenarios otorgaba los mejores resultados en cuanto a la gestión de la pesquería de túnidos en el Pacífico Oriental por parte de la flota atunera mexicana, sin embargo dada la disparidad de captura total estimada en ambas simulaciones el resultado

de la estadística paramétrica (prueba t, Tabla 58) indicó que existen grandes diferencias significativas en ambos modelos para las dos empresas utilizadas.

Es por ello, que se definió el mejor escenario para evaluar el efecto de cada modelo en la flota atunera mexicana; dichos escenarios se contrastaron individualmente con simulaciones de ellos mismos con pequeñas variaciones. Los barcos elegidos para la evaluación fueron los que menor captura total diaria (CTxD) presentaron durante el lapso de los años 2016-2021. Se observó los escenarios de simulación excluyendo embarcaciones para el Plan de Acción no presentaron diferencias significativas (Tablas 49 y 56) en cuanto a la captura total anual para ambas empresas, contrastando de nuevo con la premisa de este modelo, que al eliminar a las embarcaciones menos eficientes y donarles sus días de actividad a los navíos con mayor captura total diaria (CTxD) la captura global de la flota aumentaría.

En las simulaciones del GLM, la captura global no presentó diferencias significativas para el escenario de la empresa 2 (Tabla 55), caso contrario de la empresa 1 (Tabla 48), en el que las simulaciones denotaron diferencias con respecto al modelo completo; es decir sin eliminar embarcaciones, pudiendo demostrar la importancia que tienen ciertas variables para la estimación de captura en modelo, como la comunicación entre los navíos de una misma flota atunera en la captura global de túnidos. Con base en los resultados obtenidos en las distintas simulaciones efectuadas en el presente estudio, se sugiere que la gestión de la flota atunera mexicana en el área de jurisdicción de la CIAT se realice mediante un modelo GLM.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

En este estudio se comprobó que existe una amplia variabilidad en la captura de túnidos por parte de la flota atunera mexicana en el área de jurisdicción de la CIAT. Dicha variabilidad se observa a través de las embarcaciones, las empresas y los años evaluados en este estudio.

No se observó diferencias significativas entre la implementación del Plan de Acción en la flota atunera mexicana y la captura total real actual de la flota. Este resultado en el modelo de gestión del Plan de Acción demuestra que el escenario de nula variabilidad en la captura de túnidos no es posible.

La generación de los modelos GLM demostró la importancia de considerar las variables ambientales y de la comunicación entre embarcaciones atuneras para la gestión y estimación de la captura total de este recurso por parte de la flota mexicana en el Pacífico Oriental.

Al comparar ambos modelos, se establece que un GLM es una mejor opción para gestionar la captura total de la flota atunera mexicana con base en los distintos escenarios de simulación planteados en este estudio debido a que demostró la importancia de la comunicación entre embarcaciones y los factores ambientales en la captura de túnidos en el área de jurisdicción de la CIAT.

## Literatura citada

---

- Allison, E. H., Perry, A. L., Badjeck, M. C., Neil Adger, W., Brown, K., Conway, D., & Dulvy, N. K. (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and fisheries*, 10(2), 173-196. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x>
- Arenas, P., Hall, M., y García, M. (1992). Association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. 1992. Part I. Inter-American Tropical Tuna Commission. Special Report 11. 281-294.  
[https://www.researchgate.net/publication/284176511\\_The\\_association\\_of\\_tunas\\_with\\_floating\\_objects\\_and\\_dolphins\\_in\\_the\\_Eastern\\_Pacific\\_Ocean\\_1992\\_Part\\_II\\_The\\_purse-seine\\_fishery\\_for\\_tunas\\_in\\_the\\_eastern\\_Pacific\\_Ocean](https://www.researchgate.net/publication/284176511_The_association_of_tunas_with_floating_objects_and_dolphins_in_the_Eastern_Pacific_Ocean_1992_Part_II_The_purse-seine_fishery_for_tunas_in_the_eastern_Pacific_Ocean)
- Ásmundsson, S. (2016). 21 Freedom of Fishing on the High Seas, and the Relevance of Regional Fisheries Management Organisations (RFMOs). In Challenges of the Changing Arctic. *Brill Nijhoff*, 19, 509-521. [https://doi.org/10.1163/9789004314252\\_023](https://doi.org/10.1163/9789004314252_023)
- Bautista Cortés, L. F. (1997). Análisis de la pesquería mexicana de atún con énfasis en tres tipos de indicadores de cardúmenes [Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Digital IPN <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14733>
- Bell, J. D., Senina, I., Adams, T., Aumont, O., Calmettes, B., Clark, S., y Williams, P. (2021). Pathways to sustaining tuna-dependent Pacific Island economies during climate change. *Nature sustainability*, 4(10), 900-910. <https://www.nature.com/articles/s41893-021-00745-z>
- Bocanegra Castillo, N. (2007). Relaciones tróficas de los peces pelágicos asociados a la pesquería del atún en el océano Pacífico oriental [Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Digital IPN <https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13741/1/bocanegrac2.pdf>
- Bolstad, W. M., y Curran, J. M. (2016). *Introduction to Bayesian statistics* (3ª ed). Editorial Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118593165>
- Brander, K. (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4), 389-402. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.015>
- Chikobvu, D., y Mamba, M. (2023). Modelling emissions from Eskom's coal fired power stations using Generalised Linear Models. *Journal of Energy in Southern Africa*, 34(1), 1-14. [https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S1021-447X2023000100001&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S1021-447X2023000100001&script=sci_arttext)
- Clark, E.A. (2011). Strengthening Regional Fisheries Management - An Analysis of the Duty to Cooperate. *Nzjopil*, 9, 223-230. <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/nzjpubin9&div=15&id=&page=>
- Comisión Interamericana del Atún Tropical (2022). Rol y características. Consultado el jueves 14 de julio del 2022. <https://www.iattc.org/es-ES/About>

