

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“VARIACIÓN DE LA CPUE DE POTA (*DOSIDICUS GIGAS*) EN LA
COSTA NORTE-CENTRO PERUANA Y SU RELACIÓN CON LA
CORRIENTE CROMWELL”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

MICHAEL FELIX CCASANI DE LA CRUZ

LIMA-PERÚ

2023

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente
investigación (Art.24 –Reglamento de Propiedad Intelectual)**

VARIACIÓN DE LA CPUE DE POTA (DOSIDICUS GIGAS) EN LA COSTA NORTE-CENTRO PERUANA Y SU RELACIÓN CON LA CORRIENTE CROMWELL

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
4	revistas.imarpe.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	www.dhn.mil.pe Fuente de Internet	<1%
6	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1%
7	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1%
8	creativecommons.org Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“VARIACIÓN DE LA CPUE DE POTA (*DOSIDICUS GIGAS*) EN LA
COSTA NORTE-CENTRO PERUANA Y SU RELACIÓN CON LA
CORRIENTE CROMWELL”**

Presentado por:

MICHAEL FELIX CCASANI DE LA CRUZ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

M. Sc. Luis Lorenzo Carrillo La Rosa
Presidente

Dr. Sc. Jose Ricardo Bardales
Miembro

M. Univ. Rosa Cueto Vega
Miembro

Dr. Luis Icochea Salas
Asesor

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional, al Dr. Luis Icochea por sus consejos y presiones a lo largo del trabajo y al Ing. Martin Salazar por todo su apoyo y amistad.

AGRADECIMIENTO

Al Dr Luis Icochea Salas mi asesor, por sus enseñanzas, consejos y regaños durante la redacción de la tesis.

Al IMARPE y en especial al Ing. Martin Salazar Cespedes por haberme permitido pertenecer al IMARPE Y por la información obtenida y todo su apoyo y enseñanzas brindadas durante el tiempo que estuve en el laboratorio costero de Paita.

A mi familia por todo el tiempo que soportaron y esperaron para que pueda terminar la tesis

A los miembros del jurado evaluador, el M. Sc. Luis Carrillo la Rosa, Dr. José Bardales Azañero y a la M. Unv. Rosa Cueto Vega por sus consejos y sugerencias en la redacción de la tesis.

INDICE GENERAL

Contenido	pag.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERARIA.....	3
2.1. Aspectos Biológicos y Ecológicos de la Pota.....	3
2.1.1. Taxonomía.....	3
2.1.2. Crecimiento.....	4
2.1.3. Mortalidad.....	4
2.1.4. Ecología trófica.....	5
2.2. Distribución Geográfica.....	5
2.3. Pesquería de pota en el Perú.....	7
2.4. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de Pota en el Perú.....	10
2.5. Aspectos Oceanográficos.....	11
2.5.1. La Corriente Cromwell.....	11
2.5.2. Evento El Niño Oscilación Sur.....	14
2.5.3. Masas de agua.....	14
2.5.4. Correlación cruzada.....	16
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Zona de Estudio.....	18
3.2. Fuentes de información.....	19
3.2.1. información pesquera.....	19
3.2.2. Parámetros oceanográficos de la Corriente Cromwell (EUC).....	20
3.3. Análisis y Procesamiento de Información.....	21
3.3.1. Variaciones de la CPUE de la pota desde los 3° S hasta los 11° S frente a la costa peruana.....	21
3.3.2. Análisis de la Corriente Cromwell.....	21
3.3.3. Relación entre los cambios de la CPUE de pota y las variaciones de la Corriente Cromwell (EUC).....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	25
4.1.1. Análisis de las variaciones de la CPUE de pota en la zona de estudio.....	26
4.1.2. Distribución espacial de la CPUE.....	27

4.1.3.	Variabilidad mensual de la CPUE (t/viaje).	34
4.2.	Caracterización de la Corriente Cromwell en las Boyas 170°W, 140°W y 110°W	36
4.2.1.	Velocidad zonal.	36
4.2.2.	Perfil de velocidad zonal.	40
4.2.3.	Velocidad diaria de la EUC en el núcleo.	42
4.2.4.	Temperatura subsuperficial.	44
4.2.5.	Salinidad (UPS).	48
4.2.6.	Altura dinámica (cm).	50
4.2.7.	Isoterma de 20°C.	51
4.3.	Relación Entre los Cambios de la CPUE de Pota y las Variaciones de la EUC	53
4.3.1.	Velocidad zonal y CPUE de pota.	53
4.3.2.	Anomalía de temperatura y CPUE de pota.	58
4.3.3.	Salinidad (UPS) y CPUE pota.	62
4.3.4.	Altura dinámica y CPUE pota.	65
4.3.5.	Profundización de la isoterma 20°C y CPUE pota.	68
4.3.6.	Discusión.	71
5.	CONCLUSIONES	75
6.	RECOMENDACIONES	76
7.	BIBLIOGRAFÍA	77
8.	ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido

pag.

Tabla 1: Características de las masas de agua frente a la costa peruana.	15
Tabla 2: Retardos para serie de tiempo para la correlación cruzada.	16
Tabla 3: Registro de datos acuerdo a la capacidad de bodega (t) de las embarcaciones.....	19
Tabla 4: Información de la velocidad de corriente, temperatura, altura dinámica e isoterma de 20°C a diferentes profundidades para las boyas 170°W, 140°W e 110°W de la NOAA.....	20
Tabla 5: Valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) de acuerdo a la capacidad de bodega.....	25
Tabla 6: Valores promedio anuales de CPUE por grupo de flota.	26
Tabla 7: Promedio, máximo, desviación estándar y N° de datos de la CPUE (t/viaje) 2015.	28
Tabla 8: Promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) 2016.	30
Tabla 9: Promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) 2017.	32
Tabla 10: Promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) 2018.	33
Tabla 11: Número total de viajes de realizados por año.	35
Tabla 12: Coeficientes de correlación y determinación de la velocidad vs CPUE con lags de tiempo por meses (3).	56
Tabla 13: Coeficientes de correlación y determinación de la anomalía de temperatura vs CPUE con lags de tiempo por meses (3).	60
Tabla 14: Coeficientes de correlación y determinación de la salinidad vs CPUE con lags de tiempo por meses (3).	64
Tabla 15: Coeficientes de correlación y determinación .de la altura dinámica promedio vs CPUE promedio con lags de tiempo por meses (3).....	66
Tabla 16: Coeficientes de correlación y determinación de la profundización de isoterma 20°C vs CPUE con lags de tiempo por meses (3).....	70

INDICE DE FIGURAS

Contenido

pag.

Figura 1: Ejemplar de Pota.....	3
Figura 2: Migración vertical de la pota durante el cuarto experimento de telemetría. Realizado en el crucero de evaluación conjunta 2011-2012.....	6
Figura 3: Distribución geográfica del <i>Dosidicus gigas</i>	7
Figura 4: Desembarque anual de los principales recursos hidrobiológicos en el Perú.....	8
Figura 5: Desembarques de pota, en diferentes países durante el periodo 1990-2020.....	8
Figura 6: Esquema de la bifurcación de la Corriente Cromwell hacia el norte y sur.	12
Figura 7: Climatología (1990-2018) de la EUC a lo largo de la Línea Ecuatorial.....	13
Figura 8: Circulación oceánica frente al Perú.....	16
Figura 9: Masas de agua a lo largo de la costa peruana.....	16
Figura 10: Área de estudio del recurso pota con latitud 03°-7°S y longitud de 78-86°W.....	18
Figura 11: promedio mensual (2015-2018) de la CPUE (t/viaje) por tipo de flota.....	25
Figura 12: Variación mensual de la serie de tiempo de la CPUE (t/viaje) por grupo de flota.	26
Figura 13: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante los meses de enero- junio 2015.....	27
Figura 14: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante los meses de julio-diciembre 2015.....	28
Figura 15: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante enero-junio del 2016	29
Figura 16: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante el julio-diciembre del 2016	30
Figura 17: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante enero-junio del 2017	31
Figura 18: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante julio-diciembre del 2017	32
Figura 19: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante el año 2018	33

Figura 20: Diagrama de cajas de CPUE (t/viaje) por meses durante el enero-2015 a junio-2018	35
Figura 21: Climatología del perfil de velocidad (cm/s) zonal de la EUC 170°W, 140°W y 110°W.....	36
Figura 22: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía (b) 2015-2018 boya 170°W	37
Figura 23: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía 2015-2018 (b) boya 140°W	38
Figura 24: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía 2015-2018 (b) boya 110°W.....	40
Figura 25: Perfiles de velocidad zonal entre los 170°W, 140°W t 110°W abril 2015-2018....	41
Figura 26: Velocidad de Corriente en la boya 170°W a 150 m de profundidad.....	42
Figura 27: Velocidad de Corriente en la boya 140°W a 110 m de profundidad	43
Figura 28: Velocidad de Corriente en la boya 110°W a 80 m de profundidad	44
Figura 29: Sección tiempo de anomalía de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 170°W.....	45
Figura 30: Sección tiempo de anomalía de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 140°W.....	46
Figura 31: Sección tiempo de anomalía de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 110°W.....	47
Figura 32: Serie de tiempo de anomalía de temperatura a la profundidad máxima del núcleo de la corriente en las boyas 170°W, 140°W y 110°W	47
Figura 33: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 170°W	48
Figura 34: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 140°W	49
Figura 35: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 110°W	49
Figura 36: Diagrama longitud-tiempo de altura dinámica (A) y anomalía de altura dinámica (B) 2015-2018	51
Figura 37: Diagrama longitud-tiempo de la profundización de la isoterma 20°C (A) y su anomalía (B) 2015-2018	52
Figura 38: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) y velocidad de corriente en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018	54
Figura 39: Regresión lineal entre la velocidad promedio en el núcleo (cm/s) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de Pota.....	55

Figura 40: Correlación cruzada entre la velocidad zonal promedio con la CPUE de pota en los 0°N170°W (a), 0°N140°W(b) y 0°N110°W(c).	58
Figura 41: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) pota y la anomalía de temperatura (°C) en los 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018.....	59
Figura 42: Regresión lineal simple entre la anomalía de temperatura en el núcleo (°C) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de pota.....	60
Figura 43: Correlación cruzada entre la anomalía promedio de temperatura en el núcleo y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c).....	61
Figura 44: Serie de tiempo mensual de la CPUE promedio (t/viaje) y salinidad (UPS) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018.....	62
Figura 45: Regresión lineal simple entre la salinidad promedio (UPS) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE promedio (t/viaje) de pota.....	63
Figura 46: Correlación cruzada entre la salinidad promedio y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c).....	64
Figura 47: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) y altura dinámica (cm) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c), durante 2015-2018.....	65
Figura 48: Regresión lineal simple entre la altura dinámica promedio (cm) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE promedio (t/viaje) de pota.....	66
Figura 49: Correlación cruzada entre la salinidad promedio y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c).....	67
Figura 50: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) promedio y la profundización de isoterma 20°C (m) promedio en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c), durante 2015-2018.....	68
Figura 51: Regresión lineal entre la profundización de isoterma de 20°C (m) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de pota.....	69
Figura 52: Correlación cruzada entre la profundización promedio de la isoterma 20°C y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c).....	70

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Desembarque de los principales recursos pesqueros (t) durante 2000-2018.	85
Anexo 2: Cantidad de datos recolectados de la flota artesanal durante enero 2015 a junio 2018.....	85
Anexo 3: Promedio mensual de la CPUE (<i>t/viaje</i>) para el periodo 2015-2018.....	86
Anexo 4: Climatología de la velocidad (cm/s) de la EUC en 170°W en el Núcleo y rango dinámico.....	86
Anexo 5: Climatología de la velocidad (cm/s) de la EUC en 140°W en el Núcleo y rango dinámico.....	86
Anexo 6: Climatología de la velocidad (cm/s) de la EUC en 110°W en el Núcleo y rango dinámico.....	87
Anexo 7: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 170°W.....	88
Anexo 8: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 140°W.....	89
Anexo 9: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 110°W y CPUE pota.....	90
Anexo 10: Resumen del modelo de regresión lineal simple velocidad boya 170°W, 140°W y 110.....	91
Anexo 11: Prueba estadística de dickey fuller aumentada de raíces unitarias para las series de tiempo de velocidad de Corriente y CPUE.....	91
Anexo 12: Resumen de la prueba estadística de dickey fuller aumentada de raíces unitarias para los residuales de la regresión.....	92
Anexo 13: Resumen del modelo de regresión lineal simple anomalía temperatura boya 170°W, 140°W y 110°W.....	92
Anexo 14: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2015.....	93
Anexo 15: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2016.....	93
Anexo 16: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2017.....	94
Anexo 17: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2018.....	94
Anexo 18: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paita 2015.....	95
Anexo 19: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paita 2016.....	95
Anexo 20: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paita 2017.....	96
Anexo 21: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paita 2018.....	996
Anexo 22: diagrama de dispersión de la velocidad zonal para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.....	97
Anexo 23: diagrama de dispersión de la anomalía de temperatura para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.....	97
Anexo 24: diagrama de dispersión de la salinidad para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.....	98
Anexo 25: diagrama de dispersión de la altura dinámica para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.....	98
Anexo 26: diagrama de dispersión de la isoterma de 20°C para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.....	99

RESUMEN

Se realizó un análisis de correlación cruzada entre la abundancia relativa (cpue) de la especie *Dosidicus gigas* en la zona norte-centro del Perú (3°s-11°s) y los parámetros oceanográficos que caracterizan a la Corriente Cromwell (EUC), los cuales son: velocidad zonal (cm/s), temperatura subsuperficial (°C), salinidad (ups), altura dinámica (cm) y profundización de isoterma 20°C (m) en las boyas 170°W, 140°W y 110°W durante enero 2015 a junio 2018. Los resultados mostraron que las variables oceanográficas en los 110°W presentaron correlaciones altamente significativas (p-value<0.01) con lag de 0, +1 y +2 con la CPUE a diferencia de los 170°W y 140°W donde se observó una correlación significativa (p-value<0.05) o sin significancia. con estos resultados identificamos 3 periodos: “EUC fuerte” de enero 2015 a enero 2016, “EUC débil” febrero 2016 a diciembre 2017 y “EUC normal” todo el 2018. durante la EUC fuerte la CPUE promedio fue de 11.71 t/viaje, EUC débil, la CPUE promedio fue de 4.87 t/viaje y de 5.37 t/viaje, y para la EUC normal la CPUE promedio fue de 7.34 t/viaje. Finalmente, se concluye que los parámetros oceanográficos de la EUC en los 110°W tienen una relación directa altamente significativa con la CPUE de *Dosidicus gigas* en la zona norte-centro del Perú, dependiendo de la intensidad y duración de la variable, esto es, incrementos en la CPUE están relacionados con periodos donde la velocidad zonal se intensifica, temperatura subsuperficial incrementa, isoterma de 20°C se profundiza y la altura dinámica incrementa; al contrario, cuando la CPUE disminuye, se relaciona con periodos donde la velocidad zonal se debilita, la temperatura subsuperficial disminuye, la isoterma de 20°C se hace superficial y la altura dinámica disminuye en los 110°W. estos resultados permiten poder conocer como la CPUE de pota está relacionada con los parámetros oceanográficos de la Corriente Cromwell ampliando el conocimiento que se tiene sobre la abundancia del recurso permitiendo un mejor análisis sobre la abundancia en función de las corrientes oceánicas.

Palabras claves: Corriente-Cromwell, *Dosidicus gigas*, CPUE, Correlación cruzada, boya, EUC.

ABSTRACT

A cross-correlation analysis was carried out between the relative abundance (cpue) of the species *Dosidicus gigas* in the north-central zone of Peru (3°s-11°s) and the oceanographic parameters that characterize the Cromwell Current (EUC). which are: zonal velocity (cm/s), subsurface temperature (°C), salinity (ups), dynamic height (cm) and depth of isotherm 20°C (m) in buoys 170°W, 140°W and 110°W during January 2015 to June 2018. The results showed that the oceanographic variables at 110°W presented highly significant correlations (p-value<0.01) with lags of 0, +1 and +2 with the CPUE unlike the 170°W and 140°W where a significant correlation (p-value<0.05) or no significance was observed. With these results we identified 3 periods: “Strong EUC” from January 2015 to January 2016, “Weak EUC” February 2016 to December 2017 and “Normal EUC” throughout 2018. During the strong EUC the average CPUE was 11.71 t/trip, Weak EUC, the average CPUE was 4.87 t/trip and 5.37 t/trip, and for normal EUC the average CPUE was 7.34 t/trip. Finally, it is concluded that the oceanographic parameters of the EUC at 110°W have a highly significant direct relationship with the CPUE of *Dosidicus gigas* in the north-central zone of Peru, depending on the intensity and duration of the variable, that is, increases in CPUE are related to periods where zonal velocity intensifies, subsurface temperature increases, the 20°C isotherm deepens, and dynamic height increases; On the contrary, when the CPUE decreases, it is related to periods where the zonal velocity weakens, the subsurface temperature decreases, the 20°C isotherm becomes shallow and the dynamic height decreases at 110°W. These results allow us to know how the CPUE of squid is related to the oceanographic parameters of the Cromwell Current, expanding the knowledge we have about the abundance of the resource, allowing a better analysis of the abundance based on ocean currents.

Keywords: Equatorial undercurrent, *Dosidicus gigas*, CPUE, Cross correlation, buoy, EUC.

I. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*, familia *Ommastrephidae*), conocido en Perú como “pota” y en Chile como “jibia”, dentro de los cefalópodos es la especie más importante del océano pacífico sudeste debido a su gran abundancia y al rol de depredador que cumple en el ecosistema marino (Nesis, 1970, 1985; Nigmatullin et al., 2001, Anderson y Rodhouse, 2001). En el Perú, esta especie es el principal recurso que sustenta la pesquería artesanal en los últimos 20 años, llegando a ocupar cerca del 10% (>28 millones de t) de las capturas totales de *Ommastrephidae* del mundo (FAO, 2020). Económicamente es el recurso más importante dentro de esta familia y representando el 45.01% de los desembarques mundiales de pota durante el periodo 1990-2020 (FAO, 2020). Desde los inicios de esta pesquería en el Perú en 1991, las capturas han mostrado fluctuaciones relacionadas a la distribución y su abundancia; observando periodos donde ésta se dispersa o se concentra en una determinada zona, generando muchas veces una inestabilidad e incertidumbre en las capturas, precios, producción y en las exportaciones (Taipe, 2001; Mariátegui, 2009).

La pota es una especie que se distribuye a lo largo de la franja cercana a la Línea Ecuatorial, por donde la Equatorial Undercurrent (EUC) o Contra Corriente Ecuatorial Sub Superficial (CCESS) está presente. Esta corriente recorre de Oeste a Este casi 14 mil kilómetros entre los 2°N y 2° S principalmente por la termoclina (Cromwell et al., 1954; Johnson et al., 2001) llegando a la isla Galápagos (92°W), en donde se bifurca en un ramal Sur y otro Norte (Montgomery y Stroutt., 1962; Lukas, 1986; Lucero y Cornejo, 1990 ; Jakoboski et al., 2020), Montes et al (2010) menciona que el ramal Sur sigue 2 rutas: una directa y una indirecta, la primera se desplaza hacia el Este a lo largo de la Línea Ecuatorial, para luego dirigirse hacia el sur, alcanzando la costa norte peruana (ramal costero); la indirecta es un flujo Sureste, la cual se desplaza hacia el océano (ramal oceánico). El ramal costero al alcanzar las costas peruanas se le conoce como la Extensión Sur del ramal costero de la Corriente Cromwell (ESCC) (Icochea y Rojas, 2001; Flores et al., 2009), la cual permite la existencia de un rico subsistema demersal frente a la norte del Perú, debido a su alto contenido de oxígeno y nutrientes

(Samamé et al., 1978; Flores et al., 2009). Esta corriente es la que permite la gran biodiversidad de especies en la zona norte tales como la merluza, y otras especies (Reyes, 1982). Icochea et al. (2015) menciona que “pulsos y cambios bruscos de la EUC durante su trayectoria a lo largo de la Línea Ecuatorial, afectan las condiciones oceanográficas frente a Perú e influyen en los cambios de la distribución latitudinal y vertical de las especies demersales y especies acompañantes” (p.102). Sin embargo, aún no se tiene claro como la EUC tendría un impacto en la abundancia relativa del recurso pota. Pero existen otros textos realizados por Yamashiro et al. (1998), Taípe (2001) y Mariátegui (2009) los cuales indican: la relación entre la abundancia y distribución de la pota con variables tales como la temperatura superficial, salinidad, masas de agua y Eventos como El Niño y La Niña.

En base a lo mencionado, la EUC tendría influencia significativa sobre la abundancia de los recursos pesqueros de la zona norte del Perú, por lo que la presente investigación busca complementar los trabajos realizados por Martina (2006), Reyes (1982), Mc Callock (2007) y Rosales (2017) los cuales relacionan la abundancia relativa de la anguila y merluza con la Corriente mencionada; Por lo cual se planteó un objetivo principal el cual es “analizar las variaciones de la CPUE de la pota entre los 3°S y los 11°S frente a Perú y su relación con los principales parámetros que caracterizan a la Corriente Cromwell durante el periodo enero 2015-junio 2018”.

Para ello, se consideró los siguientes objetivos específicos:

(1) Analizar las variaciones de la CPUE de la pota desde los 3°S hasta los 11°S frente a la Costa Peruana, (2) Analizar las condiciones de los parámetros: temperatura, salinidad, velocidad de la corriente Cromwell, altura dinámica y profundidad de la isoterma de 20°C en las boyas 0°N,170°W, 0°N,140°W y los 0°N,110°W y finalmente (3) Analizar la relación entre los cambios de la CPUE de la pota, desde los 3°00’S hasta los 11°00’S y las variaciones de los parámetros oceanográficos que caracterizan a la Corriente Cromwell (EUC).

Los resultados del presente trabajo de investigación permitirán aportar nuevos conocimientos sobre la abundancia y distribución de la pota con relación a la EUC, lo que permitirá un mejor manejo del recurso por la flota artesanal en el corto plazo, de esta manera obtener mejores capturas en sus faenas de pesca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos Biológicos y Ecológicos de la Pota

2.1.1. Taxonomía.

La especie pota (figura 1) presenta la siguiente clasificación taxonómica (Roper et al., 1984).

Reino:	Animalia
Filo:	Mollusca
Clase:	Cephalopoda
SuperOrden:	Decabrachia (Boettger, 1952)
Suborden:	Oegopsina (Orbigny, 1845)
Familia:	Ommastrephidae (Steenstrup, 1857)
Género:	<i>Dosidicus</i> (Steenstrup, 1857)
Especie:	<i>Dosidicus gigas</i> (d'Orbigny 1835)
Nombres comunes:	Calamar gigante (México, Perú) Jibia (Chile, Perú), pota (Perú).

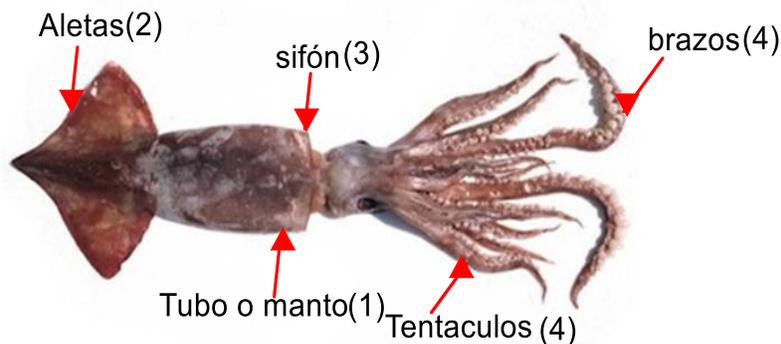


Figura 1: Ejemplar de Pota (Fuente: Instituto del Mar del Perú (IMARPE))

El cuerpo de la pota está conformado por un tubo o manto en forma cilíndrica (1) la cual contiene la mayoría de los órganos internos, aletas delanteras (2) para movilizarse, 1 sifón (3) para propulsarse y 8 tentáculos con 2 brazos (4) para atrapar a sus presas.

El cuerpo de la pota está conformado por un tubo o manto en forma cilíndrica (1) la cual contiene la mayoría de los órganos internos, aletas delanteras (2) para movilizarse, 1 sifón (3) para propulsarse y 8 tentáculos con 2 brazos (4) para atrapar a sus presas.

2.1.2. Crecimiento.

Clarke (1966) y Nesis (1971) mencionan que “la pota puede alcanzar una longitud total de 3.6 m y cerca de los 2 m en la longitud del manto y llegar a pesar 150 kg”. García (1965) y Baral (1967) registran especímenes con una longitud del manto entre los 93 cm a 106 cm y un peso corporal entre los 31 a 35 kg. Tafur, Villegas, Rabí y Yamashiro (2001) “señalan que el espécimen de mayor longitud registrado en el Perú, alcanzó un tamaño de 125 cm de longitud del manto y un peso mayor a los 60 kg”.

Arguelles (1996) concluye que la “pota presenta una alta tasa de crecimiento alcanzando longitudes de manto entre 41 a 53 cm al año de edad y de 64 a 80 cm a los 2 años de edad, los que crecen a un ritmo de 3.9 cm/mes durante el primer año y 2.1 cm/mes el segundo año”; estos valores difieren de los obtenidos por Nesis (1970), durante sus estudios realizados en Perú y Chile, el cual menciona que la “longitud del manto se encuentra entre 20 a 30 cm durante el primer año de edad y de 30 a 50 cm durante el siguiente año, y crece a un ritmo de 2.25 cm/mes y a 1-1.2 cm/mes durante el primer y segundo año respectivamente” (p-256).

2.1.3. Mortalidad.

Wilhelm (1945) indica “en 1895 en Chile, una varazón de miles de individuos en la bahía de Talcahuano, la cual se reportó también en años posteriores en la misma bahía. Todas ocurridas durante las fechas de verano entre los meses de febrero y abril” (p.2). Nesis (1983) afirma que: Se identifico 3 factores de posibles causas de mortalidad de la pota los cuales son: predación, canibalismo y el post desove. En el primero menciona que la población de sus principales depredadores ha disminuido notoriamente, con lo cual, no tendrían un impacto significativo en la mortalidad del recurso; el segundo pero no tendría un fuerte control en la densidad poblacional del calamar gigante, especialmente en poblaciones que tienen especies del mismo tamaño; el factor post desove seria la principal causa de mortalidad en los adultos, debido a que estas especies desovan solo una vez en su vida para luego morir, esto es, son especies de vida corta. (p.215)

2.1.4. Ecología trófica.

La pota tiene un rol muy importante en la cadena alimenticia, teniendo un papel como predador y presa, como predador es una de las principales especies del mar peruano, llegando a alimentarse de una gran variedad de especies; Amaratunga (1981) menciona que “los cefalópodos juegan un rol importante en la estructura trófica de los ecosistemas marinos del mundo como un predador voraz con una alta tasa metabólica y con hábitos alimenticios oportunista”(p.10). Rubio y Salazar (1992) “analizaron macroscópicamente 639 estómagos entre machos (223) y hembras (416), hallándose en 179 hembras y 67 machos el 43 % y el 63%, respectivamente, como contenido, la misma especie, indicando un fuerte canibalismo” (p.32). Benites y Valdivieso (1986) identificaron la fauna acompañante de la pota, la cual se caracterizó por “la presencia de especies pelágicas como caballa *Scomber japonicus*, dorado o perico *Coryphaena hippurus*, barrilete negro *Auxis spp.*, pez piloto *Naucractus ductor*, peces voladores de la familia *exocoetidae* y algunos tiburones.

Como presa” (p.125). Nigmatullin et al. (2001) indican que “los juveniles son capturados por peces carnívoros, pequeños atunes, calamares y gaviotas. Los sub-adultos son presa de delfines, caballa, atún aleta amarilla, y focas; y los adultos son depredados por tiburones, pez espada, marlin rayado, cachalotes y ballenas piloto”. Clarke et al. (1988) concluyen que el “recurso representa un componente importante en la dieta de los cachalotes siendo el consumo total anual de pota por cachalote aproximadamente de 8.69 millones de toneladas”.

2.2. Distribución Geográfica

De acuerdo con Nesis (1983) “la pota es una especie de hábitos pelágicos el cual se distribuye desde California (37°N) hasta el sur de Chile (47°S), a ambos lados de la Línea Ecuatorial, hasta los 125°W” (p.215). (figura 3), Nigmatullin et al. (2001) afirman que:

Las mayores concentraciones de dicho recurso se encuentran en la parte central de su rango de distribución, cercanas a la Línea Ecuatorial, en aguas relacionadas a zonas de alta producción primaria, peces mesopelágicos y batipelágicos; y con un rango de temperatura superficial, entre 15-28°C, habiendo cambios en sus zonas de distribución en diferentes años (p.19).

En el Perú, los primeros trabajos sobre distribución del recurso datan de los años 80 con Benites y Valdivieso (1986) los cuales “mencionan que la distribución del recurso, está asociada con la

anchoveta peruana en Chile y Perú, la anchoveta californiana en la costa oeste de Baja California y la sardina y caballa en el Golfo de California” (p.19). Posteriormente, Rubio y Salazar (1992) mencionan que “la zona entre Punta sal y la latitud 5°00’S presenta buenas concentraciones de la especie y que la distribución de ésta, es influenciada por la convergencia de corrientes de aguas oceánicas superficiales (20° a 21°C) y las aguas costeras superficiales (17.8° a 19.6°C)” (p.9). Adicionalmente, Mariátegui y Taipe (1996) indican que el recurso se “encontró entre los 03°30’ y 16°35’S, de 20 a 180 mn, concentrándose principalmente entre los 04°00’ y 06°30’S, de 40 a 60 mn de la costa peruana” (p.9)., coincidiendo con los anteriores trabajos realizados sobre el recurso. Flores et al. (2016) concluyen que

El recurso presenta alta variabilidad en sus patrones de distribución y concentración de acuerdo a las condiciones ambientales (temperatura, salinidad y oxígeno) y que latitudinalmente, la principal zona de distribución se localizó entre los 04°-06°S y 12°-15°S; en sentido longitudinal se extiende desde 40 mn hasta 90 mn de la costa peruana. (p.53)

Con respecto a su distribución vertical; Gilly et al. (2006) “menciona que la pota realiza migraciones verticales diarias, localizándose en aguas profundas durante el día y en aguas someras durante la noche lo cual parece estar relacionado con las migraciones verticales de sus presas principales” (p.125). IMARPE (2013) registró el desplazamiento horizontal y vertical de la especie durante un experimento de telemetría (figura 2), encontrando al recurso entre los 8.5 m y 242.9 m de profundidad en las primeras seis horas del experimento y posteriormente, hasta los 900 m, permaneciendo en el área de estudio, durante todo el día; retornando a aguas superficiales después de 10 horas.

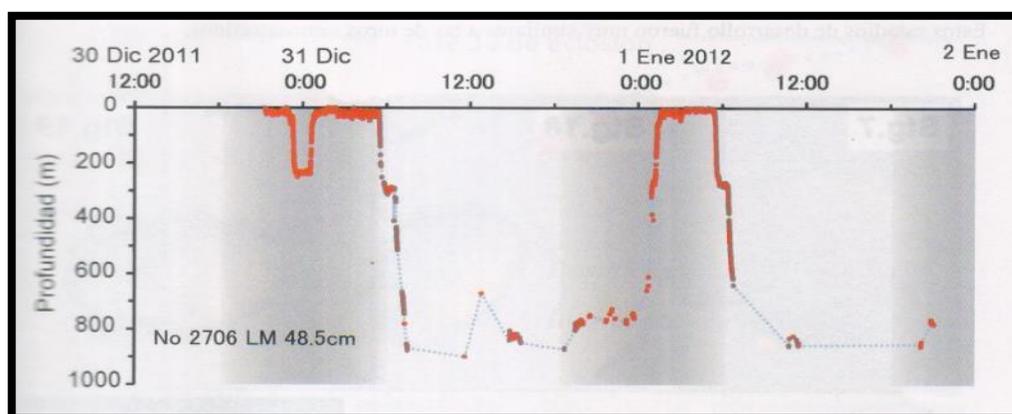


Figura 2: Migración vertical de la pota durante el cuarto experimento de telemetría. Realizado en el crucero de evaluación conjunta 2011-2012. Fuente: IMARPE (2013)

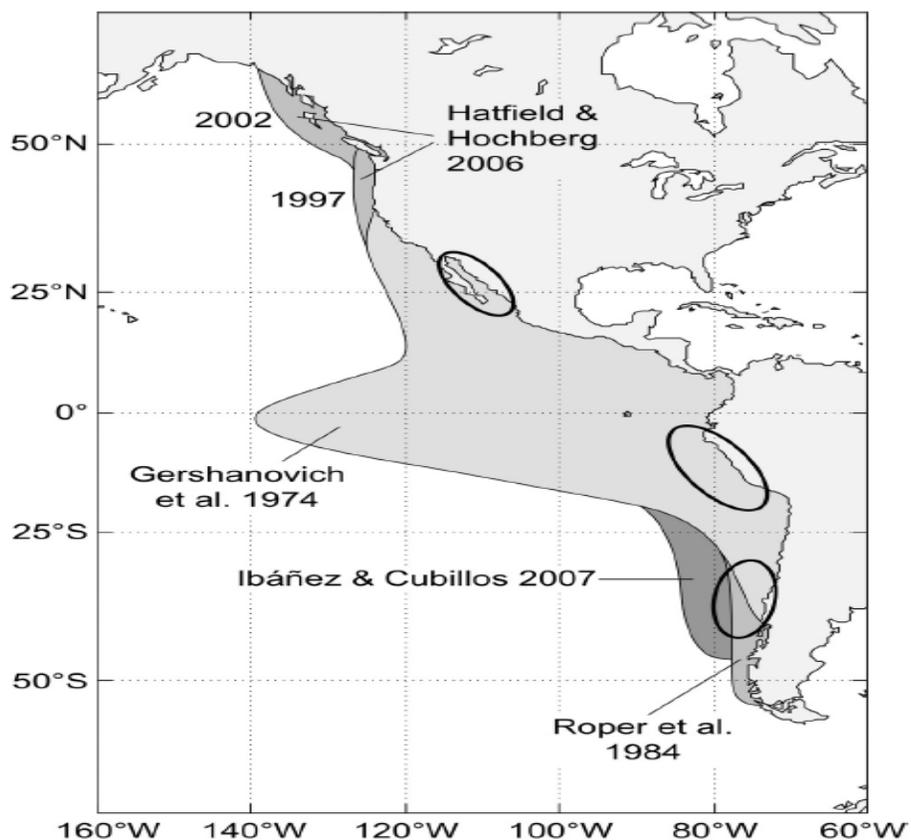


Figura 3: Distribución geográfica del *Dosidicus gigas* (Keyl et al. 2008)

2.3. Pesquería de pota en el Perú

La pesquería del calamar gigante en el Perú, es considerada una de las actividades económicas más importantes en el sector pesquero debido a que, desde el 2004, viene ocupando el segundo lugar en lo referente a los volúmenes de desembarque y en valor exportado (FAO, 2020), como se observa en la figura 4 y anexo 1, y ocupando el primer lugar en términos de empleo hacia los pescadores artesanales (PRODUCE, 2015 y FAO, 2020). A nivel internacional, una de las especies más importantes dentro de esta familia *ommastrepidae* y represento el 45.01% de los desembarques mundiales de pota durante el periodo 1990-2018 (figura 5), siendo este valor muy superior a la sumatoria de desembarques de otros países tales como: Chile (16.54%), China (20.70%), México (8.4%), Japón (4.65%), Ecuador (0.35%) (FAO, 2020).

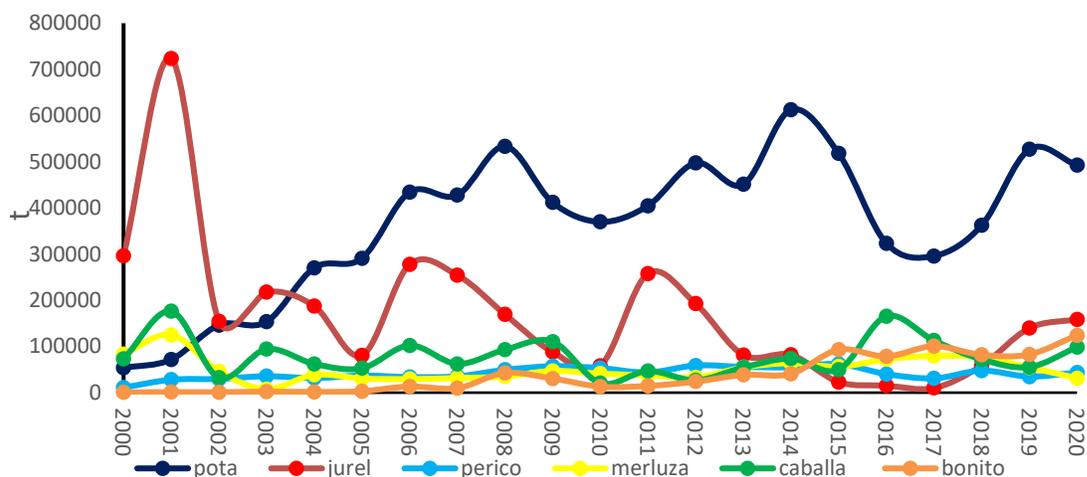


Figura 4. Desembarque anual de los principales recursos hidrobiológicos en el Perú; FAO (2020) (elaboración propia)

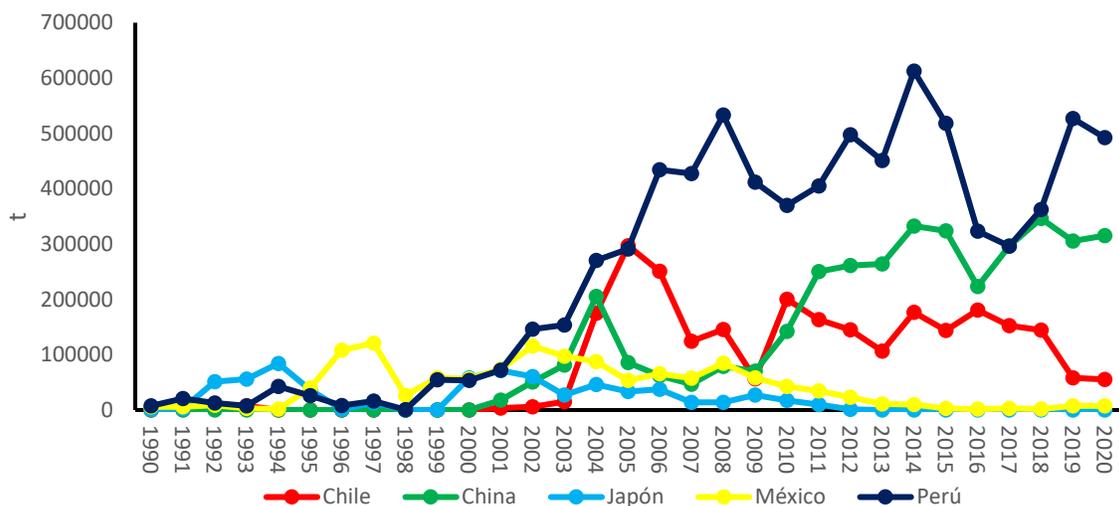


Figura 5: Desembarques anuales del calamar gigante pota, en diferentes países durante el periodo 1990-2020; FAO (2020) (elaboración propia)

Los primeros reportes de desembarque de pota fueron mencionados por Benites y Valdivieso (1986) donde describen los desembarques registrados durante el periodo 1964 a 1981 obtenidos de las capturas incidentales en las pesquerías de arrastre costero y red de cerco, indicando el promedio anual (1964-1971) de 313 t. A partir de 1971, los desembarques dejan de ser continuos tendiendo a estar ausente y escasa hasta el año 1989. Posteriormente, entre los meses de noviembre de 1989 y febrero de 1991, operaron 7 barcos japoneses y coreanos, mediante el convenio de investigación y pesca comercial exploratoria, obteniendo una captura de 4,085 t,

asimismo, entre febrero de 1989 y mayo de 1991, la flota arrastrera soviética registró como pesca incidental 1,9771 t de calamar gigante (Mariátegui y Taipe, 1996).

La pesquería dirigida exclusivamente a la explotación del calamar gigante en el Perú, se inició en abril de 1991, con la participación de flotas de bandera extranjera japonesa y coreana con un total de 31 barcos calamareros, equipados con luces y aparejos mecanizados, especializados para la captura de esta especie (Mariátegui y Taipe, 1996; yokawa, 1996; Masuda et al., 1998; Yamashiro et al., 1998; Taipe et al., 2001; Yamashiro et al., 2016), “Durante el periodo 1991 a 1999, las capturas totales de *D. gigas* fue de 576541 t” (Taipe et al., 2001, p.22). Durante el periodo 1992-95 se produjo una temporada de sobreexplotación frente a la costa peruana provocada por la presencia de una numerosa flota extranjera, la cual obtuvieron las más altas capturas durante los años 1993 y 1994, (138,328 t y 164,713 t respectivamente) (Mariategui y Taipe. 1996; Yamashiro et al., 1997; Taipe et al., 2001). En 1996 y 1997, ocurrió una dramática disminución de las capturas (1650 t y 5824 t) debido a la presencia del evento El Niño 1997-1998, la cual generó variaciones en la distribución espacial de las áreas de pesca y la abundancia del recurso (Yamashiro et al., 1997, 1988; Taipe et al., 2001).

En 1998 la actividad pesquera fue mínima y a partir de 1999 se observó el desarrollo de una flota artesanal potera. Desde el año 2000, esta flota es la principal pesquería encargada de extraer dicho recurso; la cual el 2017, realiza sus operaciones en todo el litoral peruano y principalmente dentro de las 200 millas marítimas (Yamashiro et al., 2016). “Esta pesquería presenta 2 principales áreas de captura; la primera ubicada en la zona norte entre Máncora y Bayovar (4°06'26" S y 5°33'13" S) y la segunda en el sur, entre Ático e Ilo (16°13'31" S y 17°38'55" S), concentrándose principalmente en la zona norte del Perú, donde se le extrae mayormente, siendo Paita el puerto con mayores desembarques (Yamashiro et al., 2016). Desde el año 2001, embarcaciones poteras chinas iniciaron la extracción de pota fuera de la zona económica exclusiva (EEZ) frente al Perú; desarrollando una mayor explotación de esta especie en el Océano Pacífico Sudeste (Chen et al., 2008a). En el año 2019 continua la presencia de dicha flota en el Perú.

2.4. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de Pota en el Perú.

