

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.49114>

Dinámica espacio-temporal de la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica (2010-2019)

Beatriz Fariás-Tafolla^{1,2};  <https://orcid.org/0000-0003-4754-0998>

Fausto Arias-Zumbado³;  <https://orcid.org/0000-0003-0391-592X>

Isaac Chaves-Zamora^{1,2};  <https://orcid.org/0000-0003-3423-756X>

Carlos Alvarado-Ruiz⁴

Mario Espinoza^{1,5*};  <https://orcid.org/0000-0002-8355-2411>

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; bft_93@outlook.com, ichaza.93@gmail.com, mario.espinoza_m@ucr.ac.cr (*Correspondencia)
2. Posgrado en Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
3. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica; faz061087@gmail.com
4. Departamento de Fomento Acuícola, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, Guanacaste, Costa Rica; calvarado@incopesca.go.cr
5. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Recibido 14-XII-2021. Corregido 14-VI-2022. Aceptado 08-VIII-2022.

ABSTRACT

Spatio-temporal dynamics of the artisanal fishery of the Gulf of Santa Elena, North Pacific of Costa Rica (2010-2019)

Introduction: The North Pacific of Costa Rica is a diverse and productive region; however, we have a poor understanding of the status of marine resources and fisheries dynamics, particularly for the artisanal fishery in the Gulf of Santa Elena, one of the main fishing grounds of the area.

Objective: To characterize the dynamics of this fishery.

Methods: We analyzed data collected by the Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, and sales invoices from landing sites for the period 2010-2019.

Results: There was high variation in the landed biomass, however, total catch per unit effort (CPUE; kg/day) and of the main targeted species did not decrease significantly. Overall, there was a lower CPUE in upwelling months (December-April). For the 42 commercial species reported, most biomass was from the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*; 22 % of biomass), the Pacific red snapper (*L. peru*; 18 %), groupers (*Epinephelus* spp.; 15 %) and octopuses (*Octopus* spp., 13 %).

Conclusions: CPUE at Santa Elena has not declined significantly from 2010 to 2019, but it falls in the upwelling season.

Key words: fisheries dynamics; artisanal fleet; seasonal change; upwelling; Central America.

La pesca artesanal se practica principalmente en regiones costeras, debido a una mayor densidad poblacional, fácil acceso a los recursos, así como a una alta diversidad de

ecosistemas y especies (Batista et al., 2014; Salas et al., 2007). Esta actividad es sumamente importante para las comunidades costeras que dependen de los recursos marinos como fuente



de alimento, ingresos y empleo (Moreno-Báez et al., 2010; Salazar-Araya, 2013). Sin embargo, en muchas regiones costeras tropicales existe información limitada acerca de la dinámica espacio-temporal de la pesca artesanal y su impacto sobre los recursos marinos (Mora et al., 2009).

Las pesquerías artesanales se caracterizan por presentar una alta variación en cuanto a los sitios y épocas de pesca, la cual depende de la disponibilidad del recurso (Salas et al., 2007; Salas et al., 2011). Usualmente, la pesca artesanal extrae una amplia diversidad de especies que ocupan hábitats variados en zonas costeras y estuarinas (Cartamil et al., 2011; González-Álvarez et al., 2016). Estas especies constituyen recursos importantes para el sustento de la economía local, pero la gran mayoría se encuentran en niveles máximos de explotación o sobre explotadas debido al aumento en el esfuerzo de pesca (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018). Además, la pesca artesanal utiliza una gran variedad de artes extractivas dependiendo de la especie objetivo, o simplemente para optimizar la captura y maximizar la rentabilidad de la operación (Forcada et al., 2010; González-Álvarez et al., 2016). Por lo tanto, conocer la dinámica espacio-temporal de la pesca artesanal es de gran utilidad para entender el comportamiento y estrategias que utiliza la flota pesquera, y su relación con el recurso capturado y/o las condiciones ambientales, lo cual puede facilitar el manejo y ordenamiento de la pesquería.

Desde la década de 1990, el Pacífico Norte de Costa Rica, ha sido sujeto a una constante y creciente explotación de sus recursos marinos por parte de la flota artesanal de pequeña escala, ya que esta pesquería tiene una alta incidencia y representa la actividad con mayor importancia socio-económica en la zona (Bonilla & Chavarría, 2004; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004; Salazar-Araya, 2013). El Golfo de Santa Elena se encuentra en una región influenciada por un fenómeno de afloramiento o surgencia costera que provoca enfriamiento de las aguas marinas durante la estación seca (diciembre-abril) y

aumenta la productividad al favorecer grandes cardúmenes de peces (Brenes et al., 2008; Fiedler 2002). Sin embargo, actualmente no se cuenta con información sobre el impacto que tiene el fenómeno de afloramiento sobre las pesquerías que operan en esta región. Además, existen varios factores que dificultan caracterizar la pesquería y su relación con el afloramiento costero. Por ejemplo, (1) se desconoce con exactitud el número creciente de embarcaciones dedicadas a la pesca artesanal en el Golfo de Santa Elena (actualmente existen 117 embarcaciones con licencia registradas) (Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, 2020); (2) el producto pesquero se entrega en varios recibidores; (3) no hay información de la tasa de descartes (especies no objetivo que debido a su bajo valor comercial son desechados o descartados en el sitio); y (4) existe una diferencia entre la cantidad real de producto extraído y la cantidad entregada en el recibidor. Esta situación se da debido a que se sobrepasa el porcentaje de tolerancia de tallas y peso permitidos, se realizan ventas extraoficiales o debido a que una fracción del producto extraído es utilizada con fines de consumo personal o familiar (B. Farías obser. pers.).

A pesar de la complejidad que conlleva tener un control de la pesquería artesanal, es posible establecer una aproximación de su dinámica espacio-temporal a través del análisis de desembarques pesqueros. Esta información se encuentra contenida en las facturas de venta de producto pesquero que se reportan en los recibidores o puntos de entrega del recurso, y permite conocer: (1) la biomasa reportada, (2) el esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) aproximados, (3) la composición de las capturas, (4) las artes de pesca utilizadas y (5) los principales sitios de pesca (caladeros), así como las fluctuaciones de cada una de estas variables, a lo largo del tiempo. La integración y análisis de estas variables permite el establecimiento de medidas de gestión de la pesquería (Solís et al., 2015).

En este estudio se caracterizó la dinámica espacio-temporal de la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa

Rica, utilizando los parámetros anteriormente mencionados. Específicamente, se analizaron datos recopilados por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA) y facturas físicas de venta de producto pesquero, obtenidas en varios recibidores durante el periodo 2010-2019. Esta información es de vital importancia para poder monitorear el estado de los recursos pesqueros en el Golfo de Santa Elena, y además establecer medidas efectivas de manejo que permitan su sostenibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Región de estudio: El Golfo de Santa Elena se ubica en el Pacífico Norte de Costa Rica (Fig. 1), y es una zona que presenta características geológicas particulares, ya que está formada por el sistema rocoso más antiguo de Costa Rica, mismo que deriva en un lecho marino con alta complejidad estructural (Denyer & Kussmaul, 2012). Además, esta zona se encuentra afectada por el Domo Térmico de Costa Rica y presenta características oceanográficas particulares, tales como el fenómeno de afloramiento o surgencia costera que se

produce durante la estación seca (diciembre-abril), momento en que los vientos alisios del norte empujan las masas de agua superficiales, contribuyendo a que las aguas profundas más frías emerjan hacia la superficie, transportando una gran cantidad de nutrientes, lo que incrementa la productividad primaria (Brenes et al., 2008; Fiedler, 2002; Jimenez, 2016; Ross-Salazar et al., 2019). Debido a estas características, el Golfo de Santa Elena constituye una región costera de alta biodiversidad y productividad marina, potenciando la actividad pesquera artesanal en torno a una gran variedad de recursos. Las principales comunidades de pescadores en el Golfo de Santa Elena son las de Cuajiniquíl, El Jobo y Puerto Soley. Las principales artes de pesca implementadas en el Golfo de Santa Elena son el buceo con compresor o apnea, la cuerda de mano y el trasmallo. Todas estas artes están reguladas por INCOPESCA y son completamente legales en el Golfo de Santa Elena, con excepción de Bahía Santa Elena (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2017). En Mayo del 2018, Bahía Santa Elena fue declarada como un Área Marina de Manejo (AMM), por lo que de acuerdo al Plan General



Fig. 1. Ubicación geográfica y principales comunidades pesqueras en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica.
Fig. 1. Geographic location and main fishing communities in the Gulf of Santa Elena, North Pacific of Costa Rica.



de Manejo solo se permite el buceo con apnea y el uso de cuerda de mano en la zona de alta intervención (principalmente la zona externa de la bahía) (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2017).