- Contreras, F. E. (2002). Importancia de la pesca ribereña en México. *Contactos*, 46, 5-14. <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n46ne/pesca.pdf>
- Del Moral Simonek, R. J., & Vaca Rodríguez, J. G. (2009). Administración de la pesquería del atún aleta azul en Baja California: Una visión global. *Frontera norte*, 21(41), 151-175. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773722009000100007&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773722009000100007&script=sci_abstract&tlng=en)
- Ellison, A. M. (1996). An introduction to bayesian inference for ecological research and environmental decision-making. *Ecological Applications*, 6(4), 1036–1046. [https://harvardforest.fas.harvard.edu/sites/default/files/ellison-pubs/1996/ellison\\_1996.pdf](https://harvardforest.fas.harvard.edu/sites/default/files/ellison-pubs/1996/ellison_1996.pdf)
- FAO (2022a). *Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788. División de Pesca y Acuicultura [en línea]. Roma. Consultado el lunes 1 de agosto de 2022. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2497>
- FAO. (2022b). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. Consultado el martes 14 de noviembre de 2023. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Fernández, J. P. (1987). *Antropología marítima: historia, ecología, organización social y cambio económico entre los pescadores*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Pascual-Fernandez/publication/282327457\\_Antropologia\\_maritima\\_historia\\_ecologia\\_organizacion\\_social\\_y\\_cambio\\_economico\\_entre\\_los\\_pescadores/links/5901b9db4585156502a15b69/Antropologia-maritima-historia-ecologia-organizacion-social-y-cambio-economico-entre-los-pescadores.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Pascual-Fernandez/publication/282327457_Antropologia_maritima_historia_ecologia_organizacion_social_y_cambio_economico_entre_los_pescadores/links/5901b9db4585156502a15b69/Antropologia-maritima-historia-ecologia-organizacion-social-y-cambio-economico-entre-los-pescadores.pdf)
- Ganzedo López, U. (2005). Efecto de las variaciones climáticas en la distribución espacio-temporal de "*Thunnus thynnus thynnus*" (Linnaeus, 1758) y "*Thunnus alalunga*" (Bonnaterre, 1788) en el Océano Atlántico [Tesis de Doctorado, Universidad de las Palmas de Gran Canaria]. Repositorio Digital <http://hdl.handle.net/10553/21388>
- Gozalbez, E. C. (1999). La pesca del atún en la antigüedad. *Aljaranda: revista de estudios tarifeños*, (34), 16-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2239234>
- Hammond, P.S. (1981). Informe del grupo de trabajo sobre la interacción atún-delfín. [Report on the workshop on tuna-dolphin interactions], April 6, 1981-April 10, 1981, Managua, Nicaragua, Special report (Inter-American Tropical Tuna Commission), Inter American Tropical Tuna Commission: La Jolla, California, 259. <https://aquadocs.org/handle/1834/23682>
- Hilborn, R. & Walters, CJ (1992). Stock and Recruitment. *Springer*, 241-296. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-3598-0\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-3598-0_7)
- Lehodey, P., Senina, I., Calmettes, B., Hampton, J., y Nicol, S. (2013). Modelling the impact of climate change on Pacific skipjack tuna population and fisheries. *Climatic change*, 119, 95-109. <http://www.science.oregonstate.edu/ocean.productivity/index.php>
- Lemus, J. L. C. (2002). Un vistazo a la historia de la pesca en México: administración, legislación y esfuerzos para su investigación. *CIENCIA ergo-sum*, 9(1), 112-118. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5151515>

- Loyola Campos, A. (1996). México-Estados Unidos: en el umbral de un acuerdo atunero. *Comercio Exterior*, 46(7), 523-530. [https://biblio.aladi.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=78207&shelfbrowse\\_itemnumber=81659](https://biblio.aladi.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=78207&shelfbrowse_itemnumber=81659)
- Mendenhall, E., Hendrix, C., Nyman, E., Roberts, P. M., Hoopes, J. R., Watson, J. R., y Sumaila, U. R. (2020). Climate change increases the risk of fisheries conflict. *Marine Policy*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103954>
- Morales, C. V. (2007). Japoneses y pesca en la península californiana, 1912-1941. *México y la Cuenca del Pacífico*, (29), 73-90. <http://www.mexicoylacuencadelpacifico.cucsh.udg.mx/index.php/mc/article/view/310>
- Moreno Páramo, A., y Abad Casal, L. (1971). Aportaciones al estudio de la pesca en la antigüedad. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13023/1/Lorenzo\\_Abad\\_Aportaciones\\_estudio.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13023/1/Lorenzo_Abad_Aportaciones_estudio.pdf)
- Nikolsky, G. V., y Birkett, L. (1963). The ecology of fishes. *London: Academic press*, 352. <https://search.worldcat.org/title/ecology-of-fishes-gv-nikolsky/oclc/221729136>
- Ortega García, S., y Muhlia Melo, A. (1992). Análisis del poder relativo de pesca de la flota atunera mexicana de cerco que opera en el Pacífico Oriental. *Ciencias Marinas*, 18(1), 23-27. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2205/1/Muhlia%201992%20ciencias%20marinas.pdf>
- Pallarés, P., Delgado de Molina, A., Ariz, J., Santana, JC, y Delgado de Molina, R. (2005). Effort of the artisanal tuna fishery of the Canary Islands. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 58 (1), 183-191. [https://www.iccat.int/Documents/CVSP/CV058\\_2005/n\\_1/CV058010183.pdf](https://www.iccat.int/Documents/CVSP/CV058_2005/n_1/CV058010183.pdf)
- Portilla, G. (2008). El conflicto del embargo atunero México-Estados Unidos en la historia de la relación bilateral y su situación actual. *Razón y Palabra*, (62), 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199520738003.pdf>
- Saber, S., Muñoz, P., Ortiz Urbina Gutiérrez, JM, Gómez Vives, MJ, Rioja Garay, P., y Macías López, Á. D. (2015). Analysis of catch trends of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) from sport fishing in the western Mediterranean (2006-2014). *Malaga Oceanographic Center*, 1-4. <http://hdl.handle.net/10261/326222>
- Salas, R. G., del Río, M. V., y Cruz, O. R. (2016). Sobreexplotación de los recursos marinos: Estrategias de la industria pesquera cubana. *Revista Aquatic*, 25-30. <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/190>
- Schmid, T. M. (2020). Simbiosis pesca-medio ambiente: las organizaciones regionales de pesca. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, (3127), 49-60. <https://pdfs.semanticscholar.org/ec83/4d3c83b7f01e0d1281f39134e58f2aa4dfcb.pdf>
- Squires, D. (2018). Plan de Acción para la Gestión de la Capacidad de la Flota de la CIAT. Universidad de California, San Diego, Estados Unidos, 1-40. [Archivo PDF].
- Uriarte, R.A. (2020). *La industria atunera española en aguas tropicales: del atlántico africano a los océanos Índico y Pacífico (1984-2015)*. Asociación Española de Historia Económica. Repositorio Digital [https://www.academia.edu/44788670/La\\_industria\\_atunera\\_espa%C3%B1ola\\_en\\_aguas\\_tropic](https://www.academia.edu/44788670/La_industria_atunera_espa%C3%B1ola_en_aguas_tropic)

[ales del Atl%3%A1ntico africano a los oc%3%A9anos Indico y Pac%3%ADfico 1984 2015](#)

Van Den Bergh, D., Van Doorn, J., Marsman, M., Draws, T., Van Kesteren, E. J., Derks, K., Dablander, F., Gronau, Q. F., Kucharský, Š., Gupta, A. R. K. N., Sarafoglou, A., Voelkel, J. G., Stefan, A., Ly, A., Hinne, M., Matzke, D., y Wagenmakers, E. J. (2020). A tutorial on conducting and interpreting a Bayesian ANOVA in JASP. *Annee Psychologique*, *120*(1), 73–96. [doi:10.3917/anpsy1.201.0073](https://doi.org/10.3917/anpsy1.201.0073)