Los primeros reportes de CPUE en el Perú fueron realizados por Benites y Valdivieso (1986) durante el periodo de diciembre de 1979 a abril de 1980, en donde realizaron una pesca exploratoria de cefalópodos pelágicos a bordo del B/P japonés Rhyusho Maru N°25 con el fin de evaluar la abundancia del recurso en todo el litoral peruano. Como resultado se logró capturar 18 toneladas de pota en 126 días de trabajo, con un promedio de 0.14 t/día y rango entre 0.004 y 0.83 t/día, la cual es baja comparada con la capacidad de bodega de la embarcación; por lo que concluyen que durante el periodo analizado, los niveles de biomasa de *D.gigas* estuvieron bajos.

Una década después en 1989 la institución japonesa JAMARC realizó un convenio de investigación peruano-japonés con el IMARPE con lo cual, del 4 de noviembre al 17 de diciembre de 1989, se realizó una prospección pesquera a bordo del Buque Japonés Shinko Maru N°2, empleando red cortina a la deriva y máquinas poteras con luces, con el objetivo principal de evaluar la factibilidad de explotar comercialmente pota en el mar peruano (Rubio y Salazar, 1992). La red cortina a la deriva resultó ser un aparejo no selectivo capturando especies como bonito, jurel y caballa. Las capturas de calamar gigante, obtenidas con la red cortina tuvieron un máximo de 13.941 t/día y un mínimo de 0.132 t/día, con un valor promedio 2.34 t/día, asimismo la pesca incidental máxima fue de 22.049 t/día y una mínima de 0.064 t/día con un promedio de 3.48 t/día, estos valores difieren de los valores registrados con las poteras automáticas las cuales obtuvieron capturas máximas de 8.811 t/día y mínimas de 0.014 t/día, con un valor promedio de 1.33 t/día, sin presencia de pesca incidental. Posteriormente, Mariátegui y Taipe (1996) evaluaron los cambios producidos en los niveles de captura, esfuerzo y abundancia relativa del calamar gigante o pota, durante la extracción comercial en el periodo 1991-1994. Obteniendo capturas entre 42.2 y 5.4 t/día/buque con un promedio de 25.3 t/día/buque, de los cuales los mayores valores correspondieron a 1994 con 40.7 t/día/buque, y los menores a 1993 con 20.8 t/día/ buque; encontrándose una estacionalidad marcada del recurso; observando los más altos valores de captura en los meses de julio y diciembre de cada año, concluyendo que durante el periodo 1991-1994 se presentaron altos niveles de rendimiento relacionado con las condiciones ambientales favorables para el crecimiento y desarrollo del recurso. Yamashiro et al. (1997) analiza la distribución y concentración del calamar gigante (pota) frente a la costa peruana durante el periodo de 1991-1995. Encuentra el valor máximo de CPUE de 23.8 t/día/barco en el

año 1994 y el más bajo de 7.0 t/día/barco en 1995. Concluyendo que, durante 1994, los reclutamientos permanentes y características ambientales propiciaron una mayor concentración del recurso entre las 30 y 80 mn de la costa norte del litoral, a diferencia del año 1995 en donde los rendimientos obtenidos disminuyen drásticamente por la dispersión del recurso, asociado a una predominancia de aguas frías en la costa peruana caracterizadas por una intensificación del proceso de afloramientos costeros. Taipei et al. (2001) en su trabajo sobre la “Distribución y concentración de pota en el Perú” durante el periodo 1991-1999, encuentra los más altos valores durante otoño e invierno de 1994 con 23.8 t/día/buque y los más bajos valores ocurren en otoño e invierno de 1996 con 0.7 t/día/buque.

2.5. Aspectos Oceanográficos.

2.5.1. La Corriente Cromwell.

Cromwell et al. (1954) descubre en 1952 esta corriente y sugirió denominarla “Pacific Equatorial Undercurrent” (EUC) Pero en 1958, durante una expedición en el Pacífico, Cromwell falleció en un accidente aéreo; por lo que Knauss y King (1958) sugirieron denominarla “Corriente Cromwell” en honor a su descubridor.

Lucero y Cornejo (1990) analizaron la temperatura, salinidad y velocidad de la Corriente Cromwell (EUC) entre los 1°N, 92°30'W, y 84°N, 30'W, concluyendo que la EUC se encuentra presente en el área con valores de temperatura entre 14°C y 16°C, salinidad alrededor de 34.9 UPS y velocidad entre 0.6 m/s y 1 m/s, el cual al llegar al extremo oriental ecuatorial del Pacífico, se divide en 2 ramales un ramal hacia el sur y el otro hacia el norte (figura 6) en donde varios autores han denominado al ramal sur como la Extensión Sur del Ramal Costero de la Corriente Cromwell (ESCC), y es esta corriente la que permite un rico subsistema demersal debido a su alto contenido de oxígeno en la zona norte del Perú y la cual estaría fuertemente relacionado a la distribución de los recursos demersales (Morón et al. 2001; Flores et al., 2009). Flores et al. (2009) mencionan que la velocidad de corriente, profundización de isoterma de 15°C, y el oxígeno en la zona norte del Perú, están fuertemente correlacionadas con la ESCC (la presente tesis utiliza la isoterma de 20°C debido a que está altamente correlacionada con la isoterma de 15°C). Asimismo, Morón et al. (2001) Indican que frente a la costa peruana la ESCC

está determinada por la divergencia o separación de la isoterma de 15°C, con respecto a la termoclina; esta profundización puede alcanzar los 300 m y es caracterizada por temperaturas entre 13 y 16°C, salinidad de 34,80 y 35,10 ups y contenido de oxígeno entre 0.25 y 2ml/L.

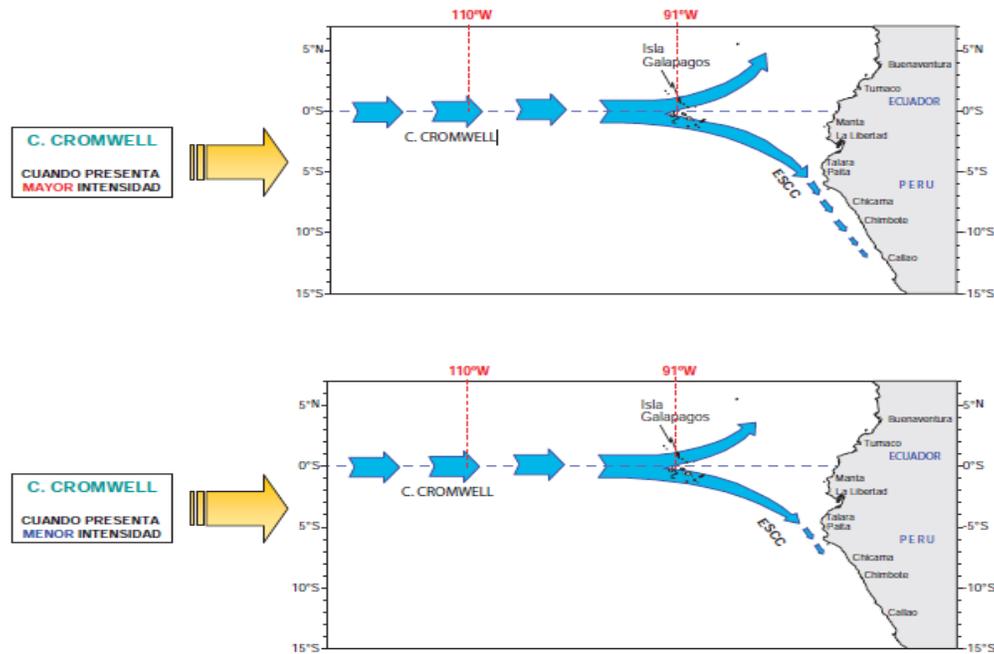


Figura 6: Esquema de la bifurcación de la Corriente Cromwell hacia el norte y sur. Flores et al (2009)

Icochea y Rojas (2001), analizando datos diarios de correntómetros fijos, describen una gran variabilidad de la Corriente Cromwell en los 0°N110°W en el periodo 1980-1998 concluyendo que “durante el inicio de los eventos El Niño en el Pacífico Oeste sub-superficial, la intensidad de la EUC aumenta rápidamente, para debilitarse e incluso desaparecer cuando las temperaturas superficiales alcanzan sus máximos valores frente a Perú” (p.8). Durante la Niña o años fríos, la intensidad de la EUC disminuye notoriamente; asimismo describe la velocidad zonal histórica a lo largo de la Línea Ecuatorial (figura 7) encontrando que alcanza sus velocidades máximas promedio dentro de la termoclina, incrementando su velocidad de Oeste a Este. En cuanto a su intensidad, encontró que en los meses de abril, mayo y junio se presentaron los mayores valores de velocidad, habiendo años en que la intensificación puede ser desde febrero hasta agosto. Flores et al. (2009) también analiza las variaciones mensuales en la posición 0°N110°W durante el periodo 1980-2006, encontrando los valores más altos en el periodo de abril a junio, coincidente con los resultados anteriores.

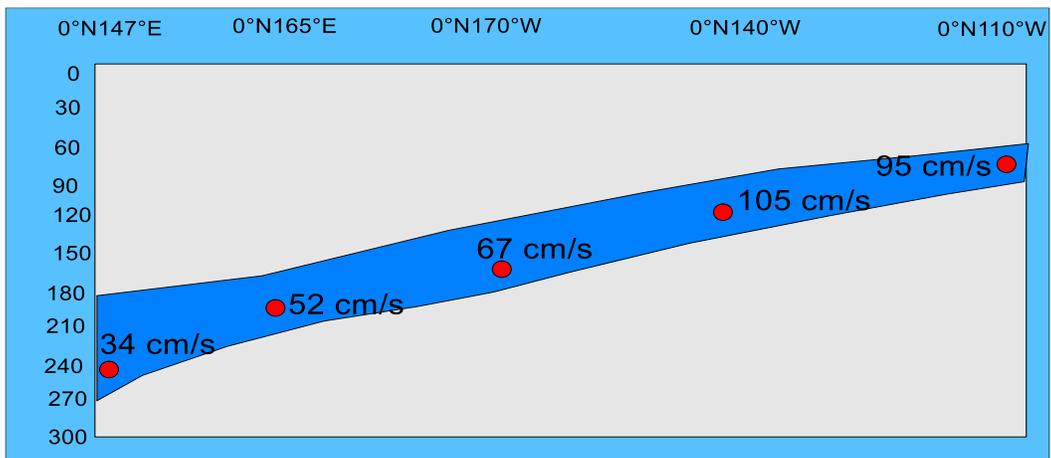


Figura 7: Climatología (1990-2018) de la EUC a lo largo de la Línea Ecuatorial (Elaboración propia)

La presencia de la EUC frente a Galápagos y su bifurcación en 2 ramales, ha sido mencionada por diferentes autores tales como: Montgomery (1962), Wyrski (1966), Knauss (1966), White (1969) y Johnson et al. (2001). Otros estudios más recientes realizados por Montes et al. (2010) y Jakoboski (2020) mencionan que la bifurcación de la EUC es más compleja y abarcaría diferentes ramales, hacia el norte y sur donde este último se bifurcaría en un ramal costero y otro oceánico, Rosales et al., (2021) mencionan que “especies como la Pota usan a la EUC como un medio de transporte para sus migraciones a lo largo del Pacífico” (p.1398)., los cuales al llegar a Galápagos y bifurcarse ocasionaría que un grupo se desplace al norte y se encuentre con la Corriente de California y otro se desplace al Sur llevado por los ramales Oceánico y Costero (figura 8).

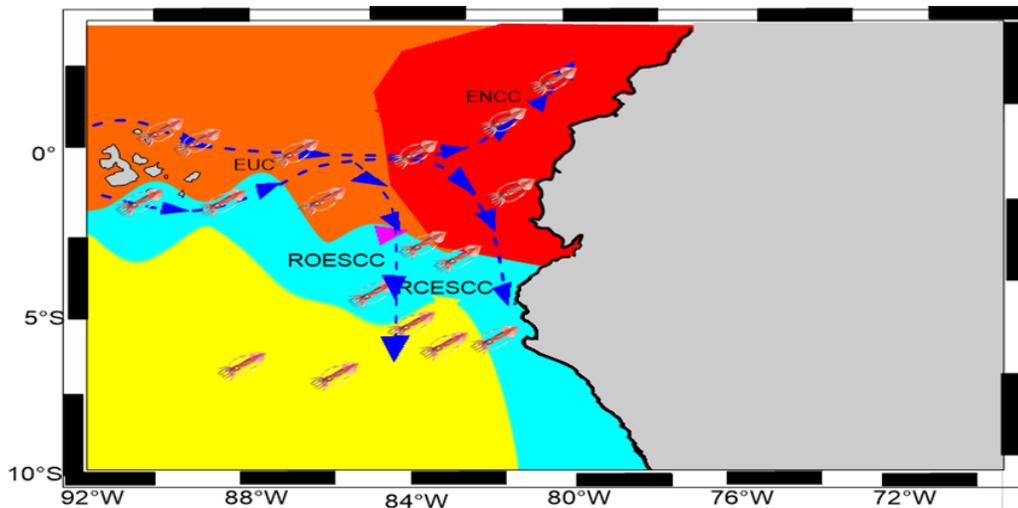


Figura 8: Circulación oceánica frente al Perú. EUC: Corriente Cromwell, ENCC: Corriente Ecuatorial Subsuperficial Norte, RCESCC: Ramal Costero de la Extensión Sur de la Corriente Cromwell, ROESCC: Ramal Oceánico de la Extensión Sur de la Corriente (elaboración propia)

2.5.2. Evento El Niño Oscilación Sur.

El evento El Niño y La Niña son términos usados para indicar cambios climáticos originados en el Pacífico Tropical que ocurren cada cierto número de años como parte de un ciclo de origen natural (Davey et al., 2011); estos eventos se dan recurrentemente en el océano Pacífico, alterando todo el sistema de circulación de corrientes y la dominancia de las diferentes masas de agua (Espino., 1999).

La Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica - NOAA, utiliza el Índice Oceánico El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para la identificación de El Niño y La Niña. Este índice se calcula promediando 3 meses consecutivos la serie mensual de las anomalías de la temperatura superficial del mar medidas en el Pacífico tropical en la Región El Niño 3.4 (5°N - 5°S, 120° - 170°W). Se consideran episodios cálidos y fríos cuando el índice ONI supera el umbral de +/- 0,5 °C. Cuando dicho umbral es cubierto durante un mínimo de 5 meses continuos, se definen como episodios El Niño (+0.5) o de La Niña (-0.5) (SENAMHI ,2014).

Zuta y Guillen (1970) mencionan que durante el Evento El Niño aparecen en la parte norte del Perú las aguas tropicales superficiales (ATS), asociadas con aguas sub-superficiales procedentes de la corriente de Cromwell y acompañadas de notables precipitaciones en la región marítima y en las costas adyacentes, por la gran inestabilidad atmosférica ocasionada por las ATS. Yamashiro et al. (2016) indica que durante Eventos El Niño, el recurso tiende a hacerse costero y desplazarse hacia el sur, debido a la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES).

2.5.3. Masas de agua.

Zuta y Guillen (1970) usan la denominación de masas de agua para las aguas formadas en el frente polar (AAI), en el área de la región subantártica (ATSA), en la región subtropical (ASS) y en la región ecuatorial (ATS, AES, AESS). Asimismo, Zuta y Guillen (1970), Silva & Konow (1975) y Strub et al. (1998) distinguen los diferentes tipos de masas de agua de acuerdo a su temperatura (C°) y salinidad (UPS) y los clasifica en superficiales y subsuperficiales de acuerdo a la profundidad como se observa en la tabla 1, Rosales (2017) “menciona que “las masas de

agua frente a Paita (5°S) provienen de las masas de agua de la Corriente Cromwell, caracterizado por un máximo de salinidad acompañado de alta temperatura y alto contenido de Oxígeno en la subsuperficie” (p.49).

Tabla 1: Características de las masas de agua frente a la costa peruana

Masas de agua	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad UPS
Aguas Tropicales Superficiales (ATS)	0-20 (2,3)	>25 (2,3)	<33.8 (1)
Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)	0-30/40 (2)	>20 (2,3)	<34.8 (1)
Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)	0-100 (2)	18-27 (2)	>35.1 (1,2)
Aguas Costeras Frías (ACF)	0-80 (2,3)	15-19 (2,3)	34.8-35.1 (1)
Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS)	50-300 (1)	15-13 (1)	34.9-35.1(1)
Aguas Ecuatoriales profundas (AEP)	150-700 (1)	7-13 (1)	34.6-34.9 (1)
Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA)	0-100 (1)	13-15 (1)	34.6-34.8 (1)
Aguas Antárticas Intermedias (AAI)	600-1000 (1)	4-7 (1)	34.45-34.60 (1)

(1) Zuta y Gullen, 1970;(2) Silva & Konow, 1975; (3) Strub et al., 1998)

Zuta y Guillen (1970) mencionan que, en condiciones normales, las aguas costeras del Perú reciben mayor influencia de las aguas subtropicales superficiales (ASS), y en menor grado de las aguas de la región ecuatorial (AES y ATS). Asimismo, Guillén et al. (1985) indica que durante periodos El Niño, e observa el desplazamiento de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) hacia la costa peruana, superponiéndose sobre las Aguas Costeras Frías (ACF), y el desplazamiento de las Aguas Ecuatoriales Superficiales y Aguas Tropicales Superficiales hacia el sur (figura 9).

Con respecto a la influencia sobre el recurso pota, Rubio y Salazar (1992) mencionan que la distribución del recurso, parece estar influenciada por la convergencia de corrientes oceánicas y las aguas costeras frías y zonas de mezcla de alta productividad.

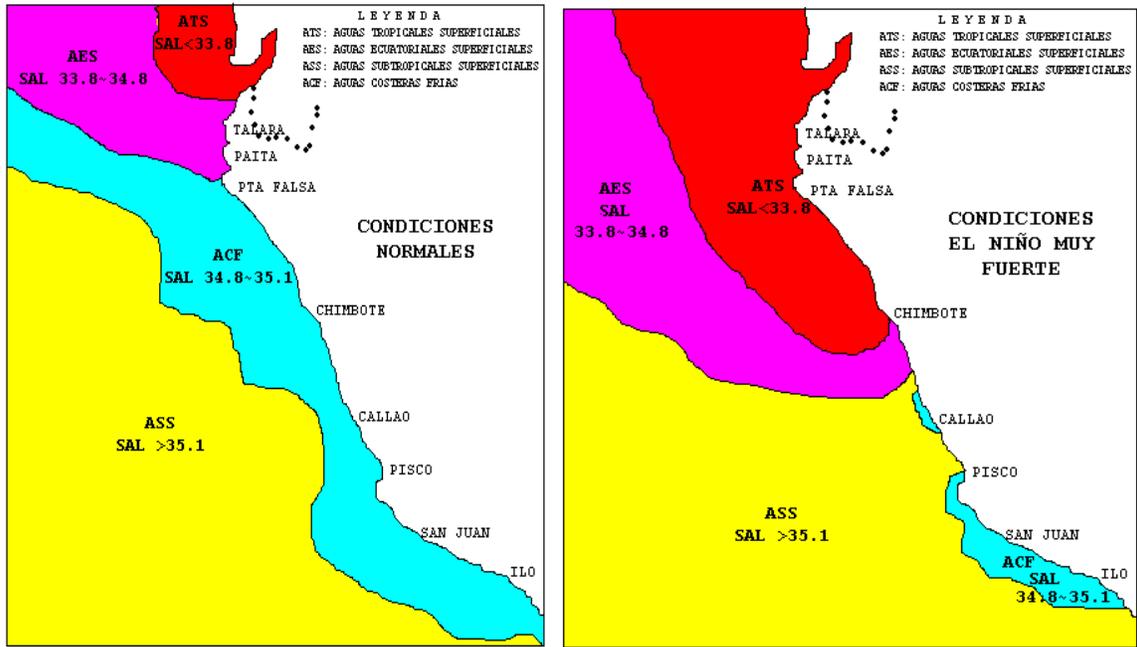


Figura 9: Masas de agua a lo largo de la costa peruana durante condiciones normales y condiciones en Niño muy fuerte. Fuente: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/>

2.5.4. Correlación cruzada.

La correlación entre dos series temporales, tanto en tiempo simultáneo, como desfasadas en el tiempo, se conoce como correlación cruzada, en donde se correlaciona una serie X_t en un tiempo dado t , con otra serie en un tiempo posterior, Y_{t+k} , esta diferencia de tiempo se le denomina lag o retardos (Guevara,2014) y para variables ambientales se expresa en meses como se observa en la tabla 2.

Tabla 2 : Retardos para serie de tiempo para la correlación cruzada

x_t	Y_{t+k}	lag
E	E	lag 0
E	F	lag +1 /los datos del mes en X_t Se asocian con los de Y_t un mes despues)
F	M	
M	A	
A	M	
M	J	

La correlación cruzada entre dos series estacionarias se obtiene de la siguiente formula:

$$r_{XY(k)} = \frac{\sum[(X_t - \mu_x) * (Y_{t+k} - \mu_y)]}{N S_x S_y} = \frac{1}{N} \sum [(\frac{X_t - \mu_x}{S_x}) * (\frac{Y_{t+k} - \mu_y}{S_y})] \text{ en lag +} \quad (1)$$

$$r_{YX(-k)} = \frac{\sum[(Y_t - \mu_y) * (X_{t+k} - \mu_x)]}{N S_x S_y} = \frac{1}{N} \sum [(\frac{Y_t - \mu_y}{S_y}) * (\frac{X_{t+k} - \mu_x}{S_x})] \text{ en lag -} \quad (2)$$

Donde:

- X_t, X_{t+k} , valor de un dato en el tiempo, t, y el dato en el tiempo k, en la serie independiente y estacionaria.
- Y_t, Y_{t+k} , valor de un dato en el tiempo, t y el dato en el tiempo k en la serie dependiente y estacionaria
- S_X y S_Y , desviación estándar poblacional de las series X_t y Y_t , respectivamente
- N , número de pares de datos de las series X_t y Y_t .
- μ_x y μ_y , medias de las series X_t y Y_t , respectivamente
- k , retardo (lag) entre una observación en tiempo t y otra en tiempo posterior o anterior, $k: 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm N-1$
- N, S_X, S_Y, μ_x y μ_y corresponden a la serie de lag cero y se mantienen constantes en los demás lags

El coeficiente de crosrelación en el lag cero, tiene el mismo valor que el coeficiente de correlación lineal de Pearson puesto que las series ocurren simultáneamente, antes de aplicar el análisis, se verifica que las series cumplan el supuesto de ser estacionarias mediante la prueba estadística de Dickey Fuller aumentada de raíces unitarias, al este supuesto, la relación se vuelve inválida, debido a que se convierte en una correlación espurica carentes de sentido (Guevara, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Área de Estudio.

El área de estudio abarca desde la latitud 3°S hasta los 11°S (figura 10) (zona norte-centro del Perú) y longitud de 78°W hasta los 86°W, abarcando las 5 millas marinas (isolínea negra), área donde la flota artesanal realizó sus actividades de pesca del recurso pota, durante periodo de enero del 2015 a junio del 2018.

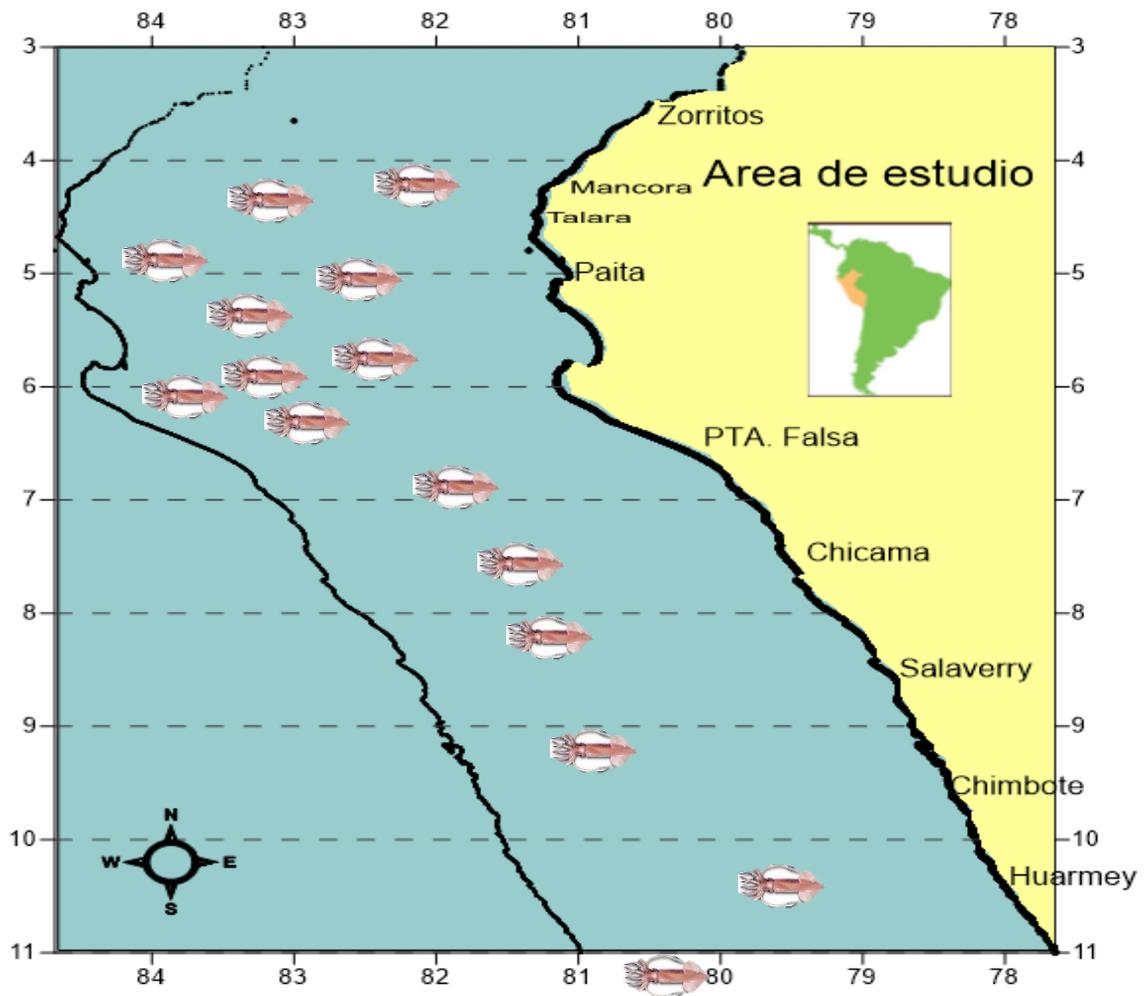


Figura 10: Área de estudio del recurso pota con latitud 03°-7°S y longitud de 78-86°W (elaboración propia)

3.2. Fuentes de información

3.2.1. Información pesquera.

Los materiales utilizados corresponden de la bitácora pesquera proporcionada por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE); los cuales, provienen de la información obtenida de la pesca artesanal potera durante el periodo enero, 2015- junio, 2018. Los datos contienen información tale como: nombre de la embarcación, matrícula, capacidad de bodega, posición geográfica referencial de la zona de pesca (latitud y longitud), desembarque (kg) y la captura total del recurso (kg). Los datos de desembarque de pota obtenidas en puerto, son multiplicadas por un factor de conversión de 1.15 para obtener la captura total de la lancha, siguiendo la metodología utilizada por IMARPE para recolectar información de campo (Mariátegui, 2009). El factor 1.15 representa el peso de las vísceras que se desechan al mar por los pescadores al momento de colocar el recurso en la bodega. Dentro del área de estudio (entre los 3° y los 11°S) se registró un total de 32,116 datos, que correspondieron a las capturas obtenidas durante el periodo enero 2015 - junio 2018 (anexo 2). Para un mejor análisis de la CPUE, las embarcaciones se dividieron de acuerdo a su capacidad de bodega y los datos registrados se observan en la tabla 3. Esto debido a que las embarcaciones mayores a las 15 t, están más influenciadas por la disponibilidad del recurso, que las embarcaciones menores a 10t las cuales se ven limitadas por su capacidad de bodega, esto quiere decir que embarcaciones pequeñas no pueden tener capturas por encima de su capacidad de bodega por más que el recurso se encuentre disponible en el ambiente por lo que se ven limitadas por el tamaño de la bodega, a diferencia de embarcaciones de 20 0 30 t, las cuales sus capturas se ven limitada por la disponibilidad del recurso, no pudiendo llenar toda la bodega en la mayoría de los casos.

Tabla 3: registro de datos acuerdo a la capacidad de bodega (t) de las embarcaciones

año	capacidad de bodega (t)				Total
	[1—5t)	[5---10t)	[10—15t)	[15—40t)	
2015	117	853	1663	9303	11936
2016	636	912	1170	3811	6529
2017	204	1428	1365	4352	7349
2018	153	1139	1148	3862	6302
Total	1110	4332	5346	21328	32116

3.2.2. Parámetros oceanográficos de la Corriente Cromwell (EUC).

La información utilizada corresponde a la data obtenida de las boyas oceanográficas de la NOAA las cuales se encuentran a lo largo de la Línea Ecuatorial, las boyas analizadas son la 110°W, 140°W y 170°W. Los parámetros oceanográficos analizados fueron: la velocidad zonal de la corriente (cm/s) proveniente de los correntómetros Doppler, temperatura subsuperficial (°C), altura dinámica (cm) profundización de la isoterma de 20°C (m) y salinidad (UPS), En la tabla 4 se observa el periodo de análisis, la profundidad y el número de datos analizados por cada variable.

Tabla 4: Información de la velocidad de corriente, temperatura, altura dinámica e isoterma de 20°C a diferentes profundidades para las boyas 170°W, 140°W e 110°W de la NOAA

BOYA	VARIABLE	PERIODO	prof(m)	N° datos
0°N170° W	Velocidad de corriente (cm/s)	01/05/1990 al 31/12/2018	10,20,30,40, 50, 60..... 220,230, 240, 250	222944
	temperatura (°C)	16/04/1983 al 31/12/2018	1,20,40,60,80,100,120,140,180,300	101094
	altura dinámica (cm)	08/03/1990 al 11/12/2018	a nivel superficial	7726
	Profundidad isoterma 20°C (m)	08/03/1990 al 31/12/2018	a nivel subsuperficial	7750
0°N140° W	Velocidad de corriente (cm/s)	01/05/1990 al 31/12/2018	30,40, 50, 60..... 220,230, 240, 250	205827
	temperatura (°C)	16/04/1983 al 31/12/2018	1,20,40,60,80,100,120,140,180,300	148264
	altura dinámica (cm)	21/10/1983 al 31/12/2018	a nivel superficial	10459
	Profundidad isoterma 20°C (m)	21/10/1983 al 31/12/2018	a nivel subsuperficial	10470
0°N110° W	Velocidad de corriente (cm/s)	17/05/1991 al 31/12/2018	30,40, 50, 60.....220,230, 240, 250	194081
	temperatura (°C)	03/07/1980 al 31/12/2018	1,20,40,60,80,100,120,140,180,300	27301
	altura dinámica (cm)	03/11/1983 al 31/12/2018	a nivel superficial	9615
	Profundidad isoterma 20°C (m)	03/11/1983 al 31/12/2018	a nivel subsuperficial	9630

3.3. Análisis y Procesamiento de Información.

3.3.1. Variaciones de la CPUE de la pota desde los 3° S hasta los 11° S frente a la costa peruana.

Para el análisis de la abundancia relativa de la pota, se utilizó la captura total por embarcación (CPUE), la cual fue expresada en toneladas-viaje (t/viaje), se calculó los promedios mensuales a partir de datos diarios de la CPUE (t/viaje). La flota artesanal de acuerdo a su capacidad de bodega en toneladas, se clasificó en 4 grupos (1-5, 5.1-10, 10.1-15 y mayor a 15) (tabla 3). Esto con el fin de evaluar la CPUE bajo diferentes capacidades de bodega y reducir la alta variabilidad de los datos, ocasionada por la gran diferencia en la capacidad de bodega. Se utilizó el software Excel para el cálculo de los promedios mensuales de la CPUE, con lo cual se graficó la variación mensual de la CPUE; posteriormente, se analizó la CPUE mensual de acuerdo a la capacidad de bodega (CB), obteniendo sus valores de dispersión tales como: promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos; asimismo se realizó las gráficas de promedio mensual (2015-2018) de la CPUE y variación mensual de la serie de tiempo de la CPUE por tipo de flota. Con los datos de las zonas de pesca georreferenciadas y utilizando el software Surfer 13, se graficó la distribución espacial de la CPUE, lo que permitió identificar periodos donde el recurso tiende a concentrarse o dispersarse de la zona de estudio; finalmente, utilizando el software R se describió la CPUE diaria mediante la elaboración de graficas box plot con el fin de observar los años y meses donde se obtienen las mayores y menores valores de CPUE.

3.3.2. Análisis de la Corriente Cromwell.

3.3.2.1. Parámetros oceanográficos en las boyas.

3.3.2.1.1. Velocidad zonal.

Para el análisis de velocidad zonal U (cm/s) de la corriente, se utilizó los datos del de los correntómetros DOPPLER la cual cuenta con información cada 5 m desde la superficie hasta los 250 m; primero se obtuvo la climatología de perfiles de velocidad zonal (cm/s) entre la superficie y los 250 metros de profundidad en los 170°W, 140°W y 110°W, para el cálculo de la climatología se consideró 25 años de datos como mínimo según lo recomendado por la Organización Mundial de Meteorología (OMM); el cálculo de la climatología abarco de 1991-

2016. Con la climatología se logró identificar la máxima velocidad histórica la cual es llamada “Núcleo de la EUC”. Asimismo, utilizando la desviación estándar ($+1\sigma$ y $+2\sigma$) del núcleo se identificó el rango dinámico (Rosales, 2017), Posteriormente, se calculó la anomalía mensual a partir de la resta del promedio de velocidad mensual con el promedio multianual (climatología), con lo cual se realizaron secciones de velocidad zonal en los 170°W , 140°W y 110°W con el software Surfer 13. Asimismo, se realizó graficas de perfiles para el mes abril, mes en donde la EUC alcanza su máxima velocidad histórica (Icochea y Rojas., 2001) con el software R. Finalmente utilizando los datos diarios de velocidad en el núcleo de la EUC, se realizó series de tiempo en Excel, calculando el promedio en el núcleo más sus respectivas desviaciones estándar $+1\sigma$ y $+2\sigma$ se obteniendo los límites máximos y mínimos donde fluctúa la velocidad zonal.

3.3.2.1.2. Temperatura subsuperficial.

Se calculó la anomalía de temperatura subsuperficial a diferentes niveles de profundidad, desde la superficie hasta los 250 m, posteriormente utilizando el software Surfer 13 se procedió a realizar las secciones tiempo mensuales de la anomalía de temperatura. Finalmente se realizó una gráfica de serie de tiempo de la anomalía de temperatura a la profundidad máxima del núcleo en los 170°W , 140°W y 110°W .

3.3.2.1.3. Salinidad.

Con la información de la salinidad (UPS) desde la superficie hasta los 120 m de profundidad en los 170°W , 140°W y 110°W , obtenida, se realizó la sección tiempo profundidad vs salinidad con el software Surfer 13, identificando la presencia de la EUC con salinidades entre 34.8 a 35.1 UPS (Rosales, 2017).

3.3.2.1.4. Altura dinámica.

Los datos de altura dinámica (cm) diaria y su respectiva anomalía permitieron realizar secciones de longitud vs tiempo entre los 170°W y los 110°W con el software Surfer 13, se analizó esta variable ya que tiene una fuerte correlación positiva con la velocidad zonal y la presencia de la EUC, asimismo, es un fuerte indicador del avance de la Onda Kelvin y el incremento de la temperatura subsuperficial.

3.3.2.1.5. *Profundidad de la isoterma de 20°C.*

Los datos de profundidad de la isoterma de 20°C (m), así como su anomalía fueron obtenidos de las boyas de la NOAA y permitieron realizar secciones de longitud vs tiempo entre los 170°W y los 110°W con el software Surfer 13. Se utilizó la isoterma de 20°C debido a que no se contaba con datos de la isoterma de 15°C, aparte que la isoterma de 20°C y la isoterma de 15°C están altamente correlacionadas y ambas son un fuerte indicador de la presencia de la Onda Kelvin, la cual es una corriente de agua cálida, que, al llegar a aguas peruanas, profundiza las isotermas e ixosigenas, afectando la distribución y abundancia de varios recursos hidrobiológicos en los que se encontraría la pota.

3.3.3. Relación entre los cambios de la CPUE de pota y las variaciones de la Corriente Cromwell (EUC).

Se elaboro graficas de series de tiempo entre la CPUE promedio mensual y las variables oceanográficas tales como: velocidad de corriente (cm/s), temperatura subsuperficial (t), salinidad (UPS), altura dinámica (cm) y profundización de isoterma de 20°C (m) en las boyas 110°W, 140°W y 170°W con la CPUE de pota en la zona norte del Perú. Posteriormente se realizó el análisis de regresión lineal simple entre las variables con el fin de observar la correlación de Pearson (lag 0) cuando las variables son simultaneas. Finalmente se aplicó el análisis de correlación cruzada o “cross-correlation” entre las siguiendo la metodología utilizada por Guevara (2014), considerándose a las variables oceanográficas como las variables independientes X_t , y la CPUE de pota como la variable dependiente Y_t . El análisis de correlación cruzada o “cross-correlation” consiste es una correlación entre dos series temporales, tanto en tiempo simultáneo, como desfasadas en el tiempo. Se aplicó este método debido a que la relación entre la CPUE de pota y las variables oceanográficas de la EUC podría presentar una relación desfasada en el tiempo, ya que los datos no se encuentran en una misma área de estudio y la distancia de la boya más cercana (110°W) hasta el norte del Perú es de más de 3500 kilómetros.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

4.1.1. Análisis de las Variaciones de la CPUE de Pota en la Zona de Estudio.

La CPUE promedio mensual por año se muestra en el anexo 3, donde se observa que el año 2015 la CPUE estuvo por encima de las 10 t/viaje por viaje desde enero a noviembre, alcanzando su máximo valor en el mes de marzo con 12.67 t/viaje. El 2016, la CPUE durante enero se mantiene por encima de las 10 t/viaje para posteriormente disminuir y caer por debajo de las 5 t desde marzo hasta diciembre; EL 2017 La CPUE presenta valores por encima de las 4 t/viaje, pero menor a 7 t/viaje durante los primeros 6 meses, para posteriormente disminuir bruscamente a valores cercanos a 0 t/viaje; y el 2018 se observan por encima de las 4 t/viaje.

La data se dividió de acuerdo a su capacidad de bodega en [1-5t), [5-10t) y [10-15t) y [15-40t) y se obtuvieron las medidas de dispersión tales como: promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos (tabla 5). siendo la flota de [15-40t) la que presentó la mayor CPUE promedio (9.5 t/viaje), mayor desviación estándar (4.78) y mayor número de datos (66.41%) que las flotas de [1-5), [5-10) y [10-15). La desviación estándar del total de datos fue de 4.75 t siendo este valor menor a la de la flota [15-40t), esto se debe a que los datos totales se encuentran menos dispersos de su media 8.01t, a diferencia de la flota [15—40t) la cual presentó datos más dispersos a su media de 9.5 t. Posteriormente, se obtuvo los valores promedio por mes para cada tipo de flota como se observa en la figura 11 las cuales presentaron 2 picos: (1) durante el mes de mayo alcanzo su valor máximo, seguido de un descenso en el mes de junio y julio, (2) un incremento en el mes de setiembre por debajo del observado en mayo; La CPUE promedio se incrementó de acuerdo al mayor tamaño de la capacidad de bodega de las embarcaciones.

Tabla 5: Valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) de acuerdo a la capacidad de bodega

2015-2018	[1--5t)	[5—10t)	[10—15t)	[15—40t)	total
promedio	0.74	4.6	6.5	9.5	8.01
máximo	5.75	11.8	14.7	38.8	38.8
desviación	0.99	2.56	2.92	4.78	4.75
N° datos	1110	4332	5346	21328	32116

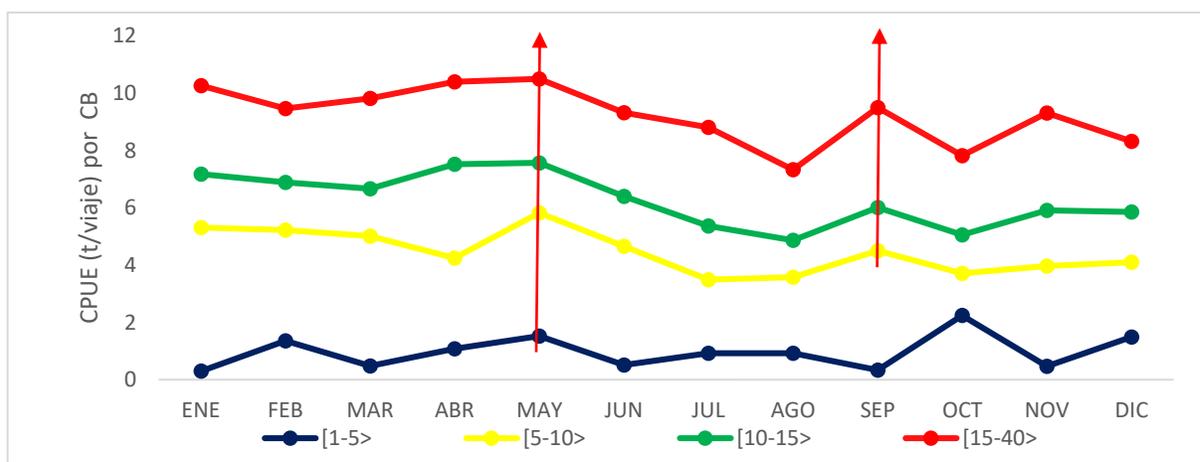


Figura 11: promedio mensual (2015-2018) de la CPUE (t/viaje) por tipo de flota

La figura 12 muestra la variación mensual de la serie de tiempo para todo el periodo, de la CPUE por grupo de flota. Con excepción de la flota de menor capacidad de bodega (1-5t), la CPUE sigue una tendencia similar para las flotas de [5-10t>, [10-1t> y [15-40t> de capacidad de bodega. En el año 2015 la CPUE promedio fue más del doble que los años posteriores para las 3 flotas citadas anteriormente con valores promedio de 6.83 t/viaje, 8.76 t/viaje y 12.85 t/viaje siendo los meses de abril, mayo y junio donde se obtienen sus valores máximos. Para el 2016, la CPUE disminuye bruscamente desde febrero, manteniendo valores promedio de 3.35, 4.6 y 5.9 t/viaje (tabla 6). Durante el 2017 la CPUE tiene un leve incremento, respecto al año anterior, siendo sus valores promedio de 3.69 t/viaje, 5.18 t/viaje y 6.20 t/viaje; asimismo, desde agosto a diciembre se observó una brusca disminución de la CPUE, alcanzando valores cercanos a 0 t/viaje. Finalmente, el 2018 la CPUE se incrementó por encima de los valores registrados durante el 2016 y 2017, siendo sus valores promedio de 5.21 t/viaje, 6.87 t/viaje y 8.37 t/viaje, respectivamente.