Fuentes de información: Para generar la información sobre los desembarques pesqueros se utilizó la base de datos del INCOPECA. Esta base corresponde a facturas físicas de venta de productos pesqueros, digitalizadas por el Departamento de Información Pesquera y Acuicola. La información fue complementada con la digitalización de las facturas físicas suministradas por cuatro recibidores ubicados en Cuajiniquil, el cual es uno de los principales puntos de desembarques pesqueros en esta región. La base de datos resultante consistió de 2 424 desembarques pesqueros realizados entre los años 2010 y 2019. Para cada desembarque pesquero se registró (1) el nombre del puesto o recibidor, (2) el nombre de la embarcación y matrícula, (3) la fecha de desembarque, (4) el lugar o sitio de pesca, (5) el arte de pesca utilizado, (6) los días efectivos de pesca, (7) la captura por especie o clase comercial (en kg), (8) el valor unitario por especie y, (9) el valor total del recurso extraído. Las especies comerciales se representaron mediante el nombre común de los organismos capturados, mientras que las clases comerciales correspondieron a un conjunto de organismos que por su tamaño o valor económico fueron agrupados. La asignación del nombre científico de las especies o clases comerciales incluidas en la base de datos se realizó utilizando el manual de especies comerciales elaborado por Ross-Salazar et al. (2017).

Análisis de la pesca artesanal: Para calcular la biomasa anual se utilizó el total de kilogramos reportados por año (del 2010 al 2019) y por épocas de afloramiento y no-afloramiento. El esfuerzo pesquero se estimó considerando la duración de la faena de pesca (cantidad de días transcurridos desde el momento de la salida o zarpe, hasta el regreso al sitio de desembarque) como la unidad de esfuerzo. Dicha información se agrupó por año y por época. A partir de los

datos de biomasa y esfuerzo pesquero, se estimó el índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por año y por época, utilizando la siguiente ecuación:

$$CPUE = \frac{\text{Biomasa (kg)}}{\text{Esfuerzo pesquero(días de faena)}}$$

Se utilizó un Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) para evaluar la variación de la CPUE (kg/día) en función del año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca utilizada (factores fijos). Además, en el modelo se incluyeron el sitio de pesca y el nombre de la embarcación como factores aleatorios debido a que (1) los sitios de pesca que se reportan en los recibidores de pesca muchas veces no coinciden con los sitios reales de extracción, lo cual podría confundir las interpretaciones acerca de las capturas o esfuerzo pesquero en un sitio particular, y (2) existen muchas embarcaciones que reportaron capturas a lo largo de la serie de tiempo, pero no necesariamente fueron las mismas embarcaciones las que estuvieron pescando a lo largo de todos los años de muestreo. Por lo tanto, al incluir estos factores aleatorios es posible aislar mejor la variabilidad asociada a los modelos, y detectar efectos reales de las principales variables analizadas (e.g. año, época y arte de pesca). Para determinar si existía multicolinealidad de las variables incluidas en los modelos se utilizó un Factor de Inflación de la Varianza (VIF) menor a 5 (Zuur et al., 2009). La elección del modelo más parsimonioso se realizó mediante pruebas de máxima verosimilitud y utilizando los valores del criterio de información de Akaike ajustados para el tamaño de muestra (AICc). Para determinar la importancia de los predictores en los modelos seleccionados, se calculó la diferencia del AICc en modelos con y sin los términos usando pruebas de máxima verosimilitud.

La riqueza de especies por sitio de pesca se calculó usando todos los datos de desembarques pesqueros para el periodo 2010-2019. Se calculó el valor neto y porcentual de la biomasa capturada de acuerdo con el sitio de pesca en el periodo 2010-2019. La composición de las capturas se estimó considerando el porcentaje

de la biomasa reportada por especie para el periodo 2010-2019. La riqueza de especies por arte de pesca se estableció considerando todos los datos de desembarques pesqueros en el periodo 2010-2019. Se calculó el valor neto y porcentual de la biomasa extraída de acuerdo con el arte de pesca utilizado en el periodo 2010-2019.

Especies objetivo: Las especies que representaron, al menos, el 50 % de las capturas totales fueron consideradas especies objetivo de la pesquería. Se utilizó un MLGM para determinar el efecto del año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca utilizada (factores fijos) sobre la variación de la CPUE (kg/día) de cada especie objetivo. Además, se incluyeron el sitio de pesca y el nombre de la embarcación como factores aleatorios de acuerdo a los criterios expuestos anteriormente. Para determinar si existía multicolinealidad de las variables incluidas en los modelos se utilizó un Factor de Inflación de la Varianza (VIF) menor a 5 (Zuur et al., 2009). La elección del modelo más parsimonioso se realizó mediante pruebas de máxima verosimilitud y utilizando los valores de AICc. Para determinar la importancia de los predictores en los modelos seleccionados, se calculó la diferencia del AICc en modelos con y sin los términos usando pruebas de máxima verosimilitud (Apéndice 1).

Todos los análisis en este estudio fueron efectuados en el programa estadístico R (R Development Core Team, 2019), incluyendo las librerías *pscl*, *MuMIn* y *lmtest* para comparar y seleccionar los modelos que evaluarán la variación de la CPUE (kg/día) y las capturas totales de las principales especies objetivo.

RESULTADOS

Entre el 2010 y 2019, se reportaron 2 424 desembarques pesqueros en al menos 18 puestos o recibidores, lo cual corresponde a desembarques de 136 embarcaciones de la flota artesanal que operaron en el Golfo de Santa Elena durante este periodo. En el 2015, se reportó el mayor número de embarcaciones

activas ($N = 71$), la mayor cantidad de desembarques ($N = 538$) y la mayor la biomasa capturada (151 843.57 kg). El mayor esfuerzo pesquero se reportó en el 2018, durante la época de no-afloramiento (15 ± 8 días). La CPUE presentó una gran variación a lo largo del periodo analizado, con un valor máximo en el 2014 (CPUE: 96.20 ± 94.64 kg/día) y un valor mínimo en el año 2019 (CPUE: 38.61 ± 23.26), ambas durante la época de afloramiento (Tabla 1).

Análisis de la pesca artesanal: La biomasa promedio reportada para el periodo 2010-2019 varió entre los 282.2 ± 357.9 kg y los 513.0 ± 459.7 kg (Fig. 2A), mientras que la CPUE promedio anual varió entre los 42.8 ± 24.3 y los 84.1 ± 72.6 kg/día (Fig. 2B). De acuerdo a los MLGMs examinados, se observó un efecto significativo del año con la época sobre la CPUE; este modelo fue seleccionado sobre los demás modelos evaluados por tener el menor valor de AICc y un mayor peso ($w = 0.70$; Tabla 2). Esto resultó en que durante el periodo del 2010 al 2019, la CPUE no varió de forma significativa; sin embargo, en el 2015 y 2019, la CPUE fue significativamente mayor durante la época de no-afloramiento (Fig. 3).

Sitios de pesca: Durante el periodo 2010-2019, se identificaron 12 sitios de pesca importantes para la flota artesanal en el Golfo de Santa Elena (Fig. 4). Los principales sitios de pesca, ordenados de acuerdo con la mayor riqueza de especies y biomasa capturada, fueron (1) Punta Blanca, (2) Bahía Santa Elena (zona externa) y (3) Cuajiniquil (Tabla 3). Los sitios donde se registró un mayor esfuerzo pesquero fueron: (1) Punta Blanca, (2) Bahía Salinas, (3) Cuajiniquil y (4) Pizarras. Los sitios con mayor CPUE fueron: (1) Bajo Rojo, (2) Cuajiniquil y (3) Puerto Soley (Tabla 3).

Composición de las capturas: Para el periodo 2010-2019, se reportaron un total de 42 especies o clases comerciales capturadas en la zona, las cuales incluyeron 34 peces óseos, cinco elasmobranquios y tres invertebrados.