## Anexos

### Anexo A

**Tabla 59.** Comunicación entre embarcaciones de la empresa 2 para el año 2016.

Barco	Salida	Llegada	Días	Comunicación con embarcaciones 2016						
				E2.01	E2.02	E2.03	E2.04	E2.05	E2.06	E2.07
E2.01	17/01/2016	17/03/2016	60		53	59	57	27	54	60
	31/03/2016	28/05/2016	58		49	52	58	46	42	55
	20/06/2016	24/08/2016	65		48	50	53	54	56	51
	14/09/2016	07/11/2016	54		54	54	48	50	47	49
<b>Total</b>			<b>237</b>	<b>237</b>	<b>204</b>	<b>215</b>	<b>216</b>	<b>177</b>	<b>199</b>	<b>215</b>
E2.02	17/01/2016	18/02/2016	32	32		31	29	26	32	32
	25/02/2016	19/04/2016	54	41		42	41	33	44	42
	30/04/2016	27/06/2016	58	36		45	48	47	41	49
	06/07/2016	16/08/2016	41	41		38	37	30	32	31
	29/08/2016	18/11/2016	81	54		71	61	74	74	73
<b>Total</b>			<b>266</b>	<b>204</b>	<b>266</b>	<b>227</b>	<b>216</b>	<b>210</b>	<b>223</b>	<b>227</b>
E2.03	18/01/2016	25/03/2016	67	59	60		57	32	57	59
	06/04/2016	06/06/2016	61	52	50		53	50	43	51
	17/06/2016	25/06/2016	8	5	8		8	8	8	8
	10/07/2016	02/09/2016	54	45	42		35	43	44	40
	12/09/2016	18/11/2016	67	54	67		50	61	60	58
<b>Total</b>			<b>257</b>	<b>215</b>	<b>227</b>	<b>257</b>	<b>203</b>	<b>194</b>	<b>212</b>	<b>216</b>
E2.04	20/01/2016	17/03/2016	57	57	50	57		24	51	57
	31/03/2016	29/05/2016	59	58	50	53		47	42	55
	09/06/2016	12/08/2016	64	53	55	41		54	55	58
	01/09/2016	01/11/2016	61	48	61	52		54	54	55
<b>Total</b>			<b>241</b>	<b>216</b>	<b>216</b>	<b>203</b>	<b>241</b>	<b>179</b>	<b>202</b>	<b>225</b>
E2.05	17/01/2016	12/02/2016	26	26	26	25	23		26	26
	17/03/2016	11/05/2016	55	42	45	43	42		39	44
	23/05/2016	31/07/2016	69	46	60	43	58		60	60
	11/08/2016	11/09/2016	31	13	18	22	12		31	22
	18/09/2016	18/11/2016	61	50	61	61	44		54	57
<b>Total</b>			<b>242</b>	<b>177</b>	<b>210</b>	<b>194</b>	<b>179</b>	<b>242</b>	<b>210</b>	<b>209</b>
E2.06	17/01/2016	11/03/2016	54	54	47	53	51	26		54
	21/03/2016	29/04/2016	39	30	29	27	29	39		31
	16/05/2016	21/07/2016	66	43	56	39	55	59		57
	31/07/2016	29/09/2016	60	40	48	50	41	43		41
	06/10/2016	20/11/2016	45	32	43	43	26	43		41
<b>Total</b>			<b>264</b>	<b>199</b>	<b>223</b>	<b>212</b>	<b>202</b>	<b>210</b>	<b>264</b>	<b>224</b>
E2.07	17/01/2016	17/03/2016	60	60	53	59	57	27	54	
	30/03/2016	25/05/2016	56	55	47	49	55	45	40	
	04/06/2016	06/08/2016	63	47	54	37	58	58	55	
	20/08/2016	13/09/2016	24	4	15	13	12	22	24	
	19/09/2016	16/11/2016	58	49	58	58	43	57	51	
<b>Total</b>			<b>261</b>	<b>215</b>	<b>227</b>	<b>216</b>	<b>225</b>	<b>209</b>	<b>224</b>	<b>261</b>

## Anexo B

**Tabla 60.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de los Años (2016-2021).  
**Post Hoc Comparisons - Year**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
2016	2017	0.260	0.078	0.301	0.057
	2018	0.260	2.496	9.604	0.002
	2019	0.260	159434.424	613395.584	3.354×10 <sup>-12</sup>
	2020	0.260	29.559	113.722	2.324×10 <sup>-4</sup>
	2021	0.260	790126.213	3.040×10 <sup>+6</sup>	6.290×10 <sup>-13</sup>
2017	2018	0.260	0.092	0.355	0.049
	2019	0.260	99.995	384.712	7.353×10 <sup>-5</sup>
	2020	0.260	0.380	1.462	0.013
	2021	0.260	275.979	1061.781	2.822×10 <sup>-5</sup>
2018	2019	0.260	0.811	3.120	0.007
	2020	0.260	0.041	0.156	0.101
	2021	0.260	1.387	5.335	0.004
2019	2020	0.260	0.133	0.510	0.035
	2021	0.260	0.030	0.115	0.134
2020	2021	0.260	0.182	0.701	0.026

Note. The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo C

**Tabla 61.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de los Años (2016-2021).

### Post Hoc Comparisons - Year

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
2016	2017	0.260	0.036	0.139	0.115
	2018	0.260	0.402	1.547	0.013
	2019	0.260	370420.593	1.425×10 <sup>+6</sup>	1.404×10 <sup>-12</sup>
	2020	0.260	13.243	50.950	4.964×10 <sup>-4</sup>
	2021	0.260	6569.430	25274.715	8.902×10 <sup>-11</sup>
2017	2018	0.260	0.095	0.364	0.048
	2019	0.260	5434.377	20907.800	1.078×10 <sup>-10</sup>
	2020	0.260	1.242	4.778	0.005
	2021	0.260	151.474	582.769	5.006×10 <sup>-5</sup>
2018	2019	0.260	63.859	245.686	1.120×10 <sup>-4</sup>
	2020	0.260	0.082	0.315	0.054
	2021	0.260	2.041	7.854	0.003
2019	2020	0.260	0.696	2.678	0.008
	2021	0.260	0.088	0.340	0.051
2020	2021	0.260	0.070	0.270	0.062

Note. The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo D

Tabla 62. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las empresas.

### Post Hoc Comparisons - Empresa

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
1	2	0.189	0.174	0.917	0.022
	3	0.189	21935.857	115935.688	1.998×10 <sup>-11</sup>
	4	0.189	1.191×10 <sup>+7</sup>	6.297×10 <sup>+7</sup>	3.305×10 <sup>-14</sup>
	5	0.189	8.895	47.013	6.307×10 <sup>-4</sup>
	6	0.189	3.929×10 <sup>+11</sup>	2.077×10 <sup>+12</sup>	5.446×10 <sup>-19</sup>
	7	0.189	0.292	1.545	9.472×10 <sup>-5</sup>
	8	0.189	0.063	0.336	0.052
2	3	0.189	2.402	12.696	0.002
	4	0.189	25.365	134.059	2.210×10 <sup>-4</sup>
	5	0.189	0.183	0.965	0.015
	6	0.189	209764.551	1.109×10 <sup>+6</sup>	5.976×10 <sup>-13</sup>
	7	0.189	0.133	0.703	7.077×10 <sup>-4</sup>
	8	0.189	0.025	0.134	0.103
3	4	0.189	0.031	0.162	0.064
	5	0.189	0.039	0.207	0.031
	6	0.189	64.470	340.740	4.735×10 <sup>-9</sup>
	7	0.189	0.079	0.417	0.001
	8	0.189	16.753	88.544	2.921×10 <sup>-8</sup>
4	5	0.189	0.042	0.220	0.033
	6	0.189	321.834	1700.963	7.355×10 <sup>-10</sup>
	7	0.189	0.078	0.412	0.001

**Post Hoc Comparisons - Empresa**


---

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	8	0.189	446.986	2362.419	8.816×10 <sup>-10</sup>
5	6	0.189	3.678	19.441	1.578×10 <sup>-7</sup>
	7	0.189	0.080	0.421	0.001
	8	0.189	0.419	2.212	0.009
6	7	0.189	0.174	0.920	8.808×10 <sup>-4</sup>
	8	0.189	1.910×10 <sup>+8</sup>	1.009×10 <sup>+9</sup>	2.735×10 <sup>-11</sup>
7	8	0.189	0.212	1.120	2.556×10 <sup>-4</sup>

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo E

Tabla 63. Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las empresas.