Tabla 6: Valores promedio anuales de CPUE por grupo de flota

AÑO	[1-5>	[5-10>	[10-15>	[15-40>	TOTAL
2015	0.42	6.83	8.76	12.85	11.71
2016	0.74	3.35	4.6	5.9	4.87
2017	0.89	3.69	5.18	6.2	5.37
2018	0.72	5.21	6.87	8.37	7.34

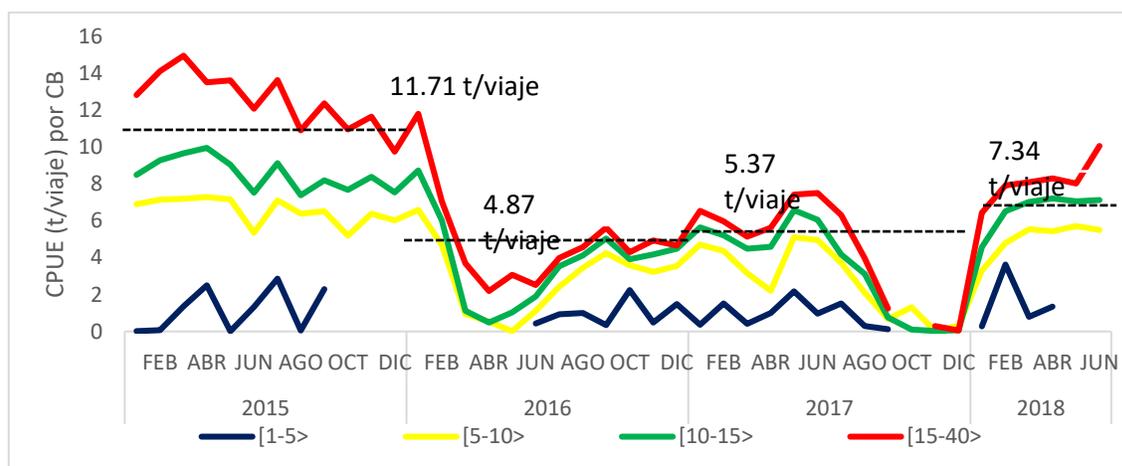


Figura 12: Variación mensual de la serie de tiempo de la CPUE (t/viaje) por grupo de flota

El periodo analizado presento una variabilidad muy marcada, con valores entre 0.12 y 11.71 t/viaje. Se identificó 3 periodos, los cuales fueron: (1) enero 2015 a enero 2016 con una CPUE promedio de 11.71 t/viaje alcanzando su pico máximo en julio con 12.79 t/viaje; (2) febrero 2016 a diciembre de 2017 con una CPUE promedio de 4.87 t/viaje y 5.37 t/viaje para cada año respectivamente, alcanzando su pico máximo en junio de 2017 con 6.79 t/viaje; (3) enero a junio de 2018 con una CPUE promedio de 7.34 t/viaje con un pico máximo de 9.02 t/viaje en junio. los valores mínimos se observaron durante octubre a noviembre del 2017 con una CPUE promedios cercanos a 0 t/viaje. Asimismo, durante estos meses el recurso desapareció de la zona de estudio coincidiendo con lo mencionado por Mariategui et al (2017) el cual indica que “el recurso no se encontró en sus áreas normales de distribución y estuvo disperso en la mayor parte del área, siendo menos accesible a la flota artesanal potera”.

4.1.2. Distribución espacial de la CPUE

En la figura 13 se observa en diferentes colores la distribución espacial mensual de la CPUE durante el enero a junio del 2015, durante los primeros cuatro meses la flota se concentra entre 5°S a 7°S, con capturas promedio de 10.8 t/viaje en enero y el máximo valor de 13.60 t/viaje en abril. A partir de mayo se observó un desplazamiento latitudinal hacia el sur, concentrándose entre los 7°S a 9°S con valores promedio de 10.7 t/viaje. La mayoría de los datos se concentran dentro de las 8 millas a la costa, predominando capturas entre 8 a 12 t/viaje.

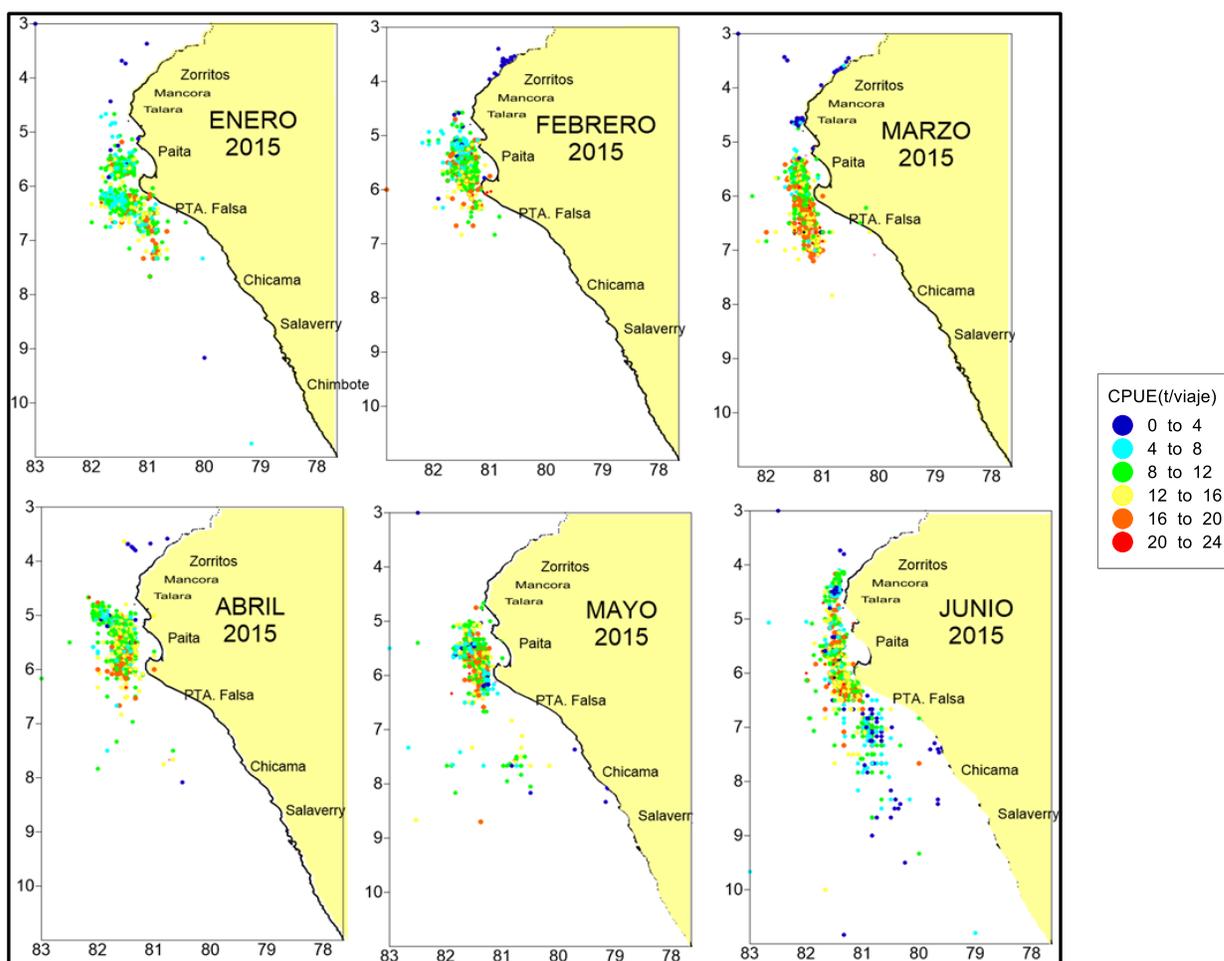


Figura 13: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante los meses de enero- junio 2015 (elaboración propia).

La figura 14 muestra la distribución espacial de la CPUE durante julio a diciembre de 2015, Durante este periodo la CPUE promedio estuvo por encima de las 10 t/viaje y la flota se encuentra dispersada entre los 7° a 10° S. las mayores concentraciones de CPUE se encuentran entre las 8 a 12 /viaje, la tabla 7 muestra los valores promedio de la CPUE.

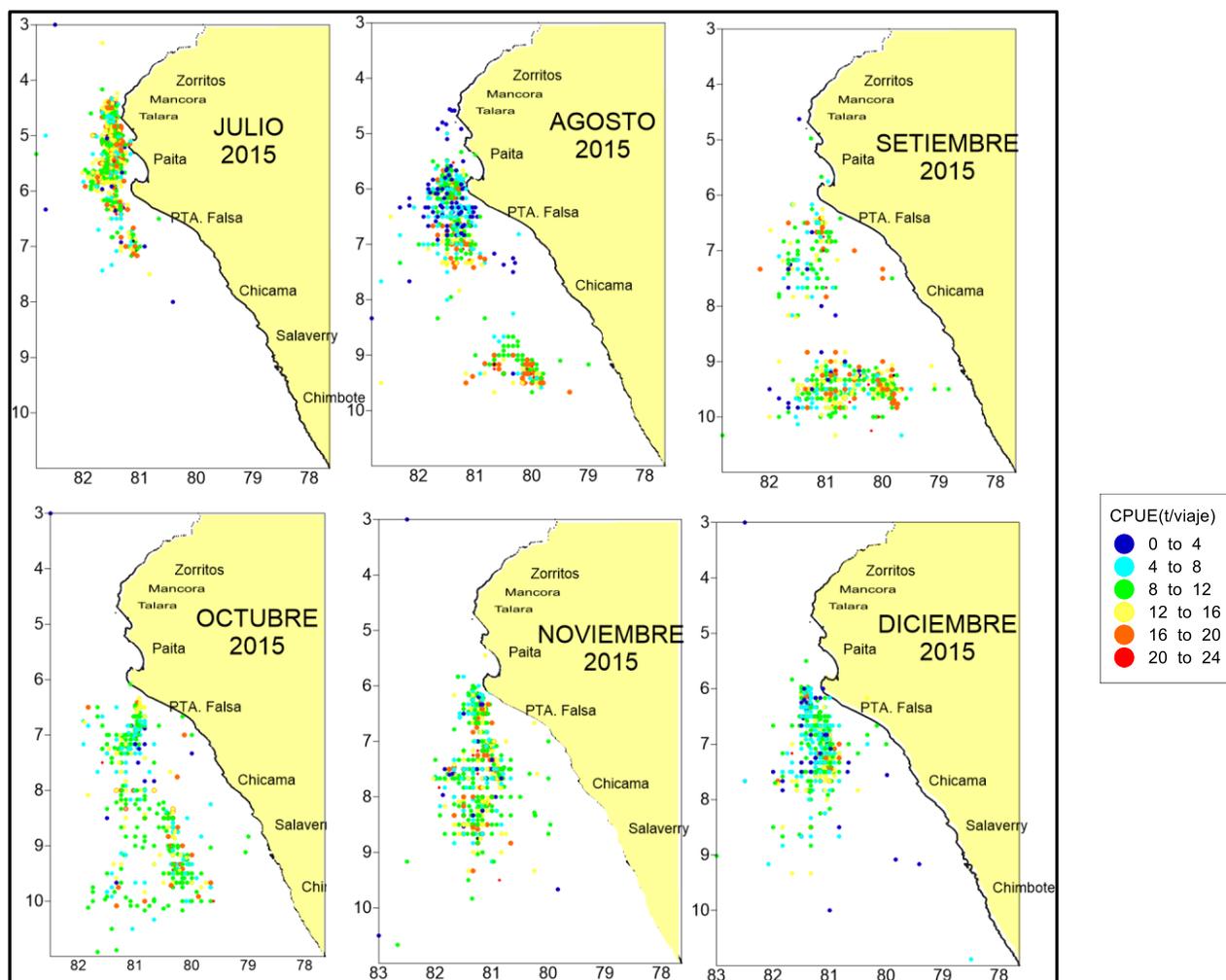


Figura 14: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante los meses de julio-diciembre 2015 (elaboración propia)

Tabla 7: Promedio, máximo, desviación estándar y N° de datos de la CPUE (t/viaje) 2015

mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
promedio	10.8	12.4	12.7	13.6	12.6	10.7	12.8	10.2	11.7	10.5	11.1	9.3	11.7
max	23.5	38.8	35.3	25.2	30.6	32.9	29.4	32.9	30.6	25.9	29.4	35.3	38.8
desv	4.0	5.0	5.7	3.6	4.2	4.9	4.1	5.2	4.7	3.8	4.1	4.1	4.6
N° datos	755	1376	1186	1601	1381	1091	1135	826	657	529	774	625	11936

La figura 15 muestra la distribución de la flota durante los meses de enero a junio del 2016. En enero la CPUE alcanzó el valor promedio más alto de 11.17 t/viaje, distribuyéndose la flota entre los 5 a 8° S y en febrero se observó una disminución notoria de la CPUE y a partir de marzo siguió disminuyendo junto con el esfuerzo pesquero, para disminuir fuertemente durante los meses de marzo a mayo y a partir de junio observar un incremento del esfuerzo pesquero obteniendo una CPUE promedio de 1.39 t/viaje concentrándose entre los 4°S a 8°S. durante enero predominaron los valores de CPUE entre los 8 a 12 t/viaje, a partir de febrero a junio, predominan los valores entre 0 a 4 t/viaje, indicando una notoria caída en las capturas.

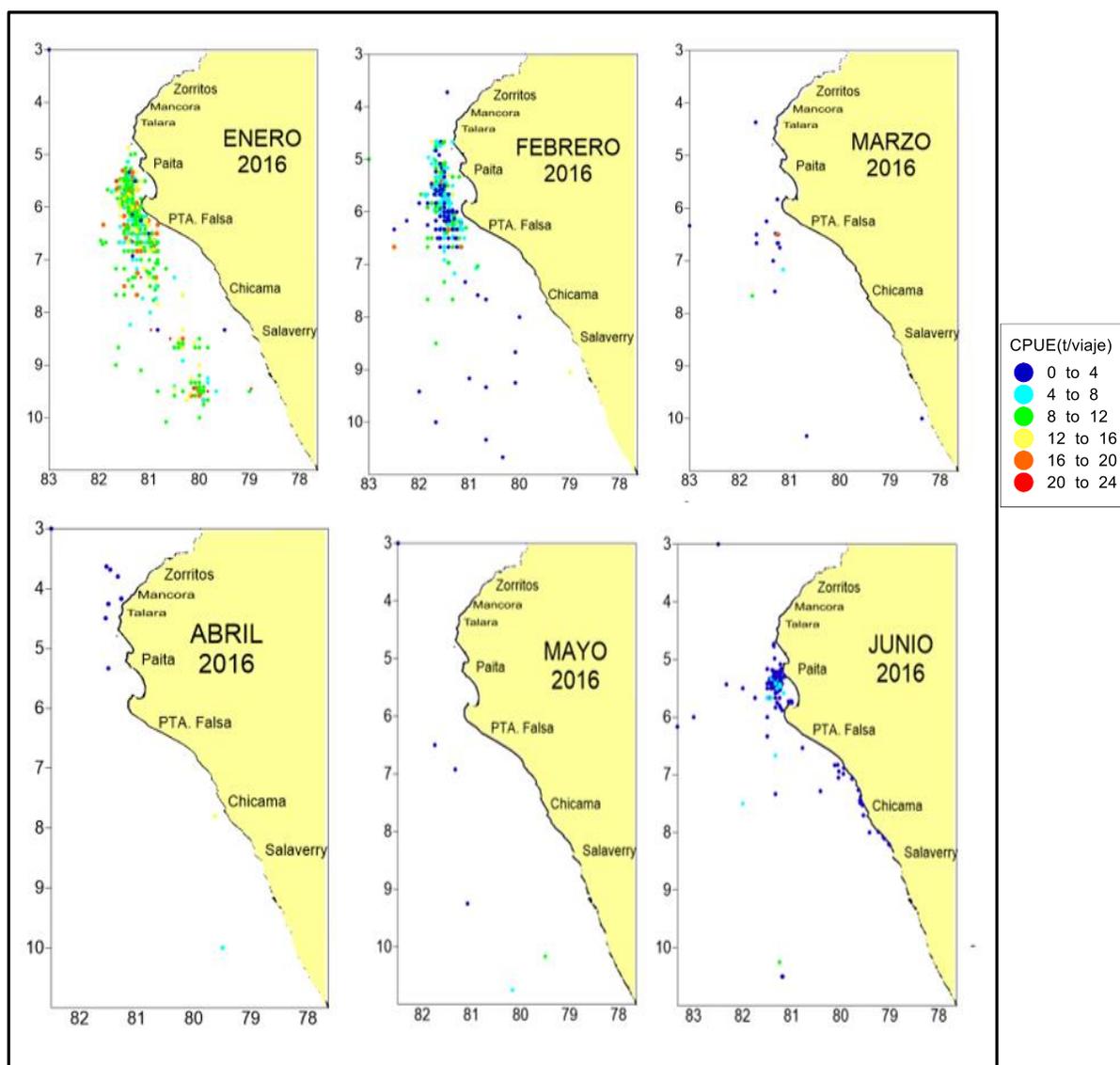


Figura 15: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante enero-junio del 2016 (elaboración propia)

durante los meses posteriores (figura 16) la CPUE se encontró entre los 3.12 a 4.83 t/viaje, a diferencia del periodo 2015 y sin considerar el mes de enero, la CPUE disminuyó durante gran parte el año siendo menor a las 6 t/viaje, los datos promedio se observan en la tabla 8.

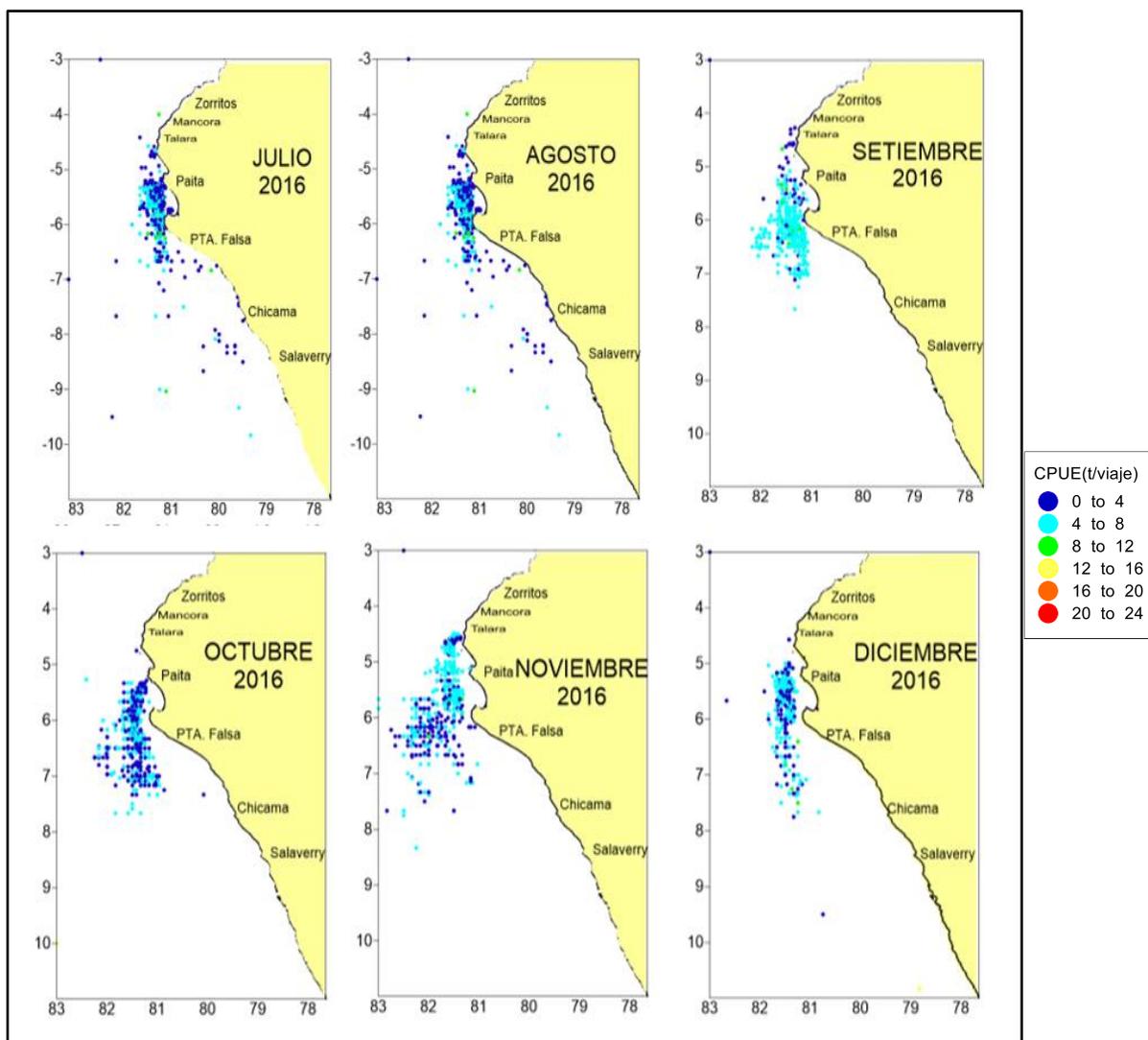


Figura 16: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante el julio-diciembre del 2016 (elaboración propia)

Tabla 8: Promedio, valor máximo, desviación estándar y N° de datos de la CPUE (t/viaje) 2016

mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
promedio	11.17	6.74	2.57	2.18	3.08	1.39	3.12	4	4.83	4.07	4.35	4.37	4.86
max	23.53	18.82	17.65	12.3	9	9.41	15.3	11.62	10.35	8.63	9.2	9.2	23.53
desv	3.71	3.68	4.06	3.93	4.18	1.44	2.16	1.7	2.03	1.65	1.95	1.54	3.55
N° datos	797	545	23	11	5	456	1445	967	678	657	589	356	6529

La figura 17 muestra la distribución de la flota durante el enero-junio 2017, durante los meses de enero y febrero, la CPUE fue de 5.84 y 5.54 t/viaje concentrándose entre los 6 a 8°, en marzo y abril ocurre un desplazamiento hacia el norte de los 5°S con valores de CPUE de 4.57 y 3.62 t/viaje. En mayo y junio se observó un desplazamiento hacia el sur S concentrándose entre 5 y 7°S con valores de CPUE de 6.79 y 6.70 t/viaje. La mayoría de los valores se concentran entre los 4 a 8 t/viaje.

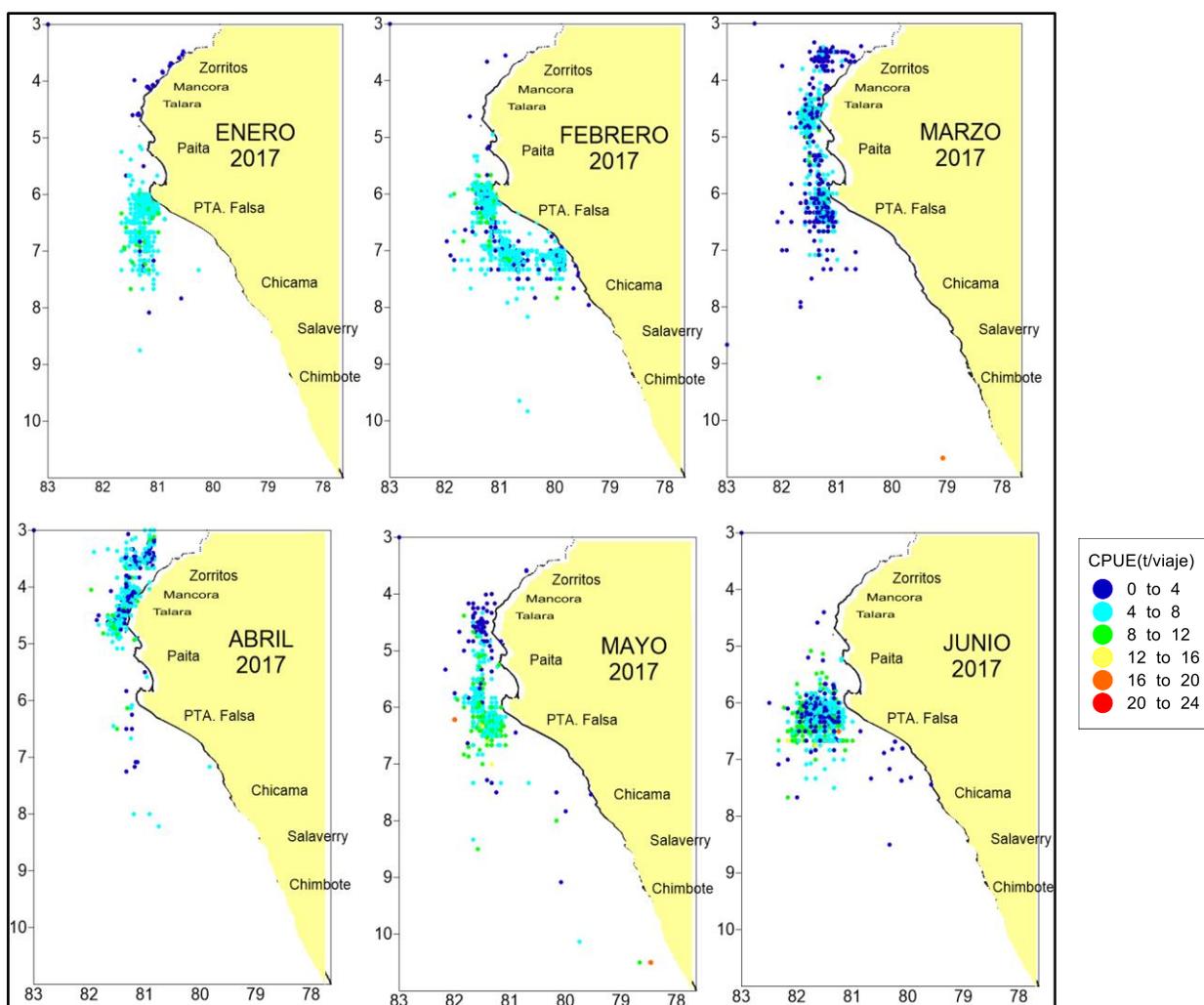


Figura 17: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante enero-junio del 2017 (elaboración propia)

Durante el mes de julio, la flota se encuentra concentrada entre los 6 a 9° S con valores entre los 4 a 8 t/viaje principalmente (figura 18), a partir del mes de setiembre el esfuerzo pesquero y la CPUE disminuyeron bruscamente, alcanzando valores de CPUE cercanos a 0 t/viaje los cuales se mantienen hasta fines del año (tabla 9).

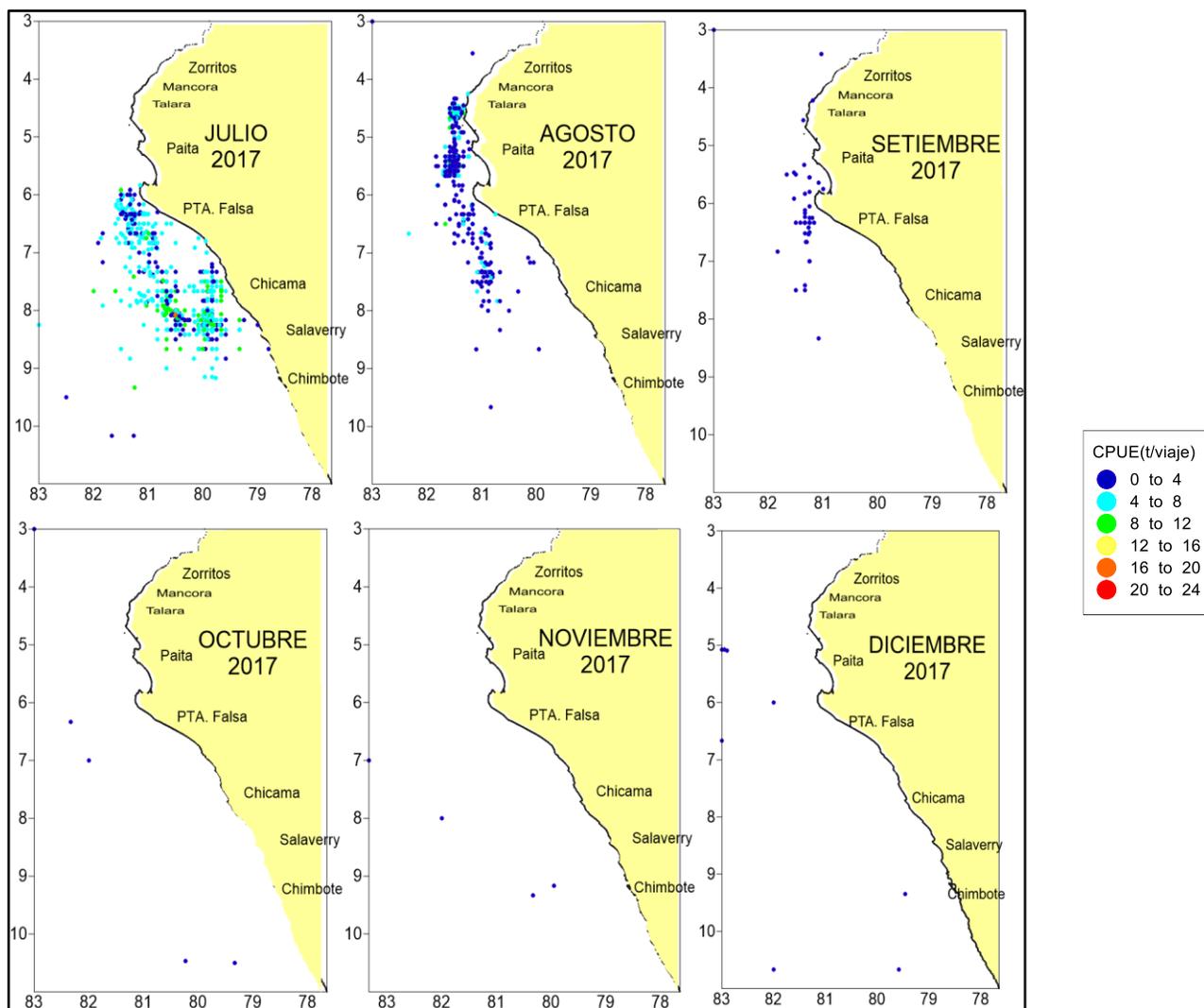


Figura 18: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante julio-diciembre del 2017 (elaboración propia)

Tabla 9: Promedio, valor máximo, desviación estándar y N° de datos de la CPUE (t/viaje) 2017

mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
promedio	5.84	5.54	4.57	3.62	6.79	6.7	5.58	3.55	1.08	1.01	0.12	0.16	5.37
max	12.65	12.65	17.25	10.4	17.25	19.55	17.25	16.1	4.6	3.7	0.3	0.78	19.55
desv	2.06	1.79	2.41	2.63	2.8	2.75	2.66	2.42	1.11	1.8	0.13	0.26	2.73
N° datos	724	1210	1123	987	810	1425	573	436	45	4	4	8	7349

En la figura 19 se observa la distribución de la flota durante la primera mitad del 2018-I, este periodo se caracteriza por la aparición del recurso en la zona después de haber estado ausente durante 4 meses, encontrándose muy disperso durante todo el periodo y concentrándose principalmente entre los 5° y los 7°S, durante los meses de febrero, marzo y abril. En mayo se

observó una dispersión y desplazamiento de la flota hacia el sur, concentrándose entre los 9° y los 11°S durante el mes de junio; las mejores CPUE se obtuvieron durante los meses de mayo y junio con 7.55 y 9.02 t/viaje, tal como se observa en la tabla 10. Durante el 2018, se observó un incremento de la CPUE superior a lo registrado durante el 2016 y el 2017, pero inferior al registrado en el 2015.

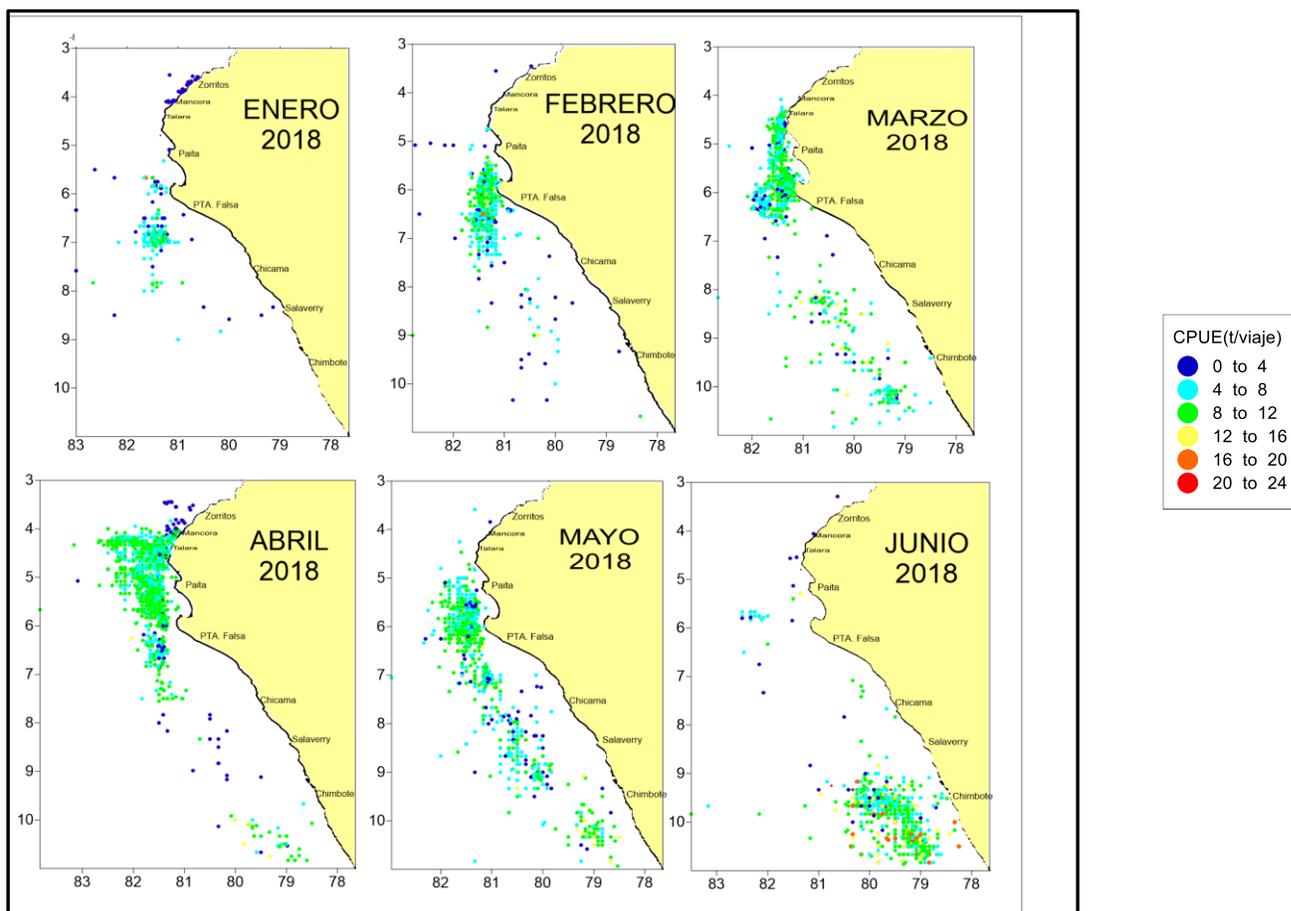


Figura 19: Distribución espacial de la CPUE (t/viaje) de la pesquería artesanal de pota durante el año 2018 (elaboración propia)

Tabla 10: Promedio, valor máximo, desviación estándar y número de datos de la CPUE (t/viaje) 2018

mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
promedio	3.99	6.94	7.18	7.45	7.55	9.02	7.34
max	16.6	23	15.8	15	17.25	30	30
desv	3.21	2.68	2.37	2.26	2.32	3.66	2.86
N° datos	393	1022	1106	1772	1123	886	6302

Los resultados mostraron que el recurso se concentra entre los 5° y 7°S durante el 2015, coincidiendo con lo mencionado por Yamashiro (2016), la cual indica que debido a las condiciones ambientales caracterizadas por el evento El Niño y la dinámica propia del ecosistema, el recurso se concentró entre los 4°30' a 07°30'S y dentro de las 70 mm.

Yu et al. (2019) menciona que la CPUE de pota tiende a incrementarse o ser mayor durante el verano debido a que tiende a estar más cerca de la costa a causa de que las condiciones del mar son más favorables para el desove del recurso, coincidiendo con lo registrado en el trabajo, donde en los primeros meses de enero a mayo, el recurso se concentra entre los 4 a 6°S cerca de la costa, para posteriormente dispersarse en los meses posteriores.

4.1.3. Variabilidad mensual de la CPUE (t/viaje).

La figura 20 muestra el diagrama de cajas de la CPUE mensual por año; durante el año 2015 los valores promedios se encontraron por encima de las 10 t/viaje con valores atípicos cercanos a los 40 t/viaje manteniendo una estabilidad y periodicidad en las capturas a lo largo de los meses. El 2016, a partir de febrero se observó una disminución de la CPUE mensual en comparación al año 2015, con valores por debajo de las 6 t/viaje en gran parte del año. El 2017 la CPUE se mantuvo baja con valores promedio por debajo de las 7 t/viaje con una periodicidad variable, observando que en los últimos 4 meses del año el recurso prácticamente desapareció de la zona de estudio; Para el 2018 se observó que la CPUE o mostró un incremento progresivo desde enero a junio, alcanzando máximos valores el mes de junio y CPUE por encima de las 7 t/viaje.

la tabla 11 muestra el número total de datos por mes para cada periodo; el 2015 registró 11936 datos representando el 37.17% del total, seguido de 2016 y 2017 con 6529 y 7349 registros, representando el 20.33 y 22.88% y finalmente el 2018 con 6302 registros, representando 19.62% del total de datos.

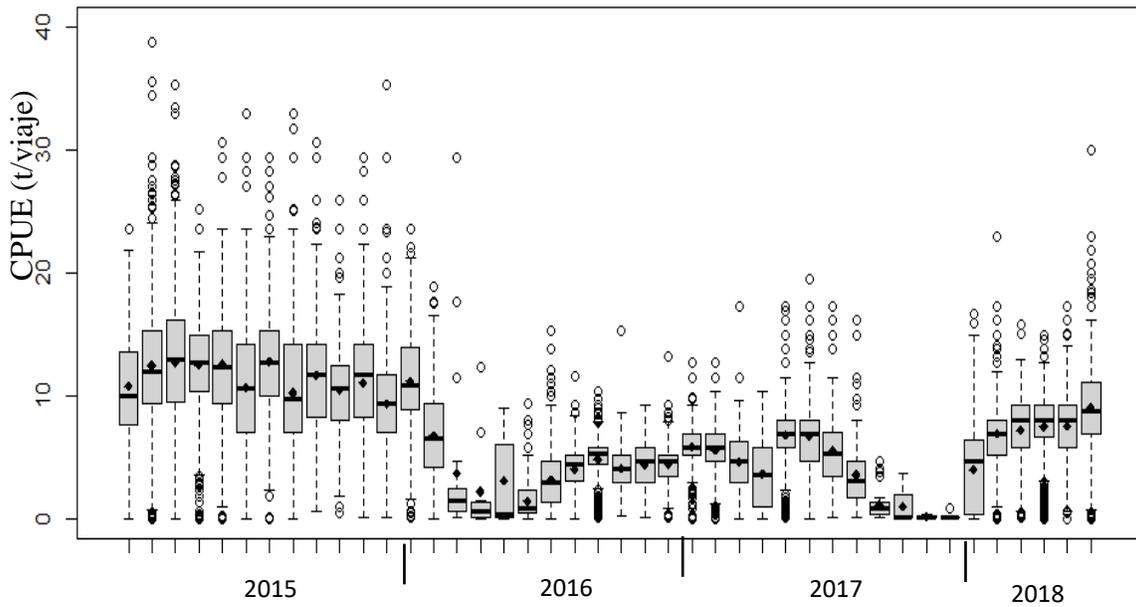


Figura 20: Diagrama de cajas de CPUE (t/viaje) por meses durante el enero-2015 a junio-2018 (elaboración propia)

Tabla 11: Número total de viajes realizados por año

AÑO	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE T	OC T	NO V	DI C	TOT AL	%
2015	755	13 76	118 6	160 1	138 1	10 91	11 35	826	65 7	529	774	62 5	11936	37. 17
2016	797	54 5	24	11	5	45 8	14 46	967	67 8	658	589	35 1	6529	20. 33
2017	724	12 11	112 4	987	810	14 25	57 3	436	45	4	4	6	7349	22. 88
2018	394	10 23	110 6	177 2	112 3	88 4							6302	19. 62
TOT AL	267 0	41 55	344 0	437 1	331 9	38 60	31 54	222 9	13 80	119 1	136 7	99 1	32116	100

4.2. Caracterización de la Corriente Cromwell en las Boyas 170°W, 140°W y 110°W

4.2.1. Velocidad zonal.

Se obtuvo la climatología (1991-2015) del perfil de velocidad zonal en las boyas 170°W, 140°W y 110°W (figura 21) en los anexos 4, 5 y 6 se muestran las tablas con sus valores promedio. El núcleo de velocidad en la 170°W se encontró a una profundidad de 150 m con una velocidad promedio de 70.2 cm/s y un rango dinámico comprendido entre 100 y 200 m; en los 140°W el núcleo se encontró a 110 m a una velocidad promedio de 105.39 cm/s con un rango dinámico entre 60 y 170 m, finalmente en la 110°W el núcleo se ubicó 80 m con una velocidad promedio de 94.1 cm/s y su rango dinámico comprendido entre los 45 a 120m, estos datos son similares con los obtenidos por Icochea y rojas (2001) los cuales definen el núcleo entre 75 a 100 m con una velocidad de promedio de 90 cm/s en los 110°W.