TABLA 1
Número de embarcaciones, desembarques, biomasa, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) reportados anualmente por la flota artesanal en el Golfo de Santa Elena en el periodo 2010-2019

Año	No. Embarcaciones	No. Desembarques	Biomasa (kg)		Esfuerzo (días)		CPUE (kg / día)	
			Afloramiento	No-afloramiento	Afloramiento	No-afloramiento	Afloramiento	No-afloramiento
2010	47	258	54 453.16	75 385.47	12 ± 5	10 ± 4	47.43 ± 25.79	48.80 ± 33.48
2011	47	288	61 018.60	69 327.37	10 ± 3	10 ± 2	48.15 ± 70.05	45.19 ± 26.91
2012	55	259	50 384.92	82 496.17	9 ± 3	8 ± 4	58.75 ± 44.37	75.43 ± 89.69
2013	51	255	37 967.59	89 780.48	9 ± 4	8 ± 4	68.29 ± 99.27	84.22 ± 107.48
2014	34	207	31 911.77	54 414.19	7 ± 4	6 ± 4	96.20 ± 94.64	77.39 ± 56.09
2015	71	538	59 561.08	92 282.50	6 ± 3	5 ± 4	42.64 ± 35.69	71.95 ± 61.16
2016	40	258	42 342.35	56 844.49	9 ± 5	8 ± 6	50.68 ± 30.80	54.13 ± 40.43
2017	18	108	18 862.40	32 786.98	8 ± 4	8 ± 3	67.03 ± 57.82	59.02 ± 32.76
2018	68	91	12 757.10	27 411.90	7 ± 4	15 ± 8	40.57 ± 32.32	57.10 ± 60.80
2019	44	162	13 489.39	57 789.51	6 ± 3	12 ± 7	38.61 ± 23.26	45.13 ± 24.61

TABLA 2
Resultados de los 5 mejores Modelos Generalizados Lineales Mixtos de la variación en la captura por unidad de esfuerzo total (Log CPUE; kg / días de pesca) reportada en el Golfo de Santa Elena, Costa Rica

Modelo	gl	AICc	ΔAIC	w
Log CPUE ~ Año + Época + Año: Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	23	2879.53	0.00	0.70
Log CPUE ~ Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	5	2881.83	2.30	0.22
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año: Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	25	2884.13	4.60	0.07
Log CPUE ~ Época + Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	7	2888.46	8.93	0.01
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año: Época + Época:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	27	2889.79	10.26	0.00

Factores fijos: año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca; factores aleatorios: sitio de pesca y embarcación. AICc: criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas; ΔAICc: variación en AICc con respecto al modelo con menor AICc; w: peso de Akaike. El modelo con mayor soporte se destaca en negrita.

Fixed factors: year, season (outcrop and non-outcrop) and fishing gear; random factors: fishing site and boat. AICc: Akaike information criterion corrected for small samples; ΔAICc: variation in AICc with respect to the model with the lowest AICc; w: weight of Akaike. The model with the highest support is highlighted in bold.

Las familias con mayor riqueza de especies fueron los pargos (Lutjanidae, siete especies), los jureles (Carangidae, cuatro especies) y los atunes (Scombridae, cuatro especies) (Apéndice 2). Del total de las especies identificadas,

ocho representaron el 90 % de la biomasa total. El pargo mancha (*Lutjanus guttatus*), el pargo seda (*L. peru*), las cabrillas (*Epinephelus* spp.) son las tres especies/clases comerciales con mayor aporte a la biomasa (68 %),

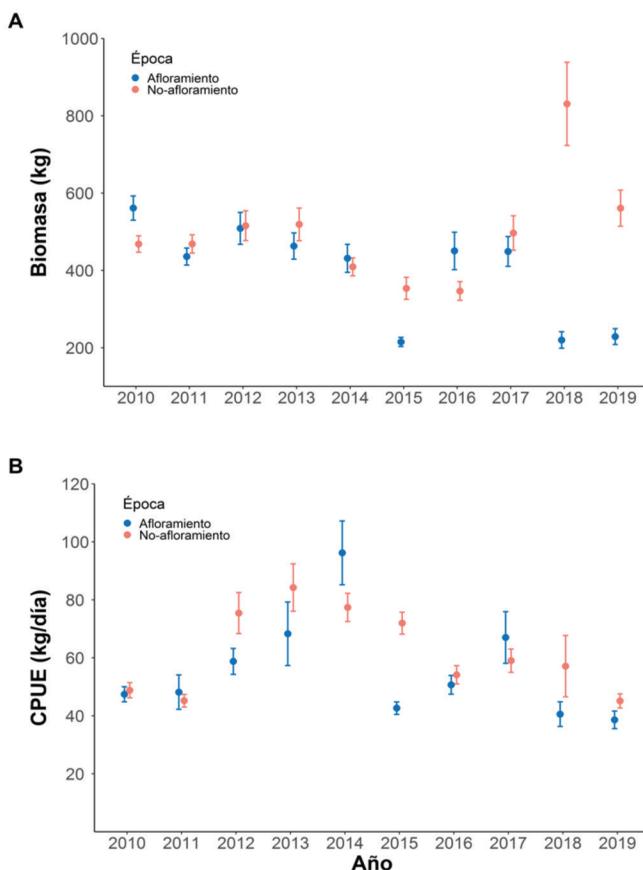


Fig. 2. Variación promedio anual (\pm error estándar) de **A.** la biomasa reportada y **B.** la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), por época de afloramiento y no-afloramiento, considerando todas las artes de pesca utilizadas.
Fig. 2. Average annual variation (\pm standard error) of **A.** reported biomass and **B.** catch per unit of effort (CPUE), by upwelling and non-upwelling season, considering all fishing gear used.

constituyendo el 22 %, 18 % y 15 %, respectivamente. Las cinco especies restantes corresponden a pulpos (*Octopus* spp.; 12 %), peces loros (*Scarus* spp.; 9 %), dorado (*Coryphaena hippurus*; 8 %), otros pargos (*Lutjanus* spp.; 3 %) y langosta del Pacífico (*Panulirus gracilis*; 2 %). Para más información acerca del análisis de las tendencias de las principales especies capturadas ver el Apéndice 1.

Las principales artes de pesca (buceo con compresor o apnea, cuerda de mano, trasmallo) son utilizadas en el Golfo de Santa Elena por la flota artesanal de manera independiente; sin embargo, es común que se utilicen varias artes de pesca de manera simultánea para maximizar la captura en un menor tiempo. El uso de varias

artes de pesca reportó una mayor riqueza específica y biomasa capturada (37 especies, 46 %), mientras que, al analizar las artes de pesca de manera independiente, la cuerda de mano (33 especies; 21 % de biomasa), el buceo (27 especies; 24 % de biomasa) y el trasmallo (26 especies; 9 % de la biomasa) capturaron una mayor diversidad y porcentaje de biomasa. El esfuerzo pesquero entre artes de pesca ronda entre un promedio de 8 y 9 días; sin embargo, la CPUE fue mayor al utilizar varias artes de pesca de manera simultánea (Tabla 4). El buceo con compresor y/o apnea fue dirigido a la captura de pulpo (*Octopus* spp.) y pez loro (*Scarus ghobban*). La cuerda de mano capturó mayormente pargos (*Lutjanus guttatus*, *L. peru*) y

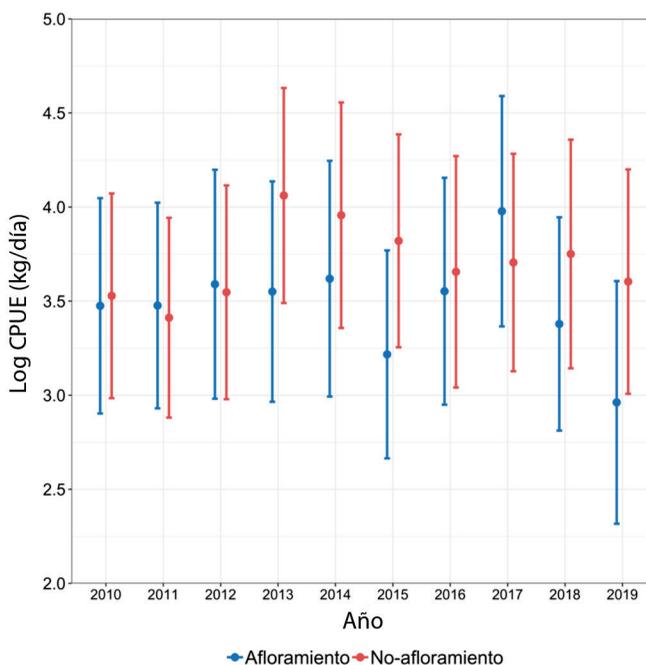


Fig. 3. Captura por unidad de esfuerzo (Log CPUE; kg / día) estimada por el modelo lineal generalizado mixto, de acuerdo al año y época de pesca.