### Post Hoc Comparisons - Empresa

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %	
1	2	0.189	0.024	0.128	0.140	
	3	0.189	0.058	0.305	0.050	
	4	0.189	24.772	130.928	1.914×10 <sup>-4</sup>	
	5	0.189	2.075	10.966	0.002	
	6	0.189	0.148	0.784	0.018	
	7	0.189	0.137	0.724	5.828×10 <sup>-4</sup>	
	8	0.189	0.069	0.363	0.048	
	2	3	0.189	0.031	0.165	0.074
4		0.189	0.295	1.557	0.012	
5		0.189	0.191	1.011	0.014	
6		0.189	0.055	0.290	0.033	
7		0.189	0.096	0.510	0.001	
8		0.189	0.029	0.152	0.093	
3		4	0.189	0.067	0.357	0.037
		5	0.189	0.080	0.422	0.022
	6	0.189	0.041	0.219	0.031	
	7	0.189	0.085	0.448	0.001	
	8	0.189	0.029	0.153	0.070	
4	5	0.189	0.038	0.200	0.035	
	6	0.189	0.042	0.221	0.035	
	7	0.189	0.074	0.391	0.002	

**Post Hoc Comparisons - Empresa**


---

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	8	0.189	0.139	0.736	0.023
5	6	0.189	0.056	0.296	0.019
	7	0.189	0.075	0.395	0.001
	8	0.189	0.191	1.008	0.014
6	7	0.189	0.082	0.431	0.001
	8	0.189	0.046	0.243	0.034
7	8	0.189	0.106	0.559	0.001

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo F

**Tabla 64.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las embarcaciones de la E1.

### Post Hoc Comparisons - Embarcaciones

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
E1.01	E1.02	0.062	0.017	0.275	0.008
	E1.03	0.062	0.393	6.326	5.710×10 <sup>-7</sup>
	E1.04	0.062	0.023	0.364	0.009
	E1.05	0.062	0.020	0.319	0.008
	E1.06	0.062	0.023	0.363	0.009
	E1.07	0.062	0.106	1.699	0.008
	E1.08	0.062	0.030	0.488	0.001
	E1.09	0.062	0.028	0.446	0.002
	E1.10	0.062	0.022	0.353	0.008
	E1.11	0.062	41245.450	663887.396	5.259×10 <sup>-12</sup>
	E1.12	0.062	0.043	0.687	0.009
	E1.13	0.062	0.028	0.449	0.008
	E1.14	0.062	0.051	0.827	0.006
	E1.15	0.062	0.040	0.646	0.009
	E1.16	0.062	0.044	0.705	0.009
	E1.17	0.062	0.020	0.326	0.010
	E1.18	0.062	0.114	1.832	0.009
	E1.19	0.062	0.026	0.426	0.009
	E1.20	0.062	3.968	63.869	7.515×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	1.374	22.121	3.032×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.022	0.349	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.23	0.062	0.084	1.345	0.003
E1.02	E1.03	0.062	0.288	4.628	9.322×10 <sup>-7</sup>
	E1.04	0.062	0.022	0.359	0.007
	E1.05	0.062	0.021	0.331	0.007
	E1.06	0.062	0.023	0.363	0.008
	E1.07	0.062	0.088	1.417	0.007
	E1.08	0.062	0.031	0.496	0.001
	E1.09	0.062	0.028	0.450	0.002
	E1.10	0.062	0.022	0.355	0.007
	E1.11	0.062	11888.722	191361.046	1.741×10 <sup>-11</sup>
	E1.12	0.062	0.041	0.656	0.008
	E1.13	0.062	0.028	0.447	0.007
	E1.14	0.062	0.046	0.743	0.006
	E1.15	0.062	0.038	0.612	0.008
	E1.16	0.062	0.040	0.649	0.008
	E1.17	0.062	0.020	0.328	0.008
	E1.18	0.062	0.088	1.415	0.008
	E1.19	0.062	0.026	0.413	0.007
	E1.20	0.062	1.742	28.041	3.788×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.728	11.710	5.896×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.022	0.348	0.007
	E1.23	0.062	0.073	1.182	0.003
E1.03	E1.04	0.062	0.024	0.390	0.009

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.05	0.062	1.121	18.048	4.387×10 <sup>-7</sup>
	E1.06	0.062	0.071	1.140	0.009
	E1.07	0.062	11.813	190.143	6.198×10 <sup>-8</sup>
	E1.08	0.062	0.233	3.758	0.002
	E1.09	0.062	0.038	0.611	0.002
	E1.10	0.062	0.072	1.161	0.008
	E1.11	0.062	6.415×10 <sup>+10</sup>	1.033×10 <sup>+12</sup>	4.014×10 <sup>-17</sup>
	E1.12	0.062	11.650	187.524	1.406×10 <sup>-8</sup>
	E1.13	0.062	1.635	26.312	3.376×10 <sup>-7</sup>
	E1.14	0.062	0.019	0.313	0.006
	E1.15	0.062	4.021	64.717	7.595×10 <sup>-8</sup>
	E1.16	0.062	2.605	41.937	1.661×10 <sup>-7</sup>
	E1.17	0.062	0.035	0.556	0.009
	E1.18	0.062	0.017	0.266	0.010
	E1.19	0.062	0.033	0.528	0.009
	E1.20	0.062	0.069	1.106	0.009
	E1.21	0.062	0.035	0.559	0.009
	E1.22	0.062	0.034	0.551	0.008
	E1.23	0.062	0.023	0.378	0.002
E1.04	E1.05	0.062	0.030	0.486	0.007
	E1.06	0.062	0.018	0.286	0.008
	E1.07	0.062	0.106	1.699	0.008
	E1.08	0.062	0.032	0.517	0.001

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.09	0.062	0.024	0.386	0.001
	E1.10	0.062	0.018	0.294	0.007
	E1.11	0.062	241.962	3894.621	3.581×10 <sup>-8</sup>
	E1.12	0.062	0.065	1.045	0.008
	E1.13	0.062	0.042	0.675	0.007
	E1.14	0.062	0.021	0.334	0.005
	E1.15	0.062	0.059	0.954	0.008
	E1.16	0.062	0.064	1.022	0.008
	E1.17	0.062	0.017	0.280	0.008
	E1.18	0.062	0.022	0.358	0.008
	E1.19	0.062	0.017	0.281	0.008
	E1.20	0.062	0.093	1.499	0.008
	E1.21	0.062	0.054	0.874	0.008
	E1.22	0.062	0.018	0.287	0.007
	E1.23	0.062	0.028	0.443	0.002
E1.05	E1.06	0.062	0.038	0.616	0.008
	E1.07	0.062	0.047	0.753	0.006
	E1.08	0.062	0.026	0.424	0.001
	E1.09	0.062	0.035	0.567	0.002
	E1.10	0.062	0.035	0.569	0.007
	E1.11	0.062	661.407	10646.010	3.151×10 <sup>-6</sup>
	E1.12	0.062	0.024	0.380	0.008
	E1.13	0.062	0.020	0.322	0.007