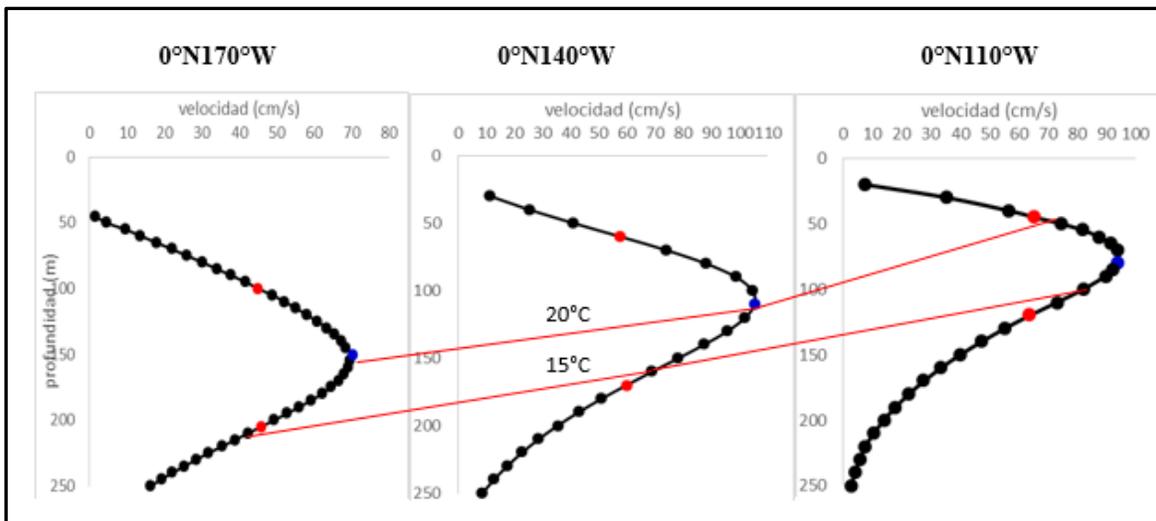


Figura 21: Climatología del perfil de velocidad (cm/s) zonal de la corriente Cromwell 170°W, 140°W y 110°W.

Posteriormente, se obtuvieron las secciones tiempo de la velocidad zonal y sus anomalías correspondientes a las 3 boyas analizadas. En la figura 22 se muestra la sección de velocidad zonal en la boya 170°W con los siguientes resultados por año:

Año 2015: La EUC se profundizó y debilitó, encontrándose el núcleo por debajo de su profundidad promedio de 150 m. Igualmente, sus velocidades zonales disminuyeron notoriamente, siendo el extremo más bajo el mes de agosto. Se observó también un avance de

las aguas por encima de los 100 m coincidente con el avance de la piscina de agua durante El Niño.

Año 2016: La EUC incrementó su valor, pero el núcleo se hizo más superficial. Esto se observa al analizar las anomalías a lo largo del año.

Año 2017: El núcleo se observó a 130 m con una velocidad máxima de 108.66 cm/s en el mes de abril, las anomalías siguen positivas con su valor máximo de 45.99 cm/s a 120m.

Año 2018: El núcleo se presentó por debajo de los 150 m a una velocidad máxima de 92.79 cm/s en el mes de febrero, predominaron anomalías negativas con un valor mínimo de 38.43 cm/s a 100 m de profundidad en el mes de marzo.

Durante el 2015 la velocidad en el núcleo de la corriente se profundizó y disminuyó, para el 2016 y 2017 el núcleo se hace más superficial y sus velocidades se incrementan, y para el 2018 se vuelve a profundizar con una leve disminución en la velocidad.

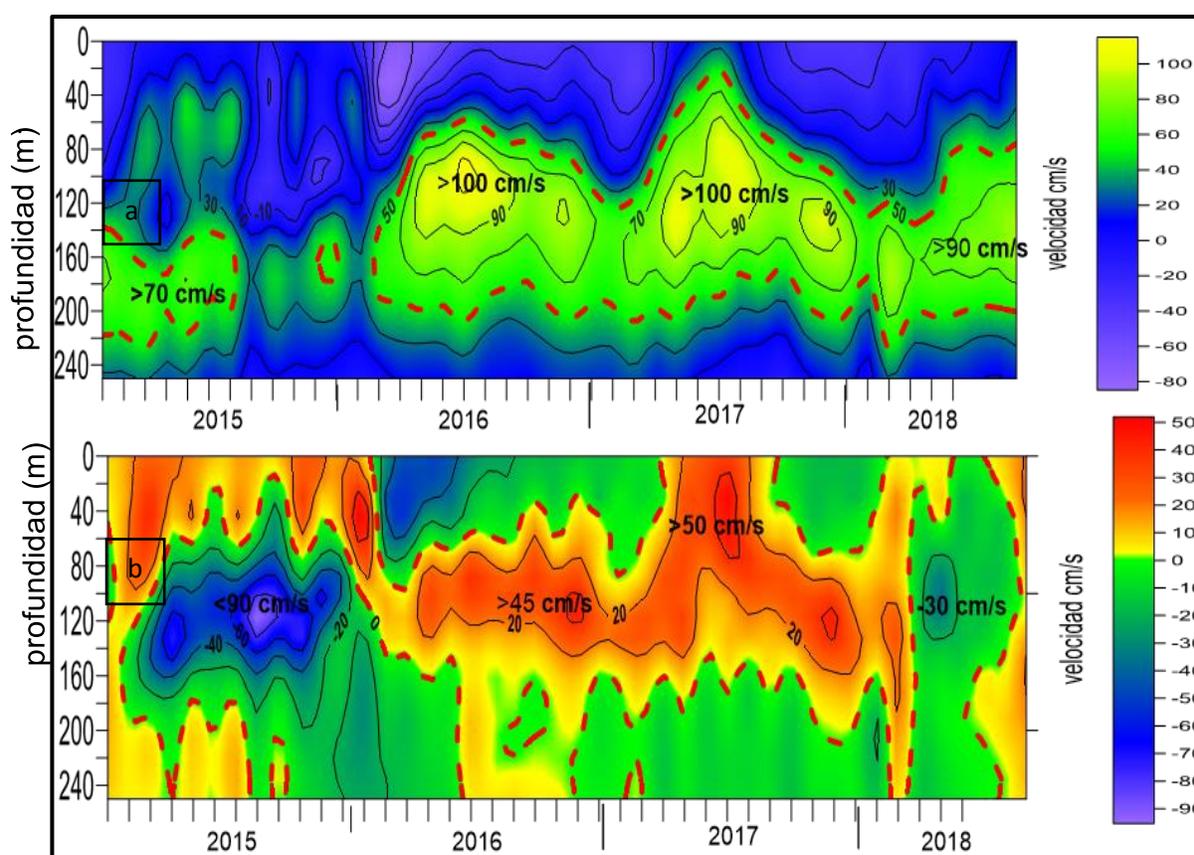


Figura 22: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía (b) 2015-2018 boya 170°W (núcleo a 150 m) (elaboración propia)

En la figura 23 se muestra la sección tiempo mensual de velocidad zonal en los 140°W:

Año 2015: muestra varias pulsaciones de velocidad disminuyendo a lo largo del año, El núcleo de la EUC alcanzó su máxima velocidad de 124 cm/s a 120 m en el mes de abril. Predominaron anomalías negativas -30 cm/s durante gran parte del año.

Año 2016: Solo se contó con 3 meses en donde la velocidad máxima fue de 100 cm/s a 110 m el mes de marzo, predominaron anomalías durante los primeros meses.

Año 2017: se observa un incremento de la EUC con una velocidad máxima de 157 cm/s a 70 m en el mes de mayo, las anomalías muestran valores positivos por encima de los 50 cm/s.

Año 2018: La velocidad máxima alcanzada fue de 146 cm/s a una profundidad de 90m en el mes de abril, predominan anomalías negativas lo que indicaría el debilitamiento de la EUC.

Los resultados obtenidos mostraron que la EUC estuvo débil durante el periodo 2015-2016; pero el 2017 se observó una intensificación, la cual, se mantuvo hasta inicios del 2018, cuando se observó un leve debilitamiento.

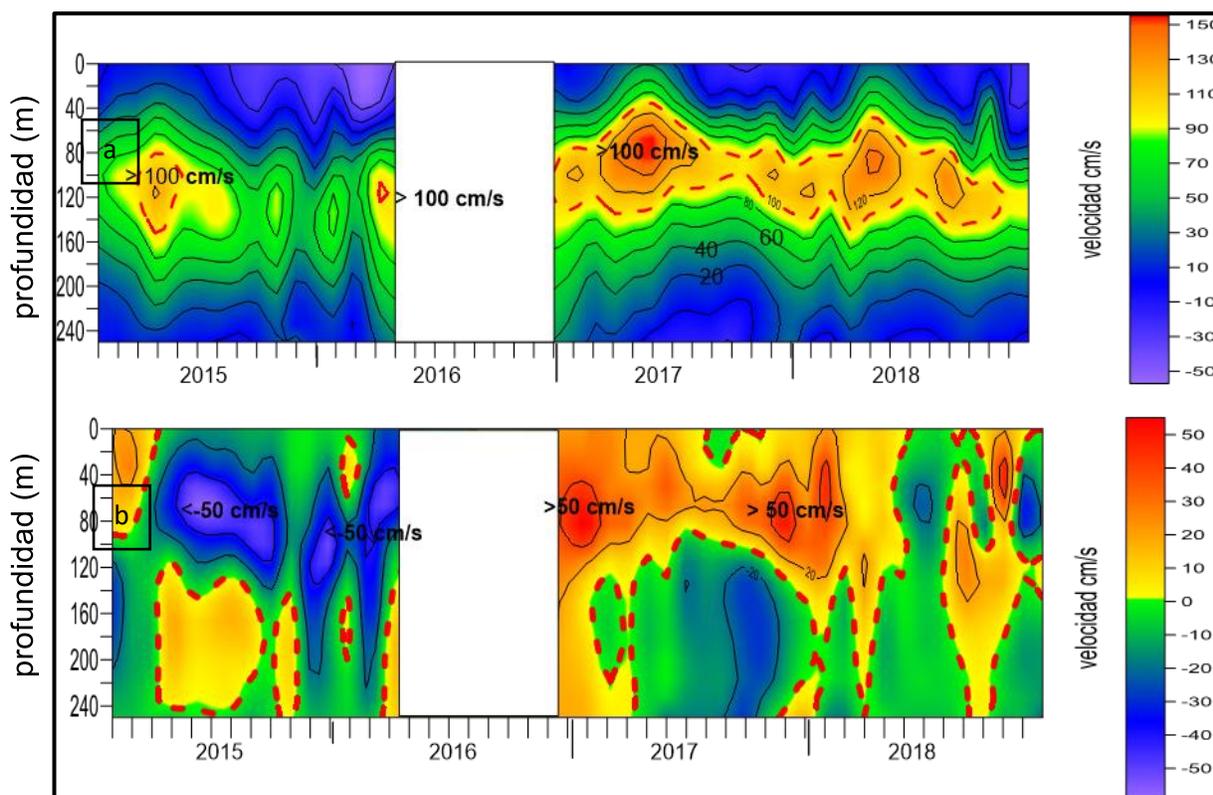


Figura 23: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía 2015-2018 (b) boya 140°W (núcleo a 110 m) (elaboración propia)

La figura 24, se muestra la sección tiempo mensual de velocidad zonal en la boya 110°W:

año 2015: La EUC se intensificó notoriamente alcanzándose valores en el núcleo superiores a 180 cm/s, que fueron los máximos valores registrados durante el periodo estudiado, manteniéndose un valor 16 cm/s superior al promedio histórico. Esto, se corrobora con el predominio de las anomalías positivas durante todos los meses, alcanzando en el mes de abril un valor promedio de 188 cm/s; 54 cm/s por encima del valor histórico obtenido, lo que indicó una fuerte intensificación de la corriente, comparable sólo con lo observado en abril de 1997, cuando se presentó El Niño más fuerte del siglo XX. El 2015, es hasta hoy El Niño más fuerte del siglo XXI, coincidente con las buenas capturas obtenidas de pota.

Año 2016: Con excepción de los meses de enero y febrero, la velocidad zonal promedio en el núcleo de la EUC fue de 66 cm/s, valor casi 30 cm/s inferior de lo normal. En los meses de enero y febrero la velocidad estuvo por encima de los 100 cm/s, alcanzando valores de 105 cm/s a 80 m, a partir de marzo la EUC se hace más superficial y débil, observando anomalías negativas durante el resto del año, coincidente con el debilitamiento descrito.

Año 2017: la velocidad zonal anual promedio en el núcleo de la EUC fue de 71 cm/s el cual fue 23 cm/s más bajo que el promedio histórico; esto es, se presentaron anomalías negativas durante casi todo el año lo que indico una EUC más débil de lo normal.

Año 2018: la EUC volvió a intensificarse, alcanzando valores promedio en el núcleo de 97 cm/s, ligeramente superiores al valor histórico. En el mes de mayo alcanzó una velocidad promedio de 141 cm/s a 60 m el cual es 13 cm/s por encima del promedio histórico; las anomalías presentaron valores positivos a neutros lo que indicaría un fortalecimiento de la EUC.

Con estos resultados obtenidos se pudo observar que, durante el 2015, la velocidad de la EUC se incrementó bruscamente los primeros cuatro meses, para posteriormente profundizarse y disminuir, lo cual se relacionaría con lo mencionado por Icochea et al (2015) y Rosales (2017) los cuales indican que durante el inicio de un Evento El Niño la EUC se intensifica bruscamente, para posteriormente profundizarse, haciendo que disminuya su velocidad. Asimismo, durante los años 2016 y 2017 años post Niño, la corriente se mantuvo debilitada llegando casi a desaparecer (velocidad cercana a 0 cm/s) en algunos días de abril del 2016 mes caracterizado por ser el mes donde más se intensifica la EUC. El 2018 se observa una recuperación de la EUC

desde enero, alcanzando velocidades superiores a las registradas durante el 2016 y 2017 pero inferiores a las observadas durante el año 2015.

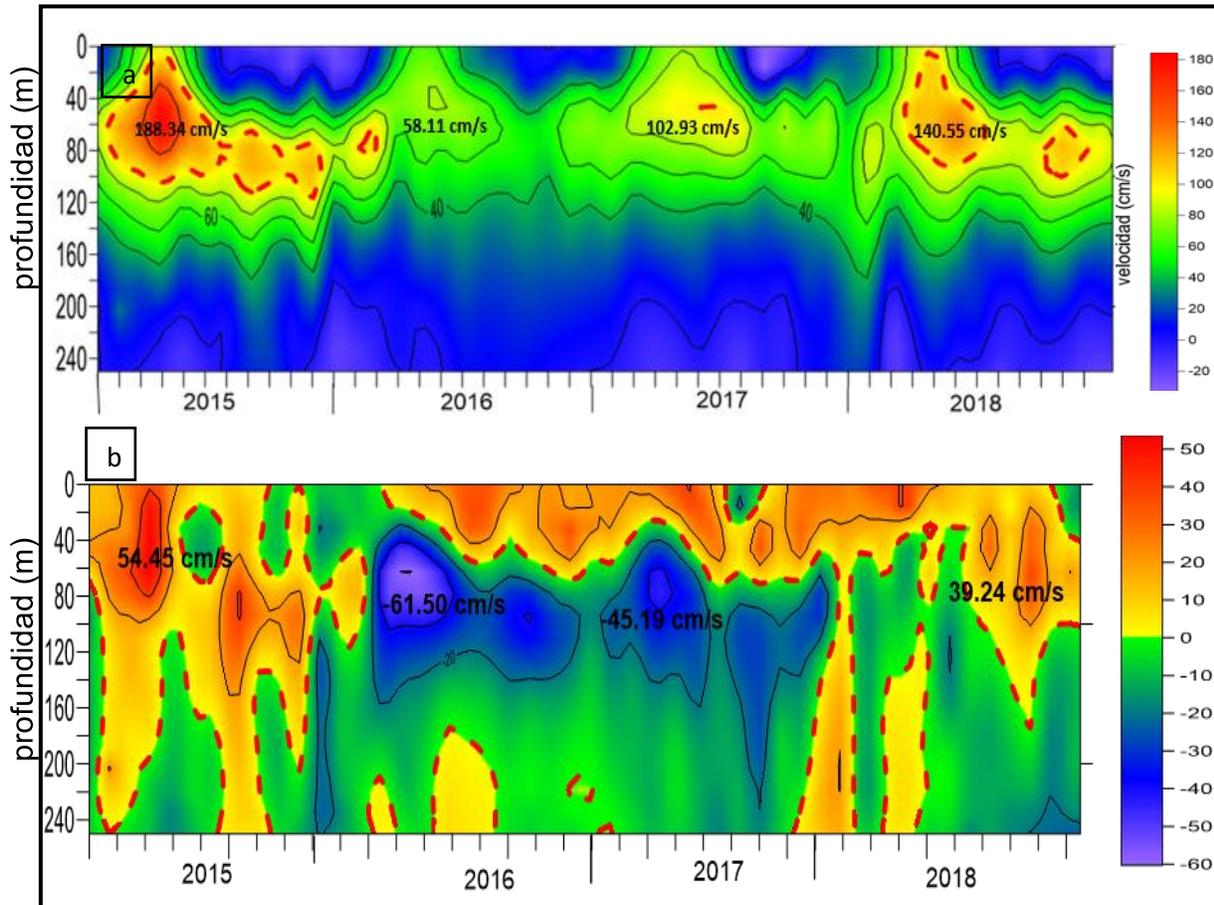


Figura 24: Sección de velocidad zonal (a) y su anomalía 2015-2018 (b) boya 110°W (núcleo a 80 m) (elaboración propia)

4.2.2. Perfil de velocidad zonal.

La figura 25 muestra los perfiles de velocidad en las boyas 170°W, 140°W y 110°W durante el mes de abril de los 4 años analizados (2015-2018), mes donde se registran las máximas velocidades de la EUC (Icochea y Rojas., 2001); asimismo, se observa el ascenso de las isotermas (°C) con la termoclina la cual, mientras se desplaza hacia el Este, se hace más superficial, lo que proporciona la gradiente de presión zonal al Oeste que impulsa el avance de la EUC (knauss., 1960; Johnson et al., 2002; Izumo., 2005). La máxima velocidad se observó durante el 2015 en la boya 110°W con 188 cm/s a 60 m y la menor velocidad durante el 2016 en la misma boya con 80.00 cm/s a 40 m. La velocidad de la EUC a lo largo del Pacifico tendría

un incremento progresivo desde los 170°W hasta los 110°W mientras se hace más superficial, asimismo, los cambios de velocidad en la boya 110°W tendrían una mayor relación e influencia sobre las especies marinas en la zona norte del Perú (Icochea y rojas., 2001, Flores et al., 2009).

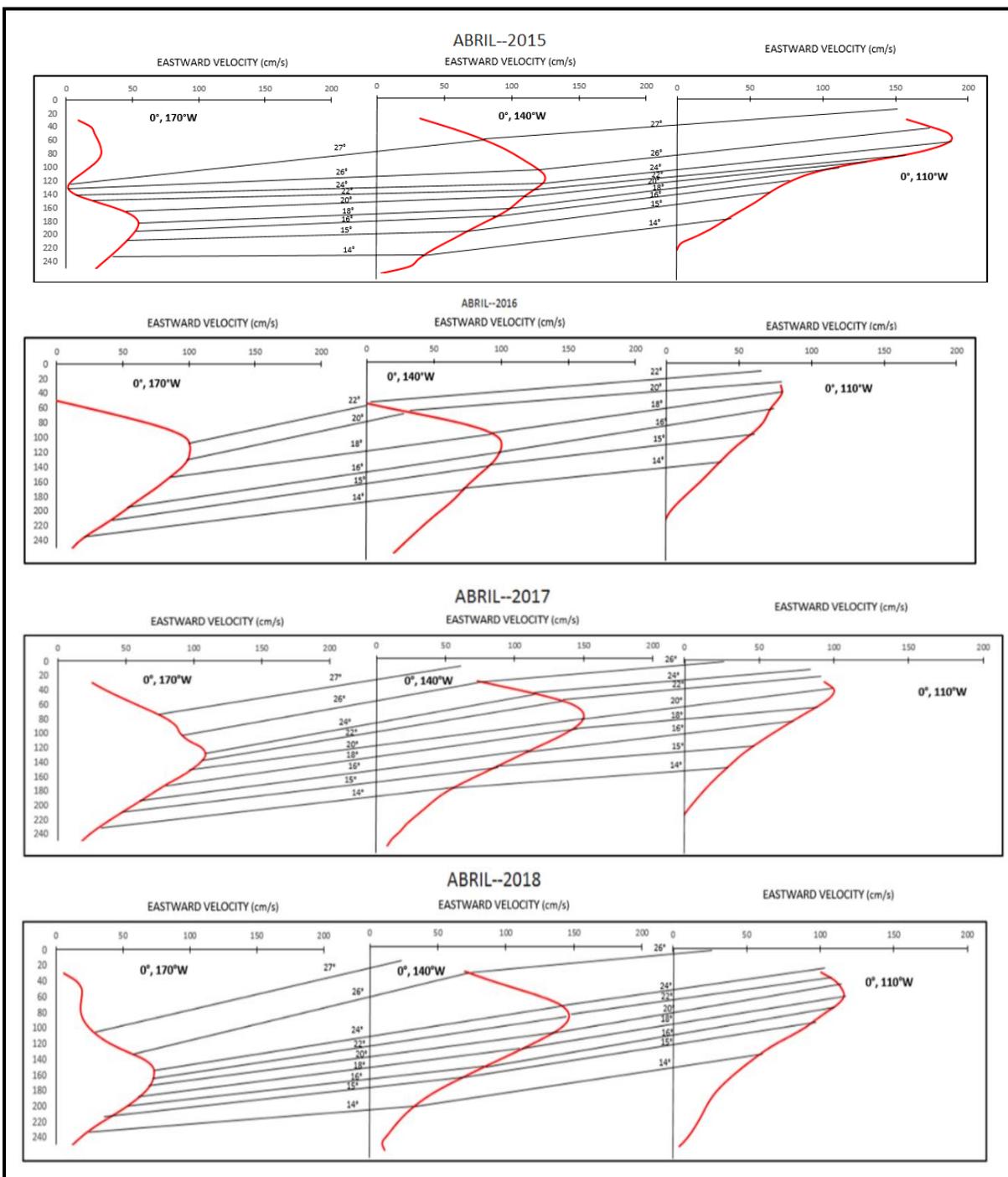


Figura 25: Perfiles de velocidad zonal entre los 170°W, 140°W t 110°W abril 2015-2018 (elaboración propia)

4.2.3. Velocidad diaria de la EUC en el núcleo.

La figura 26 muestra la velocidad en el núcleo de la EUC (150 m) en los 170°W; la cual presentó una velocidad promedio histórica de 70 cm/s (línea punteada negra), más una y dos desviaciones estándar de 97 cm/s (línea punteada amarilla) y 124 cm/s (línea punteada roja); y menos una y dos desviaciones estándar de 44 cm/s (línea punteada celeste) y 17 cm/s (línea punteada azul). El año 2015 la velocidad se encontró por debajo del promedio menos dos desviaciones estándar, obteniendo valores cercanos a 0 cm/s, indicando el debilitamiento o nula presencia de la EUC. El 2016 se muestra un incremento por encima de su promedio, pero menor a 1 desviación estándar, indicando una leve intensificación de la EUC. El 2017 se mantiene la velocidad por encima del promedio pero menor a 1 desviación estándar con algunos días superando ese rango. El 2018 se observa un debilitamiento de la EUC por debajo del promedio más 1 desviación estándar en el mes de enero, pero manteniendo valores por encima del promedio en los meses siguientes.

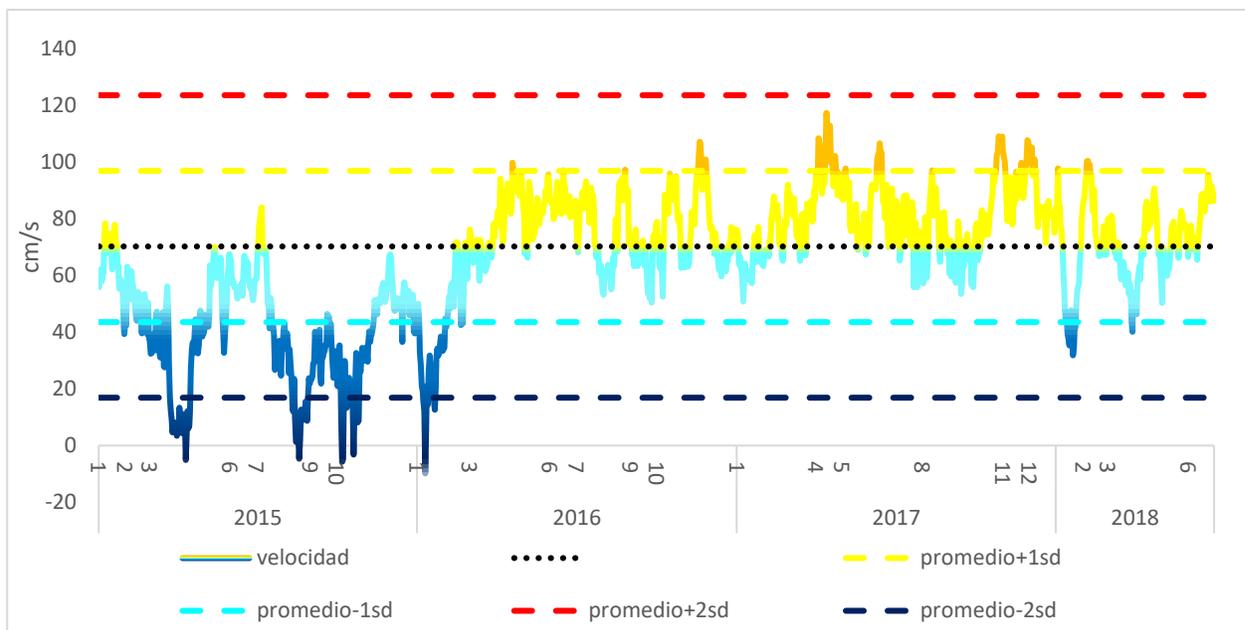


Figura 26: Velocidad de Corriente en la boya 170°W a 150 m de profundidad (elaboración propia)

La figura 27 muestra la velocidad en el núcleo de la EUC (110 m) en los 140°W, la cual presentó una velocidad promedio histórica de 105 cm/s (línea punteada negra), más una y dos desviaciones estándar de 137 cm/s (línea punteada amarilla) y 169 cm/s (línea punteada roja); y menos una y dos desviaciones estándar de 73 cm/s (línea punteada celeste) y 42 cm/s (línea punteada azul). el año 2015 la EUC estuvo debilitada con valores por debajo del promedio más

2 desviaciones estándar, alcanzando valores cercanos a 0 cm/s, El 2016, desde enero a marzo la velocidad se mantiene por debajo del promedio, posteriormente no se registró información hasta febrero del 2017 en donde se presenta un leve incremento de la EUC encontrándose por encima de su promedio histórico, pero disminuyendo a finales de año. El 2018 se observa un incremento en EUC por encima del promedio indicando el fortalecimiento de la EUC.

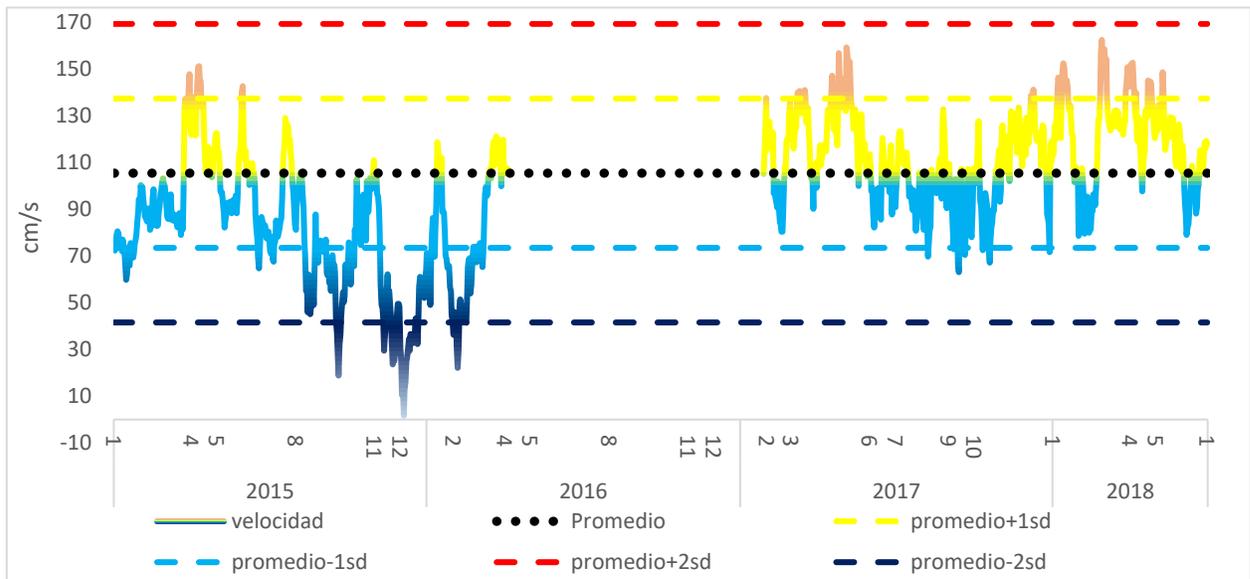


Figura 27: Velocidad de Corriente en la boya 140°W a 110 m de profundidad (elaboración propia)

La figura 28 muestra la velocidad en el núcleo de la EUC (80 m) en los 110°W, la velocidad promedio histórica fue de 94 cm/s, (línea punteada negra), más una y dos desviaciones estándar de 126 cm/s (línea punteada amarilla) y 157 cm/s (línea punteada roja); y menos una y dos desviaciones estándar de 62 cm/s (línea punteada celeste) y 30 cm/s (línea punteada azul), los valores promedio obtenidos son similares a los registrados por Rosales (2017). Durante el 2015 se observó un fuerte incremento de la EUC alcanzando valores por encima del promedio más dos desviaciones estándar y velocidades por encima de los 200 cm/s. El 2016 la EUC se debilita observando valores por debajo de su promedio más 1 desviación estándar, manteniéndose débil durante el resto del año. El año 2017 se sigue manteniendo valores por debajo del promedio con una tendencia a incrementarse, pero sin superar su valor promedio histórico. El 2018 la velocidad de la EUC se incrementa por encima del promedio y con valores cercanos a los 140 cm/s, lo que conllevaría al fortalecimiento de la EUC.

Los análisis de velocidad en la boya 110°W son de gran importancia debido a que los cambios que ocurren en esta posición tienen una influencia significativa en la zona norte del Perú según lo mencionado por Martina (2006); Mc Callock (2007) y Rosales (2017), los cuales relacionan la distribución de especies tales como anguila y merluza con la velocidad de la EUC en la boya mencionada.

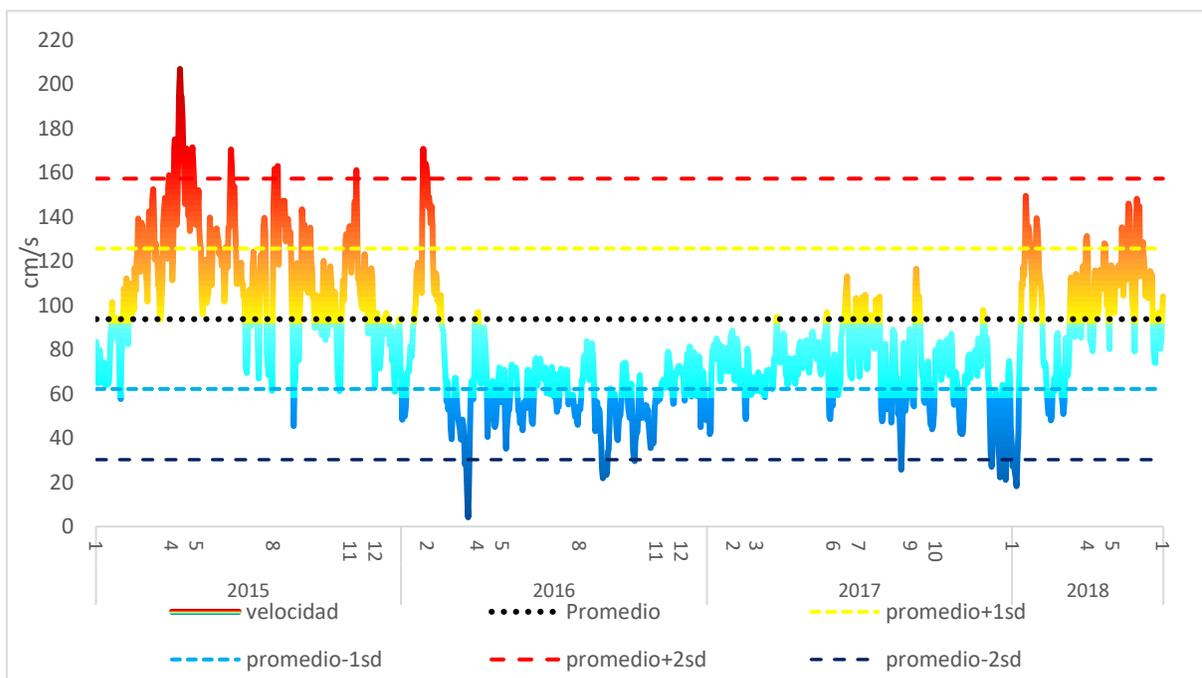


Figura 28: Velocidad de Corriente en la boya 110°W a 80 m de profundidad (elaboración propia)

4.2.4. Temperatura subsuperficial.

La sección tiempo mensual de anomalías de temperatura subsuperficial de la boya 170°W se muestra en la figura 29 los resultados indican:

Año 2015: Entre enero y octubre se observaron anomalías positivas en casi toda la columna, alcanzando hasta valores mayores a +3°C, el avance de la piscina de agua caliente hasta los 170 W impulsada por las ondas Kelvin y la EUC; se reflejó en anomalías positivas hasta por debajo de los 200 m durante el primer semestre del año. Posteriormente, las anomalías a nivel subsuperficial disminuyeron y se volvieron negativas, indicando una disminución en la temperatura y el avance de la piscina de agua caliente.

Año 2016: En los primeros meses, se observaron también anomalías positivas hasta los 100 m en el mes de enero y hasta los 60 m en febrero, posteriormente, se observaron anomalías negativas durante el resto del año alcanzando valores menores a los -3°C a 140 m; lo que confirma el traslado de la piscina de agua caliente hacia el este.

Año 2017: Durante este periodo se observa leves anomalías positivas a 100 m de profundidad durante los meses de abril, mayo y junio. A partir de julio, sus anomalías se mantienen negativas sin observar valores extremos.

Año 2018: para el periodo 2018 se observa un incremento en las anomalías con valores por encima de las $+3^{\circ}\text{C}$ a 150 m.

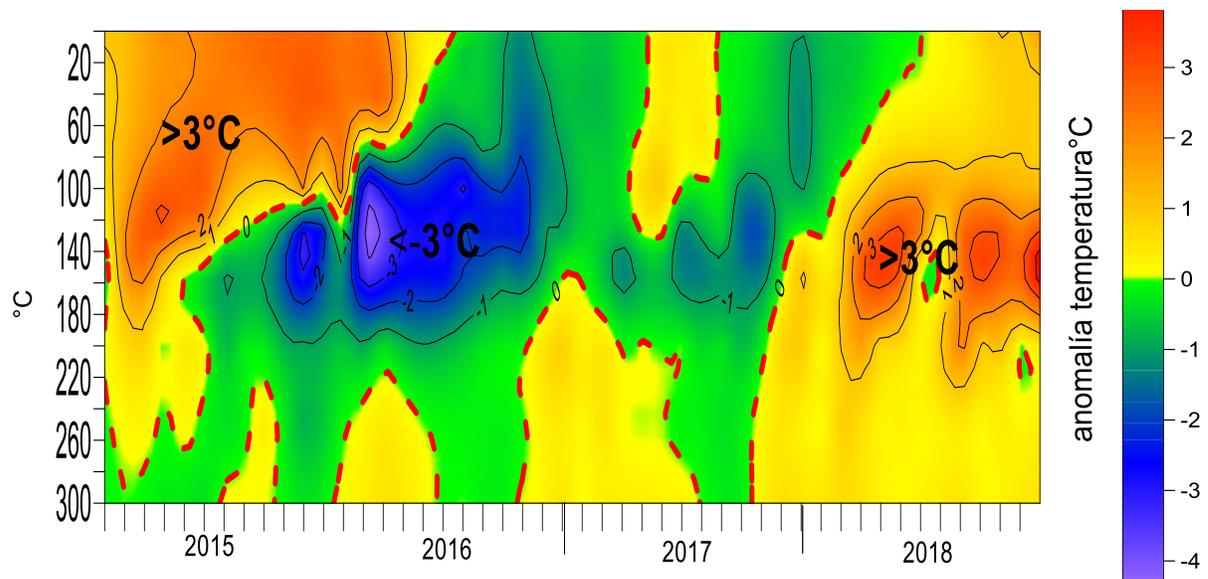


Figura 29: Sección tiempo de anomalías de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 170°W (elaboración propia)

La sección tiempo mensual de anomalías de temperatura subsuperficial de la boya 140°W se muestra en la figura 30, observándose en cada año:

2015: Durante este periodo se observan valores positivos en toda la columna desde mediados de enero y alcanzo los 160 m de profundidad, alcanzando anomalías por encima de $+6^{\circ}\text{C}$ a 120 m durante el primer semestre del año. Esto corrobora el avance de la Onda Kelvin observada en la boya anterior.

2016: durante este periodo, enero y febrero muestran anomalías positivas hasta los 60 m, lo que indico el paso de la piscina de agua caliente. Luego del paso de la piscina impulsada por ondas kelvin, se observaron anomalías negativas durante todo el año con valores por debajo de -3°C .

2017: Este periodo mantiene las anomalías negativas en todo el año con valores mínimos de -2.8°C a 100 m durante el mes de noviembre; asimismo, durante el mes de mayo se observa anomalías positivas en toda la columna.

2018: Las anomalías presentan valores positivos por encima de los 3°C durante los primeros meses.

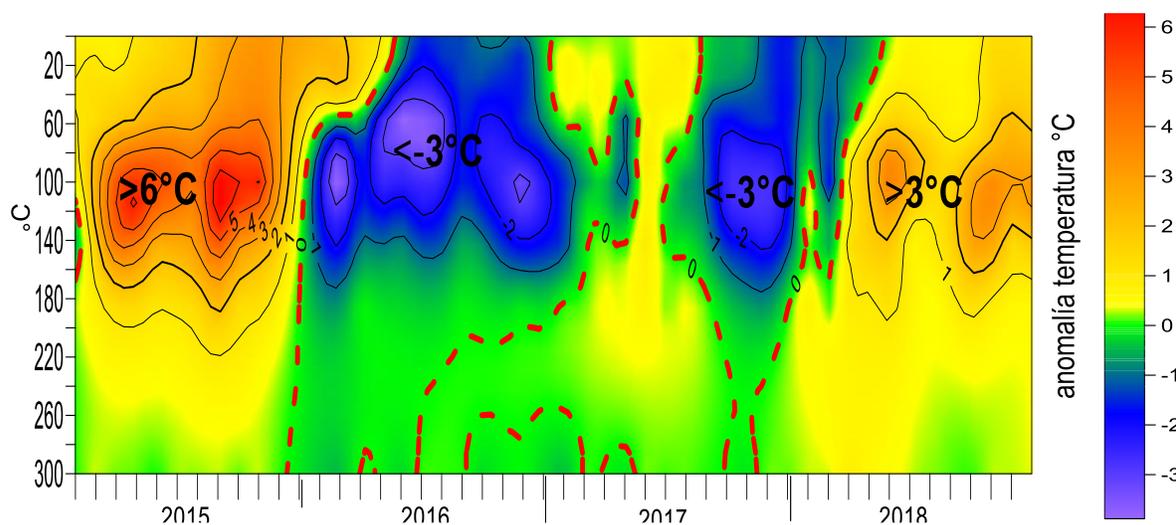


Figura 30: Sección tiempo de anomalía de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 140°W (elaboración propia)

La sección tiempo mensual de anomalías de temperatura subsuperficial de la boya 110°W se muestra en la figura 31, lo que se describe a continuación por cada año:

2015: A partir de febrero, se muestran valores positivos en toda la columna, con valores por encima de los $+6^{\circ}\text{C}$ en abril y mayo a 60 m de profundidad, corroborando el avance de la Onda Kelvin y un fortalecimiento de la EUC.

2016: durante los primeros tres meses del año, se observan anomalías positivas por encima de $+5^{\circ}\text{C}$, posteriormente las anomalías cambian a negativas durante el resto del año con valores mínimos de -3.45°C a 45m en el mes de abril.

2017: se mantiene las anomalías negativas en todo el año con valores mínimos de -3.8°C a 45 m en el mes de noviembre.

2018: las anomalías al inicio del año se encuentran negativas, volviéndose positivas hasta alcanzar valores de $+3.20^{\circ}\text{C}$ a 45 m.

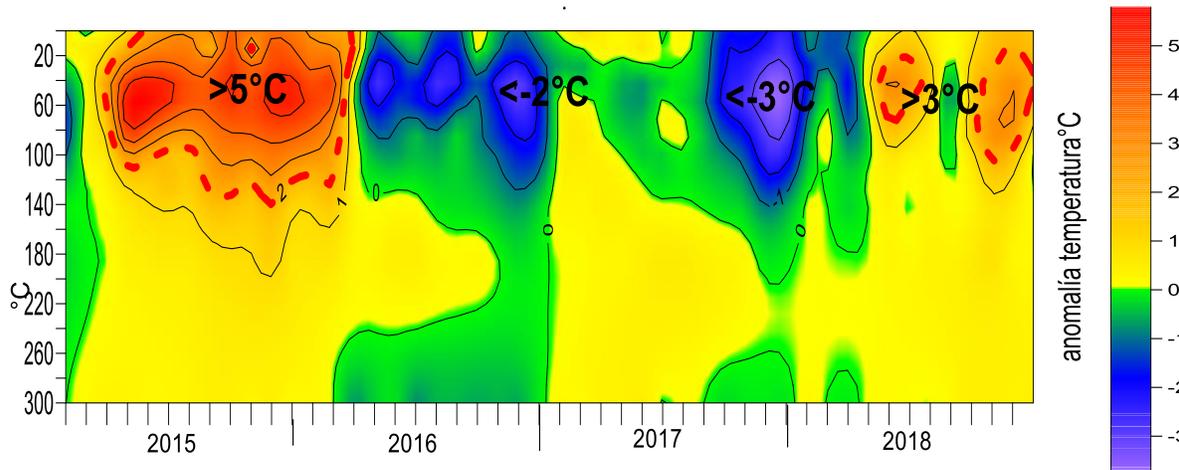


Figura 31: Sección tiempo de anomalía de temperatura subsuperficial 2015-2018 boya 110°W (elaboración propia)

La figura 32 muestra la serie de tiempo mensual de la anomalía de temperatura para cada boya a la profundidad de velocidad máxima del núcleo de la EUC, en donde se visualiza anomalías positivas por encima de los $+4^{\circ}\text{C}$ en las boyas $0^{\circ}\text{N}140^{\circ}\text{W}$ y la $0^{\circ}\text{N}110^{\circ}\text{W}$ durante el primer semestre del 2015, posteriormente ocurre un evento La Niña en donde se muestran anomalías negativas durante 2016 y 2017 en las 3 boyas, y para el 2018 se observa un incremento en la anomalía de temperatura por debajo de lo registrado durante el Niño del 2015 indicando una normalización de la temperatura.