Fig. 3. Catch per unit of effort (Log CPUE; kg / day) estimated by the mixed generalized linear model, according to year and fishing season.

TABLA 3

Riqueza específica, biomasa, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de los principales sitios de pesca en el Golfo de Santa Elena, en el periodo 2010-2019

TABLE 3

Specific wealth, biomass, effort and catch per unit of effort (CPUE) of the main fishing sites in the Gulf of Santa Elena, in the period 2010-2019

Sitio	Riqueza específica	Biomasa (kg)	Esfuerzo (días)	CPUE (kg / días)
Punta Blanca	42	847 825.58	23 ± 2	56.60 ± 51.34
Bahía Santa Elena (zona externa)	33	111 892.92	6 ± 4	65.94 ± 67.38
Cuajiniquil	26	42 515.09	10 ± 5	82.35 ± 136.76
Bajo Rojo	12	3 682.40	3 ± 4	192.80 ± 222.36
El Jobo	12	2 378.92	6 ± 3	23.07 ± 17.73
Puerto Soley	9	2 174.70	4 ± 2	81.19 ± 72.26
Bahía Salinas	7	2 809.11	18 ± 13	56.36 ± 80.08
El Viejón	7	480.70	5 ± 1	42.36 ± 19.49
Loros	6	504.30	6 ± 3	17.53 ± 16.74
Cincoya	4	156.60	7 ± 0	22.37 ± 0.00
Palo Blanco	4	172.30	6 ± 0	28.72 ± 0.00
Pizarras	2	146.00	10 ± 0	14.60 ± 0.00

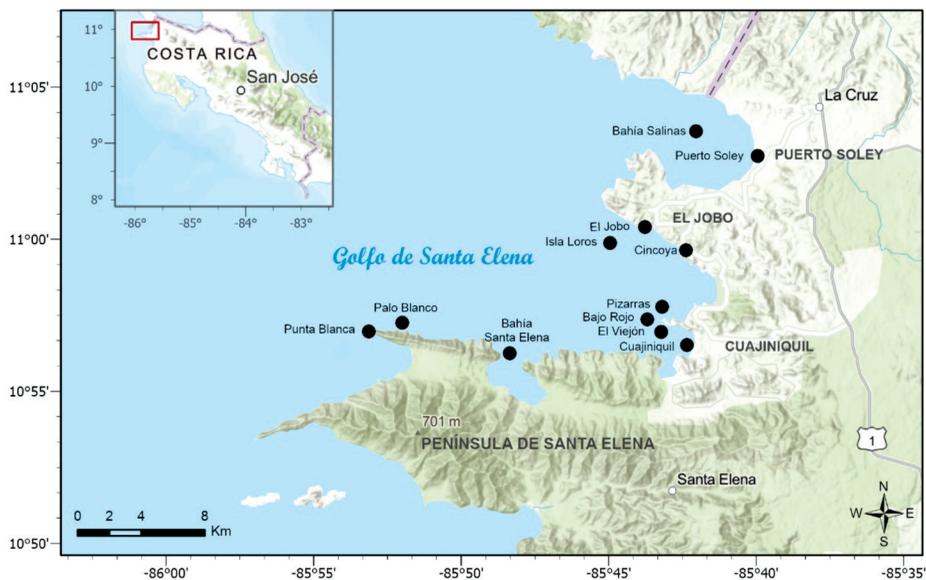


Fig. 4. Principales sitios de pesca en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica.
Fig. 4. Main fishing sites in the Gulf of Santa Elena, North Pacific of Costa Rica.

TABLA 4

Riqueza específica, biomasa capturada esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) reportados por la flota artesanal en el Golfo de Santa Elena en el periodo 2010-2019, de acuerdo con el arte de pesca utilizado

TABLE 4

Specific richness, biomass captured fishing effort and catch per unit of effort (CPUE) reported by the artisanal fleet in the Gulf of Santa Elena in the period 2010-2019, according to the fishing gear used

Arte de pesca	Riqueza específica	Biomasa		Esfuerzo (días)	CPUE (kg / día)
		kg	%		
Buceo	27	218 315.58	24	8 ± 4	47.82 ± 38.40
Cuerda	33	194 219.07	21	9 ± 4	60.16 ± 87.65
Trasmallo	26	86 687.21	9	9 ± 7	55.95 ± 49.64
Varias artes	37	417 000.65	46	8 ± 4	61.33 ± 51.87

cabrillas (*Epinephelus* spp.), al igual que el trasmallo. El uso de varias artes de pesca de manera simultanea, tiene como mayor captura pargos (*L. guttatus*, *L. peru*) (Fig. 5).

DISCUSIÓN

La dinámica de las pesquerías artesanales es sumamente compleja y dependiente del tipo de especie objetivo, arte de pesca, condiciones climáticas, cambios estacionales o interanuales,

así cómo de eventos que afectan la producción pesquera (Salas et al., 2007; Salas et al., 2011). Por lo tanto, el conocimiento de dicha dinámica es de suma importancia para comprender el comportamiento y las estrategias de la flota pesquera, así como su relación con el recurso capturado y/o las condiciones ambientales.

Si bien, es cierto que la información de las facturas puede presentar algunas inconsistencias (por ejemplo, la subestimación de la biomasa o el peso de la captura, el porcentaje

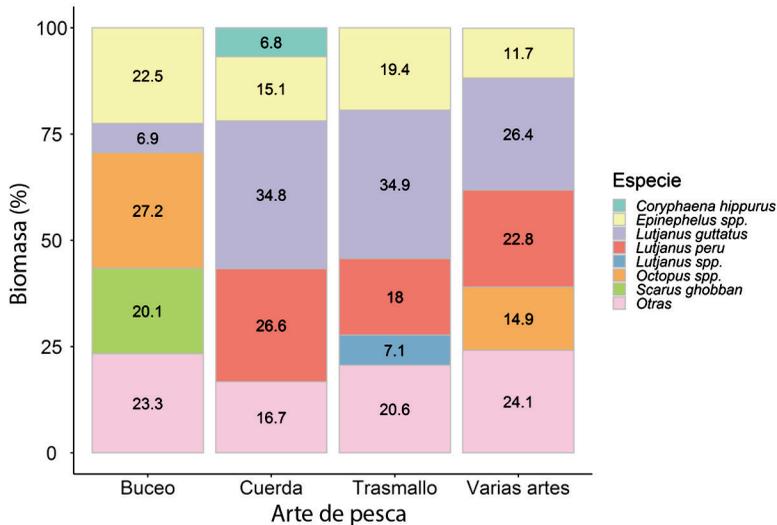


Fig. 5. Especies que mayor biomasa aportaron a la pesca artesanal en el Golfo de Santa Elena en el periodo 2010-2019, de acuerdo con el arte de pesca utilizado.

Fig. 5. Species that contributed the greatest biomass to artisanal fishing in the Gulf of Santa Elena in the period 2010-2019, according to the fishing gear used.

de descartes o capturas no reportadas, etc.), actualmente es la mejor información histórica disponible de las tendencias y características de las distintas actividades que comprenden la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena. A pesar de las limitaciones mencionadas, los patrones temporales en las capturas pesqueras que se desprenden del análisis de facturas pueden ayudar a guiar y entender cómo ha cambiado el estado de los recursos a lo largo del tiempo. La información obtenida en este estudio a cerca de la pesca artesanal de pequeña escala a través de la caracterización de las capturas, las artes utilizadas y los principales sitios de pesca, así como su variación espacial y temporal, permite un mejor entendimiento sobre su dinámica en el Golfo de Santa Elena. Lo anterior, en conjunto con un programa de monitoreo constante, permitirá generar propuestas adecuadas de gestión y manejo de esta actividad.