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

	Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	0.062	0.080	1.292	0.006
E1.14	0.062	0.024	0.384	0.007
E1.15	0.062	0.026	0.415	0.007
E1.16	0.062	0.028	0.448	0.008
E1.17	0.062	0.204	3.289	0.009
E1.18	0.062	0.042	0.684	0.008
E1.19	0.062	5.135	82.647	3.937×10 <sup>-8</sup>
E1.20	0.062	2.115	34.040	2.986×10 <sup>-7</sup>
E1.21	0.062	0.030	0.488	0.007
E1.22	0.062	0.115	1.848	0.004
E1.23	0.062	0.292	4.701	6.408×10 <sup>-7</sup>
E1.06 E1.07	0.062	0.044	0.712	0.001
E1.08	0.062	0.024	0.385	0.001
E1.09	0.062	0.017	0.281	0.008
E1.10	0.062	1.180×10 <sup>+6</sup>	1.900×10 <sup>+7</sup>	5.430×10 <sup>-13</sup>
E1.11	0.062	0.134	2.164	0.009
E1.12	0.062	0.062	0.991	0.008
E1.13	0.062	0.027	0.439	0.005
E1.14	0.062	0.103	1.663	0.009
E1.15	0.062	0.102	1.648	0.009
E1.16	0.062	0.017	0.272	0.009
E1.17	0.062	0.039	0.628	0.009
E1.18	0.062	0.018	0.287	0.008
E1.19	0.062			

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.20	0.062	0.633	10.191	4.348×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.256	4.119	1.232×10 <sup>-6</sup>
	E1.22	0.062	0.018	0.282	0.008
	E1.23	0.062	0.046	0.736	0.003
E1.07	E1.08	0.062	0.029	0.465	0.001
	E1.09	0.062	0.064	1.032	0.002
	E1.10	0.062	0.221	3.561	0.009
	E1.11	0.062	0.120	1.938	0.008
	E1.12	0.062	0.024	0.389	0.007
	E1.13	0.062	0.027	0.434	0.006
	E1.14	0.062	0.294	4.733	1.106×10 <sup>-6</sup>
	E1.15	0.062	0.022	0.357	0.006
	E1.16	0.062	0.020	0.324	0.006
	E1.17	0.062	0.120	1.925	0.008
	E1.18	0.062	1.478	23.796	6.096×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.254	4.083	1.058×10 <sup>-6</sup>
	E1.20	0.062	23.123	372.182	7.488×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	11.424	183.889	9.425×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.126	2.031	0.008
	E1.23	0.062	0.212	3.412	0.008
E1.08	E1.09	0.062	0.048	0.769	0.002
	E1.10	0.062	0.043	0.688	0.001
	E1.11	0.062	0.559	8.992	1.581×10 <sup>-5</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

	Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %	
	E1.12	0.062	0.025	0.403	0.001
	E1.13	0.062	0.025	0.403	0.001
	E1.14	0.062	0.052	0.830	0.002
	E1.15	0.062	0.025	0.406	0.001
	E1.16	0.062	0.026	0.412	0.001
	E1.17	0.062	0.032	0.517	0.001
	E1.18	0.062	0.070	1.120	0.001
	E1.19	0.062	0.041	0.657	0.001
	E1.20	0.062	0.184	2.962	0.001
	E1.21	0.062	0.148	2.385	0.001
	E1.22	0.062	0.034	0.543	0.001
	E1.23	0.062	0.061	0.977	0.003
E1.09	E1.10	0.062	0.024	0.390	0.001
	E1.11	0.062	151.058	2431.426	3.061×10 <sup>-8</sup>
	E1.12	0.062	0.053	0.857	0.002
	E1.13	0.062	0.039	0.627	0.002
	E1.14	0.062	0.027	0.439	0.001
	E1.15	0.062	0.045	0.729	0.002
	E1.16	0.062	0.043	0.690	0.002
	E1.17	0.062	0.024	0.383	0.001
	E1.18	0.062	0.029	0.470	0.002
	E1.19	0.062	0.024	0.385	0.001
	E1.20	0.062	0.063	1.021	0.002

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.21	0.062	0.050	0.802	0.002
	E1.22	0.062	0.024	0.387	0.001
	E1.23	0.062	0.034	0.553	0.001
E1.10	E1.11	0.062	341334.451	5.494×10 <sup>+6</sup>	1.685×10 <sup>-12</sup>
	E1.12	0.062	0.109	1.751	0.008
	E1.13	0.062	0.054	0.868	0.007
	E1.14	0.062	0.028	0.447	0.005
	E1.15	0.062	0.085	1.376	0.008
	E1.16	0.062	0.084	1.357	0.008
	E1.17	0.062	0.017	0.280	0.008
	E1.18	0.062	0.039	0.629	0.008
	E1.19	0.062	0.018	0.296	0.007
	E1.20	0.062	0.510	8.207	4.875×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.224	3.605	0.009
	E1.22	0.062	0.018	0.289	0.007
	E1.23	0.062	0.046	0.733	0.003
E1.11	E1.12	0.062	13.054	210.124	7.420×10 <sup>-9</sup>
	E1.13	0.062	8.929	143.728	1.100×10 <sup>-8</sup>
	E1.14	0.062	20851.142	335620.297	2.064×10 <sup>-11</sup>
	E1.15	0.062	2.387	38.417	1.501×10 <sup>-7</sup>
	E1.16	0.062	0.563	9.063	3.626×10 <sup>-7</sup>
	E1.17	0.062	1234.000	19862.482	1.071×10 <sup>-6</sup>
	E1.18	0.062	3.807×10 <sup>+6</sup>	6.127×10 <sup>+7</sup>	2.267×10 <sup>-13</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.19	0.062	68393.594	1.101×10 <sup>+6</sup>	4.149×10 <sup>-12</sup>
	E1.20	0.062	3.292×10 <sup>+8</sup>	5.298×10 <sup>+9</sup>	6.217×10 <sup>-16</sup>
	E1.21	0.062	1.719×10 <sup>+8</sup>	2.767×10 <sup>+9</sup>	7.299×10 <sup>-16</sup>
	E1.22	0.062	1824.068	29360.220	9.596×10 <sup>-11</sup>
	E1.23	0.062	1969.458	31700.427	2.700×10 <sup>-10</sup>
E1.12	E1.13	0.062	0.018	0.286	0.008
	E1.14	0.062	0.238	3.828	1.302×10 <sup>-6</sup>
	E1.15	0.062	0.017	0.275	0.008
	E1.16	0.062	0.018	0.283	0.008
	E1.17	0.062	0.064	1.037	0.009
	E1.18	0.062	1.161	18.689	3.559×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.136	2.189	0.009
	E1.20	0.062	50.340	810.280	1.550×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	18.469	297.281	2.741×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.071	1.147	0.008
	E1.23	0.062	0.245	3.949	0.007
E1.13	E1.14	0.062	0.108	1.732	0.007
	E1.15	0.062	0.018	0.294	0.007
	E1.16	0.062	0.019	0.309	0.007
	E1.17	0.062	0.040	0.646	0.008
	E1.18	0.062	0.338	5.443	5.976×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.066	1.064	0.008
	E1.20	0.062	7.340	118.139	2.657×10 <sup>-8</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.21	0.062	3.117	50.165	1.543×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.043	0.696	0.007
	E1.23	0.062	0.120	1.936	0.004
E1.14	E1.15	0.062	0.166	2.668	0.008
	E1.16	0.062	0.149	2.403	0.008
	E1.17	0.062	0.023	0.369	0.005
	E1.18	0.062	0.019	0.310	0.005
	E1.19	0.062	0.022	0.355	0.005
	E1.20	0.062	0.049	0.783	0.006
	E1.21	0.062	0.033	0.530	0.006
	E1.22	0.062	0.023	0.370	0.005
	E1.23	0.062	0.025	0.405	0.002
E1.15	E1.16	0.062	0.018	0.282	0.008
	E1.17	0.062	0.059	0.946	0.008
	E1.18	0.062	0.691	11.115	4.483×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.108	1.738	0.009
	E1.20	0.062	18.752	301.828	3.600×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	7.526	121.137	1.980×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.063	1.013	0.008
	E1.23	0.062	0.160	2.578	0.005
E1.16	E1.17	0.062	0.064	1.022	0.009
	E1.18	0.062	0.617	9.930	4.322×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.109	1.754	0.009