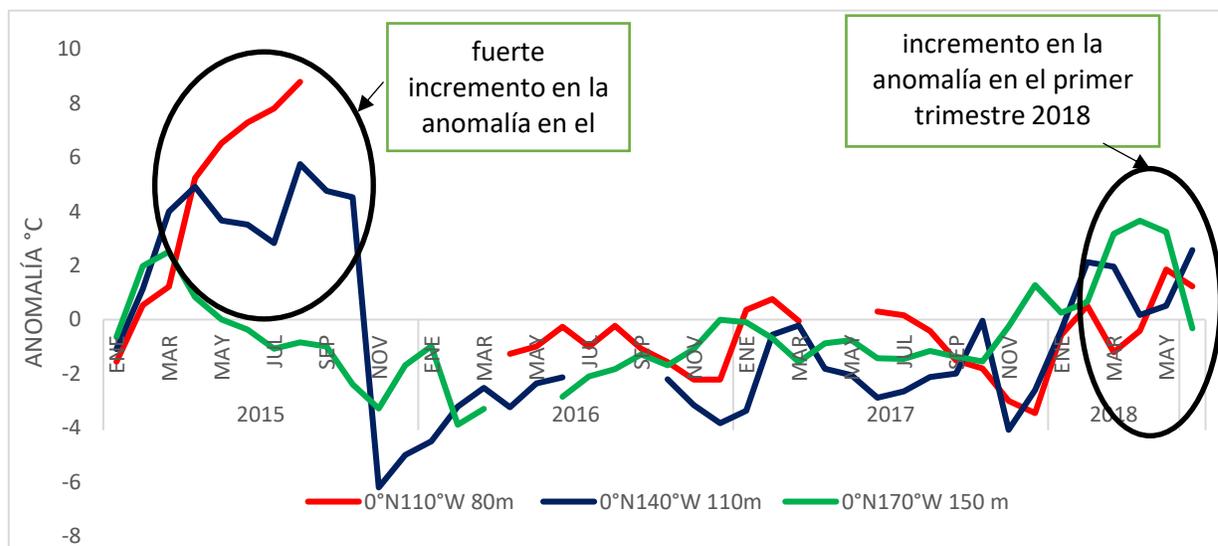


Figura 32: Serie de tiempo de anomalía de temperatura a la profundidad máxima del núcleo de la corriente en las boyas 170°W , 140°W y 110°W (elaboración propia)

A nivel superficial el análisis de la temperatura permitió identificar la presencia de Ondas Kelvin las cuales tendrían un efecto sobre la velocidad de la EUC a través de movimientos de advección (Roundy y Kiladis., 2006). Lo que indicaría que cuando la Onda Kelvin avanza hacia Perú, la velocidad de la EUC se intensifica.

4.2.5. Salinidad (UPS).

La figura 33 indica que, desde la superficie hasta los 120 m de profundidad en los 170°W, predominaron las salinidades superiores a 35.10 UPS durante gran parte del periodo de estudio, con núcleos superiores a 35.30 UPS a nivel subsuperficial, a excepción del periodo abril 2015 – abril 2016 donde se observaron salinidades menores a 34.80, relacionadas a las Aguas Ecuatoriales Superficiales.

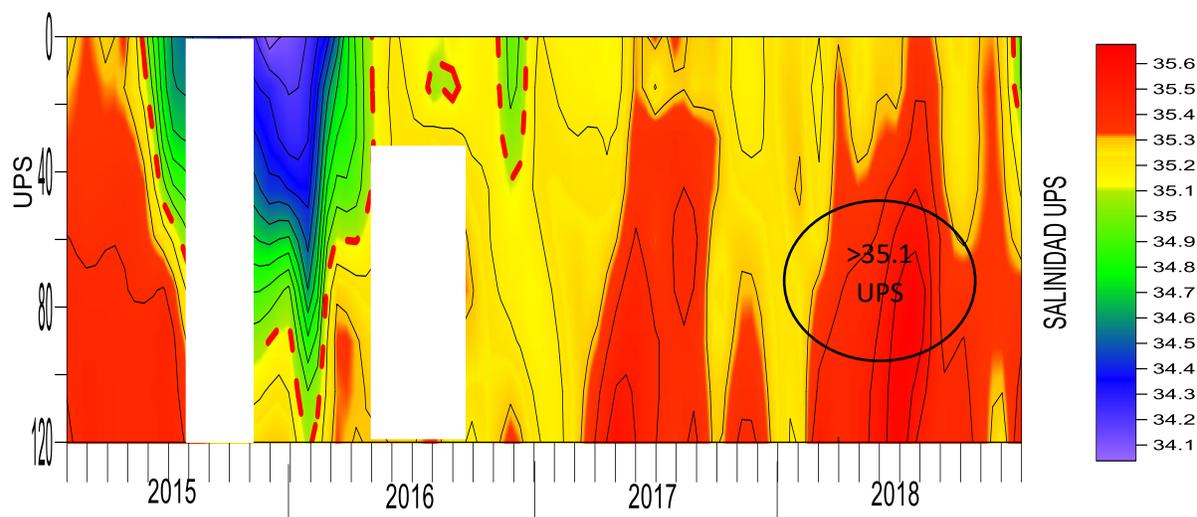


Figura 33: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 170°W (elaboración propia)

En la figura 34 indica que, desde la superficie hasta los 120 m de profundidad en los 140°W, que predominan las salinidades superiores a 35.1 UPS en casi toda la columna de agua; con excepción de los últimos meses del 2015 y 2016, donde se observan salinidades por debajo de las 34.8 UPS.

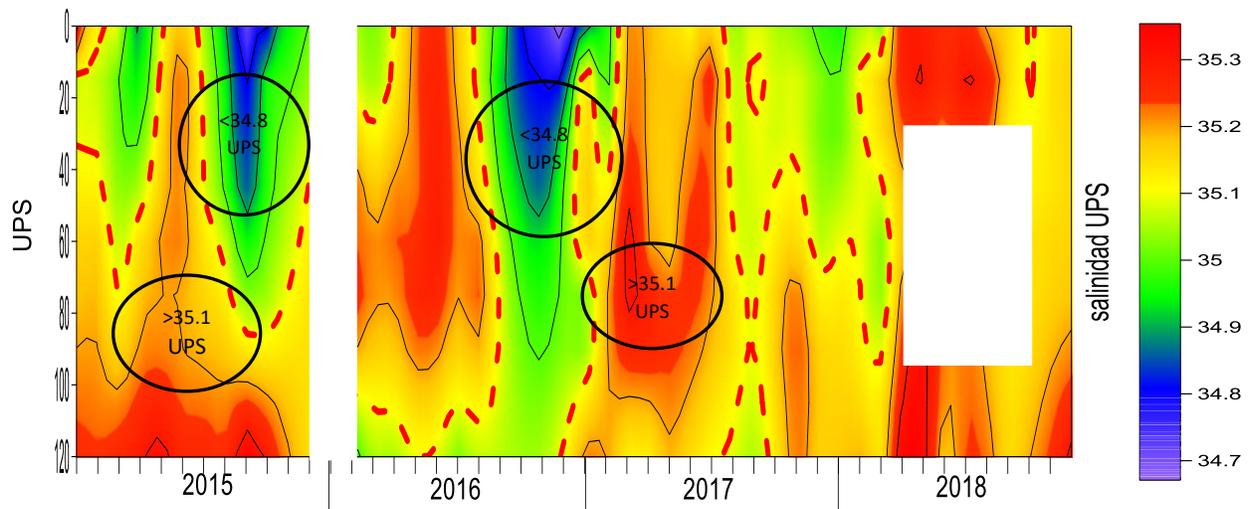


Figura 34: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 140°W (elaboración propia)

La sección tiempo de salinidad en los 110°W desde la superficie hasta los 120 m de profundidad es mostrada en la figura 35, observándose valores inferiores en salinidad que las 2 secciones anteriores ubicadas al oeste de este punto. Se observan núcleos halinos superiores a 35.10 UPS que coinciden con la presencia de la EUC, característica muy similar a la observada frente a Perú (Zuta y Guillen 1970, Icochea et al 1988) durante todo el periodo. Entre mayo 2015 y mayo 2016 se observaron hasta los 60 m aguas con valores de salinidad inferiores a los 34.5 (AES).

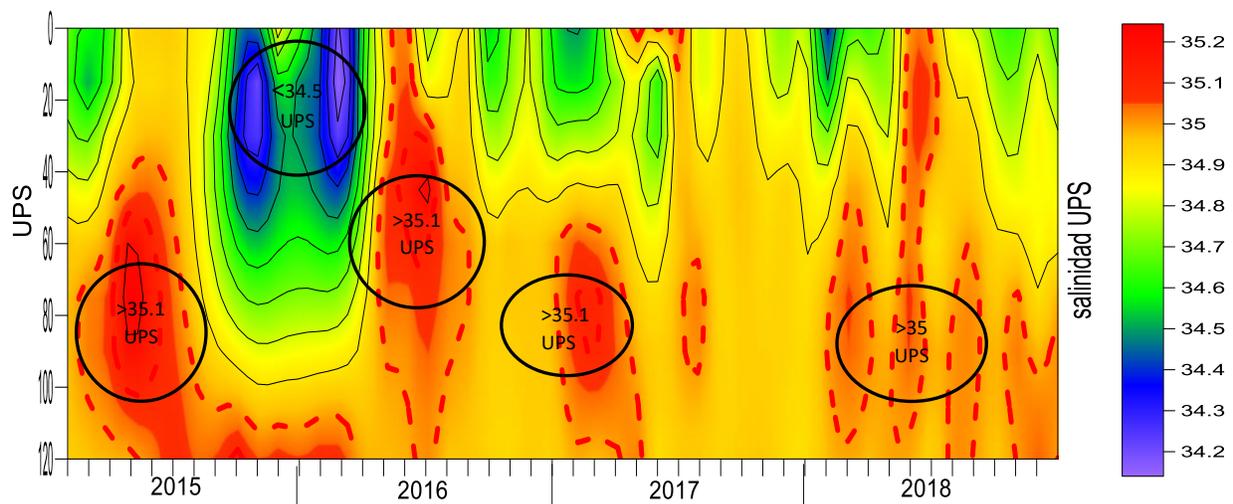


Figura 35: Sección de salinidad (UPS) 2015-2018 boya 110°W (elaboración propia)

4.2.6. Altura dinámica (cm).

La figura 36-A indica que, Durante el año 2015, se encontraron los valores más altos, por encima de los 130 cm entre los 110°W y 170°W, lo que corrobora el avance de la piscina de agua caliente hacia el Este. El 2016, se observa una disminución de la altura dinámica en todo el periodo con valores por debajo de los 110 cm. El 2017 se muestra un leve incremento con respecto al 2016, pero manteniéndose por debajo de lo observado el 2015 con valores de 115 cm, y para el 2018 la altura dinámica se incrementa por encima de lo observado en el 2016 y 2017 pero menor al 2015 con valores entre 125 a 110 cm.

En la figura 36-B se observa anomalías positivas para todo el 2015 y enero del 2016 con valores por encima de +20 cm, en las tres boyas, lo que explica el avance de Ondas Kelvin hacia el Este del Pacífico, lo que estaría relacionado al Evento El Niño 2015-16. El año 2016, durante el mes de enero se mantienen anomalías positivas y a partir de febrero se presentaron anomalías negativas durante todo el año, con valores por debajo de los -10 cm, esta disminución es debido al retroceso de la piscina de agua caliente u Onda Kelvin provocada por la fase fría de El Niño 2015-16, calificada como La Niña. Para el año 2017 se observa incrementos leves durante el año, a diferencia del 2016, asimismo a partir del mes de setiembre se observa una mayor disminución en las anomalías en las boyas 140°W y 110°W, llegando a coincidir con las anomalías observadas durante el año 2016 de -10 cm; y a partir de enero del 2018, las anomalías empiezan a incrementarse por encima de su climatología observando valores positivos durante el resto de meses con valores de +4 cm. Este incremento positivo progresivo en las anomalías de altura dinámica el 2018, no se observó durante los años 2016 ni 2017, siendo similar al 2015 pero en menor intensidad.

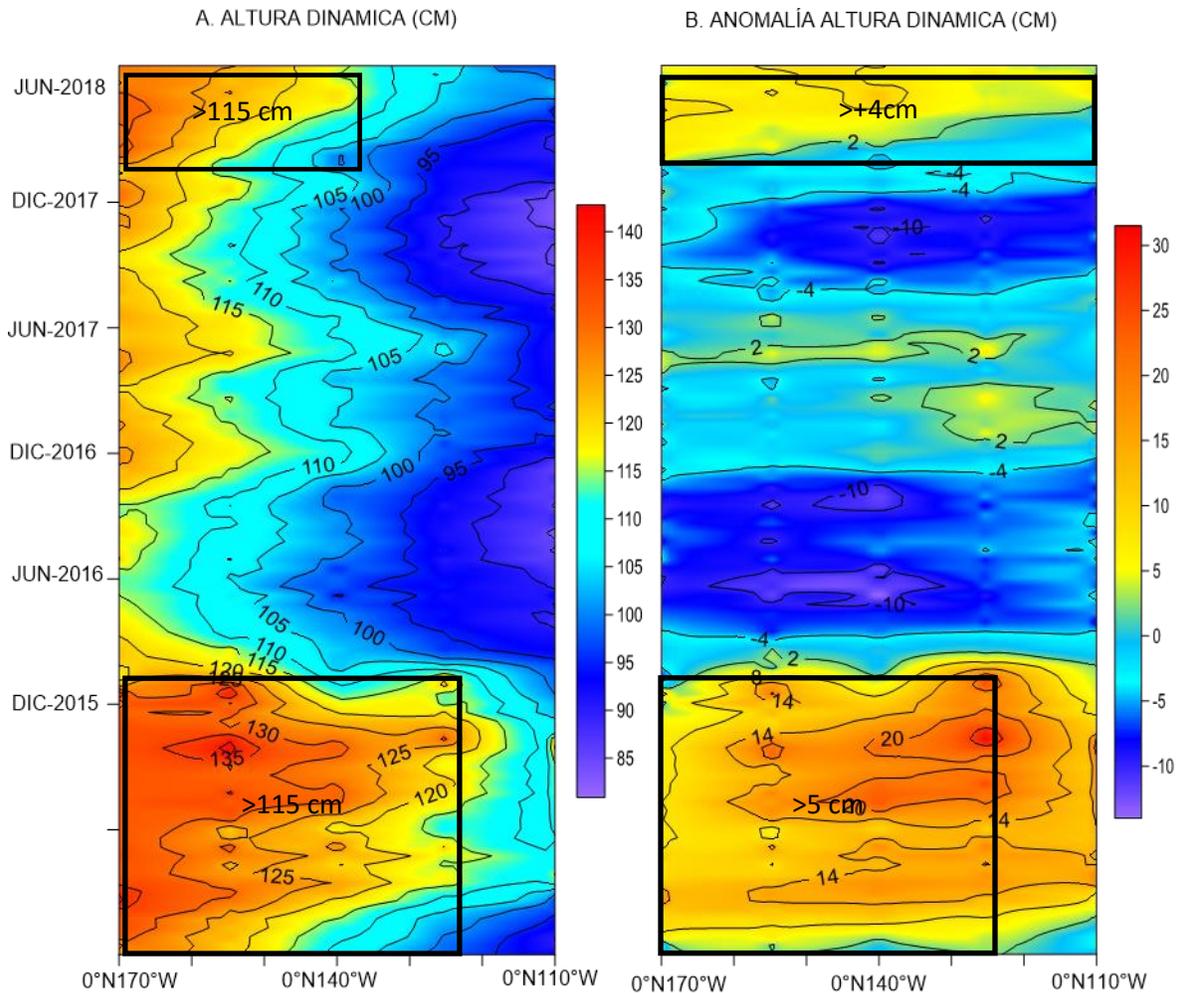


Figura 36: Diagrama longitud-tiempo de altura dinámica (A) y anomalía de altura dinámica (B) 2015-2018

4.2.7. Isoterma de 20°C.

La figura 37-A y B, muestra la profundización de la isoterma de 20°C (m) y su anomalía en las 3 boyas de estudio, durante el 2015 la isoterma de 20°C se profundizó, más de 35 m, lo que estaría relacionado al desplazamiento de la piscina de agua caliente hacia el Este, provocadas por las Ondas Kelvin. Para el 2016 la isoterma de 20 C se hizo más superficial, coincidente con la fase fría de El Nino. El 2017 la isoterma de 20°C se mantiene cercana a su climatología en los 170°W y 140°W, a diferencia de los 110°W la cual se hace más superficial; El 2018, se observa nuevamente una profundización de la isoterma, lo que coincidió con el incremento en la altura dinámica, similar a lo ocurrido el 2015 pero en menor intensidad.

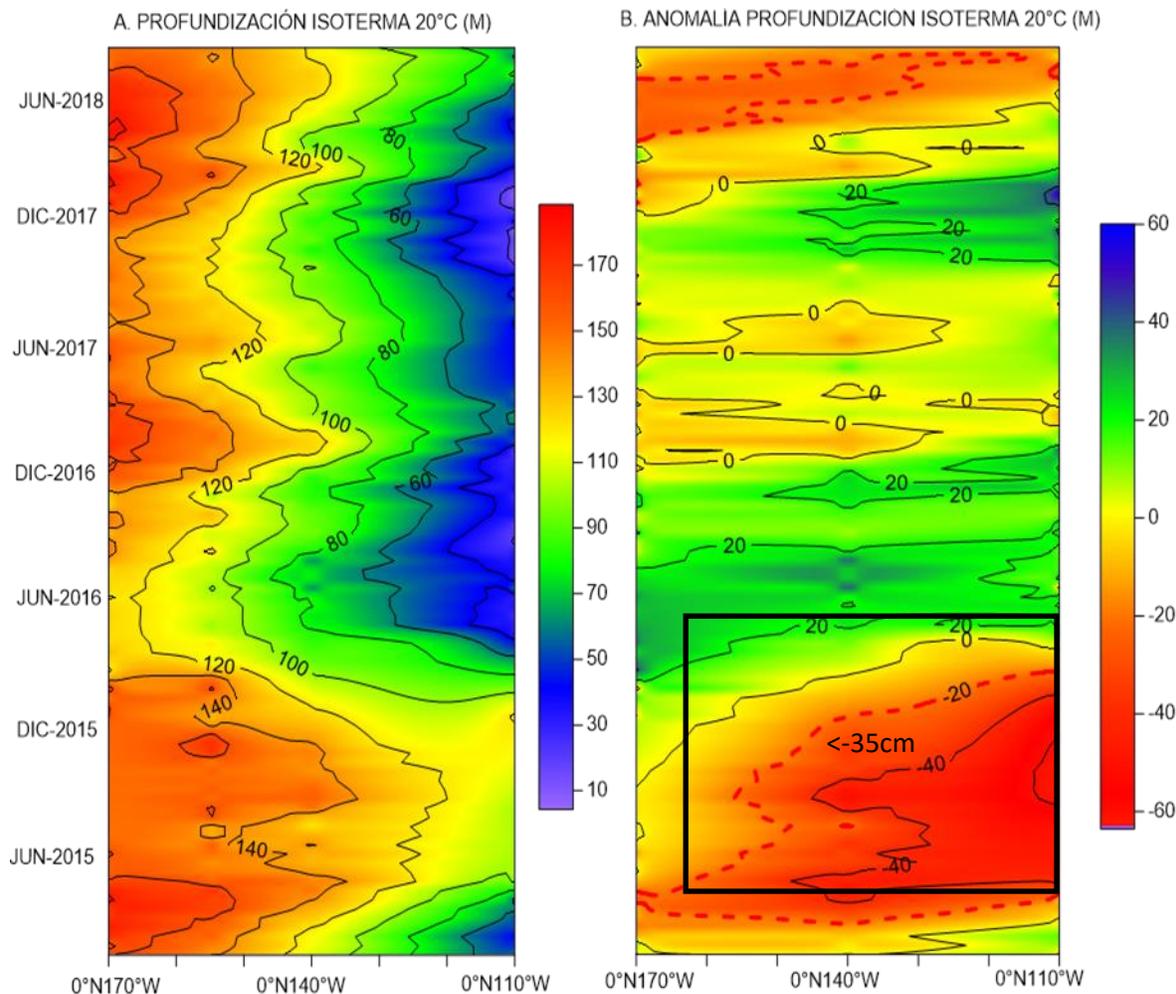


Figura 37: Diagrama longitud-tiempo de la profundización de la isoterma 20°C (A) y su anomalía (B) 2015-2018 (elaboración propia)

En resumen, se observa la presencia de la EUC durante el periodo analizado, durante el año 2015 la EUC estuvo muy intensa, cómo se observó con la velocidad zonal y su anomalía, los cuales alcanzaron valores por encima de los 200 cm/s y +54cm/s, anomalías de temperatura subsuperficial positivas, núcleos halinos entre 34.8 a 35.1 UPS, isoterma de 20 C profunda, y el incremento de la altura dinámica. a diferencia de los años 2016 y 2017 donde la EUC estuvo débil con valores en la velocidad cercanos a 0 cm/s y anomalías negativas en la mayoría de los meses, anomalía de temperatura subsuperficial negativa, isoterma de 20°C más superficial y disminución de la altura dinámica.

4.3. Relación Entre los Cambios de la CPUE de Pota y las Variaciones en la EUC

Se obtuvo los datos promedio mensuales para la CPUE y la velocidad zonal de la corriente (cm/s) y la anomalía de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el núcleo; salinidad (UPS), altura dinámica (cm) y profundización de la isoterma de 20°C (m) en los 170°W , 140°W y 110°W , respectivamente. Los datos promedio se muestran en los anexos 7, 8 y 9. Posteriormente se procedió a realizar los análisis estadísticos correlacionando la CPUE con cada variable.

4.3.1. Velocidad zonal y CPUE de pota.

4.3.1.1. Serie de tiempo.

En la figura 38 (a, b y c), se muestran las series de tiempo mensuales entre la velocidad zonal promedio de la EUC en sus respectivos núcleos en los 170°W , 140°W y 110°W y la variación de la CPUE de pota durante el periodo analizado. Las líneas punteadas indican el promedio del periodo analizado.

En la figura 38-a se observó una tendencia opuesta entre las variaciones de la velocidad promedio en el núcleo en los 170°W y la CPUE, respectivamente, durante el 2015. Esto es, cuando la velocidad de la corriente disminuye, la CPUE que tuvo valores por encima de las 10 t/viaje, se incrementó. Asimismo, el 2016, 2017 y 2018 no es tan clara la relación entre las variables.

En la figura 38-b tanto la velocidad en los 140°W como la CPUE de Pota, presentaron una tendencia similar durante el 2015, se muestra el incremento en ambas variables con valores por encima de los 65 cm/s y 10 t/viaje; para fines de ese año e inicios del 2016 se muestra la disminución de la CPUE e incremento de la velocidad de corriente, la cual se mantuvo durante todo 2016 y 2017. El 2018 se observa el incremento en la CPUE.

En la figura 38-c se observa una tendencia similar entre la variación de la velocidad de la EUC en su núcleo en los 110°W y la variación de la CPUE de Pota. Durante el 2015, la velocidad alcanza su máximo en abril con un valor de 160.47 cm/s y la CPUE máxima se obtuvo el mismo mes con 13.60 t/viaje. Durante todo el 2015 los valores de la velocidad zonal y la CPUE se mantuvieron por encima de los 100 cm/s y las 10 t/viaje. El 2016, durante enero y parte de febrero, se observaron valores superiores a los 100 cm/s y las 10 t/viaje, para posteriormente

disminuir a velocidades cercanas a los 80 cm/s y la CPUE a valores inferiores a las 5 t/viaje. El 2017 se observó un incremento leve en la velocidad y en la CPUE, alcanzando sus máximos valores promedio durante los meses de mayo y junio. A fines del 2017, se observó la desaparición del recurso en el área de estudio; coincidiendo con los valores más bajos registrados en la velocidad de la EUC durante el mes de diciembre con 49.93 cm/s (siendo el valor promedio histórico de 81.57 cm/s), durante este periodo los valores tanto en la velocidad como en la CPUE estuvieron por debajo de los registrados en el año 2015, pero similares al 2016. El 2018 se observó un incremento en la velocidad de la EUC, asimismo la CPUE promedio también se incrementó con valores por encima de las 7 t/viaje, superando en promedio a los valores registrados durante el 2016 y 2017, pero por debajo de lo registrado durante el 2015, siguiendo una tendencia similar durante todo el periodo.

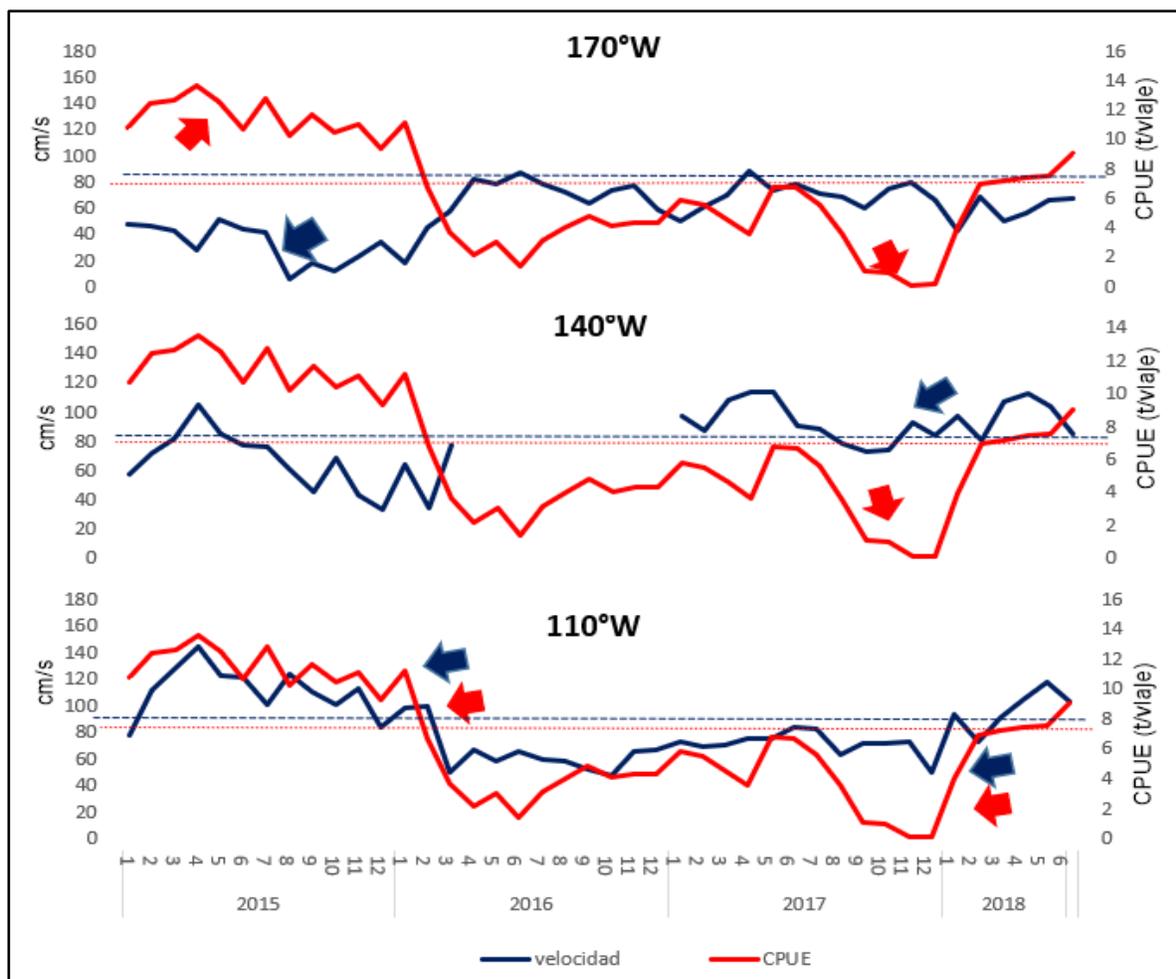


Figura 38: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) y velocidad de corriente en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018 (elaboración propia)

4.3.1.2. Regresión lineal simple.

Posteriormente se realizó una regresión lineal simple entre ambas variables, como se observa en la figura 39 (a, b y c), donde la variable independiente se representó por la velocidad promedio mensual de la EUC, y la variable dependiente por la CPUE promedio mensual; las figuras muestran la recta de regresión lineal así como el coeficiente de determinación (R^2) el cual fue de 54.78% en los 170°W, 13.76% en los 140°W y 77.13% en los 110°W, respectivamente, la relación con la boya 170°W y 140°W es negativa por lo que no tendrían una dependencia o relación con la CPUE, asimismo se realizó el análisis de ANOVA (análisis de varianza) en donde las 170°W y 110°W presentaron una relación altamente significativa (p-value < 0.01) a diferencia de la 140°W, la cual no presentó una relación significativa (p-value > 0.05). La velocidad promedio mensual de la EUC en los 110°W es la que presentó la mayor significancia con la CPUE promedio de pota, asimismo, es la única que presenta una relación directa con respecto a las otras posiciones; esto es, a mayor velocidad de la corriente, mayor CPUE y viceversa. El anexo 22 muestra el diagrama de dispersión entre la velocidad promedio en el núcleo contra la CPUE de pota para los lags 1, 2 y 3.

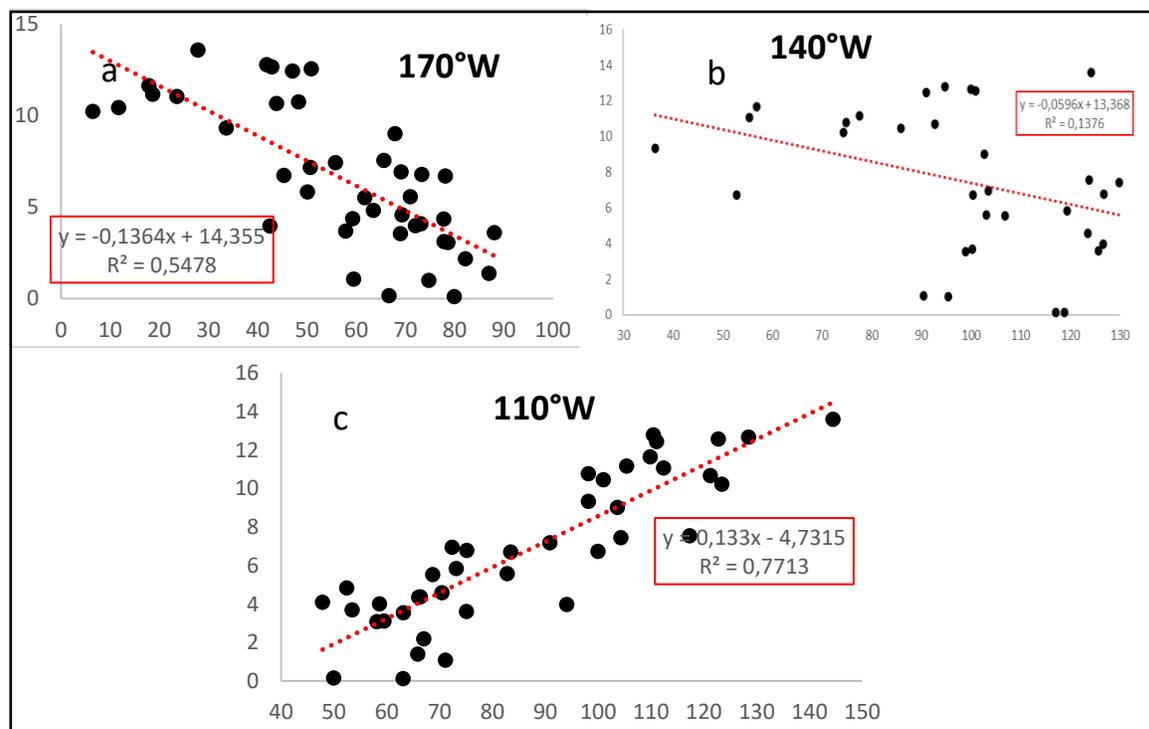


Figura 39: Regresión lineal entre la velocidad promedio en el núcleo (cm/s) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de Pota (elaboración propia)

4.3.1.3. Análisis de correlación cruzada.

Posteriormente se procedió a realizar la correlación cruzada, para lo cual se aplicó la prueba estadística de Dickey Fuller aumentada de raíces unitarias (anexo 11) con el fin de comprobar de que las series son estacionarias, la cual es uno de los supuestos a cumplir para realizar la correlación cruzada. Los resultados mostraron un p-value mayor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y las series son “no estacionarias”. Debido a que las series fueron “no estacionarias” se procedió a demostrar que entre ellas existe una relación lineal que si es estacionaria es decir que ambas series estén cointegradas, esto con el fin de evitar en obtener resultados espurios sin sentido (Granger., 1981); para lo cual se obtuvo los residuales del modelo de regresión que vienen a ser las diferencias entre los valores de la variable dependiente observados y los valores que predcimos a partir de nuestra recta de regresión, las cuales deben cumplir el supuesto de estacionariedad, realizando la prueba estadística de Dickey Fuller Aumentada de raíces unitarias para los residuales (anexo 12) obtuvimos un p-value menor a 0.05 para los residuales de la velocidad en las tres boyas y la CPUE de pota, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que los residuales de la regresión son estacionarios; por consiguiente, las series estuvieron cointegradas y presentaron una relación estable en el largo plazo, por lo que se pudo utilizar las series de tiempo sin necesidad de transformar los datos para volverlos estacionarios. Se realizó el análisis correlación cruzada entre la velocidad promedio de la EUC en los 170°W, 140°W y 110°W con la CPUE promedio; ambas expresadas en meses, y con un desfase en el tiempo (lags) como se observa en las figuras 39 (a, b y c); asimismo la tabla 12 muestra los coeficientes de correlación R y determinación R² obtenidos con su respectivo nivel de significancia para cada lags (-3 a 3 lags).

Tabla 12: Coeficientes de correlación y determinación de la velocidad vs CPUE con lags de tiempo por meses (3)

lag	170°W			140°W			110°W		
	R	R2	SIG	R	R2	SIG	R	R2	SIG
0	-0.74	0.55	**	-0.39	0.16	NS	0.88	0.77	**
1	-0.68	0.47	**	-0.42	0.18	NS	0.84	0.71	**
2	-0.57	0.33	*	-0.54	0.29	NS	0.73	0.53	**
3	-0.49	0.24	NS	-0.60	0.36	NS	0.62	0.38	**

En la figura 40-a observamos que a partir del lag 0 hasta 3, se obtiene una relación inversa altamente significativa ($p\text{-value} < 0.01$); es decir, mientras la velocidad en el núcleo en los 170°W incrementa, la CPUE de pota frente al norte del Perú disminuye en un lapso de 0 a 3 meses; asimismo, con lags 0 y 1 se obtuvieron los mejores coeficientes de correlación de -0.74 y -0.72 y un coeficiente de determinación de 0.55 y 0.54 respectivamente indicando que los cambios que ocurran en la CPUE de pota estarían explicadas en un 55 y 54% por la velocidad de corriente en los 170°W . en la figura 40-b se muestra una relación inversa, siendo los lags 2 y 3 los que presentaron una mayor correlación con un R de -0.54 y -0.60 y un R^2 de 0.29 y 0.36 y respectivamente, esto indicaría que mientras la velocidad en el núcleo en los $0^{\circ}\text{N}140^{\circ}\text{W}$ incrementa, 2 a 3 meses después, la CPUE de pota frente al norte del Perú disminuye, asimismo se debe considerar que el nivel de significancia entre las variables es no significativo. En la figura 40-c se muestra la correlación entre la velocidad en los 110°W con la CPUE de pota, en donde observamos que con un lag 0 se obtuvo un R de +0.88 y un R^2 de 0.77, lo cual indica una relación altamente significativa e directa, es decir, que un incremento en la velocidad del núcleo de la EUC en la boya 110°W genera un incremento sobre la CPUE de pota en ese mismo mes, y ese efecto esta explicado en un 77% por la velocidad de corriente; por el contrario, la disminución de la velocidad de la EUC generaría una disminución en la CPUE, lo que indicaría una dispersión o desaparición del recurso; con lags positivos 1 y 2, el R fue de +0.84 y +0.73 y el R^2 de 0.71 y 0.53, los cuales siguen siendo altamente significativos, e indican que el incremento en la velocidad de la EUC en la boya $0^{\circ}\text{N}110^{\circ}\text{W}$ generaría un incremento en la CPUE (tn/viaje) de uno a dos meses la cual es explicada en un 73 y 53% por la velocidad. Con lags mayores a +3 la significancia es baja o nula.

En Los 170°W y 140°W se obtuvo una relación inversa a diferencia de la boya 110°W donde la relación fue directa y significativa, esto indicaría que los cambios de velocidad que ocurren en esta posición tendrían un impacto en la CPUE de diferentes recursos pesqueros, incluido la pota, asimismo se debe considerar la intensidad y duración de esta, puesto que, si la velocidad alcanza valores por encima de su promedio por varios días, esta podría mostrarse en menor tiempo frente a la zona norte del Perú.

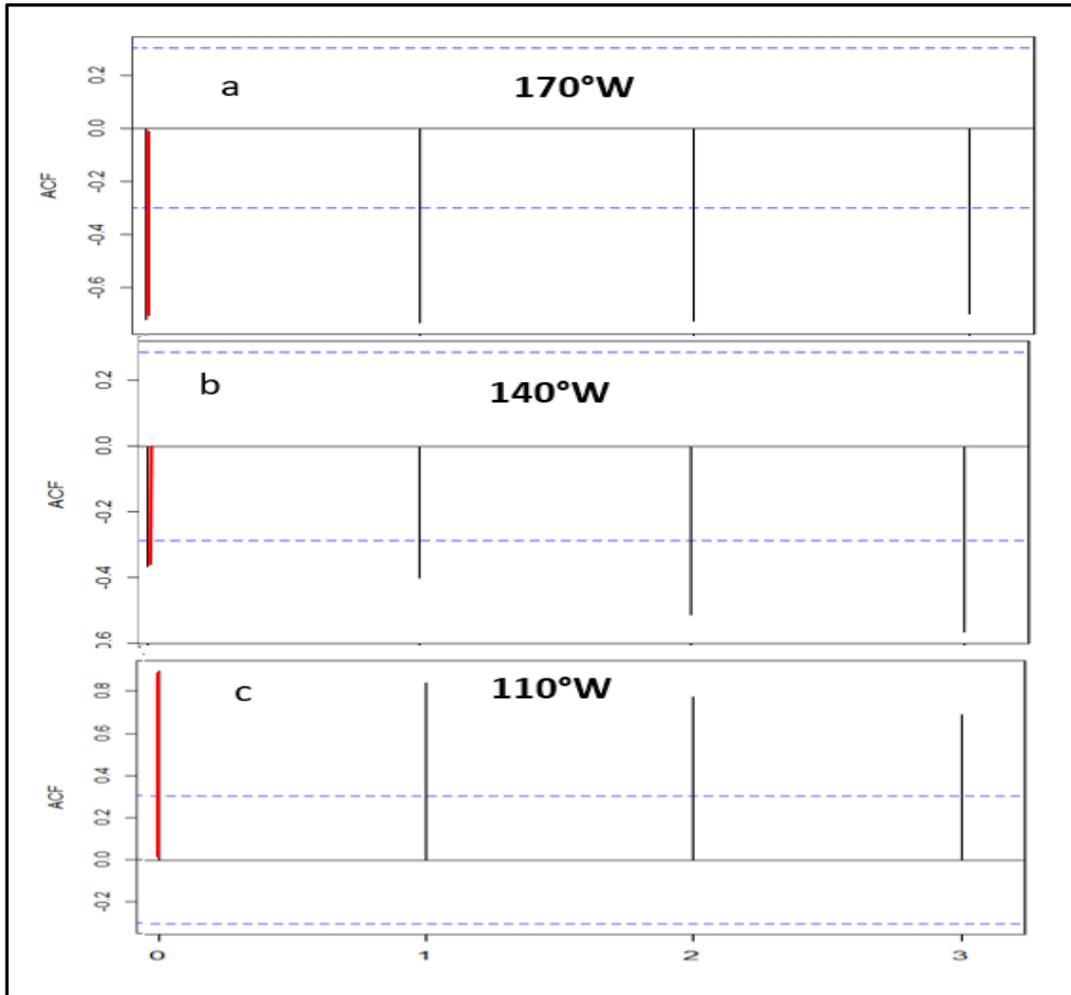


Figura 40: Correlación cruzada entre la velocidad zonal promedio con la CPUE de pota en los 0°N170°W (a), 0°N140°W(b) y 0°N110°W(c) (elaboración propia)

4.3.2. Anomalía de temperatura y CPUE de pota.

4.3.2.1. Serie de tiempo.

En la figura 41 (a, b y c), se muestran las series de tiempo mensuales entre la anomalía de temperatura promedio en el núcleo de la EUC (ATN) en los 170°W, 140°W y 110°W y la variación de la CPUE promedio de la pota durante el periodo analizado. Las líneas punteadas indican el promedio del periodo analizado. En figura 41-a y b se observó una tendencia similar entre las variaciones de la ATN en los 170°W e 140°W y la CPUE de pota, durante el 2015 cuando la ATN de la corriente incrementa, la CPUE estuvo por encima de los 10 t/viaje, incrementándose. Asimismo, el 2016, 2017 la ATN disminuye y la CPUE de pota disminuye por debajo de las 6 t/viaje.

En la figura 41-c también se observa una tendencia similar entre la variación de la ATN de la EUC en su núcleo en los 110°W y la variación de la CPUE de pota. Durante el 2015 la ATN alcanza su máximo en abril con un valor de +4.07°C y la CPUE máxima se obtuvo el mismo mes con 13.60 t/viaje. El 2016, durante enero y parte de febrero, se observaron valores de +3.24 y 3.68°C de ATN y 11.17 y 6.74 t/viaje de la CPUE, para posteriormente disminuir a anomalías de -0.21 y la CPUE a 3.69 t/viaje. El 2017 se observó un incremento leve en la ATN y en la CPUE para observar a fines de año, las anomalías y CPUE más bajas con -2.96°C y 1.15 t/viaje.