Los resultados de la pesquería evidenciaron que durante el periodo 2010-2019, la captura por unidad esfuerzo (CPUE) de todos los recursos marinos desembarcados no mostró una reducción significativa. Además, no se observó una reducción en la CPUE de las

principales especies objetivo desembarcadas. Esto sugiere que la biomasa capturada por la flota artesanal en el Golfo de Santa Elena ha tendido a mantenerse constante, al menos durante el periodo analizado. Lo anterior contrasta con los reportes a nivel regional y global que evidencian la sobre explotación de recursos marinos tropicales (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018; Kleisner et al., 2012; Mora et al., 2009; Pauly et al., 2005; Pauly & Zeller, 2017), posiblemente debido al efecto del Domo Térmico de Costa Rica sobre esta región, ya que la productividad primaria y secundaria, así como la descomposición de la biomasa, son relativamente altas dando como resultado el mantenimiento de poblaciones amenazadas y favoreciendo actividades pesqueras locales (Jimenez, 2016; Ross-Salazar et al., 2019). Sin embargo, la tendencia constante en el tiempo también podría ser un síntoma de la sobre explotación histórica que se ha dado en la zona (M. Lara comm. pers.), lo cual hace necesaria continuar con el monitoreo a largo plazo de la actividad pesquera.

De acuerdo con nuestro estudio, la época de afloramiento o surgencia costera mostró una

menor biomasa capturada, y este patrón se ha venido acentuando gradualmente a lo largo del tiempo. Se ha demostrado que las capturas en pesquerías artesanales están altamente influenciadas por factores climáticos estacionales (Béné & Tewfik, 2001; Lopes & Begossi, 2011; Moses et al., 2002). Por un lado, el afloramiento provoca enfriamiento de las aguas marinas, presentando cambios de hasta 10 °C en un día (Ballesteros, 2006), lo cual puede influir sobre los patrones de distribución, abundancia y composición de especies (Aburto-Oropeza & Balart, 2001; Pérez-España et al., 1996). Estos cambios estacionales que afectan la estructura y composición de peces arrecifales también han sido reportados en el Pacífico Norte de Costa Rica (Eisele et al., 2020), y son atribuidos principalmente al afloramiento, y en menor medida a cambios en la cobertura del hábitat. Por otro lado, el aumento en la intensidad de los vientos alisios durante la época de afloramiento tiene un gran peso sobre las decisiones para practicar la actividad pesquera en el Golfo de Santa Elena, ya que existe un alto riesgo asociado con la operación (Béné & Tewfik, 2001). La turbidez del agua durante los meses de afloramiento, particularmente cuando se utiliza el buceo como arte de pesca, también podría influir sobre la cantidad de biomasa extraída (Naranjo & Salas, 2014).

El arte de pesca utilizado delimita, en gran medida, las especies y tallas capturadas. El buceo permite una alta selectividad de las especies de peces capturados (Villalobos-Rojas et al., 2014), sin embargo, aunque se encuentra dirigido a la captura de pulpo, langosta y pargos/cabrillas, también captura una gran diversidad de otros organismos con roles ecológicos importantes para el funcionamiento del ecosistema. Por ejemplo, el pez loro (Scaridae) es una especie arrecifal bioindicadora y su extracción constante provoca cambios ecosistémicos en los arrecifes, debido a que surge un aumento en el crecimiento de algas filamentosas u otros organismos y, como consecuencia, el sistema adquiere condiciones no aptas para el reclutamiento de otras especies arrecifales (Durán & Claro, 2009; Graham et al., 2007; Suchley

& Alvarez-Filip, 2007). Dada la función que tienen estos herbívoros en los ecosistemas costeros es necesario monitorear adecuadamente su captura e implementar medidas que regulen las tallas y cuotas de captura.

La cuerda de mano y la línea de palangre tienen como objetivo la captura de especies de peces demersales y/o pelágicas, y permiten una mayor selectividad de los peces capturados, de acuerdo con el tamaño de anzuelo utilizado (Mongeon et al., 2013; Villalobos-Rojas et al., 2014). Por el contrario, el trasmallo o red de enmalle es uno de los artes de pesca menos selectivos y causa una alta mortalidad de especies no objetivo y de organismos juveniles, los cuales no son aprovechadas por su bajo o nulo valor comercial, pero cumplen un rol importante en los ecosistemas marino-costeros que se ven afectados por su extracción constante (Villalobos-Rojas et al., 2014). La combinación de varias artes de pesca utilizadas de manera simultánea permite una mayor captura, sin embargo, las afectaciones a las poblaciones y ecosistemas mencionados anteriormente con el uso de las artes de pesca de manera individual se maximizan.

Alrededor del 56 % de la biomasa total capturada en el Golfo de Santa Elena corresponde al pargo mancha, el pargo seda, las cabrillas y el pulpo. Lo anterior coincide parcialmente con lo reportado en el Golfo de California en México, donde *L. guttatus* y *L. peru* son las dos especies principales que componen la pesca artesanal (Torrescano-Castro et al., 2016) y con lo reportado en el Pacífico central mexicano donde *L. guttatus* figura dentro de las ocho especies más capturadas (Rojo-Vázquez et al., 2008). El pulpo *Octopus* spp. es uno de los invertebrados más capturados y comercializados a nivel mundial por las pesquerías (González et al., 2014; Markaida & Gilly, 2016; Sauer et al., 2019), lo cual coincide con lo reportado en el presente estudio, ya que el pulpo es el mayor representante de este grupo en las capturas de la pesca artesanal en el Golfo de Santa Elena, seguido únicamente por la langosta espinosa del Pacífico (*Panulirus gracilis*).



El pargo mancha, el pargo seda, las cabrillas y los pulpos representan las especies objetivo de la pesca artesanal en la zona y comúnmente son capturadas de manera simultánea. Lo anterior, debido a que las especies de peces mencionadas utilizan arrecifes rocosos durante su fase adulta, mientras que los juveniles de algunas de estas especies (principalmente pargos) habitan manglares y zonas estuarinas de alta productividad al brindarles alimento y protección. (Froese & Pauly, 2019). Por su parte, los pulpos pasan la mayoría de su ciclo de vida en ambientes con alta complejidad estructural, como lo son los arrecifes rocosos (Leite et al., 2009). Conocer la dinámica de las pesquerías es de suma importancia para comprender su comportamiento y prever el estado futuro de los recursos pesqueros (Naranjo & Salas, 2014). La pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena ha mantenido su biomasa y CPUE constante en el periodo del 2010 al 2019; sin embargo, al ser este un sitio de afloramiento o surgencia es sumamente sensible al cambio climático, ya que algunos estudios predicen un aumento en la temperatura de las aguas oceánicas y el debilitamiento de los vientos en la zona tropical (Gutiérrez et al., 2011; Jimenez, 2016). Lo anterior tendría como consecuencia una disminución en la duración e intensidad de los afloramientos, repercutiendo en un aumento de la presión de la flota pesquera a lo largo del año, lo cual conllevaría a una menor productividad pesquera, derivando en implicaciones ecológicas importantes y afectaciones socioeconómicas en las comunidades costeras dependientes de la pesca a largo plazo (Gutiérrez et al., 2011). Por lo tanto, se recomienda monitorear los efectos del cambio climático en la pesquería artesanal del Golfo de Santa Elena con el fin de establecer medidas de mitigación oportunas.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de

ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por la Asociación Costa Rica por Siempre y el Área de Conservación Guanacaste (ACG) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Los autores agradecen al personal del departamento de estadística del INCOPECA por facilitar la obtención de datos pesqueros, a los miembros del Consejo Local de Áreas de Conservación (COLAC) por los aportes brindados y a los pescadores artesanales del Golfo de Santa Elena por su apoyo y colaboración.

RESUMEN

Introducción: El Pacífico Norte de Costa Rica es una región diversa y productiva; sin embargo, tenemos un escaso conocimiento sobre el estado de los recursos marinos y la dinámica pesquera, particularmente de la pesca artesanal en el Golfo de Santa Elena, uno de los principales caladeros de la zona.

Objetivo: Caracterizar la dinámica de esta pesquería.

Métodos: Se analizaron los datos recopilados por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura y las facturas pesqueras de los sitios de desembarque para el periodo 2010-2019.