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.20	0.062	13.250	213.266	3.411×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	5.505	88.615	3.283×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.066	1.063	0.008
	E1.23	0.062	0.132	2.128	0.004
E1.17	E1.18	0.062	0.028	0.453	0.009
	E1.19	0.062	0.017	0.279	0.008
	E1.20	0.062	0.206	3.323	0.009
	E1.21	0.062	0.101	1.631	0.009
	E1.22	0.062	0.017	0.279	0.008
	E1.23	0.062	0.032	0.517	0.002
E1.18	E1.19	0.062	0.026	0.419	0.008
	E1.20	0.062	0.046	0.740	0.009
	E1.21	0.062	0.028	0.450	0.009
	E1.22	0.062	0.028	0.443	0.008
	E1.23	0.062	0.023	0.370	0.002
E1.19	E1.20	0.062	0.210	3.382	0.009
	E1.21	0.062	0.100	1.611	0.009
	E1.22	0.062	0.018	0.285	0.007
	E1.23	0.062	0.033	0.524	0.002
E1.20	E1.21	0.062	0.019	0.302	0.008
	E1.22	0.062	0.177	2.855	0.009
	E1.23	0.062	0.027	0.436	0.002
E1.21	E1.22	0.062	0.092	1.480	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.23	0.062	0.024	0.383	0.002
E1.22	E1.23	0.062	0.032	0.518	0.002

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo G

**Tabla 65.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las embarcaciones de la E1.

### Post Hoc Comparisons - Embarcaciones

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
E1.01	E1.02	0.062	0.047	0.755	0.008
	E1.03	0.062	0.069	1.105	0.009
	E1.04	0.062	0.036	0.573	0.009
	E1.05	0.062	0.527	8.477	4.119×10 <sup>-7</sup>
	E1.06	0.062	0.031	0.502	0.009
	E1.07	0.062	1.597	25.707	5.087×10 <sup>-7</sup>
	E1.08	0.062	0.085	1.365	0.001
	E1.09	0.062	0.028	0.458	0.002
	E1.10	0.062	0.030	0.486	0.008
	E1.11	0.062	0.105	1.684	0.009
	E1.12	0.062	0.049	0.782	0.009
	E1.13	0.062	0.937	15.078	4.671×10 <sup>-7</sup>
	E1.14	0.062	0.019	0.303	0.006
	E1.15	0.062	0.760	12.231	3.963×10 <sup>-7</sup>
	E1.16	0.062	0.911	14.664	3.924×10 <sup>-7</sup>
	E1.17	0.062	0.017	0.268	0.010
	E1.18	0.062	0.021	0.344	0.010
	E1.19	0.062	0.030	0.486	0.009
	E1.20	0.062	0.109	1.757	0.009
	E1.21	0.062	0.040	0.650	0.009
	E1.22	0.062	0.017	0.278	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.23	0.062	0.030	0.477	0.002
E1.02	E1.03	0.062	1.565	25.190	3.511×10 <sup>-7</sup>
	E1.04	0.062	0.018	0.286	0.007
	E1.05	0.062	0.045	0.730	0.007
	E1.06	0.062	0.021	0.337	0.008
	E1.07	0.062	0.145	2.330	0.008
	E1.08	0.062	0.044	0.707	0.001
	E1.09	0.062	0.025	0.402	0.001
	E1.10	0.062	0.019	0.303	0.007
	E1.11	0.062	0.020	0.329	0.009
	E1.12	0.062	0.017	0.280	0.008
	E1.13	0.062	0.072	1.163	0.008
	E1.14	0.062	0.031	0.502	0.005
	E1.15	0.062	0.057	0.920	0.008
	E1.16	0.062	0.062	1.000	0.008
	E1.17	0.062	0.047	0.758	0.008
	E1.18	0.062	0.150	2.415	0.009
	E1.19	0.062	0.019	0.299	0.007
	E1.20	0.062	1.704	27.431	3.877×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.433	6.975	4.207×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.033	0.538	0.007
	E1.23	0.062	0.121	1.955	0.004
E1.03	E1.04	0.062	0.670	10.789	4.216×10 <sup>-7</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.05	0.062	71.593	1152.357	1.074×10 <sup>-5</sup>
	E1.06	0.062	1.306	21.025	3.133×10 <sup>-7</sup>
	E1.07	0.062	90.163	1451.269	1.413×10 <sup>-5</sup>
	E1.08	0.062	0.377	6.061	6.871×10 <sup>-5</sup>
	E1.09	0.062	0.078	1.263	0.002
	E1.10	0.062	0.555	8.940	4.239×10 <sup>-7</sup>
	E1.11	0.062	5.933	95.503	2.616×10 <sup>-8</sup>
	E1.12	0.062	1.772	28.524	2.297×10 <sup>-7</sup>
	E1.13	0.062	104.107	1675.708	1.405×10 <sup>-7</sup>
	E1.14	0.062	0.056	0.899	0.006
	E1.15	0.062	98.737	1589.264	6.001×10 <sup>-6</sup>
	E1.16	0.062	143.805	2314.683	2.191×10 <sup>-8</sup>
	E1.17	0.062	0.047	0.762	0.009
	E1.18	0.062	0.026	0.416	0.009
	E1.19	0.062	0.625	10.066	3.828×10 <sup>-7</sup>
	E1.20	0.062	0.018	0.295	0.009
	E1.21	0.062	0.017	0.276	0.009
	E1.22	0.062	0.063	1.020	0.008
	E1.23	0.062	0.023	0.372	0.002
E1.04	E1.05	0.062	0.037	0.595	0.007
	E1.06	0.062	0.019	0.302	0.008
	E1.07	0.062	0.103	1.656	0.008
	E1.08	0.062	0.036	0.578	0.001