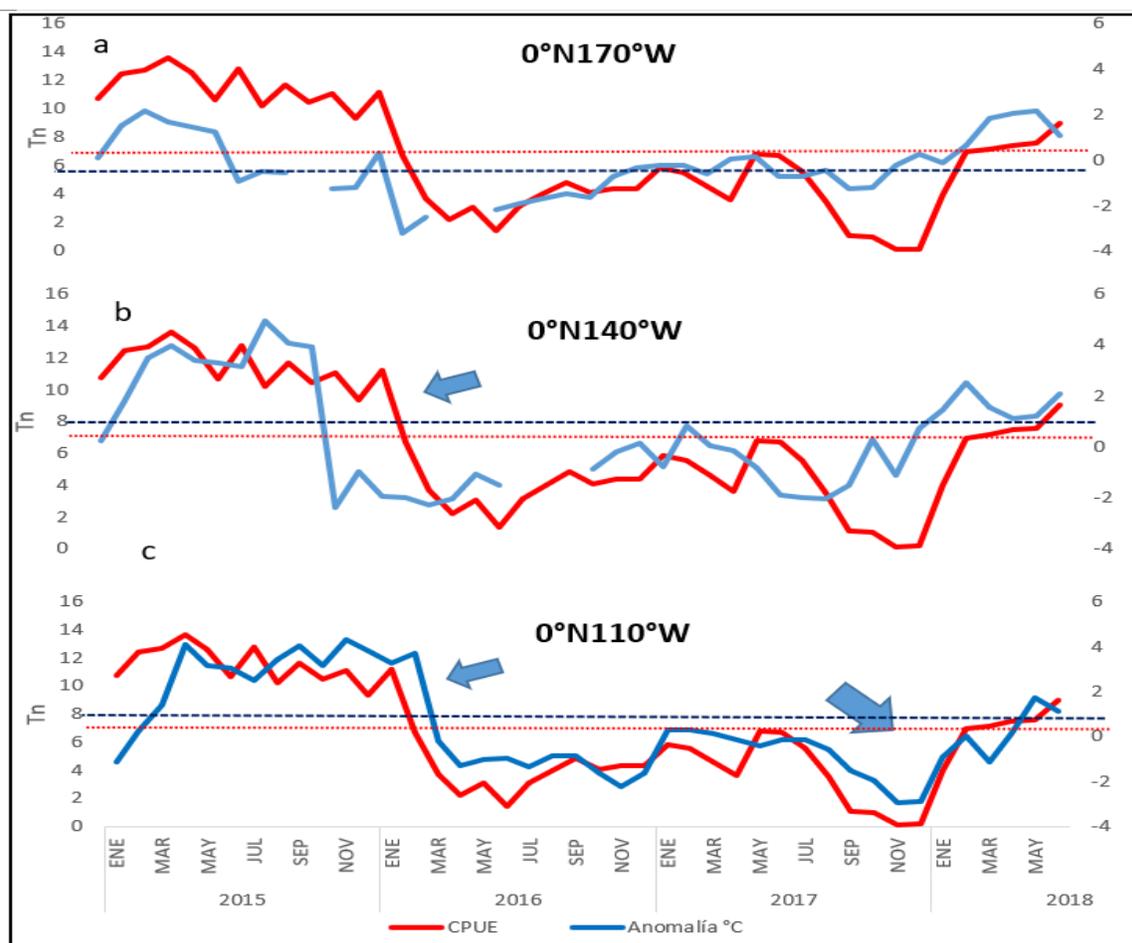


Figura 8: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) pota y la anomalía de temperatura (°C) en los 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018 (elaboración propia)

4.3.2.2. Regresión lineal simple.

Posteriormente se obtuvo la regresión lineal simple con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2), la figura 42 (a, b y c) muestran un R^2 de 24.2%, 45.8% y 65.3% respectivamente, siendo las boyas 0°N110°W y 0°N140°W las que tienen una relación directa

altamente significativa (p -value < 0.01), indicando un buen ajuste del modelo analizado, en los $0^{\circ}\text{N}170^{\circ}\text{W}$ el coeficiente de determinación fue de 24.2% lo cual indica una significancia baja. El anexo 23 muestra el diagrama de dispersión entre la anomalía de temperatura en el núcleo ($^{\circ}\text{C}$) en contra la CPUE (t/viaje) de pota. para los lags 1, 2 y 3.

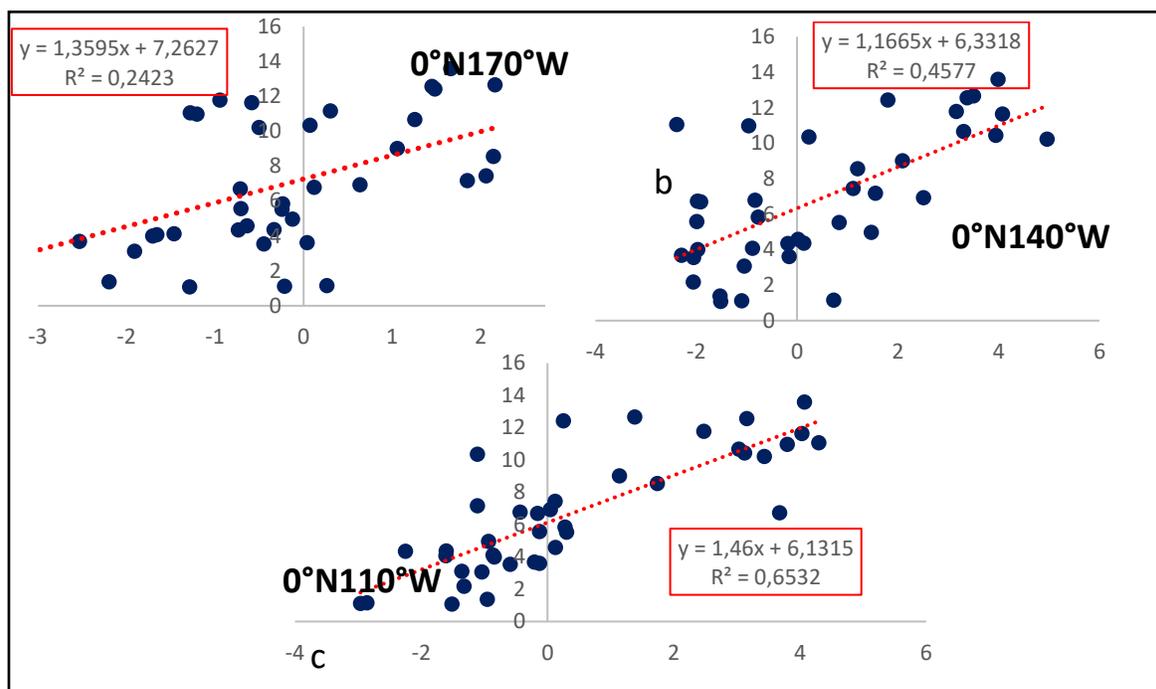


Figura 42: Regresión lineal simple entre la anomalía de temperatura en el núcleo ($^{\circ}\text{C}$) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de pota (elaboración propia)

4.3.2.3. Análisis de correlación cruzada

finalmente se realizó la correlación cruzada entre la ANT en las boyas de estudio con la CPUE de pota (figura 43), la tabla 13 muestra los coeficientes de correlación (R) y determinación (R^2) obtenidos con su respectivo nivel de significancia.

Tabla 13: Coeficientes de correlación y determinación de la anomalía de temperatura vs CPUE con lags de tiempo por meses (3)

lag	$0^{\circ}\text{N}170^{\circ}\text{W}$			$0^{\circ}\text{N}140^{\circ}\text{W}$			$0^{\circ}\text{N}110^{\circ}\text{W}$		
	R	R2	SIG	R	R2	SIG	R	R2	SIG
0	0.50	0.24	**	0.73	0.49	**	0.80	0.63	**
1	0.44	0.19	*	0.69	0.47	**	0.84	0.71	**
2	0.25	0.06	*	0.55	0.30	**	0.86	0.74	**
3	0.01	0.00	NS	0.44	0.20	*	0.82	0.67	*

La correlación entre la ATN en los 170°W y la CPUE de pota se muestra en la figura 43-a en donde con un lag 0 se obtuvo un R directa y significativo de 0.50 y un R^2 de 0.24 el cual indicaría un ajuste bueno modelo altamente significativo; con lags +2 el R es significativo y no significativo con 0.25 y 0.01 y un R^2 de 0.06 y 0.00 respectivamente. La figura 43-b muestra la correlación entre la ATN en los 140°W y la CPUE de pota, donde con un lag 0 el R fue directa y altamente significativo con 0.73 y el R^2 fue de 0.49 el cual sigue siendo un ajuste bajo del modelo; con un lag de +1 y +2 se obtuvo un R directos y significativos de 0.69 y 0.55 y un R^2 de 0.47 y 0.30 los cuales disminuyen el ajuste del modelo. Con respecto a la correlación entre la ATN en los 110°W y la CPUE de pota (figura 43-c), con un lag 0 el R fue directa y altamente significativo con 0.80 y un R^2 de 0.63 el cual indica un muy buen ajuste del modelo; con lags de +1 y +2 se obtuvieron R directos y altamente significativos de 0.84 y 0.86 y un R^2 de 0.71 y 0.74 los cuales son muy buenos para el modelo.

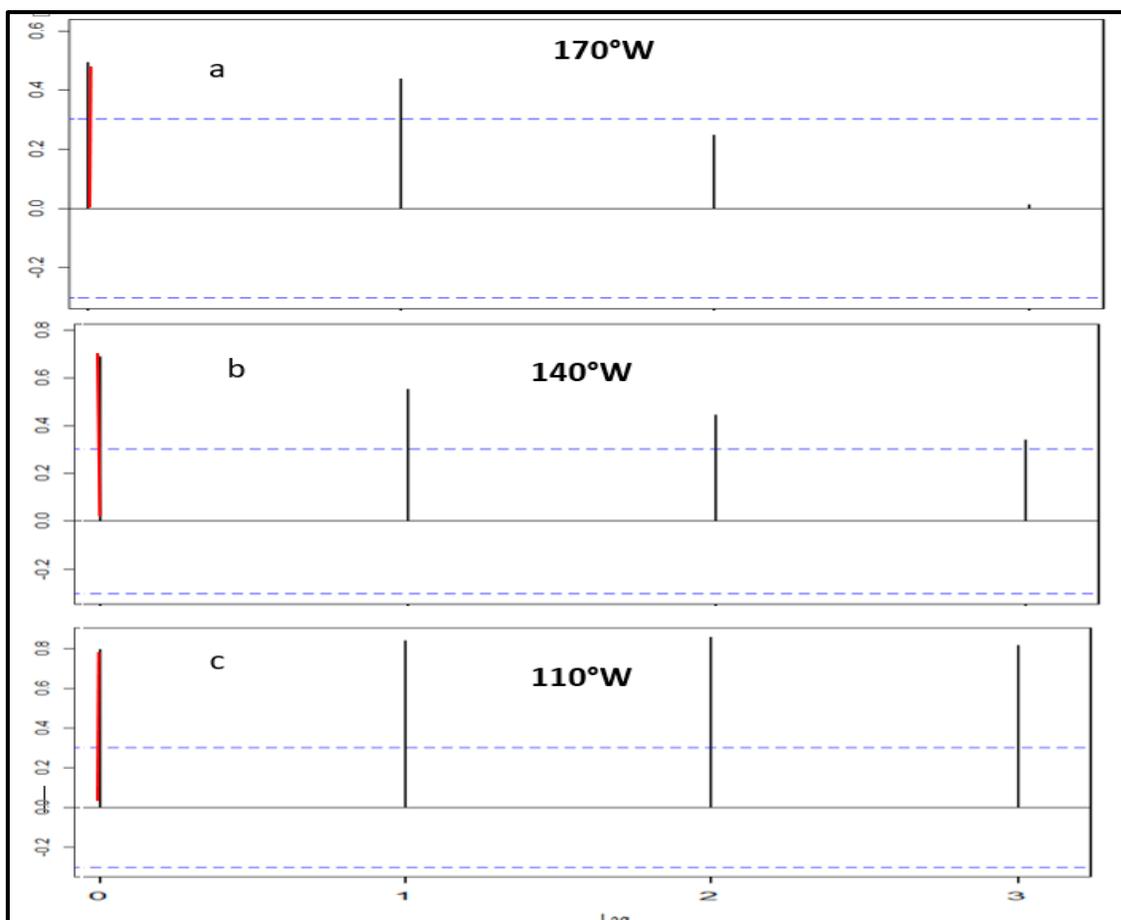


Figura 43: Correlación cruzada entre la anomalía promedio de temperatura en el núcleo y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c) (elaboración propia)

4.3.3. Salinidad (UPS) y CPUE pota.

4.3.3.1. Serie de tiempo.

En la figura 44 (a, b y c), se muestran las series de tiempo mensuales entre la salinidad promedio en los 170°W (120m), 140°W (120m) y 110°W (125m) y la variación de la CPUE de pota durante el periodo de estudio. Las líneas punteadas indican el promedio del periodo analizado.

En figura 44-a no se observó una tendencia similar entre las variaciones de la salinidad en los 0°N170°W y la CPUE de pota, la figura 44-b y c muestra una tendencia leve con periodos sin datos.

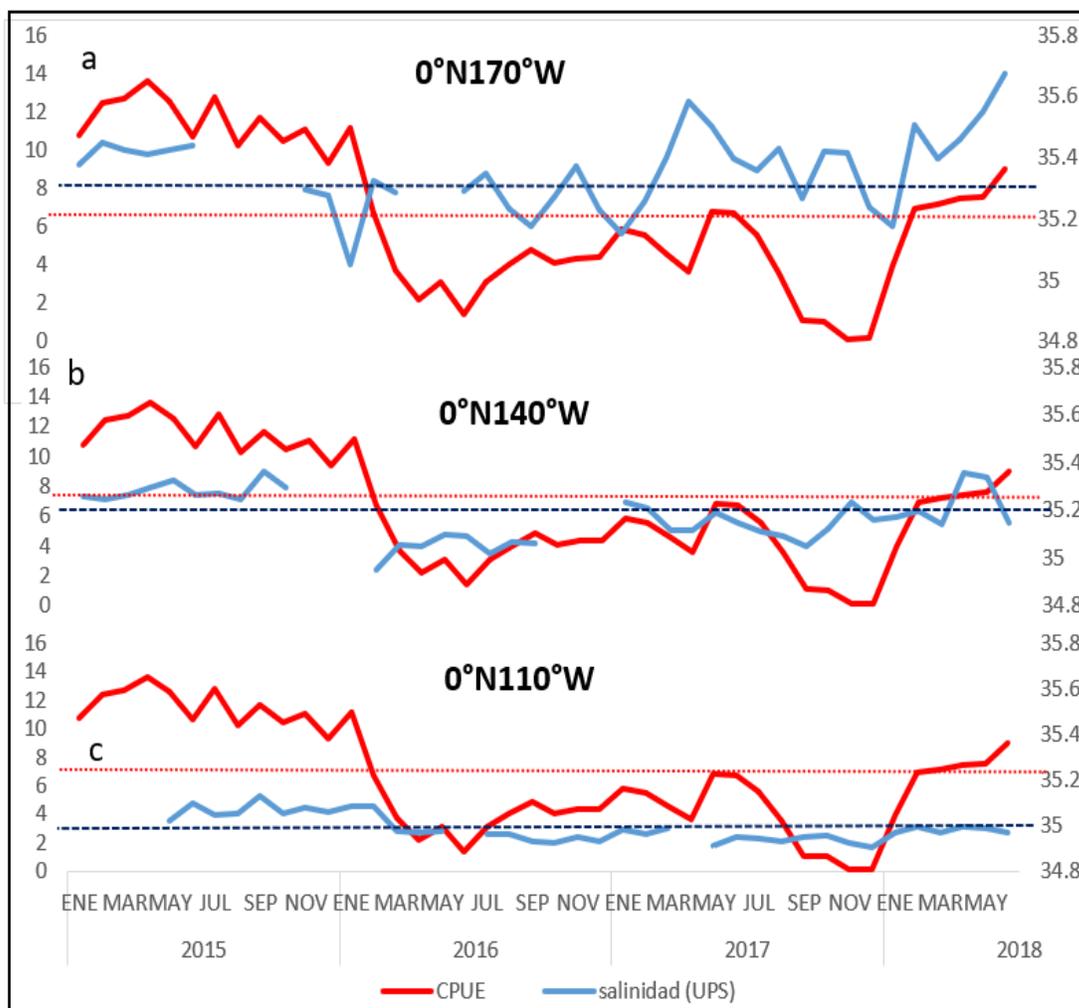


Figura 44: Serie de tiempo mensual de la CPUE promedio (t/viaje) y salinidad (UPS) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) en el núcleo, durante 2015-2018 (elaboración propia)

4.3.3.2. Regresión lineal simple.

Posteriormente se obtuvo la regresión lineal simple con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2) como se observa en la figura 45 (a, b y c) donde el R^2 obtenido fue de 12.66%, 50.23% y 59.92% respectivamente, siendo las boyas 140°W y la 110°W las que presentan un R^2 altamente significativo y guardan una buena relación entre las variables a diferencia de la boya 170°W donde no se encontró significancia, esto debido a que el núcleo halino se encuentra por debajo de los 150 m, por lo que a la profundidad analizada no habría la presencia de la EUC. El anexo 24 muestra el diagrama de dispersión entre la salinidad promedio (UPS) contra la CPUE de pota para lags 1, 2 y 3.

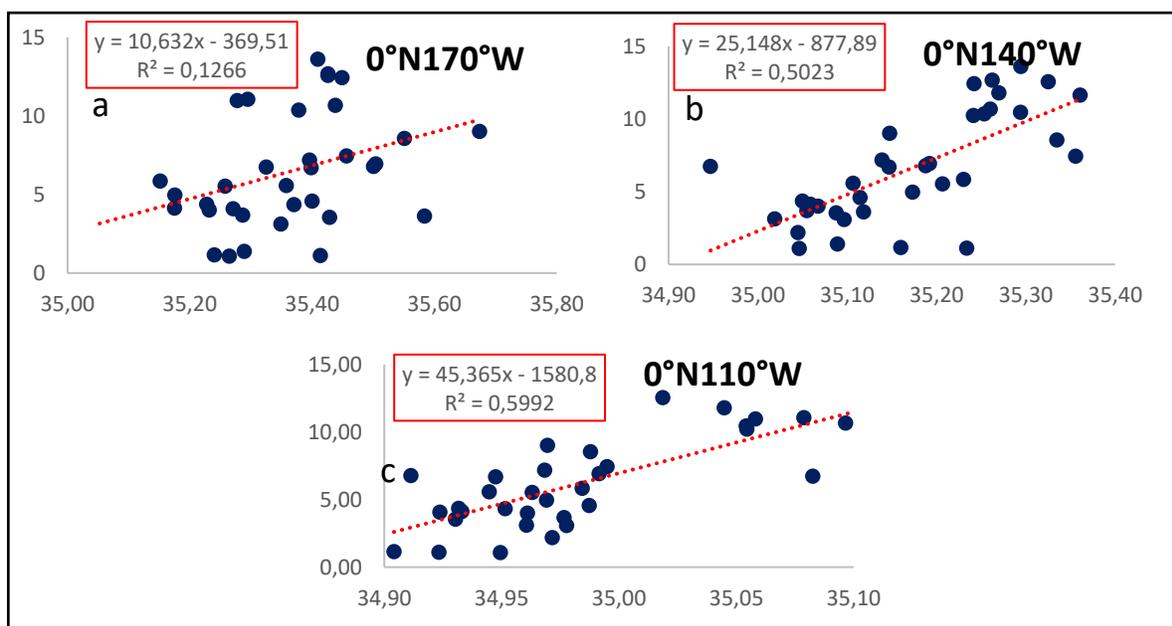


Figura 45: Regresión lineal simple entre la salinidad promedio (UPS) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE promedio (t/viaje) de pota (elaboración propia)

4.3.3.3. Análisis de correlación cruzada.

finalmente se realizó la correlación cruzada entre la salinidad promedio con la CPUE promedio de pota (figura 46), donde cada barra es un lags de tiempo de 1 mes siendo el lags 0 (barra roja) la correlación en el mismo momento, asimismo, la tabla 14 muestra los coeficientes de correlación (R) y determinación (R^2) obtenidos con su respectivo nivel de significancia.

Tabla 14: Coeficientes de correlación y determinación de la salinidad vs CPUE con lags de tiempo por meses (3)

lag	0°N170°W			0°N140°W			0°N110°W		
	R	R2	SIG	R	R2	SIG	R	R2	SIG
0	0.32	0.13	*	0.72	0.5	**	0.68	0.59	**
1	0.22	0.05	NS	0.66	0.44	*	0.72	0.52	**
2	0.11	0.01	NS	0.46	0.22	*	0.77	0.6	**
3	0.05	0.00	NS	0.37	0.14	NS	0.77	0.6	**

La correlación entre la salinidad en los 170°W con la CPUE de pota es baja y nula a diferentes lags, esto debido a que el núcleo halino se encontró a una mayor profundidad de la analizada; con respecto a la correlación en los 140°W y la 110°W, estas muestran un nivel de significancia significativas ($p\text{-value} < 0.01$) y directas siendo la posición 110°W la que presentó las correlaciones más altas con R de 0.77 desde el lag 2 al 3; lo que indicaría una buena relación entre las variables pero en menor intensidad que las correlaciones observadas con la velocidad y la temperatura.

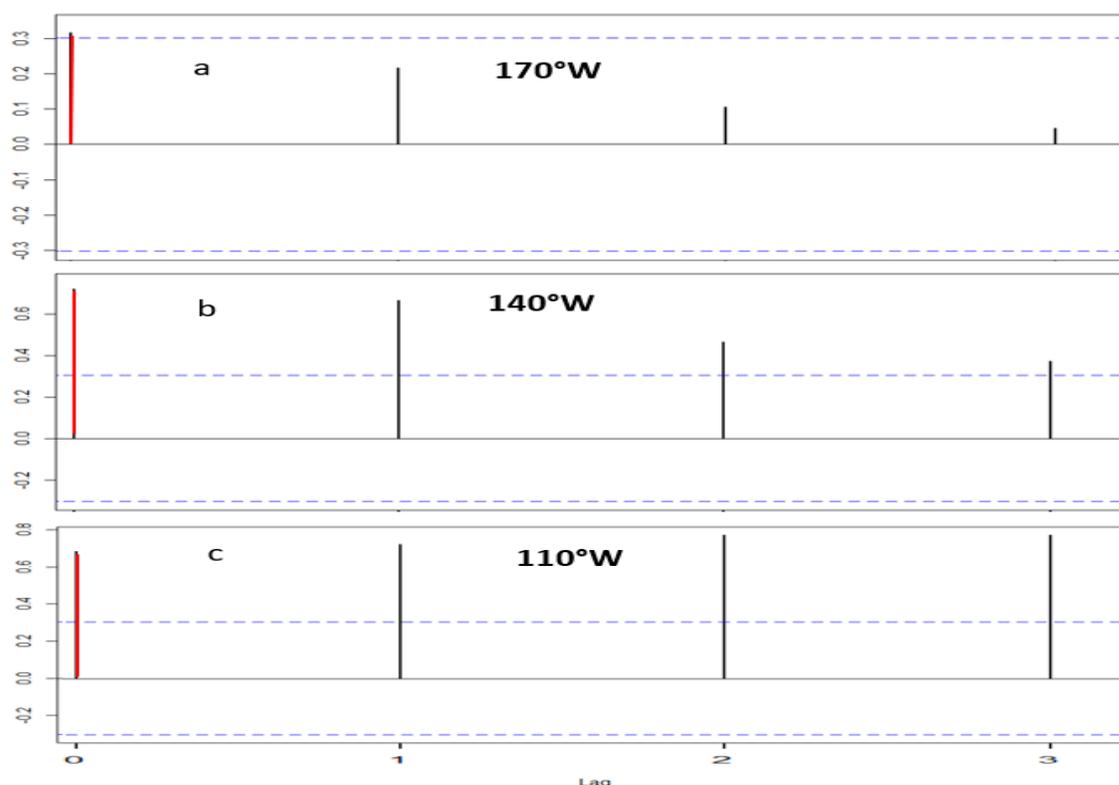


Figura 46: Correlación cruzada entre la salinidad promedio y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c) (elaboración propia)

4.3.4. Altura dinámica y CPUE pota.

4.3.4.1. Serie de tiempo.

La figura 47 (a, b y c), muestra las series de tiempo mensuales entre la altura dinámica promedio (cm) en los 170°W, 140°W y 110°W con la variación de la CPUE promedio de pota durante el periodo de estudio. Las líneas punteadas indican el promedio del periodo analizado.

Se observa una tendencia similar entre las variables en las 3 posiciones analizadas, durante el 2015 la altura dinámica y la CPUE incrementa durante todo el año alcanzando sus valores más altos durante ese periodo, a partir de enero de 2016, la altura dinámica y la CPUE disminuye manteniéndose por debajo de su promedio durante el 2016 y gran parte del 2017, para incrementar a inicios del 2018.

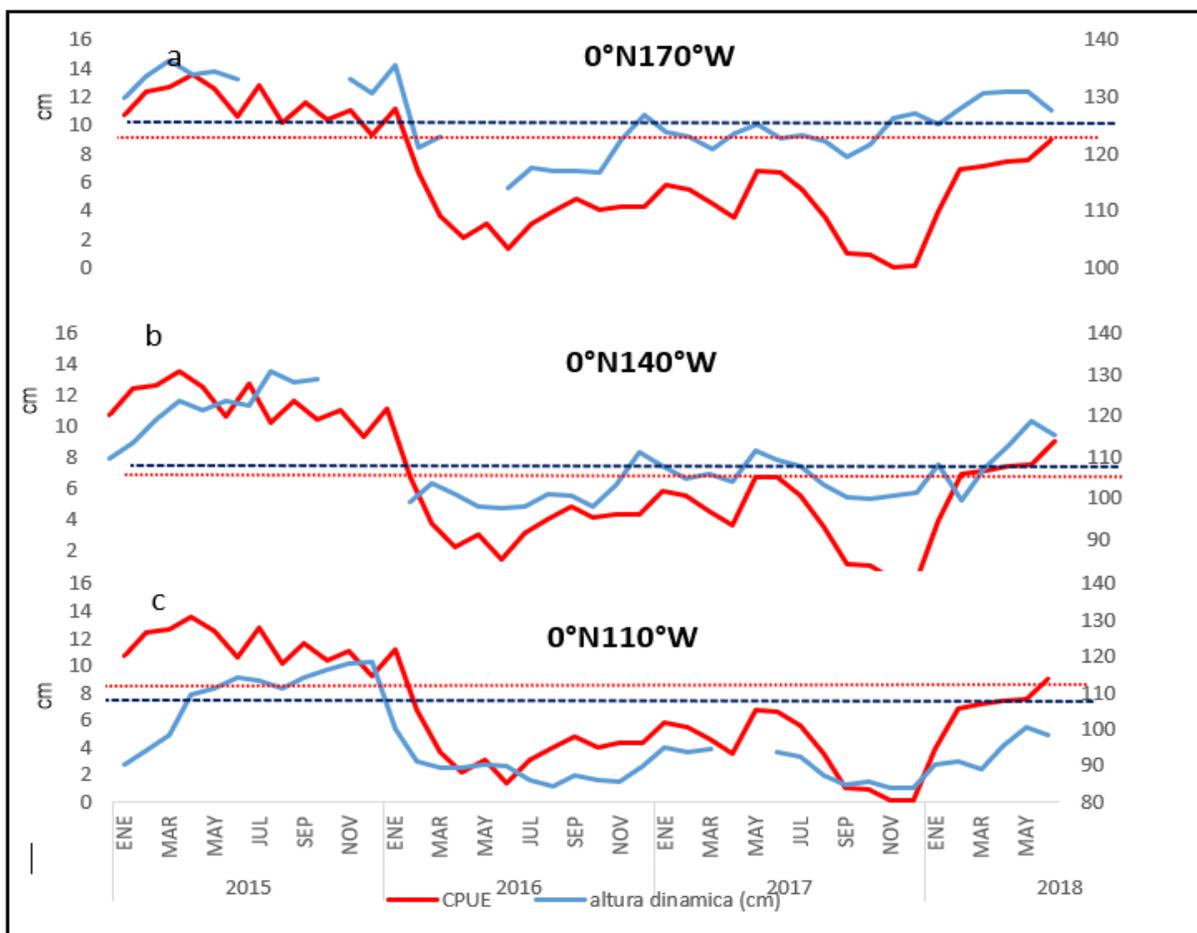


Figura 47: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) y altura dinámica (cm) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c), durante 2015-2018 (elaboración propia)

4.3.4.2. Serie de tiempo.

La figura 48 muestra la regresión lineal simple con sus respectivos coeficientes de determinación R² los cuales fueron: 66.21%, 71.82% y 65.57%, las gráficas presentaron una relación directa altamente significativa (p-value <0.01) en las tres boyas, indicando una relación muy buena entre las variables. El anexo 25 muestra el diagrama de dispersión entre la altura dinámica (cm) contra la CPUE (t/viaje) de pota para los lags 1, 2 y 3.

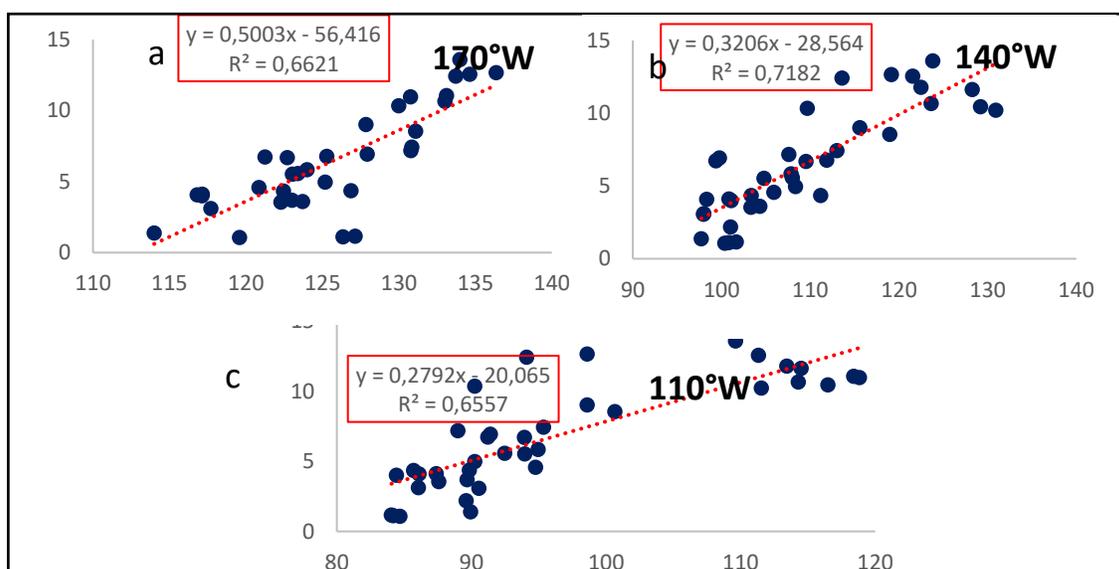


Figura 48: Regresión lineal simple entre la altura dinámica promedio (cm) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE promedio (t/viaje) de pota (elaboración propia)

4.3.4.3. Análisis de correlación cruzada.

Se obtuvo la correlación cruzada (figura 49) entre la altura dinámica promedio y la CPUE promedio, en la tabla 15 se observan los coeficientes de correlación y determinación obtenidos

Tabla 15: Coeficientes de correlación y determinación de la altura dinámica promedio vs CPUE promedio con lags de tiempo por meses (3)

lag	0°N170°W			0°N140°W			0°N110°W		
	R	R ²	SIG	R	R ²	SIG	R	R ²	SIG
0	0.78	0.66	**	0.84	0.72	**	0.83	0.66	**
1	0.77	0.6	**	0.85	0.71	**	0.86	0.74	**
2	0.66	0.44	**	0.76	0.57	**	0.85	0.72	**
3	0.47	0.22	*	0.69	0.48	**	0.82	0.68	**

La correlación cruzada (figura 49-a) muestra que la altura dinámica en los 170°W y CPUE de pota presentan una correlación directa altamente significativa ($p\text{-value} < 0.01$) desde el lag -2 hasta el 2 siendo los lags 0 y 1 los que presentan los R y R2 más altos con 0.78, 0.77 Y 0.66 y 0.62 respectivamente, presentando un buen ajuste del modelo.

La correlación en la figura 49-b en los 140°W fueron más altas a las observadas en los 0°N170°W presentando correlaciones directas altamente significativas desde el lags -2 hasta el 2 siendo los lags 0 y 1 los que presentaron los R más altos con 0.84 y 0.85 y R2 de 0.72 y 0.71 respectivamente.

En la figura 49-c en los 110°W presentaron correlaciones altamente significativas desde el lags -1 hasta el 3 siendo los lags 0, 1 y 2 los que presentaron los R y R2 más altos con 0.84, 0.86, 0.85 y 0.66, 0.74 y 0.72 respectivamente, indicando un buen ajuste del modelo en las 3 posiciones analizadas.

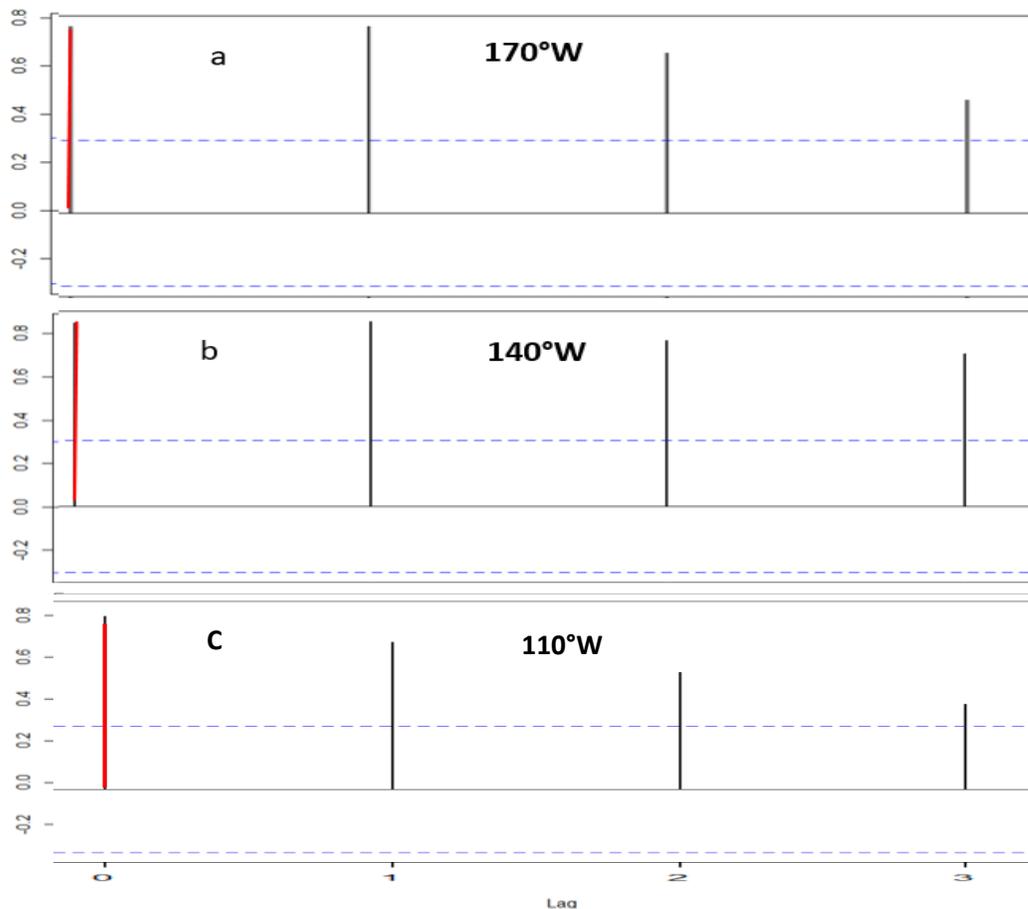


Figura 49: Correlación cruzada entre la salinidad promedio y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c) (elaboración propia)

4.3.5. Profundización de la isoterma 20°C y CPUE pota.

4.3.5.1. Serie de tiempo.

En la figura 50 (a, b y c) se observa la serie de tiempo entre la profundización promedio mensual de la isoterma de 20°C (m) y la CPUE (t/viaje) de la pota en los 170°W, 140°W y 0110°W, las posiciones 140°W y la 110°W presentaron una tendencia similar opuesta entre sus variables, en los 0°N170°W no se observa una tendencia muy similar entre las variables.

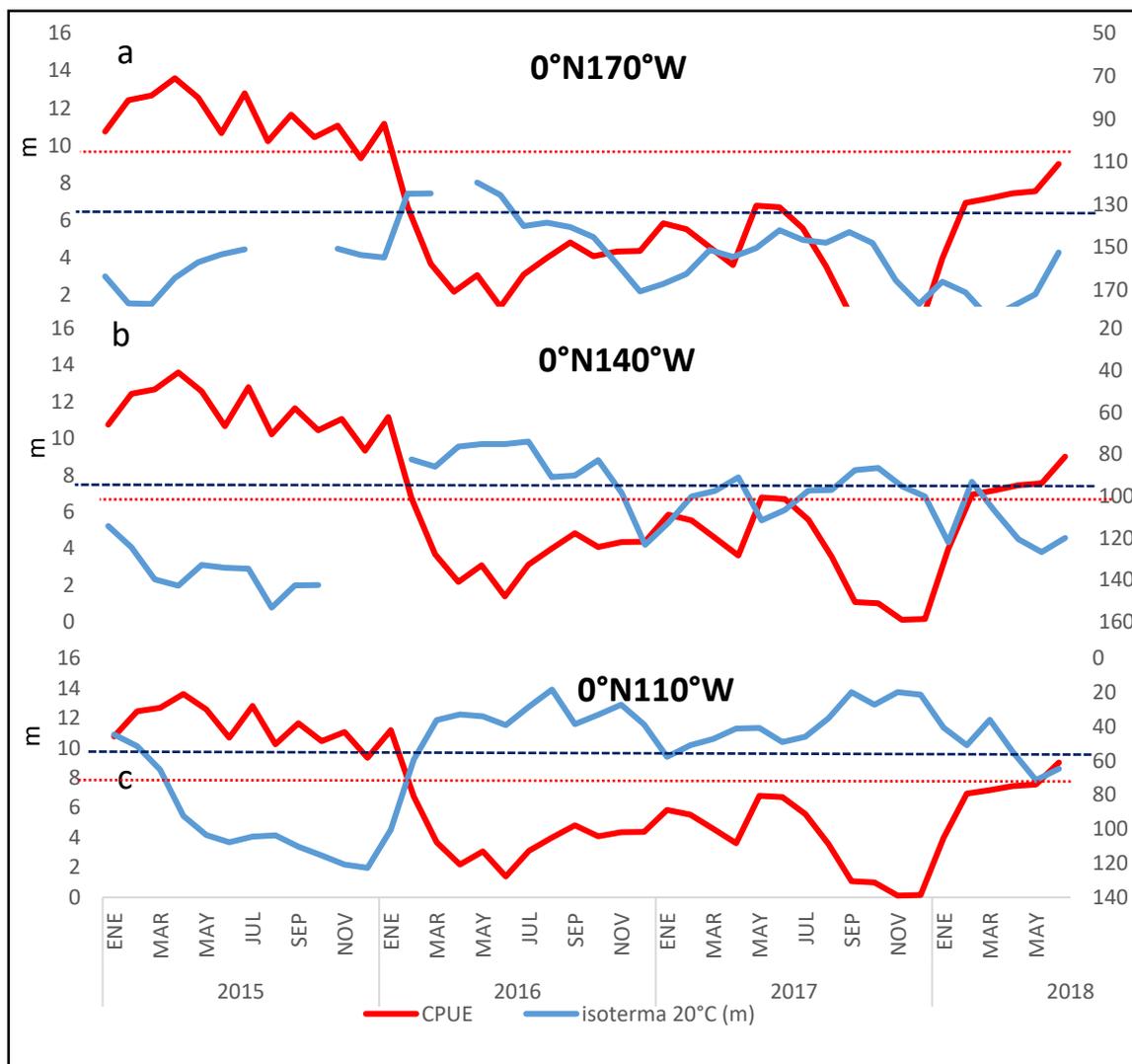


Figura 50: Serie de tiempo mensual de la CPUE (t/viaje) promedio y la profundización de isoterma 20°C (m) promedio en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c), durante 2015-2018 (elaboración propia)

4.3.5.2. Regresión lineal simple.

Se obtuvo la regresión lineal simple con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2) como se observa en las figuras 51-(a, b, c) donde el R^2 obtenido fue de 12.74%, 70.56% y 64.63% respectivamente, siendo las boyas 140°W y la 110°W las que presentan un R^2 altamente significativo y guardan una buena relación entre las variables a diferencia de la boya 170°W donde no se encontró significancia. El anexo 26 muestra el diagrama de dispersión entre la profundización de isoterma de 20°C (m) contra la CPUE (t/viaje) de pota para los lags 1, 2 y 3.

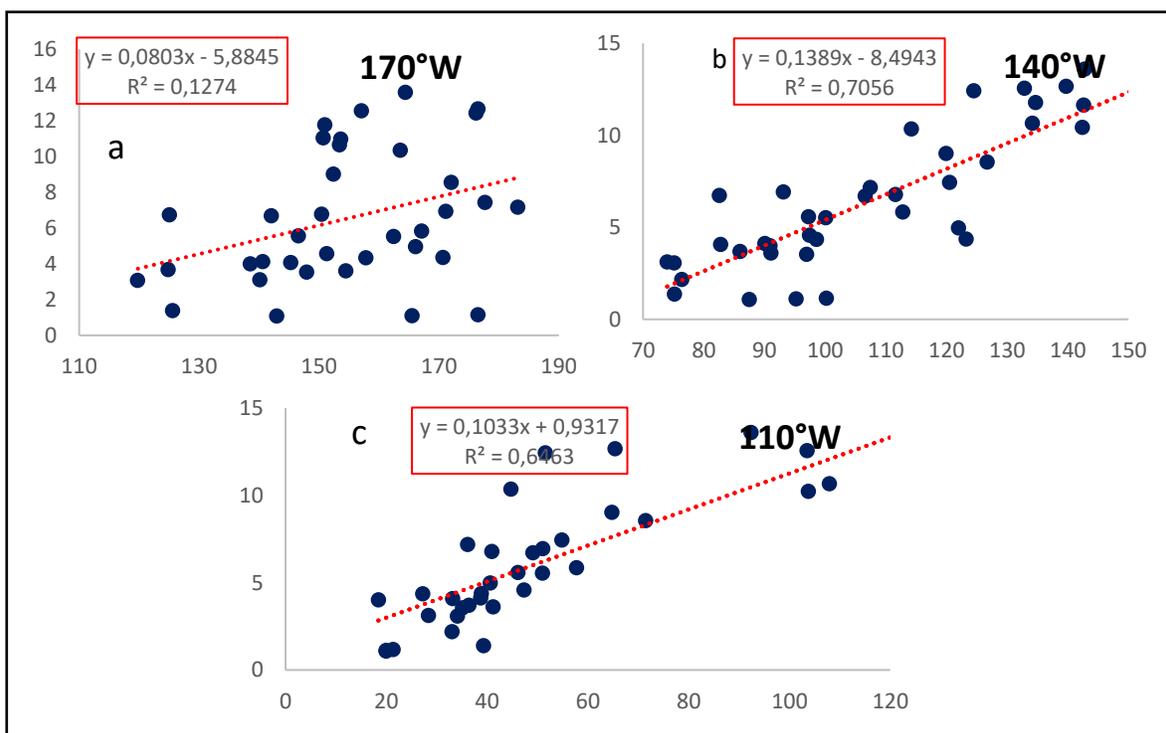


Figura 51: Regresión lineal entre la profundización de isoterma de 20°C (m) en las boyas 170°W (a), 140°W (b) y 110°W (c) contra la CPUE (t/viaje) de pota (elaboración propia)

4.3.5.3. Análisis de correlación cruzada.

Se obtuvo la correlación cruzada entre la CPUE promedio y la profundización de la isoterma de 20°C promedio (figura 52), la tabla 16 muestra los coeficientes de correlación y determinación obtenidos.

Tabla 16: Coeficientes de correlación y determinación de la profundización de isoterma 20°C vs CPUE con lags de tiempo por meses (3)

lag	0°N170°W			0°N140°W			0°N110°W		
	R	R ²	SIG	R	R ²	SIG	R	R ²	SIG
0	0.36	0.13	NS	0.83	0.71	**	0.79	0.66	**
1	0.25	0.06	NS	0.79	0.62	**	0.81	0.65	**
2	0.07	0.01	NS	0.65	0.43	**	0.77	0.59	**
3	-0.19	0.04	NS	0.57	0.33	*	0.70	0.49	*

No se observa ninguna correlación con los Lags positivos en los 170°W, a diferencia de lo acontecido en las boyas 140°W y 110°W; las cuales muestran correlaciones directas altamente significativas (p-value < 0.01) desde el lag 0 hasta el lag de 2 meses, siendo la boya 140°W la que presenta la correlación más alta en el lags 0 con un R2 de 0.71 y R de 0.83 respectivamente.

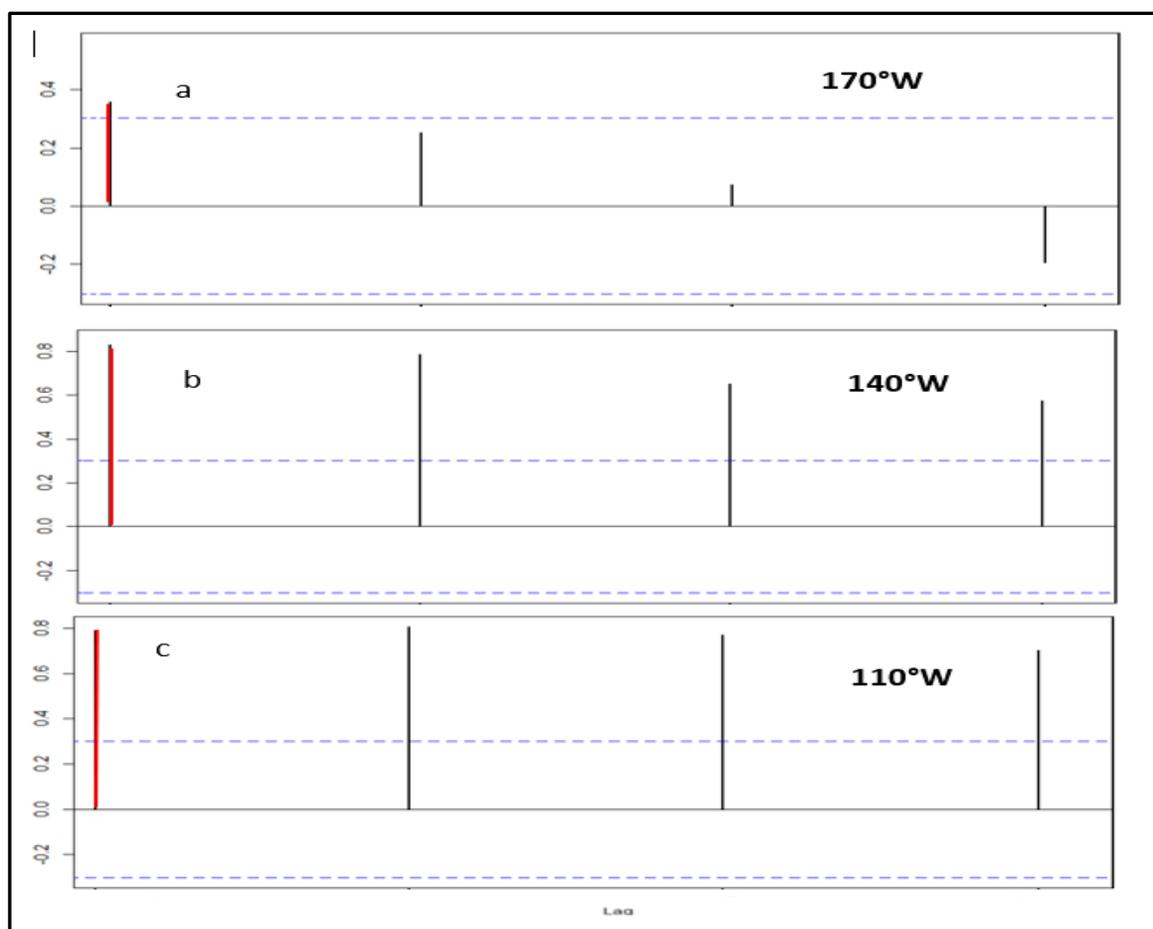


Figura 52: Correlación cruzada entre la profundización promedio de la isoterma 20°C y la CPUE promedio de pota en las boyas 170°W (a), 140°W(b) y 110°W(c) (elaboración propia)

4.3.6. Discusión.

La correlación cruzada entre la CPUE de pota y la velocidad zonal en los 110°W presentó las correlaciones más altas en comparación a los 170°W y 140°W, obteniendo un coeficiente de correlación (R) de +0.88 a un lag de 0, a diferencia de los 170°W y 140°W donde la correlación es inversa. Con respecto a la correlación entre la CPUE promedio de pota y la anomalía promedio de temperatura, en los 110°W, esta presentó coeficientes de correlación altamente significativos con 0.84 y 0.86 con lags de 1 y 2 meses, en los 140°W la correlación también fue altamente significativa con R de 0.73 con lags de 0; en los 170°W las correlaciones fueron menores con un R de 0.50 y 0.44 con lags 0 y 1 mes. La CPUE de pota y la salinidad presentaron las correlaciones más bajas con respecto a los otros parámetros, en los 110°W se obtuvo un R de 0.68 y 0.72 con lags de 0 y 1, en los 140°W se observó un R de 0.72 con un lags de 0 y en los 170°W no se observó una relación entre las variables. La CPUE de pota y la altura dinámica presentaron correlaciones altamente significativas en las tres posiciones analizadas, siendo la 110°W la que presentó los valores más altos con un R de 0.858 y 0.846 a lags de 1 y 2, en los 140°W sus R fueron de 0.837 y 0.845 con lags 0 y 1 y en los 170°W se obtuvieron R de 0.775 y 0.773 con lags de 0 y 1 respectivamente. Finalmente, la correlación entre la CPUE de pota y la profundización de la isoterma de 20°C presentó el valor R más alto en los 140°W con un valor de 0.852 a lags de 0, en los 110°W se obtuvo R de 0.792 y 0.807 a lags de 0 y 1, en los 170°W no se observó significancia entre las variables. Estos resultados indican que el parámetro de la velocidad zonal en los 110°W, tendría una influencia altamente significativa (p-value <0.01) con la CPUE del recurso pota en la zona norte-centro del Perú, generando una mayor disponibilidad del recurso para la flota artesanal. O'Dor y Coelho (1993) y Yu et al (2015) mencionan que la pota muestra una tendencia a distribuirse en relación a grandes sistemas de corrientes oceánicas indicando que el recurso estaría asociado con zonas de surgencia, convergencia y frentes oceánicos, lo que estaría relacionado a la alta abundancia de la pota en la zona norte-centro del Perú.

Con los resultados obtenidos pudimos identificar 3 periodos bien marcados los cuales fueron: “EUC fuerte” de enero 2015 a enero 2016, con una CPUE promedio de 11.71 t/viaje con una desviación estándar de 4.6 t/viaje y donde en la boya 110°W la velocidad zonal estuvo muy fuerte, la anomalía de temperatura subsuperficial fue positiva, se incrementó la altura dinámica

y se profundizó la isoterma de 20°C; “EUC débil” de febrero 2016 a diciembre 2017 con una CPUE promedio de 4.87 t/viaje y una desviación estándar de 3.55 t/viaje para el año 2016 y de 5.37 t/viaje con una desviación de 2.73 t/viaje para el 2027 donde en la boya 110°W la velocidad zonal estuvo débil, la anomalía de temperatura subsuperficial fue negativa, la altura dinámica disminuye y la isoterma de 20°C asciende; Y “EUC normal” con una CPUE promedio de 7.34 t/viaje con una desviación estándar de 2.86 t/viaje donde en los 110°W la velocidad zonal se incrementa, la anomalía de temperatura subsuperficial es positiva, la altura dinámica incrementa y la isoterma de 20°C se profundiza, pero en menor intensidad a lo observado en el 2015.

La variación de la CPUE puede ser explicada por diversos factores océano-atmosféricos por lo que complementando el análisis realizado, se graficó la velocidad de los vientos Alisios en 5 boyas ubicadas al Este del Océano Pacífico (Australia) obtenidas de la NOAA, para el periodo de estudio, como se muestran en los anexos 14, 15, 16 y 17. el anexo 14 muestra, durante el 2015, la inversión hacia el Este y el debilitamiento de los vientos Alisios, lo que provocó un fuerte incremento de la velocidad zonal de la corriente intensificando a la EUC en los 110°W, pero debilitándose en los 170°W y 140°W, posteriormente generó el avance de la piscina de agua caliente incluyendo el traslado de Ondas Kelvin por la termoclina a lo largo del Pacífico Ecuatorial como se observó con el incremento de las anomalías de temperatura subsuperficial, profundización de la isoterma de 20°C e incremento de la altura dinámica, lo que correspondió al Evento El Niño fuerte y el de mayor magnitud registrado en el presente siglo XXI (CIIFEN,2017) . La EUC alcanza su pico de velocidad más alto en los 110°W para posteriormente disminuir bruscamente hasta casi desaparecer, como se observó durante febrero y marzo del 2016 (anexo 15). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Izumo. (2005) y Rosales et al (2021) los cuales mencionan que durante Eventos El Niño muy fuertes, la EUC se intensifica bruscamente para posteriormente desaparecer cuando la Onda Kelvin llega hacia el Este como se observó también en El Niño 1997-1998. Asimismo, Johnson et al. (2002) menciona que la “intensificación o debilitamiento de la EUC está en función al debilitamiento de los vientos y al avance del Niño”, por lo que mientras la Onda Kelvin recorre el Pacífico, ésta va debilitando a la EUC hacia el Este, mientras hacia el Oeste la EUC se normaliza como se observó en el 2016. Durante 2016-2017 los Vientos Alisios se intensifican hacia el Oeste (anexo 15 y 16) lo que generó el retroceso de la Onda Kelvin, mientras ésta retorna hacia el Oeste, en los 110°W la velocidad se mantiene débil, a diferencia de las boyas 170°W y la 140°W las

cuales tienen un leve incremento en su velocidad y finalmente cuando la Onda Kelvin se repliega nuevamente al Oeste, la velocidad de la EUC en los 110°W se empieza a normalizar y su núcleo se hace más superficial mientras que en las otras 2 posiciones, la velocidad se normaliza o intensifica debido a que la Onda Kelvin ejerce un gradiente de presión mayor, esto indicaría que los parámetros que caracterizan a la EUC varían en función del avance del tren de Ondas Kelvin hacia el Este, que se originaron debido a la inversión de los vientos en el Pacífico Occidental, y todo este proceso oceanográfico ocasionó la disminución de la abundancia relativa del recurso de pota durante esos años. Asimismo, se debe considerar la presencia del llamado Niño Costero durante el verano del 2017 en donde la temperatura del mar frente a las costas del Perú se incrementó con anomalías positivas de +6°C, este Evento pudo haber impactado en la CPUE de pota debido a que se mantuvo baja como venía siguiendo desde el 2016.

Las 5 variables analizadas tienen una influencia en la CPUE de la pota, siendo la velocidad zonal la variable principal, la cual cuando se intensifica en los 110°W, llega al norte del Perú con mayor intensidad después de 0 a 2 meses, profundizando las isotermas e isoxigenas (anexo 18 y 19), incrementando el área de distribución de varios recursos pesqueros y generando un incremento en las capturas del recurso durante varios meses como se observó en el año 2015 en donde la CPUE estuvo por encima de las 10 t/viaje; y cuando la velocidad zonal en los 110°W es débil, la EUC no se observa o llega muy débil al norte del Perú (anexo 20 y 21), lo que se reflejaría en la disminución de la abundancia de la pota como ocurrió durante los años 2016 y 2017 en donde la CPUE estuvo por debajo de las 7 t/viaje y en algunos meses desaparece del área de estudio; Asimismo, la velocidad en los 170°W y la 140°W presentaron una relación baja e inversa con la CPUE de pota lo que podría indicar la ausencia del recurso en esas posiciones o la nula relación entre las variables debido a la distancia de las mismas.

Un punto a considerar sería los otros factores que estarían influenciando en la abundancia del recurso tales como la actividad pesquera, disponibilidad de alimento, periodo de desove, condiciones oceanográficas, cambio climático y el sistema migratorio; Taipe et al. (2001) mencionan que “las variaciones en la abundancia del recurso podrían deberse a los cambios en la temperatura subsuperficial del mar y que los mayores valores en la CPUE estarían relacionadas a periodos cálidos (1992-1993)” (p.31). Tafur y Rabí (1997) mencionan que los periodos de desove de la pota coinciden con los periodos de alta abundancia del recurso, Rosa

et al. (2013) mencionan que en condiciones ambientales moderadas (anomalía de T°C -2 a +1.5°C) se registran altos valores de CPUE, en tanto que, en condiciones de cambios ambientales fuertes y extraordinarios como El Niño, la CPUE se reduce significativamente.

Los resultados de este estudio complementa los trabajos realizados por Reyes (1992), Icochea et al. (1989), Icochea y Rojas (2001), Martina (2006), Mc Callock (2007), Flores et al (2009), Icochea et al (2015), Rosales (2017) y Rosales et al (2021) los cuales mencionan que la Extensión Sur del ramal costero de la Corriente Cromwell al presentarse en la zona norte del Perú, influye en la distribución y abundancia de las especies demersales y pelágicas permitiendo la presencia de una rica fauna marina, generando un ambiente idóneo para el ecosistema.

Finalmente mencionar que, durante el periodo de enero de 2015 a junio de 2018, el parámetro oceanográfico de la velocidad zonal de la EUC en los 110°W, es la principal variable que tendría una influencia en la distribución y abundancia de la pota en la zona norte del Perú en base a los lags analizados, ya que dependiendo de la intensidad de está, su influencia en la zona norte del Perú se observaría en pocas semanas a 1 0 2 meses. Este conocimiento permitirá orientar a la flota artesanal frente a los cambios oceanográficos y como estos deberían actuar frente a Eventos El Niño o La Niña, asimismo, permitirá realizar medidas preventivas en función al análisis de esta variable, identificando los meses donde el recurso podría encontrarse en abundancia o escaso.

V. CONCLUSIONES

- En el área comprendida entre los 3°S hasta los 11°S frente a la Costa Peruana, se analizaron 32,116 registros de CPUE de pota desde enero 2015 hasta junio 2018, obteniéndose una CPUE promedio de 8.01 t/viaje.
- La Corriente Cromwell analizada en la boya 0N°, 110°W, fue clasificada de acuerdo a sus variables oceanográficas en “EUC fuerte”, “EUC Débil” y “EUC Normal”.
- Existe una fuerte dependencia entre la abundancia relativa de la pota con la velocidad zonal en los 110°W obteniendo una correlación positiva altamente significativa, a diferencia de las 170°W y 140°W donde la relación con el recurso es baja o nula.
- Con una “EUC fuerte” la CPUE promedio de pota fue de 11.71 t/viaje y “EUC normal” la CPUE fue de 7.34 t/viaje y “EUC débil” la CPUE fue de 4.87 t/viaje.

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar la toma de datos de la CPUE de pota y de ser posible enviar personal abordo para complementar la información con otras variables biológicas tales como talla, biomasa, sexo, etc. Y buscar la posible relación con las variables oceanográficas.
- Mantener el seguimiento semanal y mensual de la Corriente Cromwell en las boyas oceanográficas implementando mejores estrategias de identificación de la Corriente.
- Se debe estudiar y reconocer cada uno de los factores que influyen en la pesquería de Pota, así como conocer la variabilidad estacional e interanual que presenta, con la finalidad de proponer una estrategia de explotación pesquera que permita entender estas variaciones del recurso en función de los cambios oceanográficos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Amaratunga, T. (1981). Biology and distribución patterns in 1980 for squid, *Illex illecebrosus*, in Nova Scotian waters. NAFO SCR, doc. No.81. /VI/ 36 SER. No. P.10.
- Arguelles, J. (1996). Crecimiento y reclutamiento del calamari gigante *dosidicus gigas* en el Perú (1991 a 1994). Bol.Inst. Mar Perú-Callao, p. 8. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>.
- Arguelles, J., Tafur, R., Taipe, A., Villegas, P., Keyl, F., Dominguez, N., y Salazar, M. (2008). Size increment of jumbo flying squid *Pota* mature females in Peruvian waters, 1989–2004. Prog. Oceanogr. 79:308–312. Disponible en: <https://www.researchgate.net>.
- Argüelles, J. y Tafur, R. (2010). New insights on the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the northern Humboldt Current System: Size at maturity, somatic and reproductive investment. Fisheries Research 106:185-192.
- Baral, A. A. (1967). Some data on the biology of southeastern Pacific squid. Ryb. khoz 8. p.15-17.
- Bazzino G, Quiñones RA, Norbis W.2005. Environmental associations of shortfin squid *Illex argentinus*, in the Southwest Atlantic Ocean. Fish. Res. 76:401-416.
- Bazzino, F. G. (2008). Estructura poblacional, movimientos horizontales y migraciones verticales del calamar gigante *Pota* en el golfo de California y en el océano Pacífico frente a la península de Baja California. Tesis. Doc. P.98-100.
- Benites, C., y Valdivieso, V. (1986). Resultados de la pesca exploratoria de 1979/80 y desembarque de cefalópodos pelágicos en el litoral peruano. Bol.Inst. Mar Perú-Callao, 10(5): 107-139. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>.
- Busecke, J. J. M., Resplandy, L., & Dunne, J. P. P. (2019). The Equatorial Undercurrent and the oxygen minimum zone in the Pacific. Geophysical Research Letters, 46, 6716–6725. <https://doi.org/10.1029/2019GL082692>

- Chen, X, J., Liu, B, L., y Chen, Y. (2008). A review of the development of Chinese distant-water squid jigging fisheries. *Fisheries Research*, 89: 211–221.
- CIIFEN (2017). El Niño 2005-2016: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica. p 1-38.
- Clarke, R., Paliza, O., y Aguayo, A. (1988). Sperm whales of the southeast Pacific. Part IV: fatness, food and feeding. *Investigations on Cetacea*. Edited by G. Pilleri Vol. XXI, 1998: 53-195.
- Clarke, R., y Paliza, O. (2000). The Humboldt Current squid *Potus* (Orbigny, 1835). *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 35(1). 39 p.
- Cromwell, T., R.B. Montgomery and E.D. Stroup, (1954). Equatorial under-current in Pacific Ocean revealed by new methods. *Science*, 119, 648-649.
- Csirke, J., Alegre, A., Arguelles, J., Guevara, R., Mariátegui, L., Segura, M., Tafur, R., y Yamashiro, C. (2015). Main biological and fishery aspects of the jumbo squid (*Potus*) in the Peruvian Humboldt Current System. *Fish. Res.* 03-17. Disponible en www.researchgate.net.
- Davey, M., Huddleston, M., Brookshaw, A. (2011). Global impact of El Niño and La Niña. The Lighthill risk network. Consultado el 15 may. 2016. Disponible en: www.lighthillrisknetwork.org.
- Espino, M. (1999). “EL NIÑO 1997-1998”: su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. *Rev. Perú. Biol.* Vol. Extraordinario. P. 97-109.
- FAO. (2020). Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Version 4.03. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.
- Flores, R., Tenorio, J. y Domínguez, N. (2009). Variaciones de la extensión sur de la Corriente Cromwell frente al Perú entre los 3°S y 14°S. *Bol Inst Mar Perú.* XXIV (1-2) Pp: 39-52.
- Flores, O., Segura, M., Aliaga, A. (2016). biomasa y distribución del calamar gigante (*dosidicus gigas*) en el mar peruano aplicando el método hidroacústico: 1999 - verano 2015. *Inf. Inst Mar Perú* Vol 43 N°1.
- Garcia, T. P. (1965). Utilización de la mandíbula inferior de la jibia *Potus* en el cálculo de su peso total (Mollusca, CEPHALOPODA, Ommastrephidae). *Rev. Biol. Marina* 12: p.185-197.

- Gilly, W., Eliiger, C., Salinas, C., y Bazzino G. (2006). Spawning by jumbo squid (*dosidicus gigas*) in the San Pedro Mártir Basin, Gulf of California, Mexico. Mar. Ecol. Prog. Ser. P.125-126.
- Guevara-Carrasco, R., Yamashiro, C., Mariategui, L., y Arguelles, J. In press. Aspectos relevantes en la ordenación pesquera del calamar gigante o pota (*dosidicus gigas*) en el Perú. Bol. Inst. Mar Perú (in press): xxp.
- Guevara-Carrasco R; Rodríguez F; Flores A. (2004). Características biológicas de la merluza peruana durante el crucero de verano 2001. Inf. Inst. Mar Perú. Pp: 257-262.
- Guevara. D.J M. (2014). Uso correcto de la correlación cruzada en Climatología: el caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin. Terra [online]. 2014, vol.30, n.47, pp. 79-102.
- Gutiérrez, D., Enríquez, E., Purca, S., Quipúzcoa, L., Marquina, R., Flores, G., y Graco, M. (2008). Oxygenation episodes on the continental shelf of central Peru: Remote forcing and benthic ecosystem response. Progress in Oceanography 79 (2008) 177-189.
- Icochea, L., Chipollini, A., y Ñiquen, M. (1989). Análisis de pesquería de arrastre pelágica en la costa peruana durante 1983-1987 y su relación con el medio ambiente. CPPS. Rev. Pacifico Sur, 1989. PP.455-465.
- Icochea, L., y Rojas, E. (2001). La corriente de Cromwell y sus variaciones en los, 110°W. boletín instituto del mar del Perú. Documento de trabajo: p.20-28.
- Icochea, L., Rosales, G., Mc Callock, Luis., y Reyes, E. (2015). La Corriente Cromwell y su influencia en la pesquería de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Foro Iberoam.Rec. Mar. Acui. VII (2015): 81-106.
- Ibáñez, M., Arguelles, J., Yamashiro, C., Sepúlveda, D., Pardo-Gandarillas, M; Keyl, F. (2016). Population dynamics of the squids Pota (Oesgopsida: Ommastrephidae) and *Doryteuthis gahi* (Myopida: Loliginidae) in Northern Peru. Fish. Res. 173.151-158.
- Disponible en www.researchgate.net.
- IMARPE. (2013). Crucero de investigación conjunta del calamar gigante Pota BIC Kaiyo Maru, 2011-2012 (16 de diciembre del 2011 al 19 de enero del 2012).
- Izumo, T., Picaut V, Blanke, B. (2002) Tropical pathways, equatorial undercurrent variability and the 1998 La Niña. Geophys Res Lett 29(22):2080–2083.

- Jakoboski, J., Robert, E., Brechner, O., Kristopher, B; Rudnick, D. (2020). Bifurcation and Upwelling of the Equatorial Undercurrent West of the Galápagos Archipelago. 887-905, [DOI: 10.1175/JPO-D-19-0110.1](https://doi.org/10.1175/JPO-D-19-0110.1)
- Johnson G. C., Firing, E. (2001): Equatorial Pacific Ocean horizontal velocity, divergence, and upwelling. *J. Phys. Oceanogr.*, 31, 839–849, [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(2001\)031<0839:EPOHVD.2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(2001)031<0839:EPOHVD.2.0.CO;2).
- Johnson G. C., Sloyan B. M., Kessler, W, S. (2002) Direct measurements of upper ocean currents and water properties across the tropical Pacific during the 1990s. NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA 98115-6349, USA
- Karnauskas, K. B., Jakoboski, J., Johnston, T. M. S., Owens, W. B., Rudnick, D. L., & Todd, R. E. (2020). The Pacific Equatorial Undercurrent in three generations of global climate models and glider observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2020JC016609>.
- Knauss, J. A. (1960). Measurement of the Cromwell Current. *Deep sea research* 6: p. 265-286.
- Klett, T. A. (1981). Estado actual de la pesquería del calamar gigante en el estado de Baja California Sur. *Depto. Pesca México. Serie Cient.*, 21. p. 26-28.
- Keyl, F., Argüelles, L., Mariátegui, L., Tafur, R., Wolff, M., y Yamashiro, C. (2008). A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific Ocean. *CalCOFI Rep.* 49:119-128.
- Lucero, M., Cornero, M, P. (1990). Evidencia de la Corriente de Cromwell entre 92°W y 84°W, observada en periodos normales y durante el Niño 82-83. *INOCAR, Ecuador*, 6(1).
- Lukas, R. (1986). The termination of the equatorial undercurrent in the eastern Pacific. *Prog. Oceanografit.*, 16, 63–90, [https://doi.org/10.1016/0079-6611\(86\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0079-6611(86)90007-8).
- Martina V, J. (2004). Análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la anguila común (*Ophichthus pacifici*) y su relación con la Corriente Cromwell. Tesis para optar el título de Ingeniero pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 195 p.
- Mariátegui, L. y Taipe, A. (1996). Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*dosidicus gigas*) el Perú. *inf. prog. Inst. Mar Perú* 34: 1-27.
- Mariátegui, R, L. (2009). Pesquería sostenible del calamar gigante *dosidicus gigas* (orbigny, 1835) en el mar peruano (tesis de maestría). Universidad Villareal, Lima, Perú.

- Mariátegui, L., Tafur, R., Sanjinez, M., Espinoza, E., Tello, E., Quispe, D., Carhuapoma, W., Nakazaki, C., Torres, D., La Cruz, L., Robles, J., Chambilla, J., Sarmiento, H., Elliott, W., Zavalaga F, Sarmiento, M. (2020). El calamar gigante Pota en el mar peruano. Nov-dic 2017, Cr. 1711-12. Inf Inst Mar Perú. 47(2): 227-260.
- Markaida, U., Sosa-Nishizaki, O. (2003). Food and feeding habits of jumbo squid *dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 83:4162/16 p.
- Mc Callock, S. L. A. (2007). Efecto de la Corriente Cromwell en la distribución espacial de la merluza peruana y la composición por tallas en el periodo 1991-1992. Tesis para optar el título de Ingeniero pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 110p.
- Morón, O., Vásquez, L., y Tello, E. (2001). La extensión sur de la corriente de Cromwell (ESCC) en el mar del PERÚ. Boletín instituto del mar del Perú. p.29-34.
- Montes, I., Colas, F., Capet, Xavier., Schneider., y Wolfgang (2010). On the pathways of the equatorial subsurface currents in the eastern equatorial Pacific and their contributions to the Peru-Chile Undercurrent. Vol. 115. Journal of geophysical research.
- Montgomery, R., Strout, E.B. (1962). Equatorial waters and currents at 150°W in July-August 1952. The Johns Hopkins Oceanography Studies, No.1, p: 68.
- Nigmatullin et. al. (2001). A review of the biology of the jumbo squid *dosidicus gigas* (Cephalopoda: ommastrephidae). Fish Res 54. 19 p.
- Nesis, K. N. (1970). Biology of the Peru-Chilean giant squid *Pota*. Okeanologiya 10 (1), 140–152 (in Russian, English Abstract).
- Nesis, K. N. (1983). *Pota*. EN: Boyle, P. R. Cephalopod life cycles. Vol.1. academic press, London. P.215.
- Nesis, K. N. (1985). Oceanic Cephalopods: Distribution, Life Forms, Evolution. Nauka, Moscow, 287 p.
- O’Dor RK, Coelho ML. (1993). Big squid, big currents and big fisheries. En: Okutani T, ODor RK, Kubodera T (eds.). Recent advances in Cephalopod Fisheries Biology. Tokyo, Tokai University Press. 385-396pp.
- Philander, S. G. H. (1980). The Ecuatorial Undercurrent revisited. Princeton University, Annu. Rev. Earth planet. Sei: 191-204.

- PRODUCE. (2013). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2012. Lima, PE. Disponible: <http://www.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/estadistica/anuario/anuario-estadistico-pesca-2013>. Pdf.
- Rodhouse, P., y Nigmatullin, C. (1996). Role as consumers. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, B*, 351-1003-1022.
- Roper, C. F.E., Sweeney, M, S., Nauen, C.E. (1984). FAO Species catalogue. Cephalopods of the world. FAO Fisheries synopsis N°125, V 3. Roma. P 277.
- Rosa, R., Yamashiro, C., Markaida, M., Rodhouse P., Waluda, C., Salinas-Zavala, C., Keyl ,F., O’Dor, R., Stewart, J., Gilly, W., (2013). *Dosidicus gigas*, Humboldt Squid. In: *Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries Part II Oegopsid Squids*, pp. 169–206 (R. Rosa, R. O’Dor and J. Pierce Eds.), New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Rosales, Q. G. (2017). variaciones de la corriente cromwell y su influencia en la abundancia relativa de la merluza (*merluccius gayi peruanus*) durante el periodo 2003-2013. Tesis para optar el título de Ingeniero pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 88 p.
- Rosales, Q. G., Marsh, R., Icochea, A, L. (2021). Interannual variability in contributions of the Equatorial Undercurrent (EUC) to Peruvian upwelling. *Ocean Science*. <https://os.copernicus.org/preprints/os-2021-13/>
- Rubio, R., Salazar, C. (1992). Prospección pesquera del calamar gigante *Dosidicus gigas* a bordo del buque japonés “Shinko Maru N 2” (04 de noviembre-17 de diciembre de 1989). *Inf,inst. mar Perú-Callao* 103, p. 32.
- Roundy, P. E., and G. N. Kiladis, 2006: Observed relationships between oceanic Kelvin waves and atmospheric forcing. *J. Climate*, 19.
- Sabirov, R. M. (1983). On migrating shoals of squid *dosidicus gigas* Orbigny. In: Starobogatov, Ya.I. Nesis, K.N. (Eds.), *Systematics and Ecology of Cephalopods*. Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR, Leningrad, P. 127–128 (in Russian).
- Samamé M., Castillo J., y Mendieta A. (1985). Situación de las Pesquerías Demersales y los cambios durante El Niño. Conferencias del Symposium “El Fenómeno El Niño y su impacto en la fauna marina” dentro del Noveno congreso Latinoamericano de Zoología. *Boletín Volumen extraordinario 1985, Instituto del Mar del Perú*. ISSN Q378-7699.

- SENAMHI (2014). El fenómeno El Niño en el Perú. Ministerio del Ambiente-MINAN. Editorial TAWA. Villa Rica-Chaclacayo. P.10.
- Shaffer, G., Pizarro, O., Djurfeldt, L., Salinas, S., y Rutllant, J. (1997). Circulation and Low-Frequency Variability near the Chilean Coast: Remotely Forced Fluctuations during the 1991–92 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*, 27, 217-35.
- Strub, P.T., Mesías, J. M., V. Montecino., J. Rutlant y S. Salinas. (1998). Coastal ocean circulation off western South America. *Coastal Segment* (6, E). En A. R. Robinson & K. H. Brink [eds.], *the Sea*. Wiley. New York. p. 273-313.
- Schetinnikov, A. (1989). Food spectrum of Pota (Oegopsida) in the ontogenesis. *Zoologicheskii Zhurnal*. 68: P 28-39 (In Russian with English abstract).
- Shetinnikov, A. (1986) Geographical variability of food spectrum of Pota (Ommastrephidae): p. 143-153.
- Shigemitsu, M., Yamamoto, A., Oka, A., y Yamanaka, Y. (2017). One possible uncertainty in CMIP5 projections of low oxygen water volume in the Eastern Tropical Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, 31, 804–820. <https://doi.org/10.1002/2016GB005447>
- Tafur, R; Rabí, M. (1997). Reproduction of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts, *Mar. sci.* 61 (suppl.2), 33-37.
- Tafur, R., Villegas, P., Rabí, M., y Yamashiro, C. (2001). Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid Pota (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54. P 33–50.
- Taipé, A.C., Yamashiro, L., Mariastegui, P. Rojas y C. Roque. (2001). Distribution and concentrations of jumbo flying squid (Pota) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fish. Res.* 54: 21-32. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>.
- The R/V Kaiyo Maru (2007). Cruise report, Japan and Peru joint study of the jumbo flying squid, *dosidicus gigas* in the Eastern Pacific Ocean. Fisheries agency of Japan 2009.
- Yamashiro, C; Marín, W; Arguelles, J. (2015). El recurso calamar gigante en la costa peruana y el Niño. *Boletín trimestral oceanográfico*. V.2, P. 17-20.
- Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>

- Yu, W., Yi, Q., y Chen, X. (2015). Modelling the effects of climate variability on habitat suitability of jumbo flying squid, Pota, in the Southeast Pacific Ocean off Peru. P. 8-9. Disponible en: <https://www.researchgate.net>.
- Waluda, C., Yamashiro, C., y Rodhouse, P. (2006). Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for Pota in the Peru Current: an analysis of remotely sensed data. Fish. Res. 79:56–63. Disponible en: <https://www.researchgate.net>.
- Waluda, C. M., y Rodhouse, P. G. (2006). Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in Pota. Marine Ecology Progress Series, 310: 25–32.
- White, W. B. (1969). The equatorial undercurrent, the south equatorial counter-current, and their extensions in the South Pacific Ocean east of the Galapagos Islands during February-March, 1967, Re•. 69-4-T, 74 pp., Texas A&M Univ., College Station.
- Wilhelm, O. (1930). Algunas observaciones acerca de las mortandades de jibias (*dosidicus gigas*) en el litoral de Concepción. Rev Biol. Marina 4 (1 – 3): 966. 201.
- Wormuth, J. (1976). The biogeography and numerical taxonomy of the oegopsid squid family Ommastrephidae in the Pacific Ocean. Bull. Scripps. Inst. Oceanogr., 23.P 90.
- Wyrtki, K. (1966) Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 4, 33–68.
- Zuta, S., y Guillén, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Boletín institucional del Mar del Perú. V. 2. N°5: P.157-324. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1:Desembarque de los principales recursos pesqueros (t) durante 2000-2018. (FAO-2020)

año	jurel	perico	merluza	pota	caballa	bonito
2000	296579	11159	83361	53795	73263	434
2001	723733	28025	125065	71834	176202	1287
2002	154219	29787	46251	146390	32698	865
2003	217734	35651	7665	153727	94384	2191
2004	187369	31456	38651	270368	62255	1488
2005	80663	37078	30600	291140	52895	3093
2006	277568	33755	29441	434261	102322	13365
2007	254426	35333	31634	427591	62387	9706
2008	169537	49473	34929	533414	92989	42871
2009	88020	57153	47162	411805	110605	30648
2010	58075	53359	41108	369822	20467	13144
2011	257915	43688	37645	404730	46946	14654
2012	192638	58961	33147	497462	26781	23893
2013	81467	55830	54522	451061	54537	38610
2014	81748	55136	63940	612444	73630	40826
2015	23036	61909	56286	517974	49964	93049
2016	15121	40343	72404	323337	165396	78571
2017	10094	30984	79613	295975	112862	100631
2018	58356	47711	76416	362232	72002	81795

Anexo 2:Cantidad de datos recolectados de la flota artesanal durante enero 2015 a junio 2018.

MES	2015	2016	2017	2018	TOTAL
ENERO	755	797	724	393	2669
FEBRERO	1376	545	1210	1022	4153
MARZO	1186	23	1123	1106	3438
ABRIL	1601	11	987	1772	4371
MAYO	1381	5	810	1123	3319
JUNIO	1091	456	1425	886	3858
JULIO	1135	1445	573		3153
AGOSTO	826	967	436		2229
SEPTIEMBRE	657	678	45		1380
OCTUBRE	529	657	4		1190
NOVIEMBRE	774	589	4		1367
DICIEMBRE	625	356	8		989
TOTAL	11936	6529	7349	6302	32116

Anexo 3: Promedio mensual de la CPUE (t/viaje) para el periodo 2015-2018.

AÑO	2015	2016	2017	2018	prom
ENERO	10.76	11.17	5.84	3.97	7.94
FEBRERO	12.44	6.74	5.53	6.94	7.91
MARZO	12.67	3.69	4.58	7.18	7.03
ABRIL	12.51	2.18	3.62	7.45	6.44
MAYO	12.57	3.08	6.7	7.55	7.48
JUNIO	11.67	1.39	6.79	9.02	7.22
JULIO	12.79	3.12	5.58		7.16
AGOSTO	10.23	4	3.55		5.93
SEPTIEMBRE	11.65	4.83	1.08		5.85
OCTUBRE	10.45	4.09	1.01		5.18
NOVIEMBRE	11.06	4.35	0.12		5.18
DICIEMBRE	9.33	4.37	0.16		4.62

Anexo 4: Climatología de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 170°W en el Núcleo y rango dinámico.

prof.(m)	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
prom(cm/s)	37.8	45.0	52.1	58.1	63.4	67.3	70.2	69.2	66.6	62.1	56.1	49.3	42.3	35.4
máximo	137.	141.	144.	145.	145.	142.	150.	147.	139.	127.	123.	114.	111.	107.
	9	9	5	9	2	1	3	2	7	4	4	0	9	9
mínimo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	88.7	-87.6	80.0	73.8	72.1	61.1	-34.4	24.5	14.9	-5.2	-5.2	10.2	14.8	18.4
Desv. Est.	40.1	40.6	40.5	38.7	35.4	31.1	26.7	23.2	20.9	19.5	18.7	18.2	17.7	17.1
	988	1092	989	988	989	989	1091	989	989	989	989	989	989	986
°N datos	8	1	0	9	1	2	3	3	3	3	3	3	3	7

Anexo 5: Climatología de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 140°W en el Núcleo y rango dinámico.

prof.(m)	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
pro(cm/s)	57.7	74.0	88.2	98.8	104.6	105.4	102.1	95.8	87.5	78.4	69.1	59.9	51.2
máximo	206.2	206.6	204.5	210.1	212.1	205.0	203.0	203.6	191.2	182.4	167.3	153.9	138.7
mínimo	-90.1	-85.8	-79.8	-65.0	-46.5	-45.7	-47.0	-41.2	-32.3	-24.4	-17.8	-18.7	-22.4
Desv. Est.	50.1	49.5	46.8	42.1	36.5	31.9	28.7	26.8	25.3	23.9	22.6	21.4	20.2
°N datos	9425	9432	9595	9469	9470	9471	9692	9471	9471	9471	9471	9471	9471

Anexo 6: Climatología de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 110°W en el Núcleo y rango dinámico.

prof.(m)	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130
pro(cm/s)	56.6	65.4	74.7	82.1	87.7	94.0	94.0	89.7	82.1	73.1	63.8	55.2
máximo	213.7	222.8	231.7	239.0	244.3	239.8	240.7	236.9	218.3	198.3	182.9	165.8
mínimo	-95.7	-88.4	-75.3	-67.0	-54.8	-28.2	-12.5	-4.3	-14.0	-28.7	-39.5	-42.7
Desv. Est.	50.9	49.6	47.5	45.2	42.3	36.3	31.8	28.9	27.5	26.3	24.7	23.3
°N datos	8994	9410	8999	9032	9031	9033	9813	9035	9035	9035	9962	9035

Anexo 7: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 170°W.

AÑO	MESES	170°W			
		isoterma20	altura (cm)	velocidad	temperatura
2015	ENE	163.56	129.99	48.29	0.072
	FEB	176.20	133.71	47.05	1.483
	MAR	176.52	136.35	42.89	2.161
	ABR	164.41	133.98	27.87	1.665
	MAY	157.07	134.64	50.86	1.452
	JUN	153.40	133.02	43.86	1.258
	JUL	150.95		41.79	-0.946
	AGO			6.46	-0.502
	SEP			17.86	-0.586
	OCT			11.74	
	NOV	150.73	133.11	23.55	-1.281
	DIC	153.61	130.76	33.62	-1.202
2016	ENE	154.84	135.47	18.63	0.304
	FEB	125.08	121.24	45.30	-3.216
	MAR	124.84	123.01	57.91	-2.531
	ABR			82.22	
	MAY	119.77		78.68	
	JUN	125.58	114.00	87.04	-2.197
	JUL	140.13	117.70	77.90	-1.907
	AGO	138.55	117.13	72.07	-1.703
	SEP	140.63	117.13	63.53	-1.462
	OCT	145.28	116.82	73.13	-1.658
	NOV	157.81	122.45	77.85	-0.735
	DIC	170.65	126.86	59.30	-0.334
2017	ENE	167.11	123.99	50.10	-0.236
	FEB	162.42	123.04	61.77	-0.244
	MAR	151.27	120.85	69.31	-0.638
	ABR	154.49	123.70	88.10	0.042
	MAY	150.46	125.29	73.33	0.121
	JUN	142.03	122.71	78.14	-0.714
	JUL	146.58	123.39	71.03	-0.706
	AGO	147.96	122.28	69.00	-0.447
	SEP	142.97	119.58	59.49	-1.288
	OCT	148.12	121.83	74.80	-1.215
	NOV	165.55	126.34	79.97	-0.214
	DIC	176.53	127.13	66.71	0.263
2018	ENE	166.12	125.17	42.44	-0.124
	FEB	171.14	127.93	69.15	0.636
	MAR	183.13	130.78	50.68	1.849
	ABR	177.68	130.85	55.78	2.064
	MAY	172.04	131.09	65.63	2.145
	JUN	152.42	127.84	67.89	1.058

Anexo 8: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 140°W.

140°W					
AÑO	MESES	isoterma20	altura (cm)	VELOCIDAD	temperatura
2015	ENE	114.22	109.69	74.90	0.23
	FEB	124.50	113.59	91.03	1.80
	MAR	139.73	119.16	99.94	3.50
	ABR	142.79	123.82	124.25	3.98
	MAY	132.85	121.55	100.94	3.37
	JUN	134.16	123.63	92.75	3.30
	JUL	134.69	122.49	94.69	3.16
	AGO	153.19	130.92	74.31	4.96
	SEP	142.61	128.28	56.78	4.07
	OCT	142.41	129.19	85.91	3.94
	NOV			55.36	-2.39
	DIC			36.41	-0.96
2016	ENE			77.55	-1.94
	FEB	82.58	99.37	52.79	-1.98
	MAR	85.99	103.64	100.23	-2.30
	ABR	76.41	101.02		-2.06
	MAY	75.12	97.98		-1.05
	JUN	75.17	97.72		-1.53
	JUL	73.96	97.99		
	AGO	90.91	101.09		-1.97
	SEP	90.08	100.84		
	OCT	82.81	98.31		-0.89
	NOV	98.59	103.34		-0.18
	DIC	123.26	111.19		0.13
2017	ENE	112.81	107.82	119.30	-0.77
	FEB	100.11	104.80	106.78	0.83
	MAR	97.45	105.92	123.48	0.02
	ABR	91.11	104.33	125.64	-0.16
	MAY	111.59	111.87	126.78	-0.83
	JUN	106.63	109.54	100.36	-1.91
	JUL	97.27	107.98	103.09	-1.99
	AGO	96.98	103.30	98.92	-2.05
	SEP	87.54	100.38	90.39	-1.52
	OCT	86.60	99.91	95.38	0.30
	NOV	95.22	100.83	118.75	-1.10
	DIC	100.23	101.67	117.09	0.73
2018	ENE	121.99	108.33	126.55	1.47
	FEB	93.14	99.77	103.55	2.51
	MAR	107.44	107.60	133.81	1.56
	ABR	120.53	113.00	129.85	1.11
	MAY	126.72	118.97	123.76	1.20
	JUN	119.95	115.60	102.69	2.09

Anexo 9: Parámetros oceanográficos promedio en la boya 110°W y CPUE pota.

AÑO	110°W			CPUE pota	
	isoterma20	altura (cm)	VEL_80M	temperatura	captura
2015	44.67	90.26	98.14	-1.11	10.76
	51.52	94.11	111.07	0.25	12.44
	65.38	98.61	128.48	1.38	12.67
	92.36	109.62	144.47	4.07	13.60
	103.45	111.34	122.74	3.15	12.57
	107.86	114.30	121.22	3.03	10.67
			110.44	2.47	12.79
	103.72	111.54	123.40	3.43	10.23
			109.88	4.03	11.65
			100.98	3.12	10.45
	120.83	118.40	112.40	4.30	11.06
	122.76	118.84	98.17	3.79	9.33
			105.40	3.24	11.17
			100.00	3.68	6.74
2016	36.37	89.69	53.44	-0.21	3.69
	32.99	89.62	66.98	-1.32	2.18
	34.11	90.56	58.11	-1.04	3.08
	39.27	89.96	65.83	-0.96	1.39
	28.34	86.07	59.44	-1.36	3.12
	18.41	84.43	58.62	-0.84	4.00
	38.67	87.39	52.42	-0.87	4.83
	33.16	86.11	47.85	-1.61	4.09
	27.22	85.71	66.03	-2.25	4.35
	38.83	89.86	66.35	-1.61	4.37
	57.74	94.97	73.14	0.27	5.84
	50.95	93.98	68.69	0.30	5.53
	47.27	94.77	70.43	0.13	4.58
	41.19		75.10	-0.13	3.61
40.93		75.16	-0.44	6.79	
2017	49.07	93.96	83.48	-0.16	6.70
	46.06	92.47	82.79	-0.13	5.58
	35.11	87.58	63.16	-0.59	3.55
	19.91	84.70	71.07	-1.52	1.08
	27.35	85.69		-1.95	1.01
	19.91	84.20	63.08	-2.96	0.12
	21.35	84.06	49.93	-2.86	0.16
	40.62	90.26	94.06	-0.94	3.97
	51.02	91.41	72.37	0.04	6.94
	36.08	88.99	90.89	-1.11	7.18
2018	54.82	95.37	104.33	0.12	7.44
	71.44	100.67	117.31	1.74	7.55
	64.71	98.61	103.67	1.14	9.02

```

> summary(rg.simple)
Call:
lm(formula = HE$CPUE ~ HE$X170, data = HE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-5.3463 -1.6383 -0.4702  2.1614  4.9772

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 14.42826    1.20012  12.022 1.61e-14 ***
HE$X170     -0.13449    0.01976  -6.805 4.52e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.537 on 38 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.5493,    Adjusted R-squared:  0.5374
F-statistic: 46.31 on 1 and 38 DF,  p-value: 4.518e-08

> summary(rg.simple)
Call:
lm(formula = HE$CPUE ~ HE$X140, data = HE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.1582 -1.8349  0.6727  1.7303  7.3385

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 13.51987    2.57219  5.256 1.24e-05 ***
HE$X140     -0.05842    0.02504  -2.333  0.0268 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.433 on 29 degrees of freedom
(11 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.158,    Adjusted R-squared:  0.1289
F-statistic: 5.441 on 1 and 29 DF,  p-value: 0.02682

> summary(rg.simple)
Call:
lm(formula = HE$CPUE ~ HE$X110, data = HE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.7043 -0.9959  0.0988  1.2809  2.6342

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.54999    0.94160  -4.832 2.24e-05 ***
HE$X110      0.13136    0.01052  12.484 5.11e-15 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.673 on 38 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.804,    Adjusted R-squared:  0.7988
F-statistic: 155.8 on 1 and 38 DF,  p-value: 5.11e-15

```

Anexo 10: Resumen del modelo de regresión lineal simple velocidad boya 170°W, 140°W y 110°W.

```

> adf.test(velocidad110)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: velocidad110
Dickey-Fuller = -0.84971, Lag order = 3, p-value = 0.9484
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(velocidad140)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: velocidad140
Dickey-Fuller = -3.3782, Lag order = 3, p-value = 0.07778
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(velocidad170)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: velocidad170
Dickey-Fuller = -1.4326, Lag order = 3, p-value = 0.7962
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(CPUE)

Augmented Dickey-Fuller Test

data: CPUE
Dickey-Fuller = -1.2977, Lag order = 3, p-value = 0.8491
alternative hypothesis: stationary

```

Anexo 11: Prueba estadística de dickey fuller aumentada de raíces unitarias para las series de tiempo de velocidad de Corriente y CPUE.

Velocidad 110°W vs CPUE

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: residuales
Dickey-Fuller = -3.5515, Lag order = 3, p-value =
0.04942
alternative hypothesis: stationary
```

Velocidad 140°W vs CPUE

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: residuales
Dickey-Fuller = -1.5073, Lag order = 3, p-value = 0.7624
alternative hypothesis: stationary
```

Velocidad 170°W vs CPUE

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: residuales
Dickey-Fuller = -2.4875, Lag order = 3, p-value = 0.3821
alternative hypothesis: stationary
```

Anexo 12: Resumen de la prueba estadística de dickey fuller aumentada de raíces unitarias para los residuales de la regresión.

```
> summary(rg.simple)
Call:
lm(formula = HESCPUE ~ HESX110, data = HE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.7604 -1.1115 -0.3663  1.1622  5.9380

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.1315     0.3589   17.08 < 2e-16 ***
HESX110      1.4600     0.1726    8.46 2.87e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.225 on 38 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.6532,    Adjusted R-squared:  0.6441
F-statistic: 71.57 on 1 and 38 DF,  p-value: 2.867e-10
> summary(rg.simple)

Call:
lm(formula = HESCPUE ~ HESX140, data = HE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.0220 -1.8587 -0.1076  1.7242  7.5181

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.3318     0.4662   13.583 9.77e-16 ***
HESX140      1.1665     0.2116    5.512 3.12e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.804 on 36 degrees of freedom
(4 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.4577,    Adjusted R-squared:  0.4426
F-statistic: 30.38 on 1 and 36 DF,  p-value: 3.121e-06
> summary(rg.simple)

Call:
lm(formula = HESCPUE ~ HESX140, data = HE)

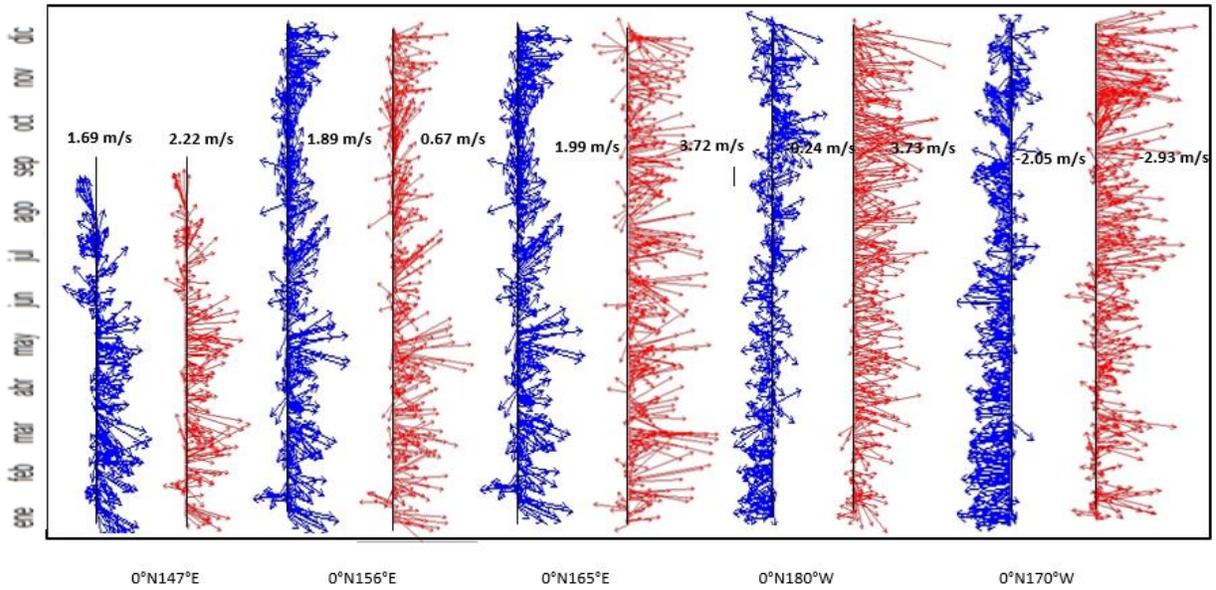
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.0220 -1.8587 -0.1076  1.7242  7.5181

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.3318     0.4662   13.583 9.77e-16 ***
HESX140      1.1665     0.2116    5.512 3.12e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

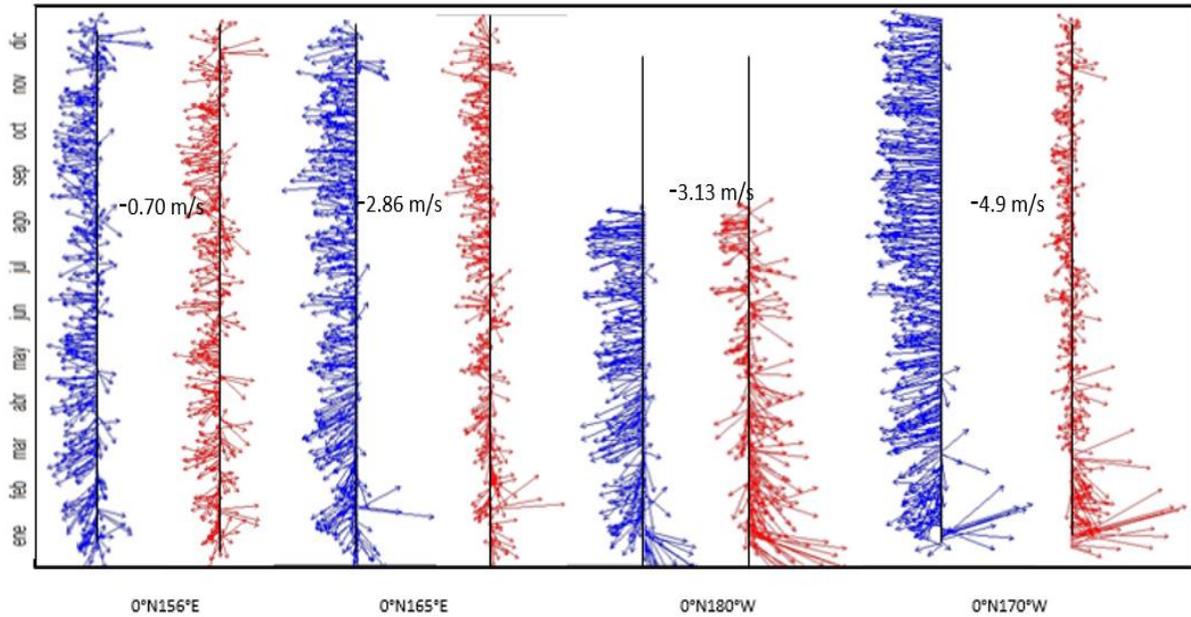
Residual standard error: 2.804 on 36 degrees of freedom
(4 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.4577,    Adjusted R-squared:  0.4426
F-statistic: 30.38 on 1 and 36 DF,  p-value: 3.121e-06
```

Anexo 13: Resumen del modelo de regresión lineal simple anomalía temperatura boya 170°W, 140°W y 110°W.

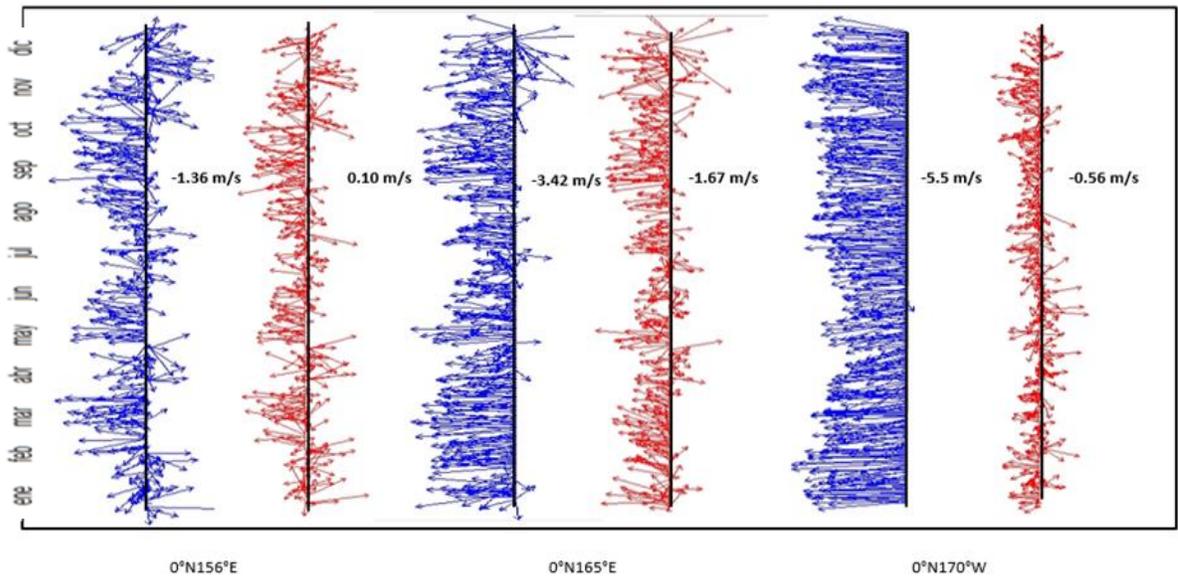
Vientos alisios



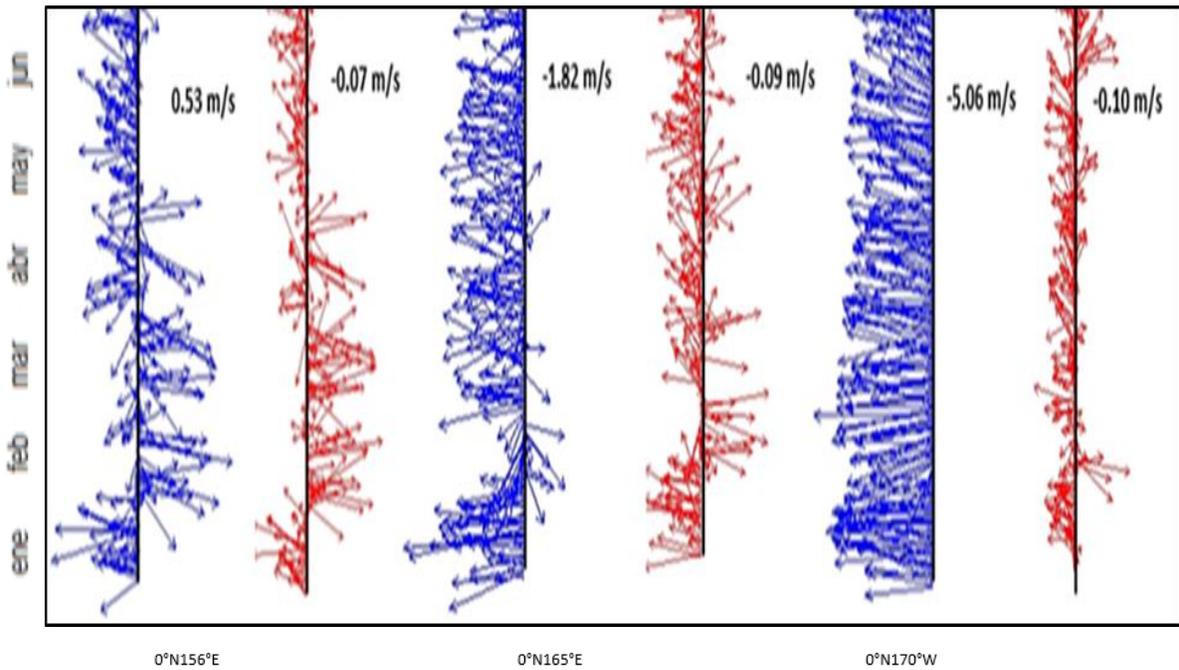
Anexo 14: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2015.



Anexo 15: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2016.

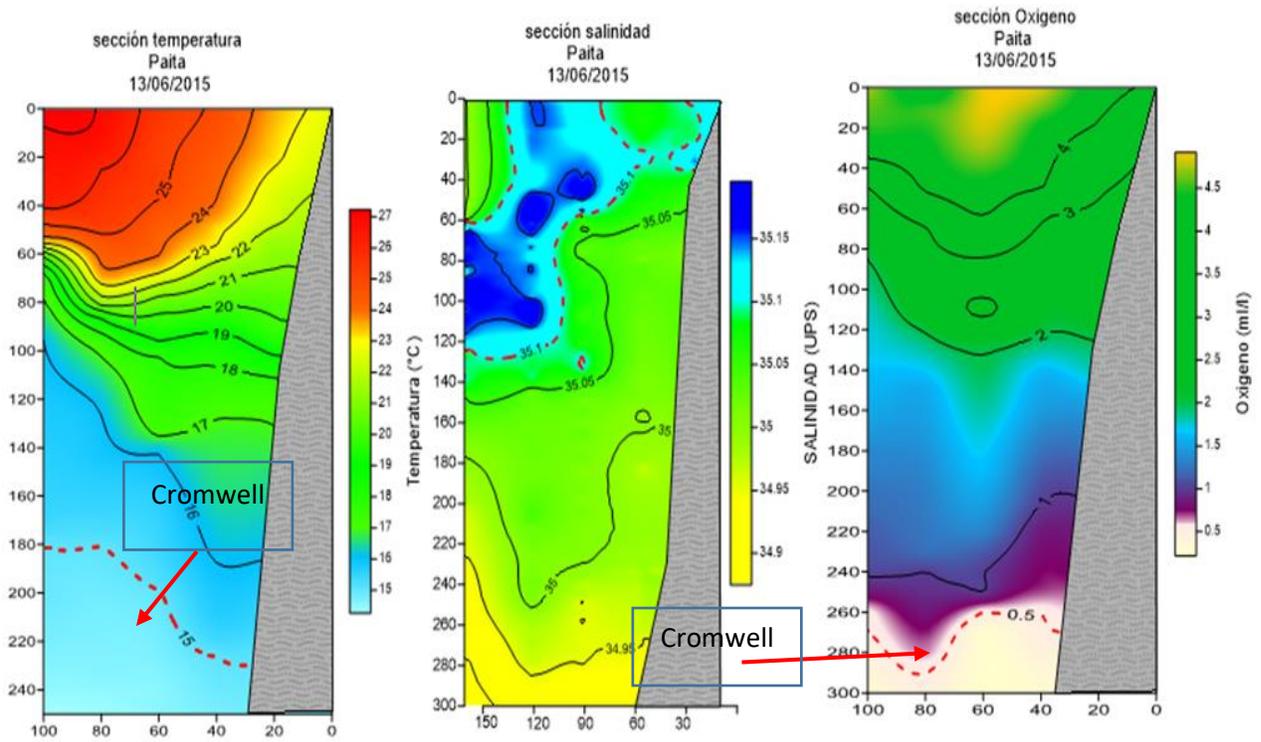


Anexo 16: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2017.

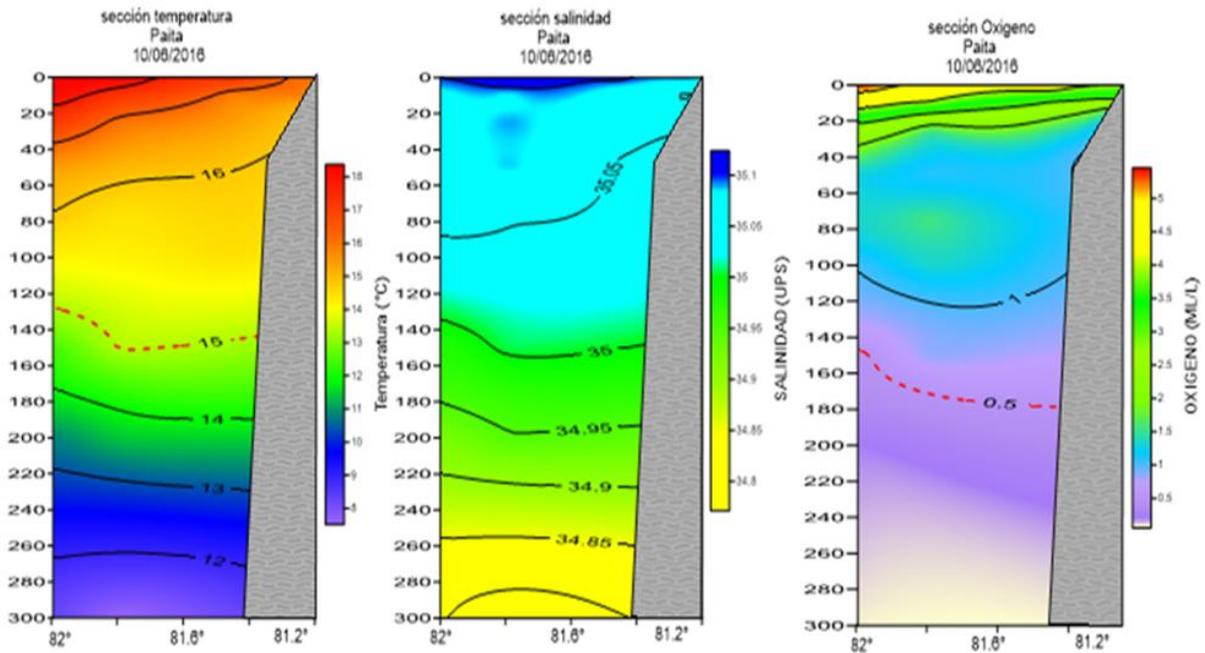


Anexo 17: Velocidad de los vientos zonales (m/s) y su anomalía durante el 2018.

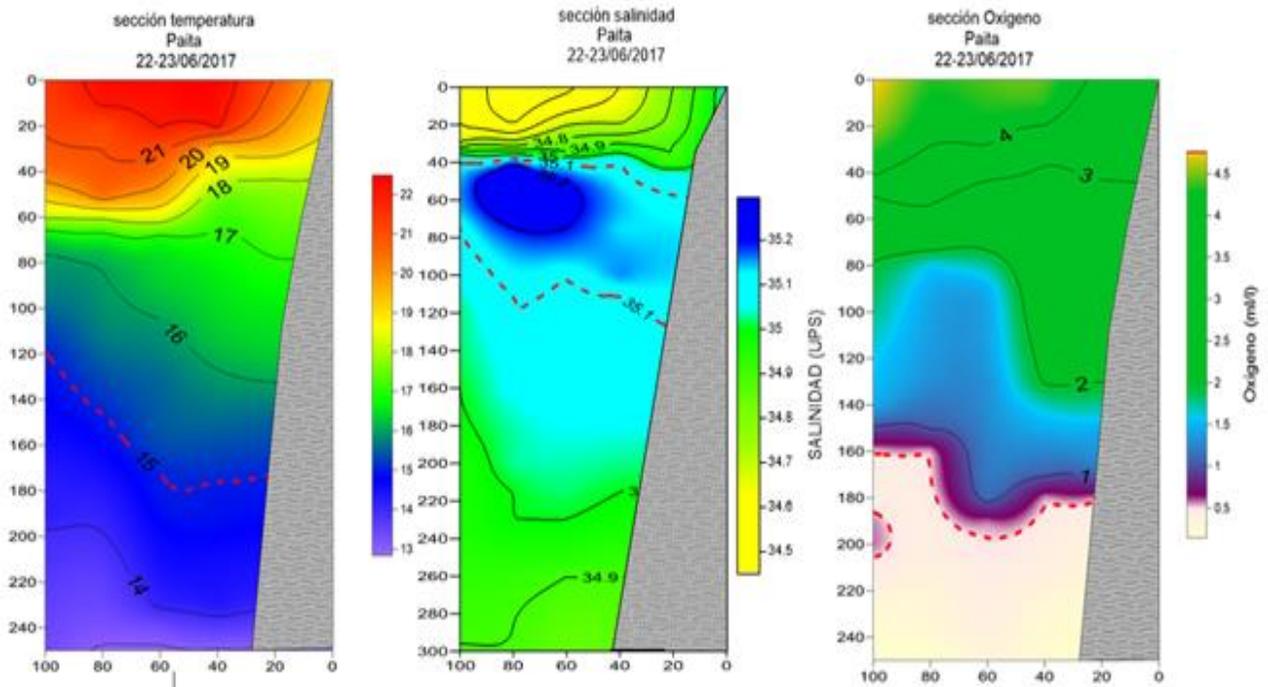
secciones oceanográficas



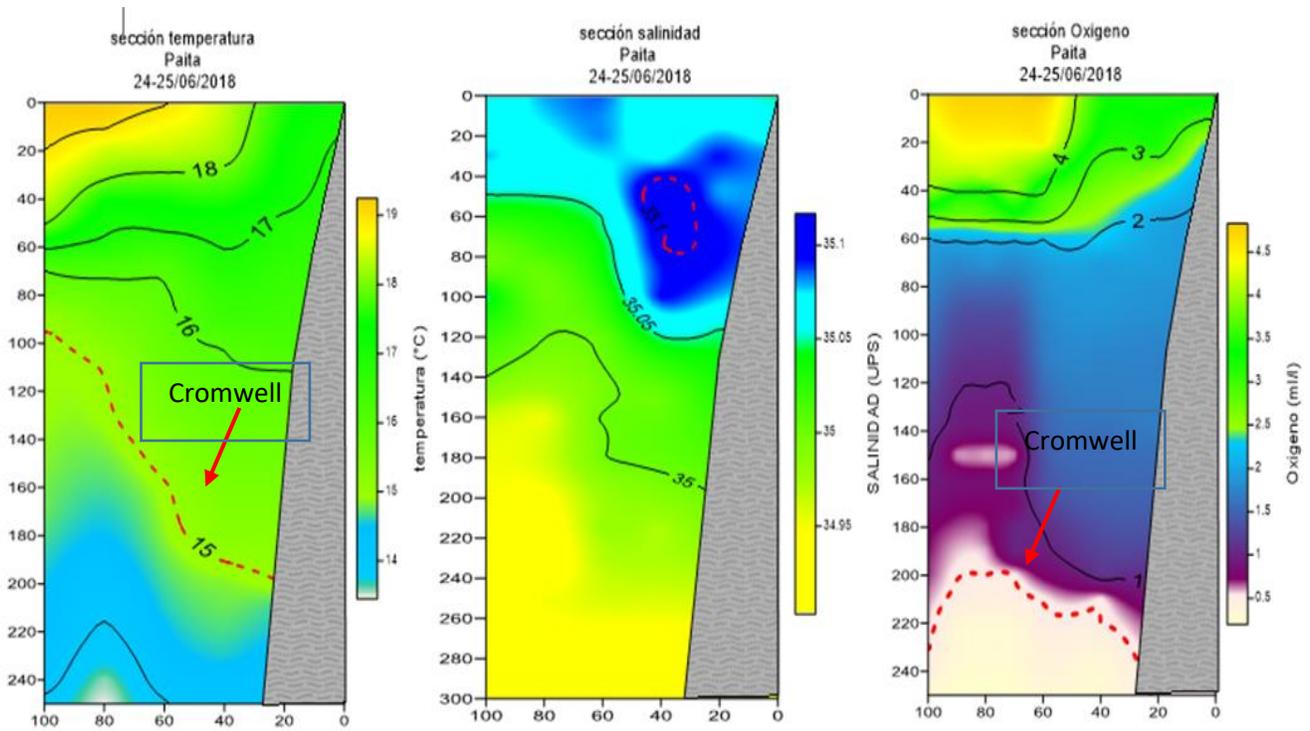
Anexo 18: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paíta 2015.



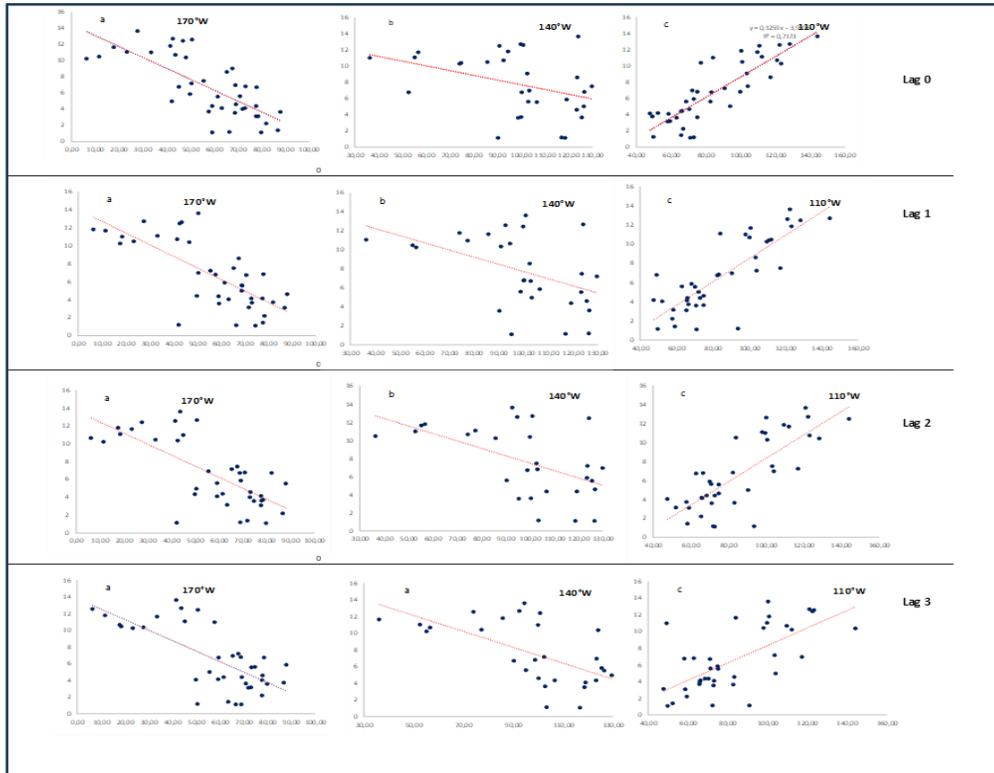
Anexo 19: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paíta 2016.



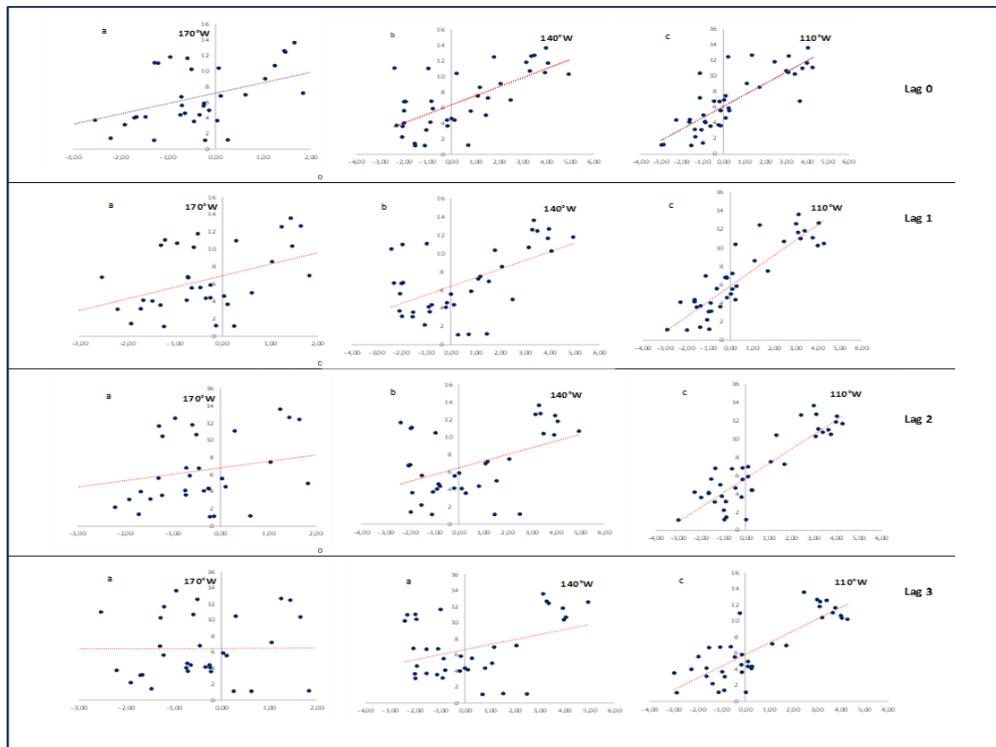
Anexo 20: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paíta 2017.



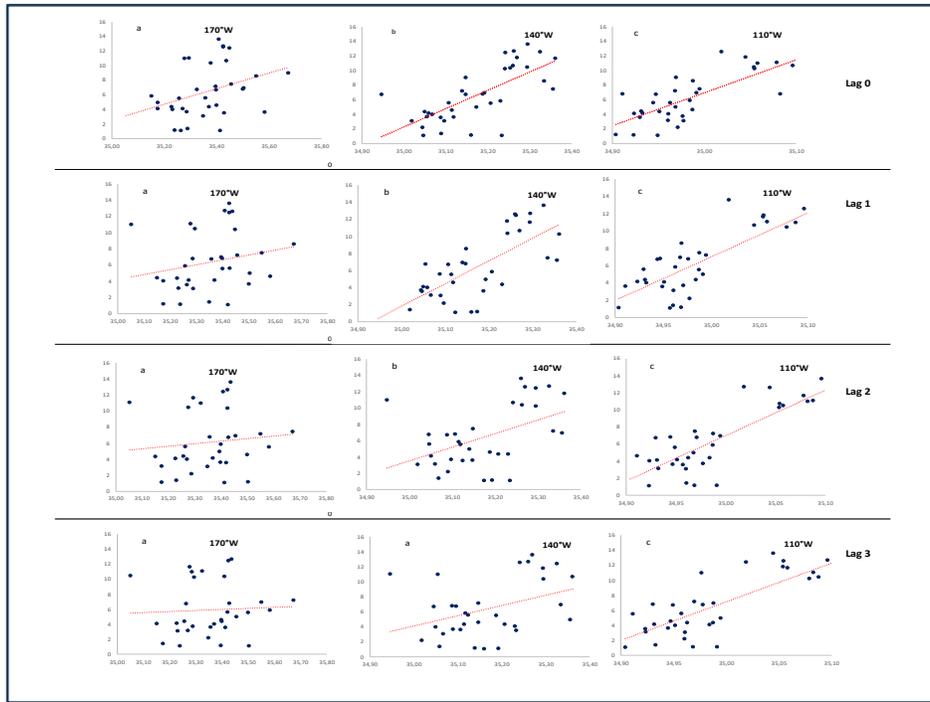
Anexo 21: Sección de temperatura, salinidad y oxígeno en Paíta 2018.



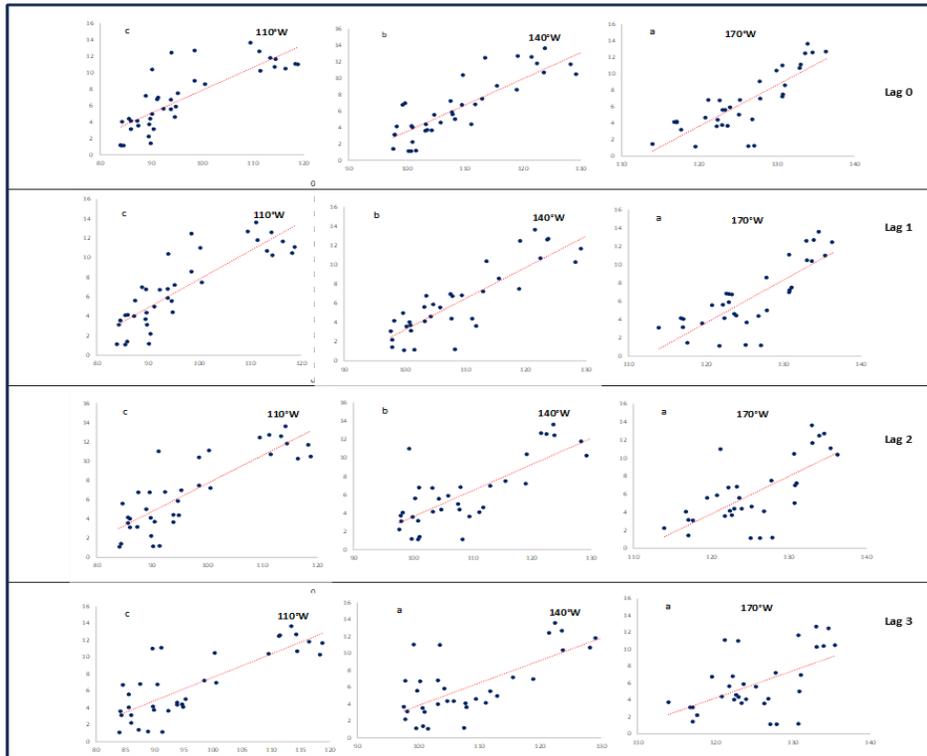
Anexo 22: diagrama de dispersión de la velocidad zonal para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.



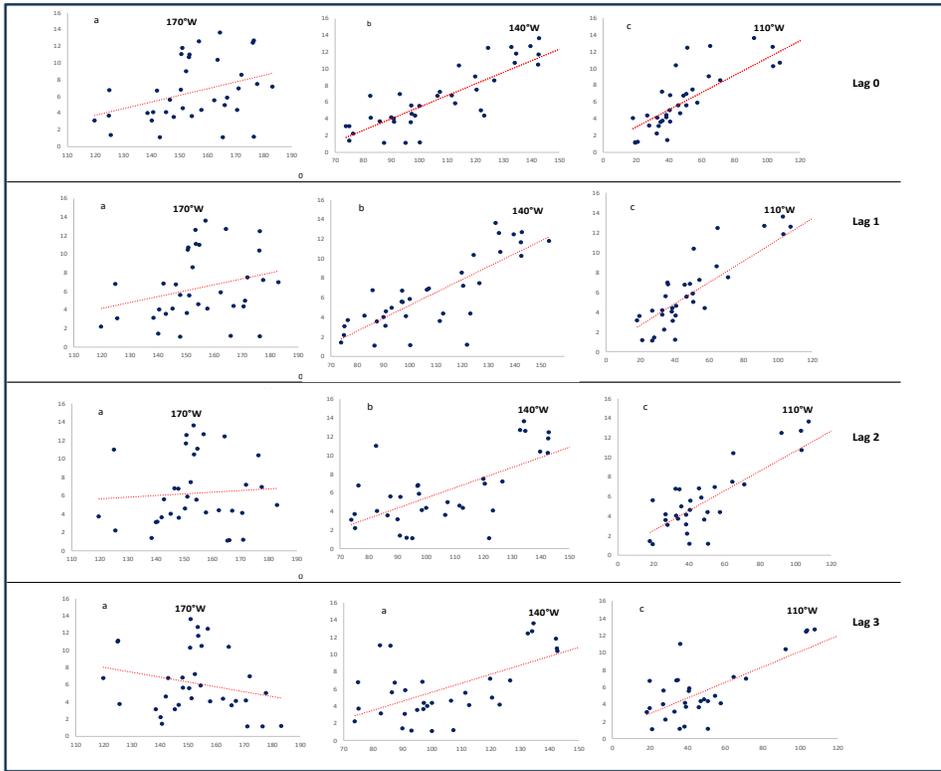
Anexo 23: diagrama de dispersión de la anomalía de temperatura para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.



Anexo 24: diagrama de dispersión de la salinidad para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.



Anexo 25: diagrama de dispersión de la altura dinámica para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.



Anexo 26: diagrama de dispersión de la isoterma 20°C para los lags 0,1,2 y 3 en las boyas 170°W, 140°W y 110°W.