Resultados: Hubo una alta variación en la biomasa desembarcada, sin embargo, la captura total por unidad de esfuerzo (CPUE; kg/día) y de las principales especies objetivo no disminuyó significativamente. En general, hubo una CPUE más baja en los meses de surgencia (diciembre-abril). De las 42 especies comerciales reportadas, la mayor biomasa provino del pargo mancha (*Lutjanus guttatus*; 22 % de la biomasa), el pargo seda (*L. peru*; 18 %), las cabrillas (*Epinephelus* spp.; 15 %) y el pulpo (*Octopus* spp., 13 %).

Conclusiones: La CPUE en Santa Elena no ha disminuido significativamente de 2010 a 2019, pero disminuye en la época de surgencia.

Palabras clave: dinámica pesquera; flota artesanal; cambios estacionales, afloramiento, Centroamérica.

APÉNDICE 1

Análisis de las tendencias de especies objetivo capturadas por la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica

APPENDIX 1

Analysis of the trends of target species captured by the artisanal fishery in the Gulf of Santa Elena, North Pacific of Costa Rica

Análisis de especies objetivo: Las principales especies desembarcadas por la flota artesanal de baja escala en el Golfo de Santa Elena para el periodo 2010-2019 fueron: *L. guttatus*, *L. peru* y *Epinephelus* spp. Por lo tanto, para estas especies se investigó el efecto del año, época y arte de pesca sobre la CPUE mediante MLGM. Se observó una interacción significativa en el modelo que tenía Año: Época sobre la CPUE de *L. guttatus*; este modelo fue seleccionado sobre los demás modelos evaluados por tener el menor valor de AICc y un mayor peso ($w = 0.88$; Cuadro S1). En general, la CPUE de *L. guttatus* durante el periodo del 2010 al 2019 fue muy variable. La CPUE entre épocas de afloramiento y no-afloramiento varió

significativamente en el 2013, 2015, 2016 y 2019, con una menor CPUE durante épocas de afloramiento, con excepción del 2013 en donde se reportó una menor CPUE durante épocas de no-afloramiento (Fig. S1).

Para *L. peru*, el modelo nulo (modelo que contenía únicamente variables aleatorias) fue seleccionado sobre los demás modelos (Cuadro S2). Por lo tanto, ningún factor contribuyó de forma significativa a explicar la variación de la CPUE de *L. peru*. En el caso de *Epinephelus* spp., el modelo que tenía todas las variables con efectos fijos (Año, Época y Arte), y las interacciones Año: Época y Época:Arte, fue seleccionado sobre los demás modelos evaluados por tener el menor valor

TABLA COMPLEMENTARIA 1

Resultados de los 5 mejores Modelos Generalizados Lineales Mixtos de la variación en la captura por unidad de esfuerzo (Log CPUE; kg / días de pesca) del pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) reportada en el Golfo de Santa Elena, Costa Rica

SUPPLEMENTARY TABLE 1

Results of the 5 best Generalized Linear Mixed Models of the variation in catch per unit effort (Log CPUE; kg / fishing days) of the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) reported in the Gulf of Santa Elena, Costa Rica

Modelo	gl	AICc	Δ AICc	w
LogCPUE ~ Año + Época + Año:Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	23	5519.85	0.00	0.88
LogCPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	25	5524.81	4.97	0.07
LogCPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + Año:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	43	5526.13	6.28	0.04
LogCPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + Época:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	27	5530.06	10.21	0.01
LogCPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + Época:Arte + Año:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	45	5530.88	11.03	0.00

Factores fijos: año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca; factores aleatorios: sitio de pesca y embarcación. AICc: criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas; Δ AICc: variación en AICc con respecto al modelo con menor AICc; w: peso de Akaike. El modelo con mayor apoyo se destaca en negrita.

Fixed factors: year, time (upwelling and non-upwelling) and fishing gear; random factors: fishing site and vessel. AICc: Akaike information criterion corrected for small samples; Δ AICc: variation in AICc with respect to the model with lower AICc; w: Akaike weight. The model with higher support is highlighted in bold.



de AICc y un mayor peso ($w = 0.75$; Cuadro S3). Para este conjunto de especies, se observó una mayor CPUE en trasmallo y buceo con compresos, principalmente durante los meses

de no-afloramiento (Fig. S2). En general, la CPUE de *Epinephelus* spp. con cuerda de mano fue levemente menor que en otras artes examinadas; sin embargo, ambas épocas tuvieron

TABLA COMPLEMENTARIA 2

Resultados de los 5 mejores Modelos Generalizados Lineales Mixtos de la variación en la captura por unidad de esfuerzo (Log CPUE; kg / días de pesca) del pargo seda (*Lutjanus peru*) reportada en el Golfo de Santa Elena, Costa Rica

SUPPLEMENTARY TABLE 2

Results of the 5 best Generalized Linear Mixed Models of the variation in catch per unit effort (Log CPUE; kg / fishing days) of silky snapper (*Lutjanus peru*) reported in the Gulf of Santa Elena, Costa Rica

Modelo	gl	AIC	Δ AIC	w
LogCPUE ~ 1 + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	4	2782.11	0.00	0.46
LogCPUE ~ Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	6	2782.12	0.01	0.46
LogCPUE ~ Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	5	2787.00	4.89	0.04
LogCPUE ~ Época + Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	7	2787.08	4.97	0.04
LogCPUE ~ Año + Arte + Año:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	32	2792.48	10.38	0.00

Factores fijos: año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca; factores aleatorios: sitio de pesca y embarcación. AICc: criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas; Δ AICc: variación en AICc con respecto al modelo con menor AICc; w: peso de Akaike. El modelo con mayor aporte se destaca en negrita.

Fixed factors: year, season (upwelling and non-upwelling) and fishing gear; random factors: fishing site and vessel. AICc: Akaike information criterion corrected for small samples; Δ AICc: variation in AICc with respect to the model with lower AICc; w: Akaike weight. The model with higher support is highlighted in bold.

TABLA COMPLEMENTARIA 3

Resultados de los 5 mejores Modelos Generalizados Lineales Mixtos de la variación en la captura por unidad de esfuerzo (Log CPUE; kg / días de pesca) de las cabrillas (*Epinephelus* spp.) reportada en el Golfo de Santa Elena, Costa Rica

SUPPLEMENTARY TABLE 3

Results of the 5 best Generalized Linear Mixed Models of the variation in catch per unit effort (Log CPUE; kg / fishing days) of cabrillas (*Epinephelus* spp.) reported in the Gulf of Santa Elena, Costa Rica

Modelo	gl	AICc	Δ AICc	w
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + Época:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	27	4895.79	0.00	0.76
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Época + Año:Arte + Época:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	44	4898.10	2.31	0.24
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Arte + Época:Arte + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	35	4907.14	11.35	0.00
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Año:Arte + Año: Época + (1 Sitio) + (1 Embarcación)	42	4908.64	12.85	0.00
Log CPUE ~ Año + Época + Arte + Época:Arte+ (1 Sitio) + (1 Embarcación)	18	4910.23	14.44	0.00

Factores fijos: año, época (afloramiento y no-afloramiento) y arte de pesca; factores aleatorios: sitio de pesca y embarcación. AICc: criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas; Δ AICc: variación en AICc con respecto al modelo con menor AICc; w: peso de Akaike. El modelo con mayor apoyo se destaca en negrita.

Fixed factors: year, season (upwelling and non-upwelling) and fishing gear; random factors: fishing site and vessel. AICc: Akaike information criterion corrected for small samples; Δ AICc: variation in AICc with respect to the model with lower AICc; w: Akaike weight. The model with higher support is highlighted in bold.

valores de CPUE similares, con excepción del 2011 y 2012. Durante los meses de afloramiento del 2016 y 2017, no se reportaron capturas de *Epinephelus* spp. con trasmallo y cuerda. Durante los meses de no afloramiento del 2018,

no se reportaron capturas de *Epinephelus* spp. con el uso de cuerda. Además, en el 2017, no se reportaron capturas de *Epinephelus* spp. con trasmallo (Fig. S3).