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.09	0.062	0.024	0.391	0.001
	E1.10	0.062	0.018	0.292	0.007
	E1.11	0.062	0.021	0.332	0.010
	E1.12	0.062	0.017	0.279	0.008
	E1.13	0.062	0.056	0.906	0.008
	E1.14	0.062	0.027	0.429	0.005
	E1.15	0.062	0.047	0.764	0.008
	E1.16	0.062	0.049	0.797	0.008
	E1.17	0.062	0.037	0.593	0.008
	E1.18	0.062	0.091	1.471	0.008
	E1.19	0.062	0.018	0.287	0.008
	E1.20	0.062	0.835	13.445	5.389×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.239	3.841	1.451×10 <sup>-6</sup>
	E1.22	0.062	0.028	0.450	0.007
	E1.23	0.062	0.070	1.121	0.003
E1.05	E1.06	0.062	0.266	4.280	1.076×10 <sup>-6</sup>
	E1.07	0.062	0.035	0.563	0.006
	E1.08	0.062	0.027	0.430	0.001
	E1.09	0.062	0.056	0.909	0.002
	E1.10	0.062	0.065	1.044	0.008
	E1.11	0.062	0.018	0.291	0.009
	E1.12	0.062	0.034	0.548	0.008
	E1.13	0.062	0.021	0.331	0.007

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

	Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %	
	E1.14	0.062	0.139	2.236	0.008
	E1.15	0.062	0.019	0.302	0.007
	E1.16	0.062	0.019	0.301	0.007
	E1.17	0.062	0.385	6.201	4.676×10 <sup>-7</sup>
	E1.18	0.062	3.011	48.469	1.599×10 <sup>-7</sup>
	E1.19	0.062	0.064	1.036	0.008
	E1.20	0.062	41.662	670.594	3.837×10 <sup>-5</sup>
	E1.21	0.062	9.075	146.074	3.551×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.191	3.076	0.009
	E1.23	0.062	1.090	17.537	5.164×10 <sup>-6</sup>
E1.06	E1.07	0.062	0.900	14.483	8.958×10 <sup>-7</sup>
	E1.08	0.062	0.135	2.173	0.001
	E1.09	0.062	0.024	0.384	0.001
	E1.10	0.062	0.018	0.285	0.008
	E1.11	0.062	0.032	0.522	0.010
	E1.12	0.062	0.021	0.332	0.009
	E1.13	0.062	0.417	6.710	4.206×10 <sup>-7</sup>
	E1.14	0.062	0.025	0.395	0.005
	E1.15	0.062	0.276	4.437	1.017×10 <sup>-6</sup>
	E1.16	0.062	0.367	5.910	5.330×10 <sup>-7</sup>
	E1.17	0.062	0.033	0.527	0.009
	E1.18	0.062	0.103	1.652	0.009
	E1.19	0.062	0.017	0.280	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.20	0.062	1.577	25.385	3.336×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.338	5.443	6.501×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.025	0.398	0.008
	E1.23	0.062	0.129	2.074	0.004
E1.07	E1.08	0.062	0.027	0.437	0.001
	E1.09	0.062	0.070	1.127	0.002
	E1.10	0.062	0.197	3.177	0.009
	E1.11	0.062	0.038	0.613	0.008
	E1.12	0.062	0.108	1.736	0.008
	E1.13	0.062	0.022	0.361	0.006
	E1.14	0.062	0.265	4.261	4.733×10 <sup>-7</sup>
	E1.15	0.062	0.024	0.394	0.006
	E1.16	0.062	0.026	0.411	0.006
	E1.17	0.062	1.042	16.775	7.860×10 <sup>-7</sup>
	E1.18	0.062	6.227	100.232	3.635×10 <sup>-8</sup>
	E1.19	0.062	0.209	3.362	0.009
	E1.20	0.062	47.783	769.114	7.020×10 <sup>-6</sup>
	E1.21	0.062	14.073	226.514	9.692×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.477	7.675	1.017×10 <sup>-6</sup>
	E1.23	0.062	0.667	10.740	6.076×10 <sup>-6</sup>
E1.08	E1.09	0.062	0.071	1.139	0.005
	E1.10	0.062	0.047	0.763	0.001
	E1.11	0.062	0.027	0.427	0.001

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

	Prior Odds	Posterior Odds	$BF_{10, U}$	error %	
	E1.12	0.062	0.036	0.576	0.001
	E1.13	0.062	0.025	0.403	0.001
	E1.14	0.062	0.055	0.891	0.002
	E1.15	0.062	0.025	0.402	0.001
	E1.16	0.062	0.025	0.403	0.001
	E1.17	0.062	0.072	1.157	0.001
	E1.18	0.062	0.144	2.310	0.001
	E1.19	0.062	0.046	0.746	0.001
	E1.20	0.062	0.272	4.379	0.004
	E1.21	0.062	0.182	2.930	0.001
	E1.22	0.062	0.059	0.950	0.001
	E1.23	0.062	0.129	2.069	0.004
E1.09	E1.10	0.062	0.024	0.387	0.001
	E1.11	0.062	0.027	0.438	0.002
	E1.12	0.062	0.025	0.398	0.002
	E1.13	0.062	0.058	0.933	0.002
	E1.14	0.062	0.027	0.434	0.001
	E1.15	0.062	0.050	0.810	0.002
	E1.16	0.062	0.056	0.907	0.002
	E1.17	0.062	0.029	0.462	0.002
	E1.18	0.062	0.039	0.635	0.002
	E1.19	0.062	0.024	0.385	0.001
	E1.20	0.062	0.079	1.279	0.002

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.21	0.062	0.053	0.859	0.002
	E1.22	0.062	0.027	0.430	0.001
	E1.23	0.062	0.048	0.777	0.002
E1.10	E1.11	0.062	0.025	0.402	0.009
	E1.12	0.062	0.019	0.300	0.008
	E1.13	0.062	0.104	1.670	0.008
	E1.14	0.062	0.024	0.394	0.005
	E1.15	0.062	0.083	1.331	0.008
	E1.16	0.062	0.091	1.469	0.008
	E1.17	0.062	0.032	0.507	0.008
	E1.18	0.062	0.076	1.223	0.008
	E1.19	0.062	0.018	0.283	0.007
	E1.20	0.062	0.692	11.137	5.837×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.198	3.188	0.009
	E1.22	0.062	0.025	0.400	0.007
	E1.23	0.062	0.071	1.145	0.003
E1.11	E1.12	0.062	0.019	0.306	0.011
	E1.13	0.062	0.023	0.367	0.009
	E1.14	0.062	0.046	0.739	0.006
	E1.15	0.062	0.021	0.331	0.010
	E1.16	0.062	0.020	0.330	0.010
	E1.17	0.062	0.103	1.657	0.009
	E1.18	0.062	0.394	6.341	5.912×10 <sup>-7</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.19	0.062	0.025	0.404	0.010
	E1.20	0.062	7.335	118.071	1.619×10 <sup>-8</sup>
	E1.21	0.062	1.405	22.614	2.266×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.060	0.961	0.009
	E1.23	0.062	0.122	1.957	0.003
E1.12	E1.13	0.062	0.054	0.870	0.008
	E1.14	0.062	0.031	0.501	0.006
	E1.15	0.062	0.045	0.718	0.008
	E1.16	0.062	0.046	0.748	0.008
	E1.17	0.062	0.049	0.796	0.009
	E1.18	0.062	0.158	2.538	0.009
	E1.19	0.062	0.018	0.296	0.008
	E1.20	0.062	2.137	34.399	2.265×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.491	7.902	3.934×10 <sup>-7</sup>
	E1.22	0.062	0.034	0.550	0.008
	E1.23	0.062	0.101	1.630	0.003
E1.13	E1.14	0.062	0.189	3.050	0.009
	E1.15	0.062	0.018	0.286	0.007
	E1.16	0.062	0.018	0.288	0.007
	E1.17	0.062	0.658	10.587	5.300×10 <sup>-7</sup>
	E1.18	0.062	4.814	77.493	4.985×10 <sup>-8</sup>
	E1.19	0.062	0.106	1.710	0.008
	E1.20	0.062	60.475	973.402	4.847×10 <sup>-6</sup>

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.21	0.062	13.801	222.149	4.792×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.303	4.875	6.447×10 <sup>-7</sup>
	E1.23	0.062	0.830	13.362	4.827×10 <sup>-6</sup>
E1.14	E1.15	0.062	0.162	2.607	0.008
	E1.16	0.062	0.185	2.976	0.009
	E1.17	0.062	0.019	0.312	0.005
	E1.18	0.062	0.024	0.392	0.005
	E1.19	0.062	0.024	0.390	0.005
	E1.20	0.062	0.073	1.168	0.006
	E1.21	0.062	0.038	0.610	0.006
	E1.22	0.062	0.019	0.310	0.005
	E1.23	0.062	0.031	0.493	0.002
E1.15	E1.16	0.062	0.017	0.278	0.008
	E1.17	0.062	0.560	9.006	4.136×10 <sup>-7</sup>
	E1.18	0.062	4.107	66.107	7.526×10 <sup>-8</sup>
	E1.19	0.062	0.085	1.363	0.008
	E1.20	0.062	62.888	1012.246	1.394×10 <sup>-5</sup>
	E1.21	0.062	12.996	209.186	3.374×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.257	4.129	1.169×10 <sup>-6</sup>
	E1.23	0.062	0.721	11.605	5.192×10 <sup>-6</sup>
E1.16	E1.17	0.062	0.646	10.404	4.400×10 <sup>-7</sup>
	E1.18	0.062	5.351	86.129	3.657×10 <sup>-8</sup>
	E1.19	0.062	0.093	1.494	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
	E1.20	0.062	84.478	1359.763	1.678×10 <sup>-6</sup>
	E1.21	0.062	17.043	274.318	3.619×10 <sup>-8</sup>
	E1.22	0.062	0.291	4.677	8.106×10 <sup>-7</sup>
	E1.23	0.062	1.015	16.336	4.467×10 <sup>-6</sup>
E1.17	E1.18	0.062	0.019	0.313	0.009
	E1.19	0.062	0.032	0.509	0.008
	E1.20	0.062	0.071	1.151	0.009
	E1.21	0.062	0.032	0.510	0.009
	E1.22	0.062	0.018	0.286	0.008
	E1.23	0.062	0.027	0.432	0.002
E1.18	E1.19	0.062	0.078	1.263	0.009
	E1.20	0.062	0.038	0.604	0.009
	E1.21	0.062	0.021	0.334	0.009
	E1.22	0.062	0.023	0.371	0.008
	E1.23	0.062	0.023	0.372	0.002
E1.19	E1.20	0.062	0.808	13.004	4.945×10 <sup>-7</sup>
	E1.21	0.062	0.215	3.468	0.009
	E1.22	0.062	0.025	0.397	0.007
	E1.23	0.062	0.071	1.139	0.003
E1.20	E1.21	0.062	0.020	0.330	0.008
	E1.22	0.062	0.091	1.469	0.008
	E1.23	0.062	0.026	0.413	0.002
E1.21	E1.22	0.062	0.040	0.642	0.008

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**


---

		<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
	E1.23	0.062	0.022	0.361	0.002
E1.22	E1.23	0.062	0.030	0.482	0.002

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo H

**Tabla 66.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total a partir de las embarcaciones de la E2.

### Post Hoc Comparisons - Embarcaciones

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
E2.01	E2.02	0.219	0.647	2.954	0.009
	E2.03	0.219	0.096	0.437	0.005
	E2.04	0.219	5.190	23.698	2.719×10 <sup>-7</sup>
	E2.05	0.219	44.434	202.883	2.414×10 <sup>-8</sup>
	E2.06	0.219	2.255	10.296	3.605×10 <sup>-7</sup>
	E2.07	0.219	50.349	229.892	1.925×10 <sup>-8</sup>
	E2.02	E2.03	0.219	0.112	0.511
E2.04		0.219	0.066	0.302	0.009
E2.05		0.219	0.206	0.940	0.008
E2.06		0.219	0.072	0.328	0.009
E2.07		0.219	0.284	1.297	0.009
E2.03	E2.04	0.219	0.224	1.024	0.006
	E2.05	0.219	0.760	3.468	0.009
	E2.06	0.219	0.186	0.848	0.005
	E2.07	0.219	0.845	3.857	0.009
E2.04	E2.05	0.219	0.140	0.641	0.009
	E2.06	0.219	0.059	0.268	0.011
	E2.07	0.219	0.199	0.908	0.010
E2.05	E2.06	0.219	0.090	0.413	0.009
	E2.07	0.219	0.061	0.279	0.010
E2.06	E2.07	0.219	0.118	0.537	0.010

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

---

<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
-------------------	-----------------------	---------------------------	----------------

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.

## Anexo I

**Tabla 67.** Prueba Post Hoc de Anova Bayesiano para la variable Captura Total por día (CTxD) a partir de las embarcaciones de la E2.

### Post Hoc Comparisons - Embarcaciones

		Prior Odds	Posterior Odds	BF <sub>10, U</sub>	error %
E2.01	E2.02	0.219	0.283	1.292	0.008
	E2.03	0.219	0.075	0.341	0.004
	E2.04	0.219	52.561	239.991	1.708×10 <sup>-8</sup>
	E2.05	0.219	314.522	1436.083	6.321×10 <sup>-6</sup>
	E2.06	0.219	1.921	8.773	3.692×10 <sup>-7</sup>
	E2.07	0.219	42.627	194.633	1.717×10 <sup>-8</sup>
E2.02	E2.03	0.219	0.124	0.566	0.005
	E2.04	0.219	0.302	1.379	0.009
	E2.05	0.219	0.504	2.300	0.009
	E2.06	0.219	0.138	0.632	0.009
	E2.07	0.219	0.590	2.692	0.009
E2.03	E2.04	0.219	2.012	9.189	1.496×10 <sup>-6</sup>
	E2.05	0.219	6.353	29.006	8.814×10 <sup>-7</sup>
	E2.06	0.219	0.337	1.539	0.006
	E2.07	0.219	1.803	8.232	1.533×10 <sup>-6</sup>
E2.04	E2.05	0.219	0.059	0.269	0.010
	E2.06	0.219	0.057	0.262	0.011
	E2.07	0.219	0.073	0.331	0.010
E2.05	E2.06	0.219	0.060	0.274	0.010
	E2.07	0.219	0.068	0.310	0.010
E2.06	E2.07	0.219	0.072	0.328	0.010

**Post Hoc Comparisons - Embarcaciones**

---

<b>Prior Odds</b>	<b>Posterior Odds</b>	<b>BF<sub>10, U</sub></b>	<b>error %</b>
-------------------	-----------------------	---------------------------	----------------

---

*Note.* The posterior odds have been corrected for multiple testing by fixing to 0.5 the prior probability that the null hypothesis holds across all comparisons (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). Individual comparisons are based on the default t-test with a Cauchy (0,  $r = 1/\sqrt{2}$ ) prior. The "U" in the Bayes factor denotes that it is uncorrected.