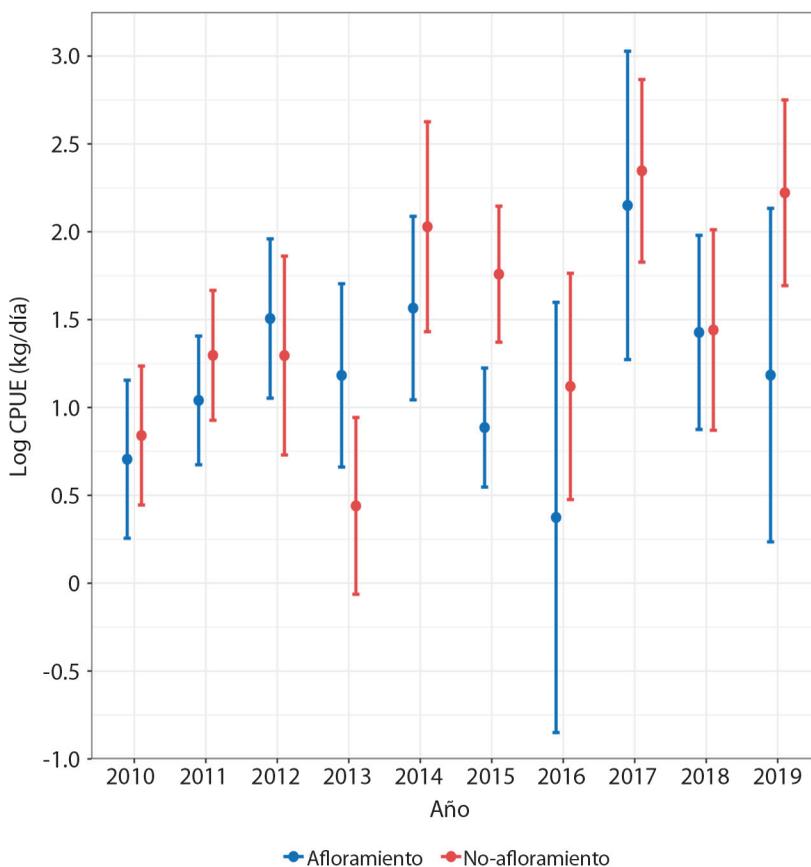


Figura complementaria 1. Captura por unidad de esfuerzo (Log CPUE; kg / días de pesca) de pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) estimada por el modelo lineal generalizado mixto, de acuerdo con el año y la época de pesca.

Supplementary figure 1. Catch per unit effort (Log CPUE; kg / fishing days) of spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) estimated by the generalized linear mixed model, according to year and fishing season.

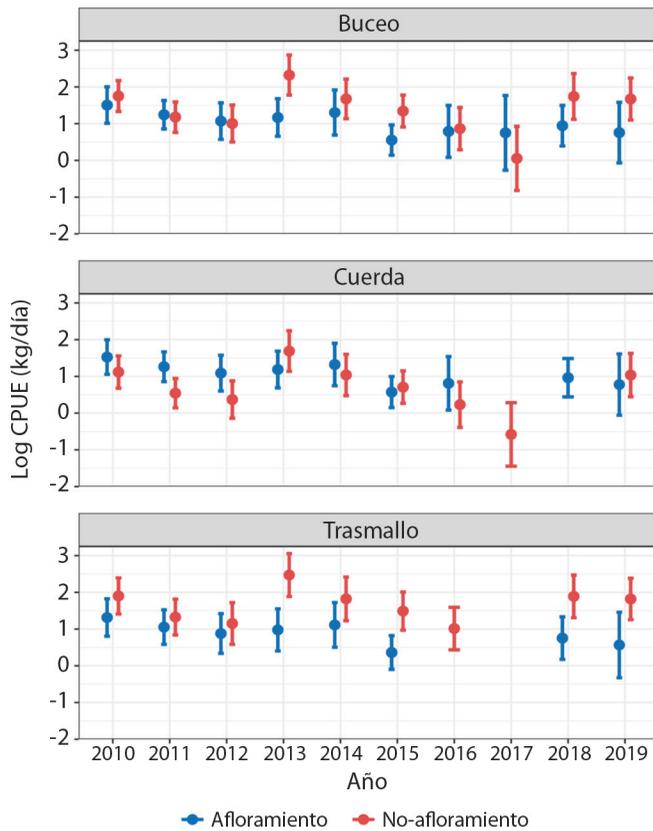


Figura complementaria 2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE; kg / días de pesca) de cabrillas (*Epinephelus* spp.) estimada por el modelo lineal generalizado mixto, de acuerdo con la época y arte de pesca utilizada.

Supplementary figure 2. Catch per unit effort (CPUE; kg / fishing days) of cabrillas (*Epinephelus* spp.) estimated by the generalized linear mixed model, according to the time and fishing gear used.

APÉNDICE 2

Riqueza y biomasa específica reportada por la flota artesanal en el periodo 2010-2019 en el Golfo de Santa Elena, Pacífico Norte de Costa Rica

APPENDIX 2

Richness and specific biomass reported by the artisanal fleet in the period 2010-2019 in the Gulf of Santa Elena, North Pacific of Costa Rica

Grupo / Familia	Especie	Nombre común	Biomasa (kg)
Peces óseos			
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i> sp.	Cirujano	30.7
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	Chancho común	243.8
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	Jurel bonito	135.2
	<i>Caranx caninus</i>	Jurel toro	1 298.5

Grupo / Familia	Especie	Nombre común	Biomasa (kg)
	<i>Caranx</i> sp.	Jurel	50.0
	<i>Seriola rivoliana</i>	Hojarán	240.7
Centropomidae	<i>Centropomus</i> sp.	Robalo	836.5
Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	67 039.8
Istiophoridae	<i>Istiophorus</i> sp.	Pez vela	4 896.3
	<i>Makaira nigricans</i>	Marlín blanco	545.5
	<i>Kajikia audax</i>	Marlín rayado	2 600.0
Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentherii</i>	Pargo roquero	568.9
	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Pargo cola amarilla	13 862.9
	<i>Lutjanus colorado</i>	Pargo guacamayo	6 328.5
	<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo mancha	197 902.1
	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	Pargo dientón	1 222.8
	<i>Lutjanus peru</i>	Pargo seda	157 045.7
	<i>Lutjanus</i> spp.	Pargo	26 618.7
Mullidae	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	Salmonete barbón	1 953.3
Muraenesocidae	<i>Cynoponticus coniceps</i>	Congrio pintado	726.4
Nematistiidae	<i>Nematistius pectoralis</i>	Pez gallo	92.5
Ophidiidae	<i>Brotula clarkae</i>	Congrio rosado	1 271.1
Scaridae	<i>Scarus ghobban</i>	Loro barba azul	77 684.5
	<i>Scarus perrico</i>	Loro jorobado	18 414.7
Sciaenidae	<i>Micropogonias altipinnis</i>	Corvina agria	392.2
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	Wahoo	141.0
	<i>Scomberomorus sierra</i>	Macarela sierra	3 532.8
	<i>Thunnus albacares</i>	Atún aleta amarilla	723.3
	<i>Thunnus</i> sp.	Atún	332.0
Serranidae	<i>Epinephelus</i> spp.	Cabrilla	127 302.6
	<i>Hyporthodus acanthistius</i>	Mero rosado	1 030.9
	<i>Paralabrax callaensis</i>	Cabrilla fina	429.5
Sphyraenidae	<i>Sphyraena aensis</i>	Barracuda	680.2
Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i>	Pez espada	5 184.4
Tiburones			
Alopiidae	<i>Alopias pelagicus</i>	Tiburón zorro	5 262.0
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i> spp.	Tiburón	15 998.4
Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	Tiburón martillo	449.3
	<i>Sphyrna</i> sp.	Cornuda	1 340.7
Triakidae	<i>Mustelus</i> sp.	Tiburón mamón	230.0
Invertebrados			
Octopodidae	<i>Octopus</i> spp.	Pulpo común	118 138.8
Palinuridae	<i>Panulirus gracilis</i>	Langosta espinosa	19 840.7
Spodilyidae	<i>Spondylus calcifer</i>	Almeja	195.0



REFERENCIAS

- Aburto-Oropeza, O., & Balart, E. F. (2001). Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*, 22(4), 283–305.
- Ballester, D. (2006). El Domo térmico de Costa Rica. In V. Nielsen-Muñoz & M. Quesada-Alpizar (Eds.), *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica* (pp. 69–85). CIMAR, CI, TNC.
- Batista, V. S., Fabrè, N. N., Malhado, A. C. M., & Ladle, R. J. (2014). Tropical artisanal coastal fisheries: challenges and future directions. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22, 1–15.
- Béné, C., & Tewfik, A. (2001). Fishing effort allocation and fishermen's decision making process in a multispecies small-scale fishery: analysis of the conch and lobster fishery in Turks and Caicos Islands. *Human Ecology*, 29, 157–186.
- Bonilla, R., & Chavarría, J. (2004). Box-Jenkins analysis for shark landings in Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*, 52(S2), 183–188.
- Brenes, C. L., Lavín, M. F., & Mascarenhas, A. S. (2008). Geostrophic circulation between the Costa Rica Dome and Central America. *Deep-Sea Research I*, 55, 608–629.
- Cartamil, D., Santana-Morales, O., Escobedo-Olvera, M., Kacev, D., Castillo-Geniz, L., Graham, J. B., Rubin, R. D., & Sosa-Nishizaki, O. (2011). The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California, Mexico. *Fisheries Research*, 108(2-3), 393–403.
- Denyer, P., & Kusmaul, S. (2012). *Geología de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Durán, A., & Claro, R. (2009). Actividad alimentaria de los peces herbívoros y su impacto en arrecifes con diferente nivel de degradación antrópica. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 687–697.
- Eisele, M. H., Madrigal-Mora, S., & Espinoza, M. (2020). Drivers of reef fish assemblages in an upwelling region from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, 98(4), 1074–1090.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *Información sobre la ordenación pesquera de la república de Costa Rica*. <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/CRI/profile.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *The state of world fisheries and aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*.
- Fiedler, P. C. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49(2), 321–338.
- Forcada, A., Valle, C., Sánchez-Lisazo, J. L., Bayle-Sempere, J. T., & Corsi, F. (2010). Structure and spatio-temporal dynamics of artisanal fisheries around a Mediterranean marine protected area. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 191–203.
- Froese, R., & Pauly, D. (2019). *FishBase*. <https://www.fishbase.se/search.php>
- González-Álvarez, J., García-de-la-Fuente, L., García-Florez, L., Fernández-Rueda, M., & Alcazár-Álvarez, J. L. (2016). Identification and characterization of métiers in multi-species artisanal fisheries. A case study in northwest Spain. *Natural Resources*, 7, 295–314.
- González, L. W., Eslava, N., Guevara, F., & Troccoli, L. (2014). Biología y pesquería del pulpo *Octopus vulgaris* (Octopoda: Octopodidae) en las costas del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63(2), 427–442.
- Graham, N. J., Wilson, S., Jennings, S., Polunin, N., Robinson, J., Bijoux, J., & Daw, T. (2007). Lag effects in the impacts of mass coral bleaching on coral reef fish, fisheries, and ecosystems. *Conservation Biology*, 21, 1291–1300.
- Gutiérrez, D., Bertrand, A., Wosnitza-Mendo, C., Dewitte, B., Purca, S., Peña, C., Chaigneau, A., Tam, J., Grao, M., Echevin, V., Grados, C., Fréon, P., & Guevara-Carrasco, R. (2011). Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas. *Revista Peruana Geo-atmosférica*, 3, 1–26.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. (2020). *Registro Público de Licencias de Pesca vigentes*. https://www.incopesca.go.cr/acerca_incopesca/transparencia_institucional/datos_abiertos.aspx
- Jimenez, J. A. (2016). *El Domo térmico de Costa Rica: Un oasis de productividad frente a las costas del Pacífico Centroamericano*. Fundación MarViva.
- Kleisner, K., Zeller, D., Froese, R., & Pauly, D. (2012). Using global catch data for inferences on the world's marine fisheries. *Fish and Fisheries*, 14(3), 293–311.
- Leite, T. S., Haimovici, M., Mather, J., & Lins-Oliveira, J. E. (2009). Habitat, distribution, and abundance of the commercial octopus (*Octopus insularis*) in a tropical oceanic island, Brazil: Information for management of an artisanal fishery inside a marine protected area. *Fisheries Research*, 98(1-3), 85–91.
- Lopes, P. F. M., & Begossi, A. (2011). Decision-making processes by small-scale fishermen on the southeast coast of Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 18, 400–410.
- Markaida, U., & Gilly, W. F. (2016). Cephalopods of Pacific Latin America. *Fisheries Research*, 173, 113–121.

- Mongeon, C., Granek, E. F., & Arauz, R. (2013). Hook selectivity in an artisanal spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* fishery on the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 5, 270–280.
- Mora, C., Myers, R. A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Sumaila, R. U., Zeller, D., Watson, R., Gaston, K. J., & Worm, B. (2009). Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. *PLoS Biology*, 7(6), e1000131.
- Moreno-Báez, M., Orr, B. J., Cudney-Bueno, R., & Shaw, W. W. (2010). Using fishers' local knowledge to aid management at regional scales: spatial distribution of small-scale fisheries in the Northern Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 86(2), 339–353.
- Moses, B. S., Udoidiong, O. M., & Okon, A. (2002). A statistical survey of the artisanal fisheries of southeastern Nigeria and the influence of hydroclimatic factors on catch and resource productivity. *Fisheries Research*, 57, 267–278.
- Naranjo, M. H., & Salas, M. S. (2014). Dinámica espacio-temporal del esfuerzo en una pesquería de buceo artesanal multispecífica y sus efectos en la variabilidad de las capturas: Implicaciones para el manejo sostenible. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1565–1586.
- Pauly, D., Watson, R., & Alder, J. (2005). Global trends in world fisheries: impacts on marine. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360, 5–12.
- Pauly, D., & Zeller, D. (2017). Comments on FAOs state of world fisheries and aquaculture (SOFIA 2016). *Marine Policy*, 77, 176–181.
- Pérez-España, H., Galván-Magaña, F., & Abitia-Cárdenas, L. A. (1996). Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecife rocoso del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 22(3), 273–294.
- R Development Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing* (version 3.6.2). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- Rojo-Vázquez, J. A., Quiñonez-Velazquez, C., Echavarría-Heras, H. A., Lucano-Ramírez, G., Godínez-Domínguez, E., Ruiz-Ramírez, S., Galván-Piña, V. H., & Sosa-Nishizaki, O. (2008). The fish species composition and variation of catch from the small-scale gillnet fishery before, during and after the 1997-1998 ENSO event, central Mexican Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 56(1), 133–152.
- Ross-Salazar, E., Posada, J. M., Melo, G., Suárez, C., Rojas-Ortega, G., & Ventura-Pozuelo, A. E. (2017). *Guía de identificación: peces de importancia comercial en la costa Pacífica de Costa Rica*. Fundación MarViva.
- Ross-Salazar, E., Jiménez-Ramón, J. A., Castro-Campos, M., & Blanco-Bolaños, M. (2019). *Atlas Domo Térmico de Costa Rica*. Fundación MarViva.
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J. C., & Charles, A. (2007). Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries Research*, 87, 5–16.
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J. C., & Charles, A. (2011). *Coastal Fisheries of Latin America and the Caribbean*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Salazar-Araya, S. (2013). *Situación actual de la pesca artesanal en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Sauer, W. H., Gleadall, I. G., Downey-Breedt, N., Doubleday, Z., Gillespie, G., Haimovici, M., & Yamrungrueng, A. (2019). World Octopus Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1680603>
- Solís, R. V., Muñoz, R. A., & Fonseca, B. M. (2015). Integrating traditional and scientific knowledge for the management of small-scale fisheries: an example from Costa Rica. In J. Fischer, J. Jorgensen, H. Josupeit, D. Kalikoski, & C. M. Lucas. (Eds.), *Fishers' knowledge and the ecosystem approach to fisheries. Applications, experiences and lessons in Latin America* (pp. 179–190). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2017). *Plan General de Manejo del Sitio de Importancia para la Conservación Bahía Santa Elena*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica.
- Suchley, A., & Alvarez-Filip, L. (2007). Herbivory facilitates growth of a key reef-building Caribbean coral. *Ecology and Evolution*, 7, 11246–11256.
- Torrescano-Castro, C. G., Lara-Mendoza, R. E., Torres-Covarrubias, L. A., & Cortés-Hernández, M. (2016). Composición de la ictiofauna capturada en la pesquería artesanal de la Isla Isabel (sureste del Golfo de California), México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 792–799.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119–138.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer.