

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“VARIACIONES DE LA CORRIENTE CROMWELL Y SU
INFLUENCIA EN LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LA
MERLUZA (*MERLUCCIVS GAYI PERUANUS*) DURANTE EL
PERIODO 2003-2013”**

Presentado Por:

GANDY MARÍA ROSALES QUINTANA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA PESQUERA

Lima-Perú

2017

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
	4.1. Análisis de la Abundancia relativa de la merluza.....	26
	4.1.1. Análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE t/h).	26
	4.1.2. Análisis de la Biomasa y la Talla media de la merluza.....	30
	4.2. Análisis de la Corriente Cromwell.....	32
	4.2.1. En los 0°N 170°W.....	32
	4.2.2. En los 0°N 110°W.....	36
	4.2.3. Profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S).....	41
	4.2.4. Relación de la Corriente Cromwell entre los 0°N 170°W, 0°N110°W y frente a Paita (5°S).....	43
	4.2.5. Descripción de masas de agua frente a Paita (5°S).....	47
	4.3. Influencia de la Corriente Cromwell en la Abundancia relativa de la merluza.....	50
V.	CONCLUSIONES.....	56
VI.	RECOMENDACIONES.....	57
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	58
VII.	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estaciones oceanográficas en la Línea Paita (5°S) del periodo 2003 al 2013, realizado durante los Cruceros de Evaluación del IMARPE.	16
Cuadro 2. Clasificación de las embarcaciones por tipo de flota según la Potencia de Motor.....	17
Cuadro 3. Número de Faenas de pesca por tipo de Flota en el periodo del 2003 al 2013.	17
Cuadro 4. Número de individuos muestreados provenientes de la flota comercial.	18
Cuadro 5. Información de la velocidad de corriente, temperatura y salinidad a diferentes profundidades para las boyas 0°N 110°W y 0°N 170°W de la NOAA. ...	20
Cuadro 6. Valor mínimo, máximo, desviación estándar y cantidad de datos de la CPUE (t/h) por tipo de flota.	27
Cuadro 7. Climatología de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W en el núcleo y rango dinámico.....	33
Cuadro 8. Promedio mensual Climatológico (1991-2010) de la Velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W y los meses de mínimo valor (color rojo).	34
Cuadro 9. Promedio estacional (diciembre-enero-febrero) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W.	35
Cuadro 10. Climatología (1991-2010) de la velocidad (cm/s) zonal de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W, el núcleo y su intervalo de rango dinámico. ...	37
Cuadro 11. Promedio mensual Climatológico (1991-2010) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W y los meses de máximo valor (color rojo).	38

Cuadro 12. Promedio estacional (marzo-abril-mayo) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W.	39
Cuadro 13. Correlación de los núcleos de velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell entre los 0°N 170° y 0°N 110°W.	41
Cuadro 14. Profundidad (m) de la Isoterma de 15°C durante los otoños del periodo 2003-2013 frente a Paita (5°S).	43
Cuadro 15. Correlaciones entre las profundidades (m) del rango dinámico de la Corriente Cromwell y la Profundidad de la Isoterma de 15°C.....	45
Cuadro 16. Correlación entre la velocidad (cm/s) mensual de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W y la Profundidad (m) de la Isoterma de 15°C.....	46
Cuadro 17. Correlación entre la velocidad (cm/s) mensual de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W y la Profundidad (m) de la Isoterma de 15°C.....	46
Cuadro 18. Datos de velocidad de la Corriente Cromwell, CPUE por tipo de flota y estación climática.	51
Cuadro 19. Correlaciones entre la velocidad (cm/s) estacional en el núcleo de la Corriente Cromwell con la CPUE (t/h) para 3 diferentes tipos de flota. ..	52
Cuadro 20. Cantidad total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Doppler en 0°N 110°W.	67
Cuadro 21. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Fijo en 0°N 110°W.	68
Cuadro 22. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Doppler en 0°N 170°W.	69
Cuadro 23. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Fijo en 0°N 170°W.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Desembarque de Merluza desde 1971 al 2016. Fuente: Lassen, et al. 2008 (1971-2007); INEI (2008-2013); IMARPE (2014-2016*). (Elaboración Propia). *enero a junio del 2016. 6
- Figura 2:** Biomasa de Merluza del 2003 al 2016, según los Cruceros de Evaluación de recursos demersales de IMARPE. (Elaboración Propia) 8
- Figura 3:** Talla media de merluza (macho, hembras y general) de 1971 al 2016. Canal, 1988 (1971-1980); Wosnitza-Mendo et.al., 2004 (1981-2001); IMARPE (2002 al 2016). (Elaboración Propia)..... 9
- Figura 4:** Masas de Agua a lo largo de la Costa Peruana durante condiciones normales. Fuente: Oceanografía General (<http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/>) ... 14
- Figura 5:** Ubicación de boyas 0°N 110°W y 0°N 170°W (círculos rojos) en el Pacífico Ecuatorial para el análisis de la Corriente Cromwell. Fuente: NOAA. ... 19
- Figura 6:** Principales características de las boyas y correntómetros instalados por la NOAA. Fuente: NOAA (http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml) 19
- Figura 7:** Ubicación de la Sección Paita (5°S) en el Océano Pacífico (línea punteada negra)..... 21
- Figura 8:** Variaciones mensuales de la CPUE (t/h) para la flota tipo I y tipo II con las respectivas temporadas de veda del recurso para el periodo 2004 al 2013. 26
- Figura 9:** Variaciones mensuales de la CPUE (t/h) para la flota tipo III con las respectivas temporadas de veda del recurso para el periodo 2004 al 2013..... 27
- Figura 10:** Promedio mensual (2004-2013) de la CPUE (t/h) por tipo de flota. 28

Figura 11: Variación mensual de la CPUE (t/h) tipo I y II frente a Paita (5°S) del 2003 al 2013.	29
Figura 12: Variación mensual de la CPUE (t/h) tipo III frente a Paita (5°S) para el periodo 2003-2013.....	29
Figura 13: Variación anual de la Biomasa (t) estimada de merluza durante los Cruceros de Evaluación de otoño de IMARPE, en el periodo del 2003 al 2013.....	30
Figura 14: Variación y tendencia de la talla media (cm) de merluza proveniente de los Cruceros de Evaluación de otoño realizados durante el periodo 2003-2013.	31
Figura 15: Variación y tendencia de la talla media (cm) de merluza proveniente de la Flota Comercial realizados durante el periodo 2003-2013.	32
Figura 16: Climatología (1991-2010) del Perfil de velocidad (cm/s) zonal y meridional de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W.	33
Figura 17: Climatología mensual (1991-2010) del rango dinámico (110 m, 150 y 200 m) y su promedio, para la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W.....	34
Figura 18: Climatología (2006-2014) del Diagrama T-S de la Corriente Cromwell y su núcleo (cuadrado negro) en los 0°N 170°W.	36
Figura 19: Climatología (1991-2010) del Perfil de velocidad (cm/s) zonal y meridional de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W.	37
Figura 20: Climatología mensual (1991-2010) del rango dinámico (45 m, 80 y 120 m) y su promedio, para la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W.....	39
Figura 21: Climatología (2006-2014) del Diagrama T-S de la Corriente Cromwell y su núcleo (cuadrado negro) en los 0°N 110°W.	40

Figura 22: Variación de la profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S) durante el periodo 2003-2013.	42
Figura 23: Aplicación del “Core Method” para la identificación del origen de las masas de agua mediante Isopicnas (líneas azules).	50
Figura 24: Condición promedio (2003-2013) de las masas de agua en Paita (5°S 81°40'W).	70
Figura 25: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2003 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	70
Figura 26: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2004 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	71
Figura 27: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2005 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	71
Figura 28: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2006 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	72
Figura 29: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2007 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	72
Figura 30: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2008 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	73
Figura 31: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2009 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	73
Figura 32: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2010 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	74
Figura 33: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2011 frente a Paita (5°S 81° 40'W).	74

Figura 34: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2012 frente a Paita (5°S 81° 40'W)..... 75

Figura 35: Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2013 frente a Paita (5°S 81° 40'W)..... 75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Masa de Agua en la zona norte del Perú.....	67
Anexo 2: Salidas de Pruebas Estadísticas.....	70
Anexo 3: Cantidad de datos según correntómetro utilizado.....	75

RESUMEN

En el Perú, la principal especie demersal que en los últimos 15 años generó ingresos de hasta 100 millones-dólares/año es *Merluccius gayi peruanus*. Esta especie habita principalmente la zona norte del Perú, siendo Paita (5°S), el puerto donde se registran las mayores capturas. Estudios descriptivos indican que esta especie está directamente influenciada por la Extensión Sur del Ramal Costero de la Corriente Cromwell en su distribución espacial-abundancia. Esta corriente recorre más de 14 mil-km antes de llegar a Perú; sin embargo, hasta el momento no existe ninguna relación estadística que evidencie que las observaciones realizadas a 5500 millas (0°N170°W) guarden relación con el Norte del Perú. Por lo cual, en la presente investigación se analizará la influencia de la Corriente Cromwell (CCr) y sus parámetros oceanográficos en la abundancia relativa de merluza (CPUE (t/h)) durante 2003-2013. Se encontraron 3 periodos: (1) “Periodo Crítico o Cromwell Débil” durante el periodo 2003-2006 cuando la CPUE de flota I-II fue de 1.2 t/h y flota III de 3.6 t/h. (2) “Periodo de Cambios Extremos de debilitamiento e intensificación de la Corriente Cromwell” durante 2007-2010 cuando la CPUE de flota I-II incrementó a 1.7 t/h y flota III a 6.8 t/h. (3) “Periodo de Intensificación de la Corriente Cromwell” durante 2011-2012 cuando la CPUE de flota I-II continuó incrementando hasta 2.9 t/h y 10.1 t/h para la flota III. Asimismo, la talla (cm) de la merluza, mostró la misma tendencia creciente en dicho periodo, incrementando de 21.4cm en el 2003 a 29.9cm en el 2013; es decir, un incremento de 8.5 cm en 11 años. Finalmente, se realizaron correlaciones entre la profundidad Isoterma de 15°C (Paita) y CCr 0°N170°W y 0°N110°W, resultando significativa (p-value<0.05) y altamente significativa (p-value<0.01), respectivamente. Adicionalmente, se corroboró la relación mediante Diagramas T-S y Core-Method permitiendo reafirmar su fuerte conexión.

Palabras claves: Corriente-Cromwell, Isoterma de 15°C, CPUE, Talla-Merluza, Masas de Agua, Diagrama-T-S, Core-method.

ABSTRACT

Peruvian Hake (*Merluccius gayi peruanus*) is the principal demersal which generates incomes, more than 100 million-dollars/year in Peru. The principal distribution of Hake is along the North Peruvian coast, being Paita (5°S), the port wherein has been registered the most important catches. Previous studies indicate that Hake is directly influenced by Cromwell Current Southern extension of the coastal branch, in their distribution-abundance. Cromwell Current (CrC) go across more than 14 mil-km along the Equatorial Line before arrives to Peru. Nevertheless, until now does not exist an statistical evidence of relationship between current velocity at 0°N170°W (5500 miles far) with oceanographic conditions in the North of Peru. In this way, the present research has as principal objective analyze and prove CrC influence in Hake abundance in front of Paita (4°30'S and 5°30'S) using Catch per unit effort (CPUE t/h) during 2003-2013. As result, it was possible to determinate 3 periods: (1) Critic Period or Weak Cromwell during 2003-2006 when CPUE of fleet I-II were 1.2 t/h and fleet III of 3.6 t/h. (2) Cromwell Current Intensification and Weakening period, during 2007 to 2010 when CPUE of fleet I-II increases until 1.7 t/h and fleet III 6.8 t/h. (3) Cromwell Current intensification period, during 2011-2012 when CPUE fleet I-II and III continue increasing until 2.9 t/h and 10.1 t/h respectively. Additionally, Hake size (cm) shows the same growing tendency, from 21.4 cm in 2003 to 29.9 cm in 2013; that is, an increase of 8.5 cm in 11 years. Finally, it was carry out a correlation test between 15°C Isotherm depth (Paita) with CrC core velocity at 0°N170°W and 0°N110°W, resulting significant (p-value<0.05) and highly significant (p-value<0.01) correlation respectively. Furthermore, it was possible to corroborate CrC intensification-weakening using T-S Diagram and Core-Method demonstrating the strong connection as well.

Key words: Cromwell Current, 15°C Isotherm, CPUE, Peruvian-hake-size, water-mass, T-S-Diagram, Core-Method.

I. INTRODUCCIÓN

La merluza peruana es el recurso que genera el mayor ingreso económico al Perú por las exportaciones de recursos demersales, fluctuando en los últimos 15 años entre 50 a 100 millones de dólares cada año (ADEX datatrade, 2016). Asimismo, esta actividad genera centenares de puestos de trabajo en el puerto de Paita.

Tanto la abundancia como la talla de la merluza han sufrido bruscos cambios con tendencia a disminuir desde 1970, siendo muy notorios durante Eventos El Niño de 1982-83, 1991-92 y 1997-98, llegando al 2002-03 con los menores valores de biomasa y composición por talla, lo que originó un cierre de la pesquería por un periodo de 14 meses. En el año 2004 mediante la Resolución Ministerial N° 186-2004-PRODUCE se reabrió la pesca con mucha cautela, determinando solo 24 mil t debido a la situación de sobre explotación en la que se encontraba la merluza.

Por otro lado, la Corriente Cromwell es el sistema de corrientes más importante de la capa subsuperficial del Pacífico Ecuatorial, que transporta energía y grandes volúmenes de agua desde Australia hasta Sudamérica a lo largo de la línea Ecuatorial. Estudios realizados por Samamé *et. al.*, (1985) indican que esta corriente altera el sistema marino subsuperficial en la costa norte del Perú, provocando notoriamente la modificación del patrón de distribución de los recursos demersales (Samamé *et. al.*, 1985; Guevara-Carrasco, 1985; Reyes, 1992) así como de recursos pelágicos (Icochea *et. al.*, 1989). Asimismo, McCallock (2007) demuestra que estos cambios de distribución afectaron también la composición por talla en una determinada zona de estudio en 1992, debido a la redistribución del recurso. Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la influencia que tiene la Corriente Cromwell en las variaciones de la abundancia relativa de la merluza durante el periodo 2003-2013.

Para ello, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (1) Analizar las variaciones de la abundancia relativa de la merluza utilizando la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) durante el periodo 2003-2013, (2) Analizar las variaciones de la velocidad de la Corriente Cromwell y sus parámetros oceanográficos a lo largo de la línea Ecuatorial, y finalmente (3) Relacionar las variaciones de la abundancia relativa de la merluza con las variaciones de la velocidad de la Corriente Cromwell.

Los resultados de la presente tesis de investigación permitirán aportar con nuevo conocimiento científico referente a la influencia de las condiciones oceanográficas en el principal recurso demersal del Perú, así como la utilización de una nueva metodología de predicción de las condiciones oceanográficas frente a la costa peruana, que permita un manejo adecuado del recurso en el corto plazo, con la finalidad de contribuir a la sostenibilidad de la pesquería de la merluza.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DESARROLLO DE LA PESQUERÍA DE LA MERLUZA EN EL PERÚ

La Merluza es el principal recurso demersal que se extrae en el Perú según los desembarques anuales del Ministerio de la Producción. Esta especie se remonta del año 50' cuando el puerto de Paita (5°S) se convirtió en el principal punto de desembarque en el norte del Perú (Espino *et.al.*, 1984).

Del Solar (1965) realizó la primera prospección pesquera de especies demersales a bordo del Barco Arrastrero "Bettina", desde Caleta La Cruz (3°28') hasta Chimbote (9°S), donde observó abundancia de merluza por encima de la plataforma continental. En 1972 se realizó la expedición científica pesquera de mayor envergadura a bordo del BIC "Profesor Mesiatsev" (Anon, 1972) donde adicional a la pesca exploratoria de los recursos demersales y pelágicos, se realizaron observaciones de los parámetros oceanográficos hasta los 1000 metros de profundidad, abarcando casi todo el litoral peruano, con la finalidad de desarrollar la pesca de arrastre para destinarlos al consumo humano directo en el Perú.

En 1973 se da inicio a la pesca de arrastre con los Barcos Factoría Polacos y la posterior incorporación de las Embarcaciones Factoría Cubanas. En 1978, de un total de más de 300,000 t desembarcadas (IMARPE, 1980), 180,000 t fueron capturadas por la flota cerquera de Chimbote en julio y agosto, para luego repetirse esta sobrepesca con cerco en 1980, en el cual participaron entre 20 a 90 embarcaciones pesqueras (Guevara, 1996). Dicha sobrepesca hizo vulnerable al recurso, notándose los efectos años después.

En 1981 la captura total fue de 160,000 t. Asimismo, debido al Evento El Niño de 1982-1983, las capturas con red de arrastre solo llegaron a 5,800 t en 1983. Por la misma razón, durante El Niño 1992-1993, las capturas fueron de 32,000 y 66,000 t respectivamente.

Años después, en 1994 se capturó más de 60 mil t de merluza de 2 y 3 años de edad en solo 1 mes.

Mientras que en el año 1995 se capturó 60 mil t de merluzas de 1 año de edad en un poco más de un mes, ambas realizadas con red de cerco. (Guevara-Carrasco, 1996; Espino, 1999). Cabe resaltar que en dichas capturas con cerco, participaron cerca de 40 embarcaciones en total (Guevara-Carrasco, 1996). Por lo que en febrero de 1996 se decreta la R.M. N°117-96-PE que prohíbe la utilización de red de cerco en la pesca de merluza en todo el litoral peruano.

Por otro lado, los desembarques registrados antes, durante y después del Evento El Niño Extraordinario de 1996-1997-1998 alcanzaron valores de 234,000 t, 143,000 t y 82,000 t respectivamente (Lassen *et. al.*, 2008), siendo las capturas de 1996 la segunda más alta del periodo 1971-2013. Asimismo, en los años 1999, 2000 y 2001 las capturas llegaron a 28,000 t, 64,000 t y 131,000 t respectivamente. Resaltando que el 2001 fue el año en que más se desembarcó en lo que va del siglo XXI. Sin embargo, los ejemplares extraídos fueron en su mayoría de menor tamaño (presencia del 98.2% de juveniles) según los Cruceros de Evaluación de IMARPE (Guevara-Carrasco R, *et. al.*, 2004).

A partir de noviembre del 2002 se capturó cerca de 41,000 t y se recomendó cerrar la pesquería por 14 meses debido al evidente signo de sobrepesca. Sin embargo, se autorizó extraer solo 5,000 t de merluza durante el período octubre-diciembre del 2003 mediante el régimen provisional de Pesca de Bereche con barbo aprobado según la Resolución Ministerial N°339-2003-PRODUCE.

El 2004 mediante la Resolución Ministerial N°186-2004-PRODUCE se reabrió la pesquería, designando una cuota de 24,000 t para el periodo correspondiente entre el 15 de mayo y el 31 de diciembre, siendo la captura de ese año 27,833 t en total. (Lassen, *et al.* 2008)

Finalmente entre los años 2005 y 2016 las capturas no superaron las 40,000 t según las cifras oficiales publicadas por el Instituto del Mar del Perú, debiéndose en gran parte a las cuotas precautorias dadas por el Ministerio de la Producción del Perú. Los desembarques de merluza desde 1971 hasta el 2016 se muestran en la Figura 1.

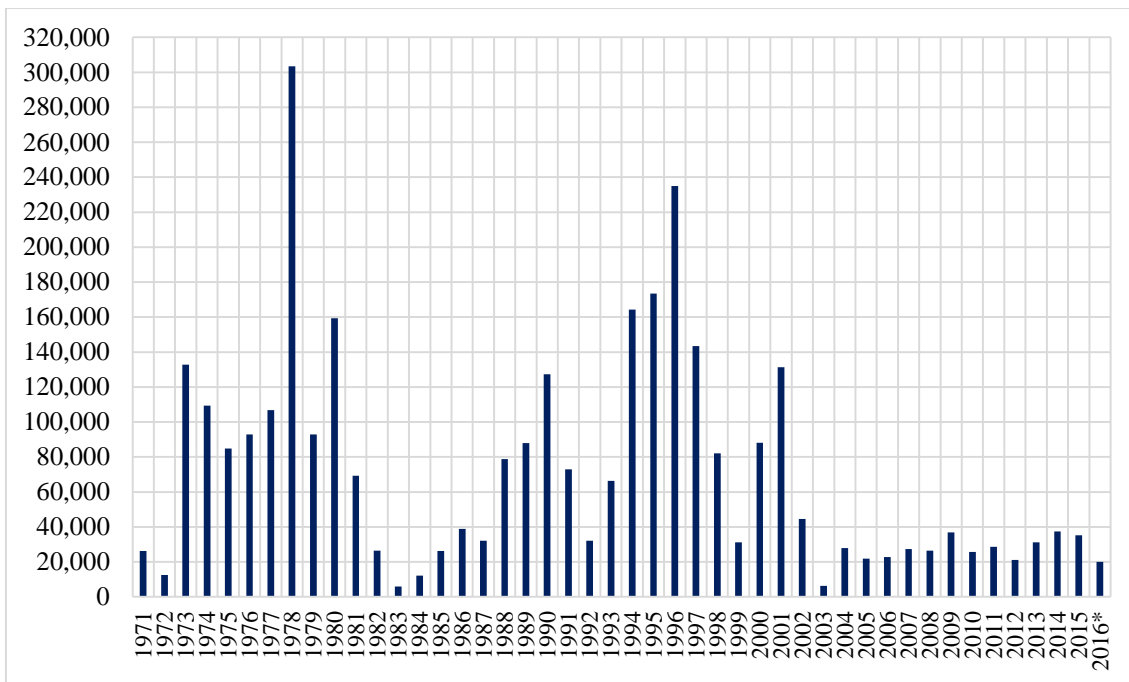


Figura 1. Desembarque de Merluza desde 1971 al 2016. Fuente: Lassen, *et al.* 2008 (1971-2007); INEI (2008-2013); IMARPE (2014-2016*). (Elaboración Propia). *enero a junio del 2016.

2.2. VARIACIONES EN LA BIOMASA ESTIMADA DE LA MERLUZA

Uno de los aspectos biológicos más importantes para el análisis de la sostenibilidad de los recursos es la biomasa estimada durante los Cruceros de Evaluación que realiza el IMARPE. Como se ha mencionado antes, los primeros descubrimientos de la merluza como recurso explotable, lo realizó Del Solar (1965) quien a bordo de la E/P “Bettina” dirigió la primera exploración de áreas de abundancia de merluza frente a la costa peruana, concluyendo que las mayores concentraciones se encontraron frente a Islas Lobos de Afuera y Chimbote.

Asimismo, durante 1972-1973 se estimó la biomasa mediante el método de área barrida con red de arrastre de fondo a bordo de la Embarcación Científica rusa “Profesor Mesiatsev”, resultando una biomasa de 2’200,000 t (Anon, 1972; Anon, 1973). Sin embargo, esta estimación resulto sobreestimada para el recurso.

Armstrong (1981) a partir de información de capturas, calcula la biomasa en 491,000 t para el año 1979; sin embargo, el autor enfatiza que el método utilizado no fue

teóricamente válido ya que se disponía de poca información. Años después en 1993 se estimó una biomasa no superior a las 175,000 t. (Leonart & Guevara, 1995)

Durante el Evento El Niño 1997, los valores fueron entre los 250,000 y 300,000 t, mostrando mayor abundancia al sur de los 5°S y hasta los 12°S, esto debido a la influencia de las condiciones oceanográficas de dicho año. (Guevara-Carrasco y Wosnitza-Mendo, 1997).

La biomasa posterior al año 1997 se estimó en 215,000 t en el Crucero BIC José Olaya Balandra 9806-07 realizado desde Puerto Pizarro (3°S) a Huarmey (8°S). (Samamé y Fernández, 1998)

A partir del 2001 se registraron los valores más bajos de biomasa, para luego en noviembre del 2002 establecer el cierre de la pesquería por 14 meses debido a la baja biomasa estimada y el reducido tamaño de los ejemplares encontrados. La tendencia a disminuir que presentó la biomasa se observó hasta el año 2011, con excepción del 2008 que presentó alto valor, como se muestra en la Figura 2 según los Cruceros de Evaluación de recursos de demersales de IMARPE. (IMARPE, 2003; IMARPE, 2004; IMARPE, 2006; IMARPE, 2007; IMARPE, 2008; IMARPE, 2009; IMARPE, 2010)

Entre los años 2011, 2012 y 2013 los valores de biomasa presentaron una marcada tendencia a aumentar; siendo 49,298 t, 189,772 t y 275,977 t los valores respectivamente (IMARPE 2011; IMARPE 2012; IMARPE 2013). Asimismo, la biomasa estimada entre los años 2014, 2015 y 2016 se estimaron en 400,114 t, 294,744 t y 249,809 t, siendo el mayor valor durante el 2014. (IMARPE 2014; IMARPE 2015; IMARPE 2016). Es decir, la abundancia de la merluza evaluada a lo largo de la costa peruana muestra importantes caídas durante el 2006 y 2011 y aumenta en mayor proporción en los últimos años.

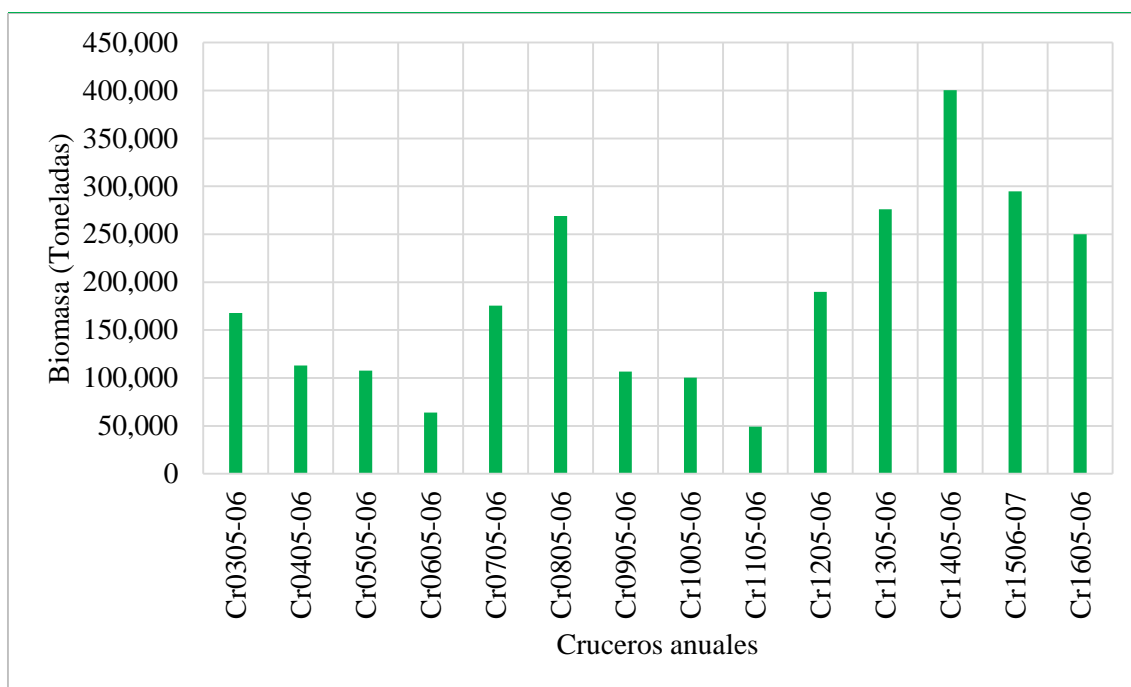


Figura 2. Biomasa de Merluza del 2003 al 2016, según los Cruceros de Evaluación de recursos demersales de IMARPE. (Elaboración Propia)

2.3. VARIACIONES DE TALLA, MODA Y RANGOS DE LA MERLUZA

Durante la evaluación realizada a bordo del Buque científico “Profesor Mesiatsev” en la primavera para el hemisferio sur de 1972 se observaron rangos de talla entre 4.1 cm y 76 cm, siendo estos valores menores a los evaluados durante el invierno del mismo año. (Anon, 1973).

Años después, Canal (1988) colecta 13,187 ejemplares de merluza de la Flota comercial, entre enero de 1971 y diciembre de 1980, en muestreos mensuales frente entre los 4°S-6°S, notando que las tallas caen de 48 cm a 44 cm.

En 1992 a partir de la información de los desembarques de la Flota comercial, se analizó la drástica disminución de la talla media durante 1991-1992, explicando que esto fue resultado de la desaparición de la sardina y la disminución del bereche durante los 90’s, los cuales eran el principal alimento de la merluza. Asimismo, se observó una nueva preferencia en la dieta por el recurso anchoveta. (Wosnitza-Mendo, *et.al.*, 2004)

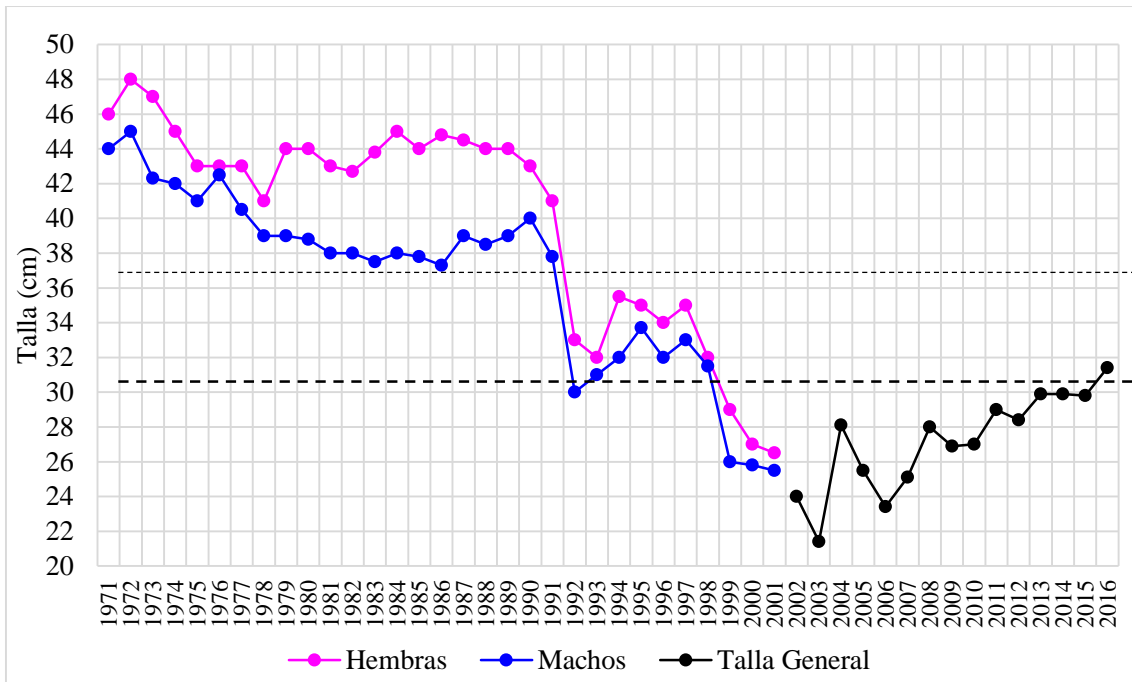


Figura 3. Talla media de merluza (macho, hembras y general) de 1971 al 2016. Canal, 1988 (1971-1980); Wosnitza-Mendo *et.al.*, 2004 (1981-2001); IMARPE (2002 al 2016). (Elaboración Propia)

Cabe resaltar que desde abril de 1994 a junio de 1995, cuando se tuvo a la merluza muy disponible a la flota cerquera en la zona de Chimbote (9°S), se observó alta incidencia de reclutas de 1, 2 y 3 años de edad, lo cual contribuyó a la significativa reducción de la talla (Guevara-Carrasco R. 1995) y la desestabilización del recurso.

Otros autores como Mc Callock, (2007) explica la drástica disminución de la talla de merluza utilizando los pulsos de intensificación de la Corriente Cromwell y la temperatura subsuperficial del mar registrados en la boya $0^{\circ}\text{N } 110^{\circ}\text{W}$ durante el periodo noviembre de 1991 hasta abril de 1992, encontrando una fuerte relación entre la composición por talla de la captura frente a Paita y el incremento de la velocidad máxima de la corriente, generando que la tendencia de la talla media de la merluza de ese mismo año tienda a disminuir en los años siguientes; 2001 y posteriormente el 2002. A este último año Guevara-Carrasco (2004) lo describe como la segunda situación clara de sobrepesca grave de la merluza. Dicha tendencia puede observarse en la Figura 3.

Durante 1997 la distribución de la merluza fue afectada frente a Paita por el ingreso de masas de agua cálida y en especial por la intensificación extrema de la Corriente Cromwell durante el Evento El Niño en abril de 1997 (IMARPE, 1997), extrayéndose 165.5 kg. de merluza en un lance frente al Callao (12°S) a 321.5 m de profundidad (Elliot y Paredes, 1997), zona donde normalmente no hay presencia de especies de fondo. Estos ejemplares encontrados, mostraron una escasa presencia de ejemplares de 2 años de edad (25-30 cm), los cuales nacieron durante el invierno-primavera austral de 1995, y se desarrollaron en el periodo más frío de la década 1995-1996. Esta condición ambiental redujo las posibilidades de sobrevivencia de dicho cohorte. (Guevara-Carrasco, 1997).

A partir del 2000, la población observada era básicamente juvenil y las capturas sostenidas por ejemplares de 2 años (24-25 cm), con escasa presencia de adultos desovantes, siendo el desove sostenido por la maduración temprana de individuos de 2 años e incluso 1 año de edad (Guevara-Carrasco, et. al., 2004). Causando que la biomasa se vuelva más vulnerable al efecto de la actividad pesquera y posteriores eventos ambientales desfavorables, motivo por el cual se estableció una veda de 14 meses a partir de noviembre del 2002.

Para el 2004, el rango de tallas oscilaron entre 6cm y 68cm con moda de 30cm y 24cm, continuando la predominancia de ejemplares juveniles y por la singular presencia de adultos no observados en los últimos años. (IMARPE, 2004).

En el año 2007 ya se observaban rangos más amplios de talla entre 6cm y 72cm. Sin embargo la talla media y la moda principal aún se mantenían en niveles bajos de 25-24 cm. Asimismo, el porcentaje de individuos < a 35cm se era de 98.6%. (IMARPE 2007).

Durante el 2008, la estructura de tallas de la población estuvo en un rango de 6cm y 67 cm, con talla media de 28cm, grupo modal de 12cm y 28cm, y un 95% de ejemplares menores de 35cm. (IMARPE, 2008).

El rango de tallas para el 2009 varió entre 6cm -71cm, encontrándose individuos ligeramente más grandes, pero la moda continuó en 28cm. (IMARPE, 2009).

Finalmente el 2013 mostró un rango de talla más amplia de 9 cm a 79 cm, con valores multimodales de 24 cm y 31 cm. (IMARPE, 2013)

Cabe mencionar que durante el III Panel Internacional de Evaluación de la Merluza Peruana del 2008, se realizó un breve recuento de las condiciones de reclutamiento en base a los diferentes Cruceros de Evaluación realizados en IMARPE, en el cual califican como importante lo observado durante el año 2000, a partir del cual la talla muestra una tendencia descendente hasta el 2004, para luego tender al ascenso leve, con el valor más alto en el 2006. Por otro lado, Vargas y Mendo (2010) mencionan que a partir del 2006 se observa una tendencia al decrecimiento de la talla para años posteriores, siendo ésta contrastante con los estudios realizados por Lassen, *et. al.*, (2008), quien señala que la tendencia de la talla del recurso al 2008 podría significar una ligera recuperación poblacional con tendencia a aumentar para los años siguientes.

2.4. HISTORIA DE LA CORRIENTE CROMWELL Y SU RELACIÓN CON LOS RECURSOS PESQUEROS

The Equatorial Undercurrent fue descubierta en 1952 por Townsend Cromwell Cromwell, *et.al.*, (1954) y continuada por Knauss & Ring (1958). Estos últimos autores propusieron llamarla “Cromwell Current” en honor a su descubridor luego de su accidental fallecimiento en 1958. (Knauss, 1959).

Cromwell, *et. al.* (1954); Wooster & Jennings (1955); Wooster & Cromwell (1958); Knauss (1959) y Lomniewski (1973) asociaron características oceanográficas como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes y fosfatos con el comportamiento de la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial central, concluyendo que dicha corriente es caracterizada por su alto contenido de oxígeno entre los 0°N 140°W y Galápagos.

Años después, Khanaichenko (1974) explica la existencia de corrientes Subsuperficiales que fluyen a lo largo de la zona ecuatorial en los 3 océanos del planeta. Asimismo, afirma que la Corriente Cromwell en el Océano Pacífico es la más intensa e importante en cuanto a su velocidad (70-130 cm/s) y volumen transportado, comparada con la Lomonosov Current (denominada así por Khanaichenko) del Océano Atlántico (50-85 cm/s) y The Equatorial Undercurrent del Océano Índico (70-115 cm/s).

Por otro lado, Zuta y Guillen (1970) explica la importancia de tres componentes que alteran los afloramientos en la costa peruana, siendo; 1) la Corriente Peruana, 2) la fuerza de arrastre de los vientos alisios Sur-Este y 3) las corrientes Subsuperficiales. Pudiendo

esta última modificar las condiciones frente a la costa principalmente en años de cambios extremos como El Niño/La Niña. Asimismo, describe las principales masas de agua presentes a lo largo de la costa peruana.

Estudios previos (Knauss, 1959; Lomniewski, 1973; Khanaichenko, 1974; Lukas, 1981) indican que la llamada Corriente Cromwell es uno de los sistemas más importantes que fluye a lo largo de la Línea Ecuatorial y que transporta un determinado volumen de agua desde los 170°W, 155°W y hasta cerca de Galápagos en los 82°W mediante las observaciones in situ realizadas a bordo de las Embarcaciones “Coriolis”, “Mansyu” entre otros.

Asimismo, Icochea, *et al.* (1989) identifica tres patrones de pesca mediante el análisis de las secciones oceanográficas de temperatura, salinidad y oxígeno entre Paita (5°S) y Chimbote (9°S), el cual a su vez lo relaciona con la presencia-ausencia de recursos de arrastre pelágicos como jurel y caballa a nivel subsuperficial. En cuanto a la estacionalidad de la corriente, Icochea y Rojas (2001) y Flores *et. al.* (2009) presentan los meses de mayor intensidad en los meses de abril, mayo y junio; habiendo años en los que la intensificación puede iniciarse en febrero y culminar en agosto.

Partiendo de la investigación de Reyes (1992); Chirinos (1992); Martina (2004) y McCallock (2007) quienes analizan pesquerías específicas tanto demersales como pelágicas en relación a los pulsos de intensificación de la Corriente Cromwell según los tres patrones de pesca de Icochea *et.al.* (1989), resultan ser estas pesquerías afectadas directamente por los cambios bruscos de la corriente.

Evaluaciones realizadas por el Instituto del Mar del Perú durante los cruceros de investigación de recursos demersales sustentan una interesante asociación entre las variaciones de la temperatura, salinidad y oxígeno asociados al Ramal Costero de la Corriente Cromwell y su influencia en la distribución y abundancia de la merluza, como se observó en el Crucero realizado en otoño de 1997; año catalogado como un Evento El Niño Extraordinario (ENFEN, 2012) , cuando se encontró merluza profunda a 321.5 metros en un punto ubicado a 10 millas frente al Callao (12°S); esto es, más de 300 millas al sur de su zona habitual. Esta redistribución del recurso coincidente con la intensificación de la Corriente Cromwell reportada en abril en los 0°N 110°W (Martina, 2004), dicha intensificación del Ramal Costero de la Extensión Sur de la Corriente

Cromwell no solo indujo la migración al sur de la merluza sino también de su fauna acompañante, siendo el más resaltante, el falso volador (IMARPE, 1997).

Cabe resaltar, que Samamé, *et. al.* (1985); Reyes (1992); Guevara-Carrasco R, *et. al.* (2004) comprueban que el Ramal costero de la Corriente Cromwell influye notablemente en la distribución y abundancia de peces demersales, debido principalmente a su alto aporte de oxígeno disuelto y nutrientes a nivel subsuperficial favoreciendo el éxito del ciclo vital de la fauna demersal.

2.5. MASAS DE AGUA A LO LARGO DE LA COSTA PERUANA

Las principales masas de agua superficiales que se encuentran a lo largo de la costa peruana según Wyrcki (1967) y Zuta y Guillen (1970) son:

- Aguas Tropicales Superficiales (ATS) con salinidad < 33.8
- Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) con salinidad < 34.8
- Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con salinidad > 35.1
- Aguas Costeras Frías (ACF) con salinidad entre 34.8 a 35.1

Asimismo, las principales masas Subsuperficiales:

- Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) son identificadas en el norte del Perú con temperatura de 13°C-15°C, de salinidad de 34.9-35.1 y de relativamente alto contenido de oxígeno debido a que provienen del Ramal Sur de la Corriente Cromwell.
- Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP), las cuales oscilan entre 150 a 700 metros con temperatura de 7°C a 13°C y de salinidad entre 34.6 y 34.9
- Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA), con rangos de temperatura de 13°C a 15°C y de salinidad de 34.6 a 34.8.
- Aguas Antárticas Intermedias (AAI), se encuentran entre los 600 y 700 metros de profundidad con rango de temperatura 4°C -7°C y salinidad de 34.45-34.6.

Las masas de agua antes descritas se esquematizan en la Figura 4.

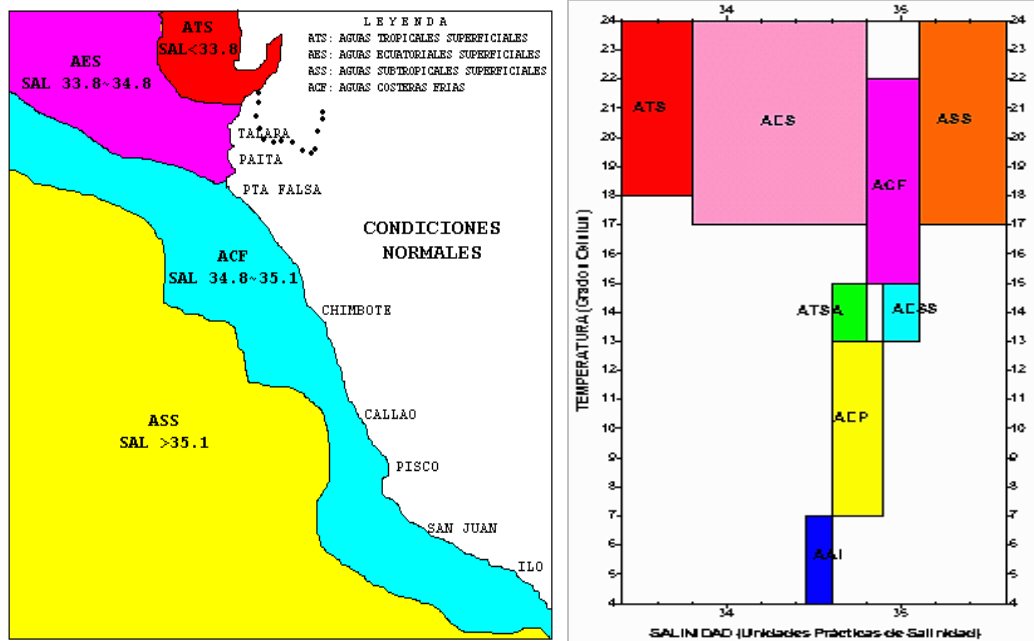


Figura 4. Masas de Agua a lo largo de la Costa Peruana durante condiciones normales.

Fuente: Oceanografía General (<http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/>)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. INFORMACIÓN UTILIZADA

3.1.1. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS EN EL NORTE DEL PERÚ

Para el análisis de las condiciones oceanográficas en el norte del Perú, se utilizó la información de temperatura y salinidad subsuperficial de los transeptos realizados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) durante los Cruceros de Evaluación de merluza frente a Paita (5°S).

En el Cuadro 1 se describe todas las estaciones oceanográficas analizadas del transepto frente a Paita (5°S) o también conocido como “Línea Paita”, durante todos los otoños (mayo-junio) del periodo 2003-2013.

En general, para los datos de temperatura y salinidad, se analizaron un total de 574 observaciones, y entre 4-10 estaciones por crucero del periodo de 11 años (2003-2013)

Cuadro 1. Estaciones oceanográficas en la Línea Paita (5°S) del periodo 2003 al 2013, realizado durante los Cruceros de Evaluación del IMARPE.

Est.	Fecha	Hora	Lat(°S)	Lon(°W)	Est.	Fecha	Hora	Lat(°S)	Lon(°W)
E-150	10/06/03	20:00	5 00.11	81 09.04	E-46	28/06/09	00:20	5 00.03	81 25.16
E-149	10/06/03	05:00	4 59.9	81 24.2	E-47	28/06/09	02:16	5 00.00	81 35.17
E-148	10/06/03	01:50	5 00.00	81 40.68	E-48	28/06/09	04:13	5 00.01	81 45.21
E-151	11/06/03	01:25	4 59.84	81 59.84	E-49	28/06/09	06:12	5 00.00	81 55.10
E-11	22/06/04	11:33	5 00.00	81 53.11	E-50	28/06/09	08:25	5 00.00	82 05.03
E-12	23/06/04	02:45	4 59.80	81 37.20	E-51	28/06/09	11:30	5 00.03	82 25.03
E-13	23/06/04	09:32	4 58.13	81 20.84	E-52	28/06/09	14:23	5 00.01	82 45.13
E-14	23/06/04	23:40	5 00.00	81 10.33	E-16	01/06/10	03:50	4 59.81	82 44.74
E-135	10/06/05	21:54	4 59.93	81 54.39	E-17	01/06/10	09:00	4 59.84	82 14.75
E-137	11/06/05	00:50	5 00.01	81 39.40	E-18	01/06/10	13:20	4 59.79	81 45.23
E-139	11/06/05	04:15	4 59.3	81 21.38	E-19	01/06/10	17:10	4 59.85	81 25.04
E-140	11/06/05	15:20	4 59.84	81 11.43	E-20	01/06/10	19:25	5 00.00	81 10.03
E-29	14/06/06	19:05	4 59.98	81 09.97	E-64	23/05/11	17:03	4 59.89	81 09.22
E-30	14/06/06	21:00	4 59.97	81 25.17	E-65	23/05/11	19:07	5 00.01	81 24.22
E-31	15/06/06	00:00	5 00.00	81 45.01	E-67	23/05/11	22:55	5 00.03	81 44.36
E-32	15/06/06	03:22	4 59.99	82 05.06	E-69	24/05/11	02:45	4 59.88	82 04.46
E-93	04/06/07	23:48	4 59.90	81 14.940	E-71	24/05/11	06:34	5 00.03	82 24.52
E-94	05/06/07	1:36	4 56.12	81 27.530	E-73	24/05/11	10:00	4 59.89	82 44.71
E-96	05/06/07	4:55	5 00.00	81 48.000	E-136	26/05/12	19:25	4 59.84	81 15.13
E-98	05/06/07	8:04	5 00.05	82 08.067	E-137	26/05/12	21:12	5 00.03	81 24.44
E-100	05/06/07	12:10	4 59.98	82 36.129	E-138	27/05/12	00:20	4 59.92	81 44.38
E-102	05/06/07	16:38	4 59.97	83 05.050	E-139	27/05/12	03:45	5 00.00	82 04.74
E-105	05/06/07	20:46	5 00.05	83 35.959	E-140	27/05/12	07:30	4 59.78	82 24.78
E-108	06/06/07	0:44	5 00.05	84 03.919	E-141	27/05/12	10:40	4 59.83	82 44.72
E-111	06/06/07	4:36	5 00.02	84 30.037	E-10	28/05/13	23:30	5 00.13	82 24.63
E-114	07/06/07	19:40	4 58.99	85 02.138	E-11	29/05/13	02:50	4 59.96	82 04.57
E-5	06/06/08	20:10	4 59.94	81 08.99	E-12	29/05/13	06:35	5 00.16	81 44.52
E-6	06/06/08	22:15	4 59.83	81 24.00	E-13	29/05/13	11:55	4 59.76	81 24.00
E-7	07/06/08	01:45	4 59.75	81 44.11	E-4	29/05/13	04:20	5 00.11	81 25.26
E-8	07/06/08	04:24	4 59.74	82 02.60	E-3	29/05/13	02:50	4 59.88	81 20.10
E-43	27/06/09	19:40	4 59.88	81 11.15	E-2	29/05/13	01:25	4 59.98	81 15.04
E-44	27/06/09	20:57	4 59.99	81 15.93	E-1	29/05/13	00:35	4 59.96	81 11.05
E-45	27/06/09	22:17	4 59.96	81 20.00					

3.1.2. ABUNDANCIA RELATIVA DE LA MERLUZA PERUANA

Para el análisis de la Abundancia relativa de la merluza se utilizó la información de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) provenientes de la Flota Comercial en el área comprendida entre los 4°30'S y 5°30'S, según la clasificación del Reglamento de Ordenamiento Pesquero de la Merluza (ROP, 2003). Seguidamente, se analizaron las faenas diarias de pesca de todas las embarcaciones participantes, las cuales se muestran por año en el Cuadro 3, siendo en total 11,899 observaciones.

Cuadro 2. Clasificación de las embarcaciones por tipo de flota según la Potencia de Motor.

Tipo de Embarcación	Según Potencia de Motor	Tipo de E/P
Arrastre Menor o Costeras	< 500HP	Tipo I
Arrastre Mediana Escala	Entre 500 y 1000 HP	Tipo II
Arrastre Mayor o Factoría	>1000 HP	Tipo III

Cuadro 3. Número de Faenas de pesca por tipo de Flota en el periodo del 2003 al 2013.

Año	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Total	
	Faena de pesca	N° de E/P	Faena de pesca	N° de E/P	Faena de pesca	N° de E/P	Faena de Pesca	Total N° E/P
2003	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	711	21	873	18	55	2	1,639	41
2005	750	17	830	18	267	3	1,847	38
2006	307	13	674	17	607	3	1,588	33
2007	495	19	417	11	307	3	1,219	33
2008	348	20	318	16	243	4	909	40
2009	341	17	610	19	342	6	1,293	42
2010	216	9	396	12	362	4	974	25
2011	259	7	314	13	365	4	938	24
2012	200	7	293	10	234	4	727	21
2013	231	9	185	8	349	4	765	21
Total	3,858		4,910		3,131		11,899	

Paralelamente a la abundancia relativa se analizó la información de la Biomasa, estimada mediante el método de Área Barrida, y la Talla media de merluza. En cuanto a la Biomasa estimada, se utilizaron los datos de los Cruceros de Evaluación de recursos demersales de IMARPE. Asimismo, para la información de las tallas se utilizó los Cruceros de Evaluación de IMARPE y de la Flota Comercial en el área comprendida entre los 4°30'S y 5°30'S realizándose el análisis por separado según procedencia.

En total se analizaron 851'703,485 individuos de la flota comercial y 992,862 individuos de los Cruceros de Evaluación de IMARPE, como se observa en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Número de individuos muestreados provenientes de la flota comercial.

Años	N° individuos Flota Comercial	N° individuos Cruceros Investigación
2004	82,677,533	24,804
2005	79,504,618	-
2006	98,293,988	25,470
2007	109,474,386	68,154
2008	74,848,096	131,608
2009	102,849,497	207,535
2010	96,490,539	117,472
2011	95,101,212	56,832
2012	54,474,194	69,635
2013	57,989,422	291,352
Total	851,703,485	992,862

3.1.3. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS DE LA CORRIENTE CROMWELL

Se utilizaron los datos proveniente de las boyas oceanográficas de Tropical Atmosphere Ocean Project (TAO) (<http://www.pmel.noaa.gov/tao/>) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Se obtuvo la data de velocidad de corriente proveniente de los correntómetros Doppler (Acoustic Doppler Current Profiler) y Fijos (Fixed Current Profiler) en los 0°N 110°W y 0°N 170°W a lo largo de la Línea Ecuatorial. Tal como se presenta en la Figura 5. Es importante mencionar que las boyas oceanográficas registran información de toda la columna de agua como lo describe la NOAA en la Figura 6.

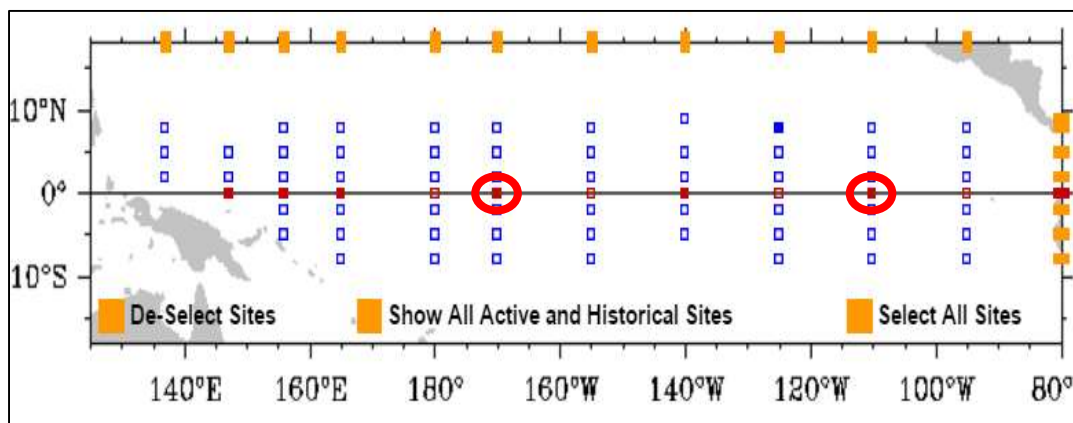


Figura 5. Ubicación de boyas 0°N 110°W y 0°N 170°W (círculos rojos) en el Pacífico Ecuatorial para el análisis de la Corriente Cromwell. Fuente: NOAA.

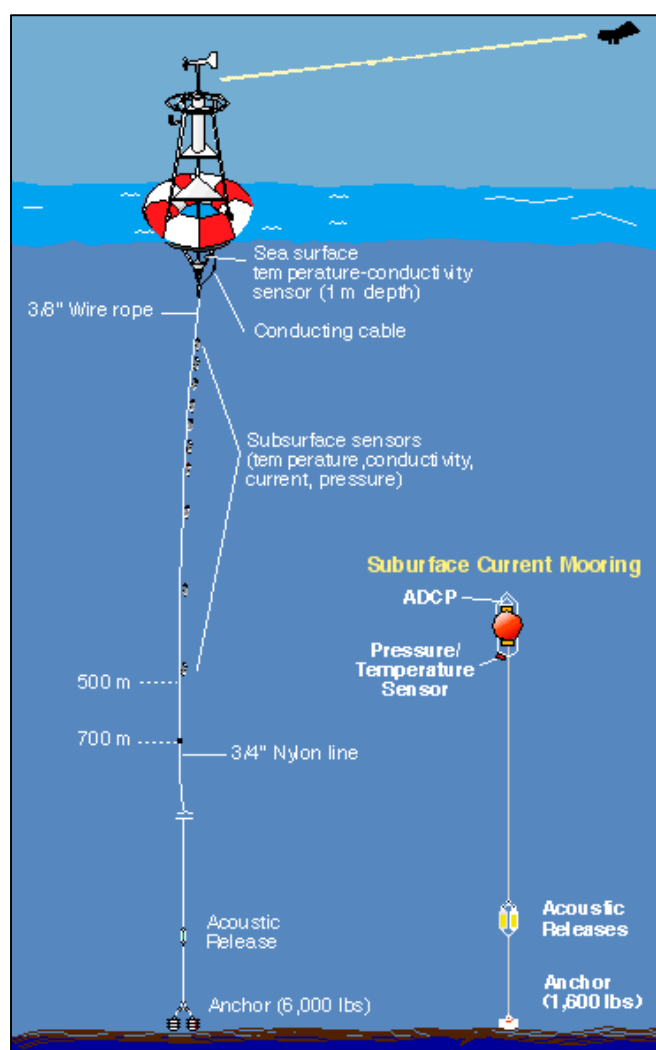


Figura 6. Principales características de las boyas y correntómetros instalados por la NOAA. Fuente: NOAA (http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml)

En el Cuadro 5 se presenta la descripción de la información según los periodos disponibles de cada variable en estudio y la cantidad de observaciones que presenta. Para el análisis de la velocidad de la corriente, se utilizó preferentemente los datos del ADCP (doppler) por contar con cantidad de observaciones de 1991 al 2010, excepto los años 2007 y 2008, los cuales se trabajaron con información del FCP (Fijos) por falta de información. Así como para los años del 2010 al 2013 en las profundidades de interés.

Asimismo, en los Cuadros del 20 al 24 del Anexo 1, se muestra la cantidad de observaciones con las que se cuenta a diferentes profundidades para todos los años desde 1991 al 2013 según tipo de correntómetro.

Cuadro 5. Información de la velocidad de corriente, temperatura y salinidad a diferentes profundidades para las boyas 0°N 110°W y 0°N 170°W de la NOAA.

Boya	Variable	Periodo	Prof. (metros)	Observaciones
0°N 110°W	Velocidad de Corriente (Doppler)	17/05/1991 al 20/07/2010	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 130, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225 y 230.	267,175
	Velocidad de Corriente (Fijos)	21/07/2010 al 27/12/2013	5, 10, 20, 45, 80, 120 y 200.	1,580
	Temperatura	7/03/1980 al presente 2016	1, 5, 8, 10, 13, 15, 20, 25, 28, 30, 35, 40, 45, 48, 50, 60, 75, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 180, 200, 250 y 300.	136,557
	Salinidad	10/8/1997 al presente 2016	1, 5, 10, 20, 25, 40, 60, 80 y 120.	15,587
	Velocidad de Corriente (Doppler)	01/01/1991 al 21/06/2006 y del 2/06/2009 al 14/09/2010	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 130, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215 y 220.	307,114

0°N 170°W	Velocidad de Corriente (Fijos)	24/06/2006 al 18/05/2012	10, 50, 100 y 150	3,094
	Temperatura	16/05/1998 al presente 2016	1, 5, 10, 13, 25, 49, 50, 53, 75, 100, 103, 125, 153, 175, 200, 250, 300 y 500	98,158
	Salinidad	4/7/2000 al presente 2016	1, 5, 10, 20, 25, 50, 75, 100 y 125	17,508

3.2. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.2.1. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS EN EL NORTE DEL PERÚ

El análisis de las condiciones oceanográficas en el Norte del Perú se realiza básicamente para conocer las condiciones del hábitat de la Merluza en su principal zona distribución, es decir, frente a Paita (5°S). Asimismo, con la finalidad de comprobar si existe alguna relación o influencia de la Corriente Cromwell (analizada en el Pacífico Ecuatorial) en la zona. En este contexto, se analizaron las secciones oceanográficas de temperatura y salinidad en el transecto Paita (5°S) durante los otoños del periodo comprendido entre el 2003 al 2013, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Ubicación de la Sección Paita (5°S) en el Océano Pacífico (línea punteada negra).

En base a los estudios realizados por Zuta y Guillen (1970); Icochea *et.al.* (1989); Flores *et.al.* (2009) y Vargas y Mendo (2010), la Isoterma de 15°C presenta variaciones de profundización o afloramiento en la columna de agua debido a la intensificación o debilitamiento de la Corriente Cromwell. Por lo que, para la presente investigación se utiliza las variaciones de la Profundidad de la Isoterma de 15°C frente a Paita durante el periodo de estudio 2003-2013.

Seguidamente, con la finalidad de identificar la presencia o ausencia de la Corriente Cromwell en el área frente a Paita (5°S), se planteó 2 formas de corroborar dicha corriente; (1) Mediante la generación de Diagramas de Temperatura-Salinidad (Diagrama T-S) en los cuales se identificó las principales masas de agua presente durante los otoños del 2003 al 2013 respecto de su promedio normal, y (2) Mediante el cálculo del sigma-t de cada punto T-S para identificar la procedencia de las masas de agua subsuperficial entre 25.5 y 26.5 (Icochea *et.al.*, 1989). Este último cálculo se realizó en base a la ecuación del estado del mar modificada por Millero and Poisson (1981).

3.2.2. ABUNDANCIA RELATIVA DE LA MERLUZA PERUANA

Para el análisis de la abundancia relativa de la merluza, se utilizó los datos diarios de CPUE (t/h), siendo ésta, la unidad estandarizada por la FAO (1995). Por ello, se utiliza la *Captura* en toneladas y el *Esfuerzo* en 1 hora de arrastre para cada lance realizado como unidades de medida.

La información proveniente de la Flota comercial se clasificó en 3 tipos (Tipo I, II y III) en base a la potencia del motor, según el Reglamento de Ordenamiento Pesquero (ROP, 2003). Esto con la finalidad de analizar la CPUE bajo condiciones similares de pesca en cada caso y reducir el error por alta variabilidad entre flotas. (ver Cuadro 2)

Se calcularon los promedios mensuales y estacionales del 2003-2013 en el área de estudio comprendida entre los 4°30'S y 5°30'S frente a Paita como sigue:

$$CPUE \text{ mensual} = \sum_{i,j=1}^{ni-nj} Cpue(i,j)$$

Donde *i* son los días del mes y *j* las embarcaciones que pescaron merluza para un determinado tipo de flota.

Adicionalmente se trabajó los datos de Biomasa estimada y Talla media de la merluza, por estar éstas variables estrechamente relacionadas con la abundancia del recurso, lo que permitió complementar el análisis de las variaciones y tendencias de la abundancia relativa de la merluza.

En cuanto a la Biomasa estimada, se analizaron las variaciones durante los otoños del periodo 2003 al 2013 en series de tiempo. Mientras que para la talla media, el análisis consistió en identificar variaciones bruscas durante la serie de tiempo mensual y estacional por tipo de flota de los 11 años de estudio tanto para la información proveniente de los Cruceros de Evaluación de IMARPE como para la información proveniente de la Flota comercial.

Seguidamente, se aplicaron regresiones lineales a las series de tiempo anual y se validaron las tendencias mediante la prueba estadística ANOVA como sigue; de la ecuación $Y = aX + b$; en el cual “Y” representa la variable dependiente, “X” la variable independiente, “a” es la pendiente de la recta y “b” el intercepto. Por tanto se tiene:

$$Y = aX + b$$

Donde “Y” es el tiempo, “X” la Talla media de la merluza, “a” y “b” la pendiente de la recta y el intercepto respectivamente. Finalmente se obtiene el p-value tanto para “a” y “b”, los cuales responderán a ser “significativo” o “no significativo”.

3.2.3. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS DE LA CORRIENTE CROMWELL

Tomando como base el periodo 1991-2010 se calculó la climatología¹ de la velocidad (cm/s) Zonal (U, en el eje “X”) y Meridional (V, en el eje “Y”) como componentes vectoriales de la corriente entre los 30 y 230 metros de profundidad en los 0°N 110°W y 0°N 170°W. Si bien la Organización Mundial de la Meteorología (OMM) recomienda

¹ Climatología: Caracterización del clima (atmosfera y océano,) mediante un promedio de 30 años, llamado también Normal Climática. (OMM, 2011)

¹Climatology: Average conditions based on historical data. Seasonal climatologies represent best estimate of average conditions for each month (January through December).

(http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/taoglossary.html#C)

utilizar como mínimo 30 años de datos, se utilizó 19 años debido a la disponibilidad de data observada con la que se cuenta para esta variable. Cabe mencionar que se utilizó principalmente la información proveniente de los ADCP (doppler) por presentar mayor cantidad de observaciones. Sin embargo, para los años sin información ADCP (2007 y 2008) se utilizó FCP (fijos), realizando previamente una correlación ($r=0.99$) de la información histórica entre correntómetros que valide la utilización de la data, tal como lo comprobó Martina (2004).

A partir de la climatología, se calculó el perfil de la velocidad a diferentes profundidades para la identificación de la máxima velocidad al cual llamaremos “Núcleo”. Asimismo, y a partir de una desviación estándar (1σ) del núcleo, se identificó los límites de velocidad de la corriente, al cual denominaremos como “Rangos Dinámico”.

En base a la determinación de las profundidades del núcleo y el rango dinámico se calculan los promedios mensuales y estacionales (verano, otoño, invierno y primavera) para el hemisferio sur en los $0^{\circ}\text{N } 170^{\circ}\text{W}$ y $0^{\circ}\text{N } 110^{\circ}\text{W}$ del periodo en estudio 2003-2013 en series de tiempo. Se aplicaron Test de Normalidad a la variable con la finalidad de conocer la naturaleza de la misma y aplicar las correlaciones según sea el caso (paramétrica o no paramétrica).

Adicionalmente al análisis de la velocidad de la Corriente Cromwell, se consideró realizar el análisis de las masas de agua de la Corriente Cromwell mediante los Diagramas T-S, con la finalidad de identificar con mayor precisión el transporte de dicha corriente a lo largo de la línea ecuatorial. Finalmente, para comprobar la relación de continuidad existente de la velocidad de la Corriente Cromwell en su trayecto por los $0^{\circ}\text{N } 170^{\circ}\text{W}$ y los $0^{\circ}\text{N } 110^{\circ}\text{W}$, antes de su arribo a la Costa Peruana, se aplicaron correlaciones no paramétricas para diferentes Lag² estacionales de tiempo (verano-verano, verano-otoño, verano-invierno, verano-primavera) entre los puntos de análisis.

² Lag: retardo de tiempo entre variables analizadas.

3.2.4. RELACIÓN ENTRE LA CORRIENTE CROMWELL Y LA ABUNDANCIA RELATIVA

Para comprobar la relación entre la Corriente Cromwell y las condiciones oceanográficas en el norte del Perú, se aplicaron 3 métodos de análisis; (1) Mediante una correlación entre la velocidad de la corriente en los 0°N 170°W y 0°N 110°W con la Profundidad de la Isoterma de 15°C frente a Paita (5°S), (2) Mediante el Diagrama T-S para la identificación de las masas de agua Subsuperficiales provenientes de la corriente y (3) Mediante la aplicación del “Core Method” para identificar masas de agua dentro de la Isopicna de 25.0 y 26.0 que describen a la corriente. (Lukas, 1981; Icochea, *et.al.*, 1989)

En cuanto a la relación entre la Corriente Cromwell y la abundancia relativa de la merluza en el norte del Perú, se aplicaron correlaciones no paramétricas entre los valores estaciones de cada variable siguiendo la metodología de Miyahara *et.al.* (2005) y San Martin, *et.at.* (2013) aplicando Lag estacional de 0, 1 y 2 (Lag0= verano-verano, Lag1=verano-otoño, Lag2=verano-invierno), identificándose la significancia del rho mediante el p-value. Finalmente, con el objetivo de complementar el análisis de la abundancia de la merluza medida con la CPUE, se compararon paralelamente los valores de Biomasa estimada y Talla media en series de tiempo anuales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LA MERLUZA

4.1.1. ANÁLISIS DE LA CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE t/h)

Se utiliza los valores de la Captura por Unidad de Esfuerzo o densidad del stock como medida de la Abundancia relativa de la merluza ya que es teóricamente proporcional al stock, pudiendo ser este influenciado por los cambios ambientales y el comportamiento del pez. (Cushing, 1981)

En la presente investigación, previo al análisis de la CPUE, se colectaron todas las temporadas de vedas por reproducción durante el periodo de estudio 2003-2013 para el tipo de flota I, II y III, como se observan en la Figuras 8 y 9. Es decir, durante los meses que no se contó con información fue debido, principalmente por los periodos de vedas reproductivas dadas.

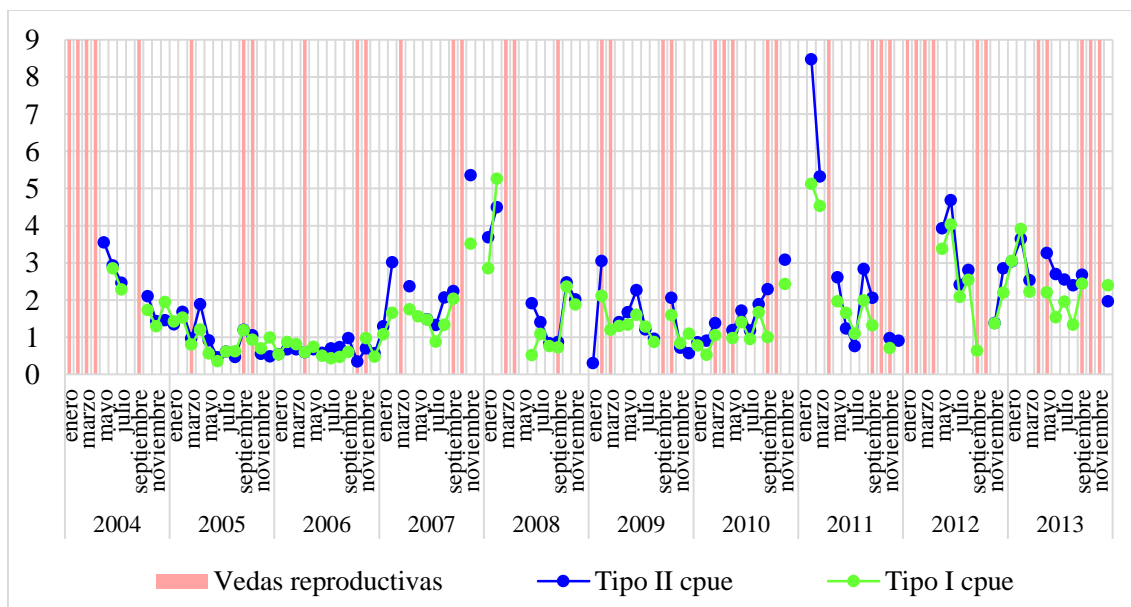


Figura 8. Variaciones mensuales de la CPUE (t/h) para la flota tipo I y tipo II con las respectivas temporadas de veda del recurso para el periodo 2004 al 2013.

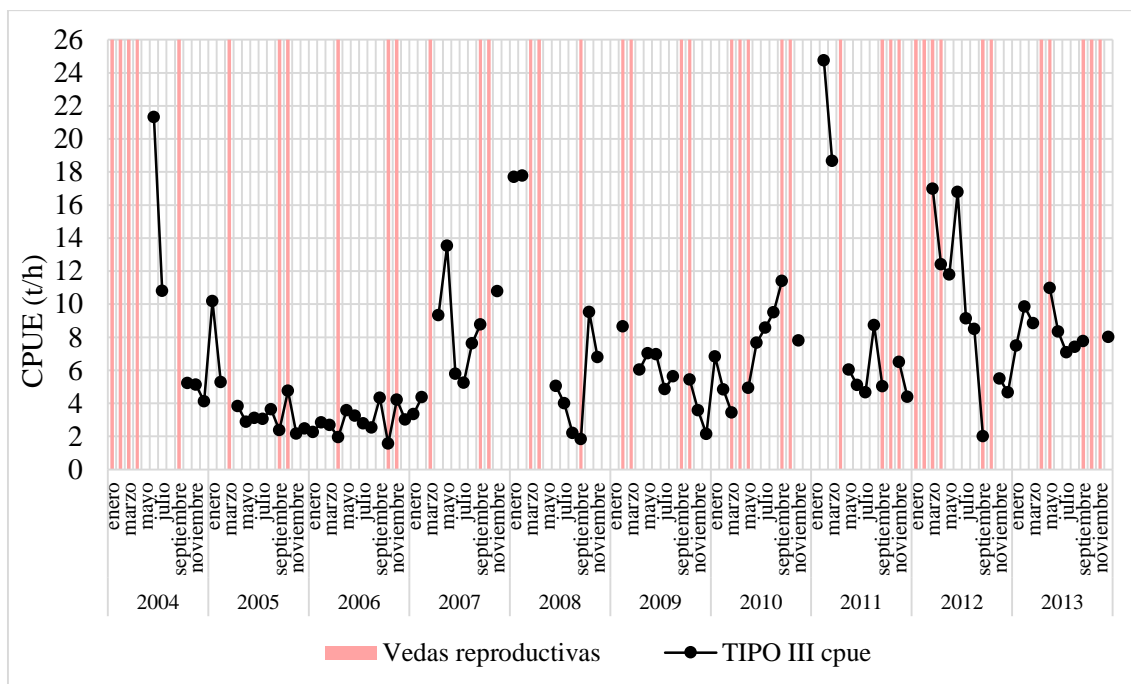


Figura 9. Variaciones mensuales de la CPUE (t/h) para la flota tipo III con las respectivas temporadas de veda del recurso para el periodo 2004 al 2013.

En el análisis diario de la CPUE por tipo de flota, se obtuvo la dispersión de la data mediante sus valores mínimo, máximo, media y desviación estándar, siendo la flota tipo III la más variable por sus valores extremos a diferencia de la flota tipo I y II como se puede observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Valor mínimo, máximo, desviación estándar y cantidad de datos de la CPUE (t/h) por tipo de flota.

Periodo 2004-2013	CPUE Tipo I	CPUE Tipo II	CPUE Tipo III
Promedio	1.65	1.84	6.43
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	14.28	25.22	122.44
Desviación Estándar	1.57	1.89	7.05
Cantidad de Datos	3,858	4,912	3,157

Asimismo, se analizó el promedio mensual (2004-2013) de la CPUE para las tres tipos de flota en análisis, las cuales presentan 3 picos de intensificación anual: (1) El máximo pico durante el mes de marzo después de un crecimiento sostenido de la CPUE desde enero, seguido de un descenso brusco en el mes de abril, (2) Un incremento en los meses de

mayo-junio (sin llegar al pico observado en marzo), y (3) Un nuevo incremento en agosto. Finalmente, los meses de julio-setiembre y noviembre-diciembre tienden a disminuir presentando los menores valores registrados en promedio como se observa en la Figura 10.

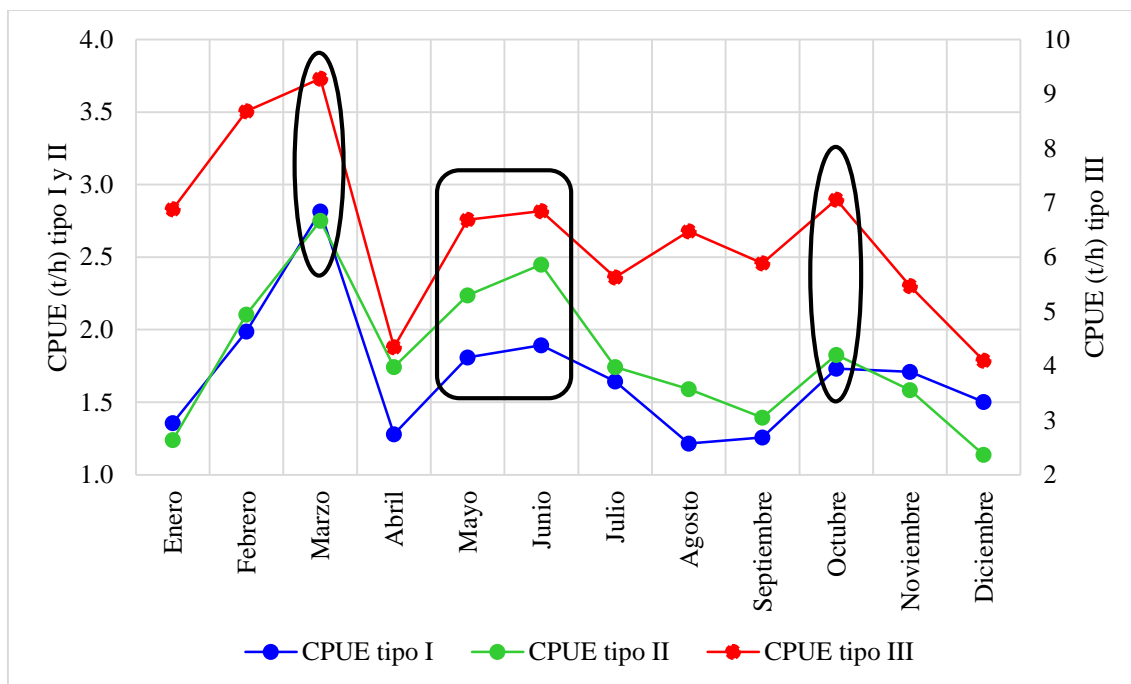


Figura 10. Promedio mensual (2004-2013) de la CPUE (t/h) por tipo de flota.

Seguidamente, la variación mensual de la serie de tiempo del 2004 al 2013 de CPUE, se presenta en la Figura 11 y 12 para el tipo de flota I-II y tipo III respectivamente, en el cual se puede diferenciar 3 periodos bien marcados como son; (1) del 2003 al 2006 la CPUE en promedio fue de 1.2 t/h y 3.6 t/h para la flota I-II y flota III, siendo este periodo el de menor valor registrado, coincidente con la disminución de la abundancia de la merluza chilena analizado por San Martín *et.al.* (2013) en la costa central de Chile.

Durante el periodo 2007-2010 este se incrementó en 1.7 t/h (41.6% más) y 6.8 t/h (88.8% más) para el tipo I-II y III respectivamente.

Si bien durante el 2013 el valor de la CPUE disminuyó, éste fue de mayor valor respecto de los periodos críticos del 2003-2006 e incluso del valor obtenido del 2007-2010. En resumen, desde el 2004 al 2012 la CPUE de la flota tipo I y II se ha incrementado en 2.4 veces más, mientras que para la flota III, la CPUE se incrementó en 2.8 veces más; con lo cual queda muy claro el marcado incremento de la abundancia relativa de la merluza en 11 años de estudio. Se comprueba también la tendencia creciente altamente

significativo ($p\text{-value} < 0.001$) con ajuste altamente significativo ($p\text{-value} < 0.001$) de la CPUE para el tipo de flota I-II y flota III que se observan en la Figura 11 y 12.

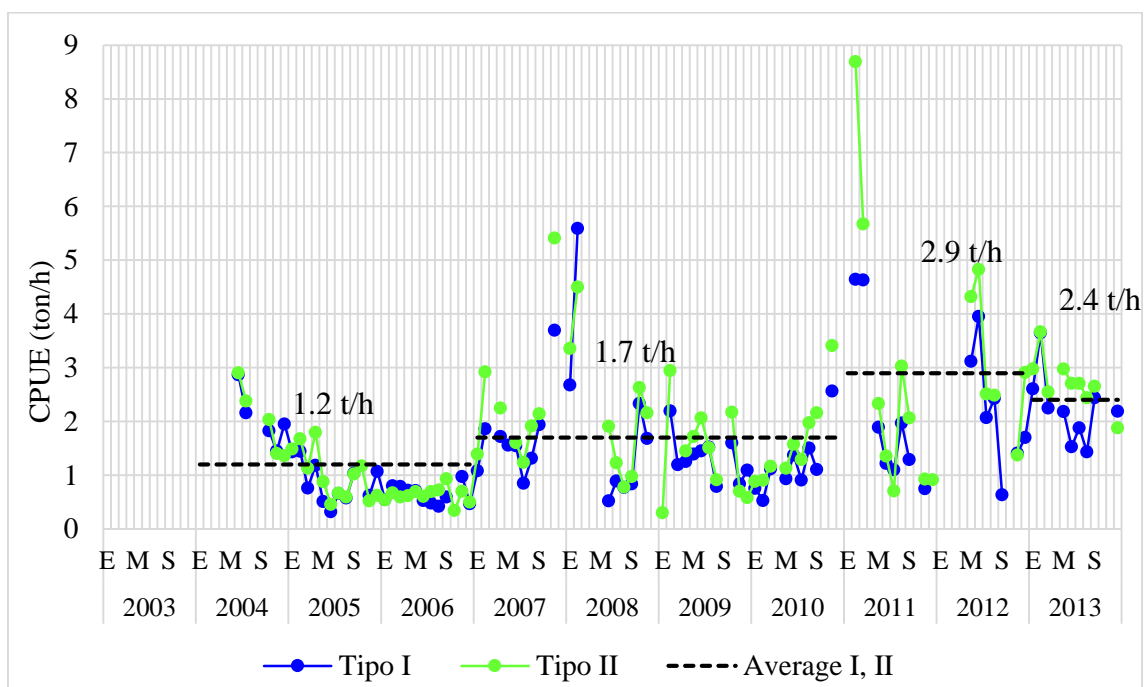


Figura 11. Variación mensual de la CPUE (t/h) tipo I y II frente a Paita (5°S) del 2003 al 2013.

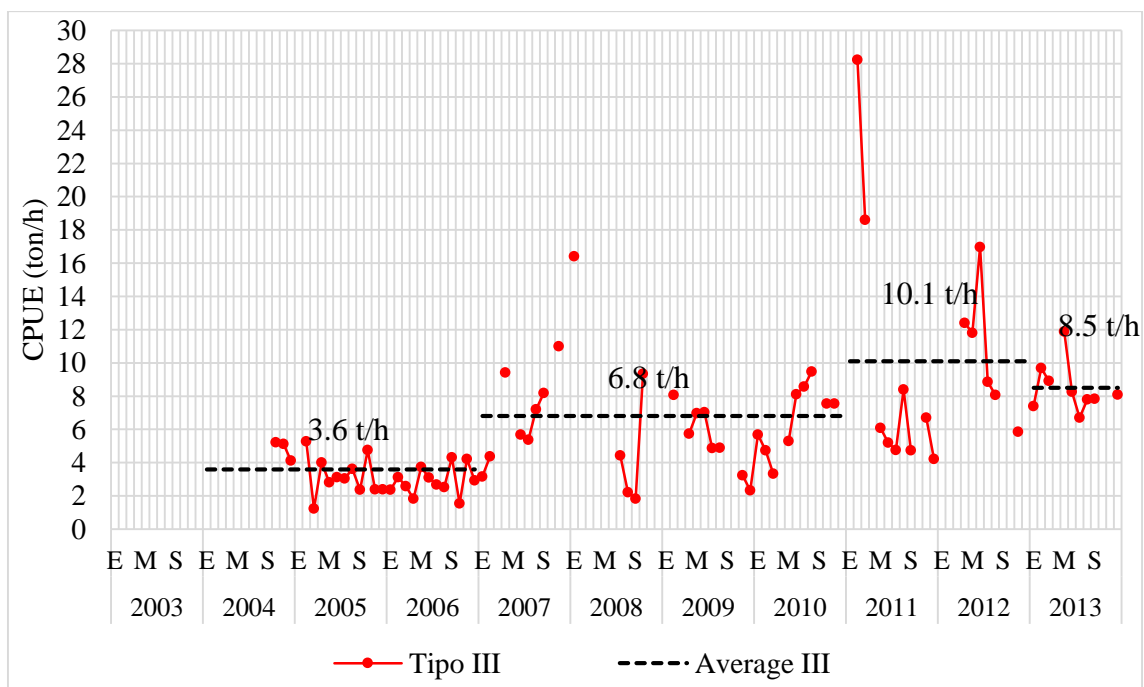


Figura 12. Variación mensual de la CPUE (t/h) tipo III frente a Paita (5°S) para el periodo 2003-2013.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA BIOMASA Y LA TALLA MEDIA DE LA MERLUZA

Si bien, el análisis de la CPUE antes realizado muestra que la abundancia relativa de la merluza aumenta significativamente en 11 años, es importante conocer paralelamente cómo se comporta la Biomasa estimada y la talla del recurso durante los cruceros de evaluación.

Como se muestra en la Figura 13, la Biomasa estimada de la merluza de los cruceros realizados en otoño de cada año presenta valores bajos para el periodo 2003-2006, con una visible tendencia a disminuir, concordante con las tallas bajas de la merluza en los mismos años. Del 2007 al 2008 la Biomasa aumenta notoriamente. El 2009, 2010 y 2011 se observan valores bajos de biomasa para luego continuar con una tendencia a aumentar del 2012 al 2013. Cabe resaltar que el 2013 presentó la talla media más grande de los últimos 11 años siendo para los Cruceros=29.9 cm y Flota comercial=32.2 cm, esta diferencia se debe a que los cruceros de evaluación abarcan hasta latitudes al sur de los 7°S-8°S donde hay mayor presencia de ejemplares pequeños, mientras que la flota comercial opera entre los 4°30S-5°30S donde normalmente se encuentran tallas mayores respecto de las zonas más al sur.

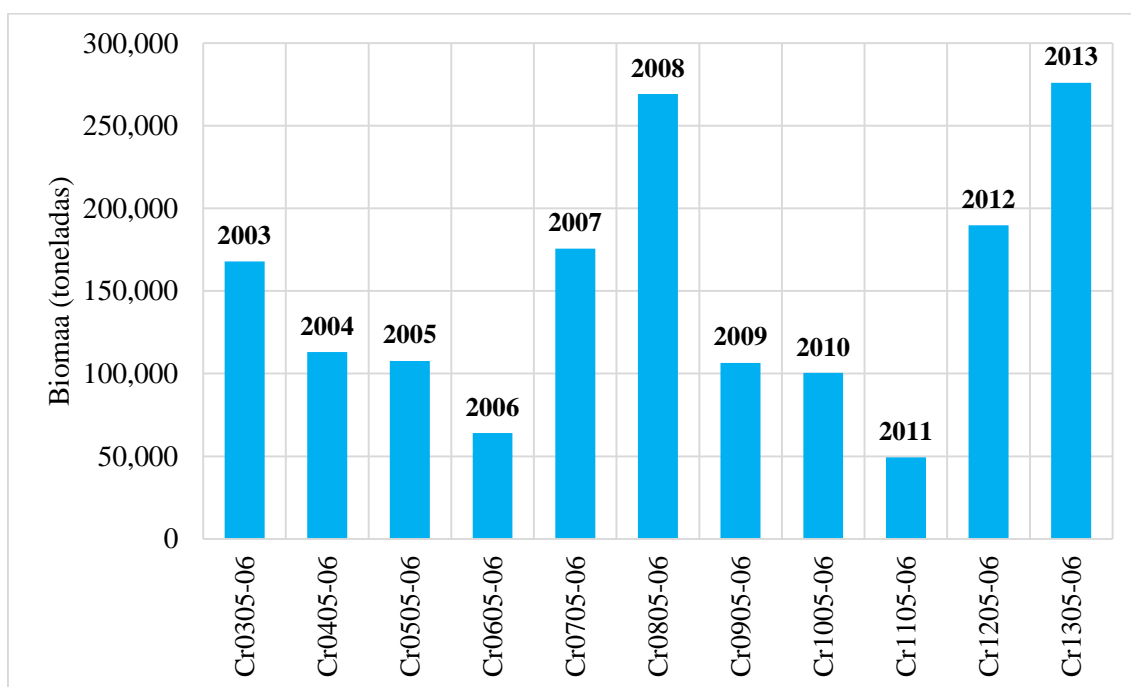


Figura 13. Variación anual de la Biomasa (t) estimada de merluza durante los Cruceros de Evaluación de otoño de IMARPE, en el periodo del 2003 al 2013.

En el análisis de la Talla media de la merluza de la Figura 14 proveniente de la información de Cruceros de Evaluación, se observa un marcado incremento de la talla del 2003 al 2004 de 21.4 cm a 28 cm, posterior a la veda de 14 meses. A partir del 2005 la talla disminuye hasta el valor de 23 cm (segundo mínimo del periodo). Sin embargo, desde el 2006 en adelante los valores tienen a incrementar hasta llegar al máximo valor de 29.9 cm en el año 2013. Esto último se comprueba estadísticamente mediante el p-value ($p\text{-value} < 0.001$) y el ajuste ANOVA ($p\text{-value} < 0.001$) altamente significativo a la tendencia.

Adicionalmente en la Figura 15 se observa las variaciones de la talla provenientes de la Flota comercial, notándose que del 2006 al 2011 los valores estuvieron por debajo del límite permitido (28 cm). Sin embargo, a partir del 2011 la talla tiende a incrementar sus valores, manteniéndose por encima del mínimo permitido. Es bueno recalcar que esta tendencia a incrementar es concordante con el aumento de la CPUE antes analizada; con lo cual se comprueba que tanto la abundancia relativa como la talla de la merluza se han incrementado en 11 años; esto es, son bastante evidentes los signos de recuperación de la merluza en el tiempo, ya que la CPUE de esta especie se incrementó al igual que la talla media. Asimismo, la biomasa estimada se incrementa notoriamente desde el año 2011.

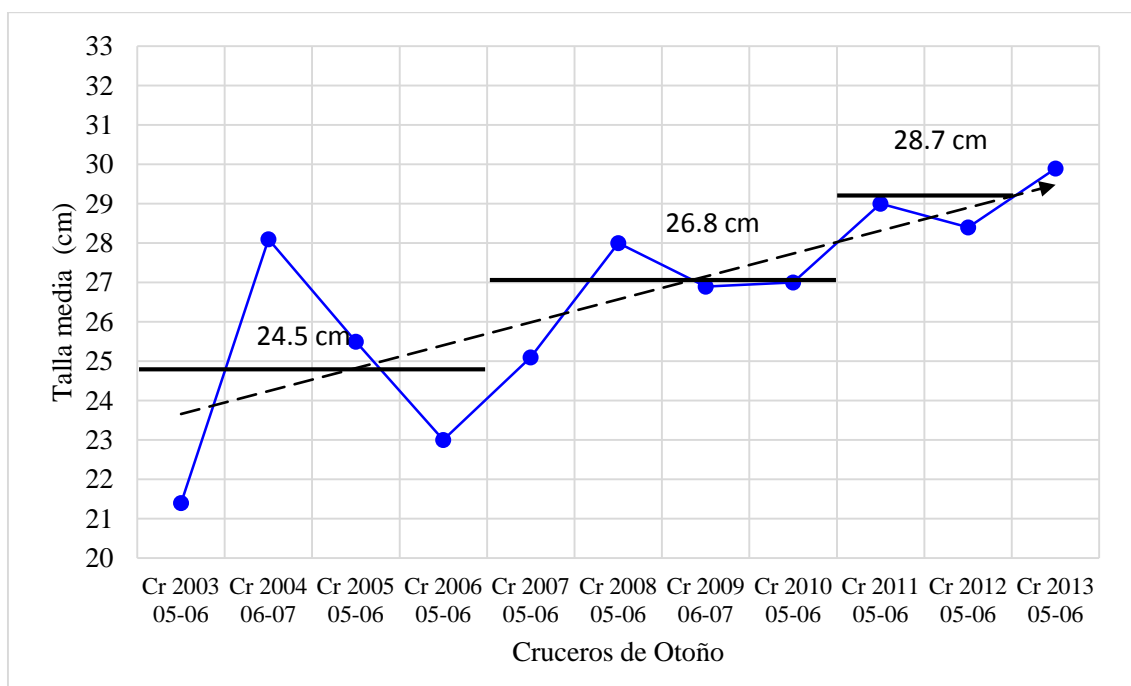


Figura 14. Variación y tendencia de la talla media (cm) de merluza proveniente de los Cruceros de Evaluación de otoño realizados durante el periodo 2003-2013.

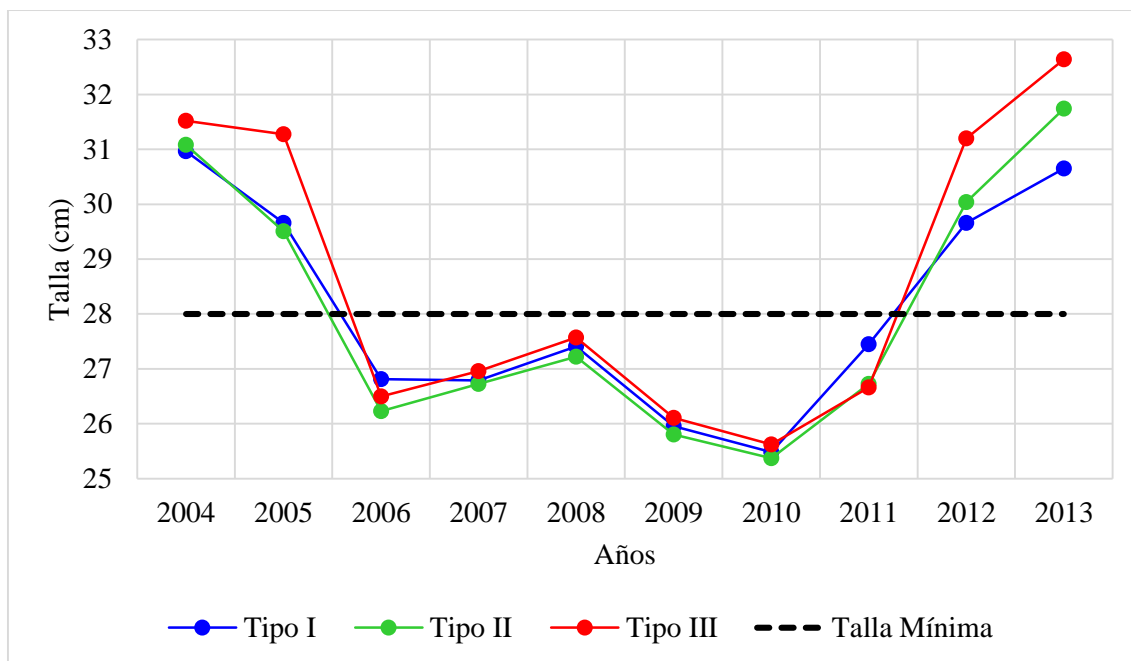


Figura 15. Variación y tendencia de la talla media (cm) de merluza proveniente de la Flota Comercial realizados durante el periodo 2003-2013.

4.2. ANÁLISIS DE LA CORRIENTE CROMWELL

4.2.1. EN LOS 0°N 170°W

Se obtuvo la climatología (1991-2010) del perfil de la velocidad zonal de la corriente en los 0°N 170°W, encontrándose el núcleo a 160 metros de profundidad con una velocidad promedio de 67 cm/s y el rango dinámico entre los 110 m y 200 m con 48.6 cm/s y 49.0 cm/s respectivamente como se detalla en el Cuadro 7. Estos valores obtenidos son concordante con las observaciones in situ realizadas por Hisard, *et al.* (1969) durante 1967, quien mediante una sola sección meridional, encuentra el núcleo de la Corriente Cromwell entre 100 m y 200 metros de profundidad en la misma ubicación. En la presente investigación se utilizaron 19 años de datos diarios para el análisis de la climatología, por lo que la ubicación y valor del núcleo es más precisa.

La componente meridional muestra velocidades débiles en comparación a la componente zonal, como se observa en la Figura 16. Por lo cual, se utilizará sólo la componente zonal para la presente investigación.

Es importante resaltar que en promedio la Corriente Cromwell está presente desde los 50 m hasta más de los 250 m de profundidad en esta ubicación.

Cuadro 7. Climatología de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W en el núcleo y rango dinámico.

Prof. (m)	90 m	100 m	110 m	120 m	130 m	140 m	150 m	160 m	170 m	180 m	190 m	200 m	210 m	220 m
Prom (cm/s)	35.2	42.3	48.6	54.6	59.9	64.1	66.7	67.0	64.9	60.9	55.4	49.0	42.2	35.5
Máximo	137.9	141.9	144.5	145.9	145.2	136.3	132.2	131.3	127.7	124.6	117.8	111.3	111.9	107.9
Mínimo	-88.7	-87.6	-80.0	-73.8	-72.1	-61.1	-34.4	-17.9	-5.1	0.5	-5.2	-10.2	-14.8	-18.4
Desv.Est.	40.6	41.5	41.4	39.6	36.2	31.7	26.7	22.8	20.2	18.8	18.0	17.5	17.1	16.7
N° Datos	6090	6090	6090	6089	6090	6090	6090	6090	6090	6090	6090	6090	6090	6064

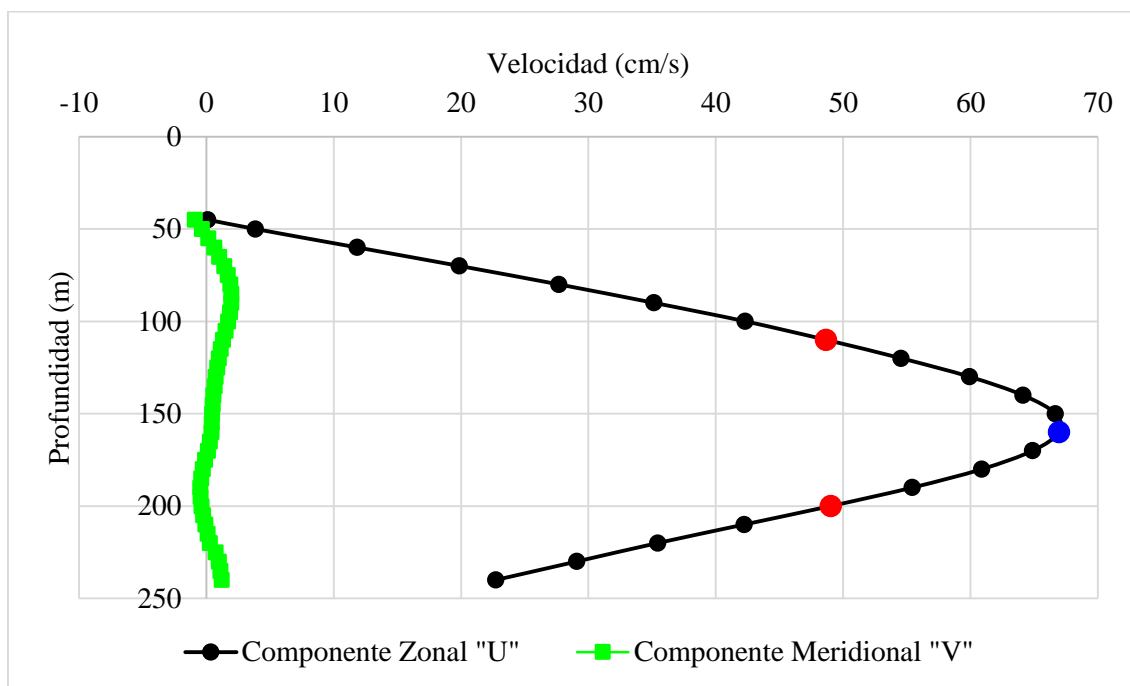


Figura 16. Climatología (1991-2010) del Perfil de velocidad (cm/s) zonal y meridional de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W.

De la climatología mensual de la velocidad de la corriente en el núcleo y rango dinámico (100 m, 160 m y 200 m) se obtiene que durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero se observan los mínimos valores. Si bien, la velocidad máxima promedio de la corriente se obtiene a 160 metros de profundidad, en el análisis mensual se observa que el núcleo se profundiza de Diciembre a Marzo hasta los 170 m, y asciende hasta los 130 m entre Abril y Agosto. (Cuadro 8 y Figura 17)

Cuadro 8. Promedio mensual Climatológico (1991-2010) de la Velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W y los meses de mínimo valor (color rojo).

Mes	100 m	110 m	120 m	130 m	140 m	150 m	160 m	170 m	180 m	190 m	200 m	Prom.
Ene	-1.18	5.54	14.86	25.58	35.80	44.86	51.13	54.27	54.04	51.43	47.12	38.46
Feb	-5.15	3.79	15.22	28.68	41.90	53.68	60.90	64.01	63.28	59.59	53.99	44.50
Mar	29.52	39.87	50.68	60.76	68.92	75.11	78.85	78.90	75.61	70.17	63.72	66.26
Abr	66.85	72.44	76.33	79.08	80.50	80.29	78.01	73.94	68.82	63.10	56.60	72.91
May	78.01	81.73	84.21	85.67	85.54	83.64	80.06	74.98	68.85	61.90	54.74	76.13
Jun	76.99	79.70	80.60	80.74	80.26	78.11	73.74	67.36	60.40	53.29	46.13	70.03
Jul	72.52	76.75	78.91	79.49	78.67	75.75	70.76	64.33	57.21	49.54	41.58	67.30
Ago	61.55	68.48	72.67	74.08	72.82	69.62	65.06	59.46	53.12	45.89	38.44	61.96
Sep	40.05	46.93	51.92	55.80	58.13	58.66	57.67	55.25	51.41	45.95	39.20	52.09
Oct	34.58	41.59	47.64	52.70	57.01	59.92	60.62	59.06	55.38	50.07	43.90	52.79
Nov	25.65	32.42	40.61	49.29	56.54	61.50	64.00	63.94	61.30	56.56	50.48	53.66
Dic	22.23	28.57	35.73	42.81	49.90	56.52	61.08	62.35	61.00	57.68	52.55	50.82

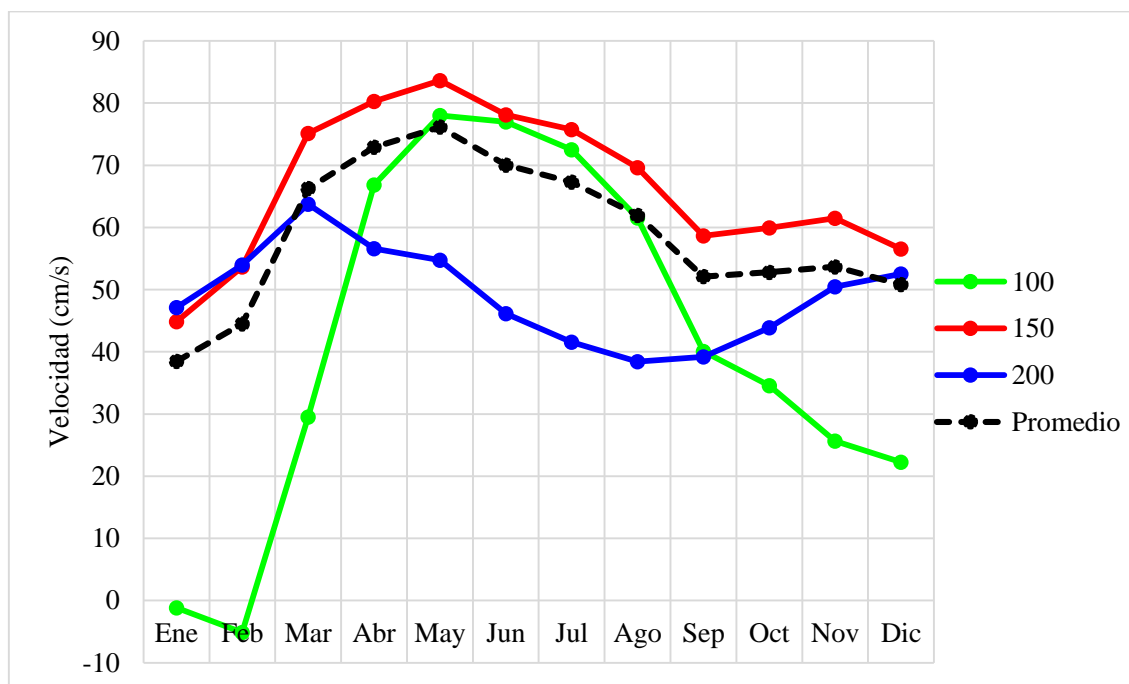


Figura 17. Climatología mensual (1991-2010) del rango dinámico (110 m, 150 y 200 m) y su promedio, para la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W.

Asimismo, se calculó la velocidad estacional de verano (diciembre-enero-febrero) para el hemisferio sur en las profundidad del límite superior (100 metros) del rango dinámico y en el núcleo (150 metros) de la Corriente Cromwell, como se puede observar en el Cuadro 9.

Es importante mencionar que se utilizó la profundidad más próxima a los valores obtenidos, debido a la falta de información (se utiliza 100m y no 110m para el límite superior; así como 150m y no 160m para el núcleo). Por tanto, se utilizará la velocidad a 100 y 150 metros de profundidad, siendo estos, el límite superior y el núcleo de la corriente respectivamente. No se utilizará la profundidad de 200 metros por la evidente falta de información.

Cuadro 9. Promedio estacional (diciembre-enero-febrero) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W.

Años	100 m	150 m
2003	-30.0	36.4
2004	8.2	48.9
2005	-16.1	31.7
2006	15.5	85.6
2007	-10.4	52.4
2008	-7.2	55.6
2009	17.1	98.3
2010	-13.0	32.2
2011	39.5	104.4
2012	-	90.5
2013	-	-

Otra forma de identificar a la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial es mediante el análisis de los Diagrama T-S y “Core Method” descrito por primera vez por Wüst en 1935 (En Mamayev, 1975), siendo este un método simple para determinar el origen del núcleo de la masas de agua (Stewart, 2008), mediante puntos de temperatura-salinidad a diferentes profundidades. Así como, la identificación de la Isopicna de 26.0 (Icochea *et al.*, 1989) en el núcleo frente a la costa peruana, por donde fluye la corriente.

Se analiza el Diagrama T-S climatológico anual para 0°N 170°W como se observa en la Figura 18. En el cual se logra determinar la presencia del límite superior de la Corriente

Cromwell mediante el núcleo de máxima salinidad que inicia a 100 metros, lamentablemente no se cuenta con mayor información a profundidad, por lo que no se puede observar el núcleo propiamente dicho, sino solamente el inicio del rango dinámico (100 m-200 m).

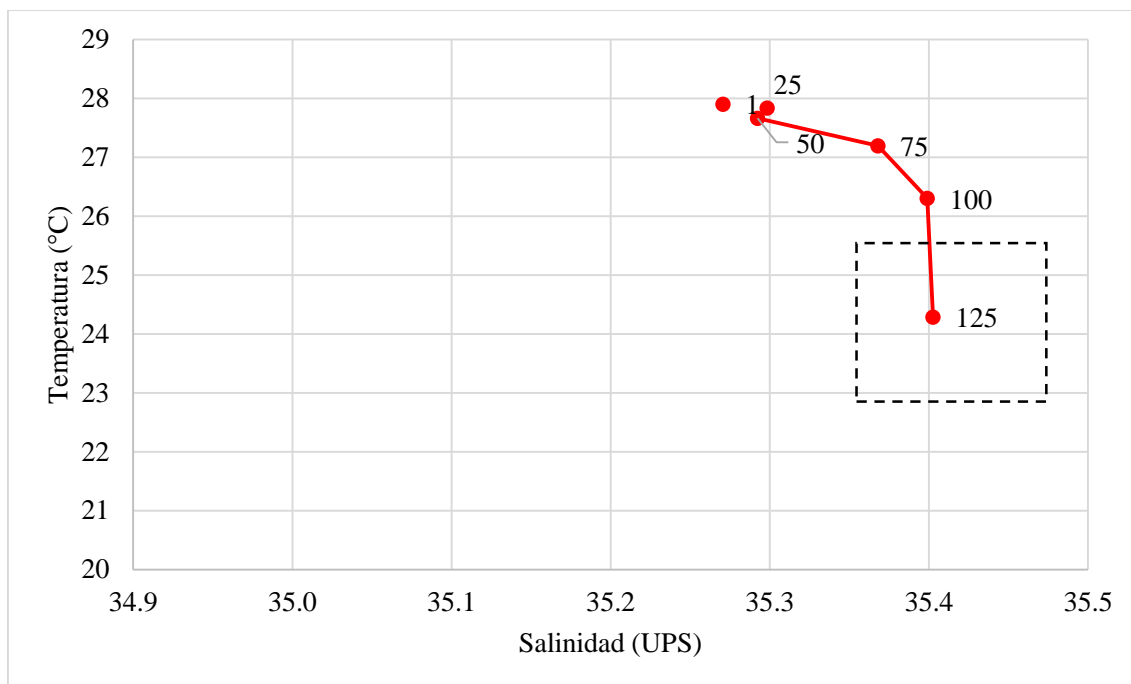


Figura 18. Climatología (2006-2014) del Diagrama T-S de la Corriente Cromwell y su núcleo (cuadrado negro) en los 0°N 170°W.

4.2.2. EN LOS 0°N 110°W

Se determinó el núcleo promedio de la componente zonal (U) de la Corriente Cromwell en los 80 metros de profundidad con 95.3 cm/s de velocidad promedio, concordante con los resultados de Icochea y Rojas (2001) que a partir de un promedio de 18 años (marzo 1980-febrero 1998) de la velocidad de la corriente proveniente de FCP (Fijos), determinan el núcleo entre los 75 y 100 metros de profundidad con velocidad promedio de 90 cm/s. Mientras que Martina (2004) encuentra el núcleo en los 80 metros con un promedio de 90cm/s. Es decir, la velocidad se incrementó en 6% al pasar de 90 cm/s a 95.3 cm/s, cuando se incluyen promedios de velocidad desde marzo de 1998 hasta diciembre del 2013, lo que implica una corriente más veloz para la primera década del siglo XXI.

Asimismo, la profundidad del rango dinámico varió entre los 45 m y 120 m con valores de velocidad de 61.8 cm/s y 67.1 cm/s respectivamente, como se observa en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Climatología (1991-2010) de la velocidad (cm/s) zonal de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W, el núcleo y su intervalo de rango dinámico.

Prof.(m)	40 m	45 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m	110 m	120 m	130 m
Prom (cm/s)	51.8	61.8	70.9	85.3	93.3	95.3	92.0	85.1	76.4	67.1	58.1
Desv. Stánd.	51.9	50.8	49.2	44.0	37.4	31.8	28.7	27.4	26.5	25.4	24.1
Máximo	209.4	209.2	207.9	222.8	239.8	240.7	236.9	218.3	198.3	182.9	165.8
Mínimo	-95.7	-88.4	-75.3	-54.8	-28.2	-12.5	-3.6	-14.0	-28.7	-39.5	-42.7
N° Datos	6131	6133	6135	6165	6167	6169	6169	6169	6169	6169	6169

Se comparó las componentes de la velocidad de la Corriente Cromwell zonal y meridional, resultando que esta última es mucho más débil en promedio que la velocidad zonal, siendo por tanto no representativa del movimiento de la corriente a lo largo de la Línea Ecuatorial, como se puede observar en la Figura 19.

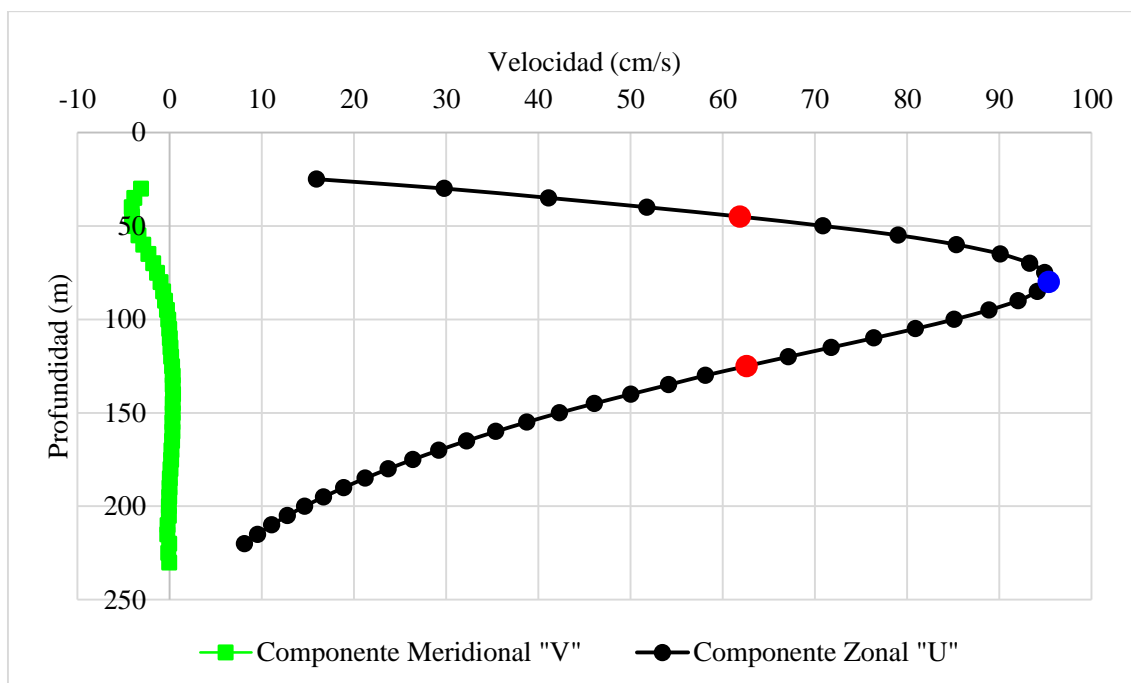


Figura 19. Climatología (1991-2010) del Perfil de velocidad (cm/s) zonal y meridional de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W.

Por lo cual, para los posteriores análisis, se utilizará sólo la velocidad zonal de la corriente, por representa el 99% del movimiento. Asimismo, se observa que dicha componente se encuentra presente en casi toda la columna de agua, desde la capa superficial hasta más de los 230 metros de profundidad

Del análisis de la climatología mensual de la velocidad zonal de la corriente se obtuvo que durante los meses de Abril, Mayo y Junio se observan los máximos valores, siendo el mes de Abril el pico máximo (ver Cuadro 11), concordante con Icochea y Rojas (2001) pero contrastante con Flores *et.al.* (2009) quien encuentra la máxima velocidad en los meses de mayo-junio para el periodo 1980 al 2006.

Cuadro 11. Promedio mensual Climatológico (1991-2010) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W y los meses de máximo valor (color rojo).

meses	45 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m	110 m	120 m	Promedio
Ene	45.6	55.9	73.3	85.3	91.4	90.3	83.7	74.1	64.2	76.61
Feb	66.4	73.8	83.4	87.0	86.9	83.2	76.2	67.7	58.9	77.30
Mar	91.7	96.6	101.5	99.9	94.0	85.7	76.5	66.9	57.4	85.90
Abr	125.3	130.9	135.7	131.7	122.5	111.4	100.1	88.8	77.5	113.81
May	118.3	125.8	132.2	128.9	119.7	108.1	95.6	83.3	72.0	109.58
Jun	92.3	104.3	121.1	124.9	118.9	107.6	95.1	83.2	72.2	103.92
Jul	45.8	57.7	77.4	88.7	91.4	87.3	79.3	69.5	59.8	75.84
Ago	27.8	39.0	58.8	73.0	79.9	79.3	73.9	66.7	59.0	65.07
Sep	33.3	43.1	62.2	77.7	86.7	88.6	85.6	79.5	72.2	73.12
Oct	31.8	41.3	58.9	74.0	84.3	87.8	85.3	79.3	71.5	71.43
Nov	34.1	42.9	59.6	74.2	84.3	88.4	87.3	82.4	74.8	72.89
Dic	33.9	42.8	58.9	73.1	83.2	86.3	83.0	75.8	66.8	70.10

Lo antes mencionado se puede observar de forma gráfica en la Figura 20. Para las correlaciones entre la velocidad de la corriente en ésta ubicación y las condiciones oceanográficas frente a Paita (5°S), se utilizará el mes de abril.

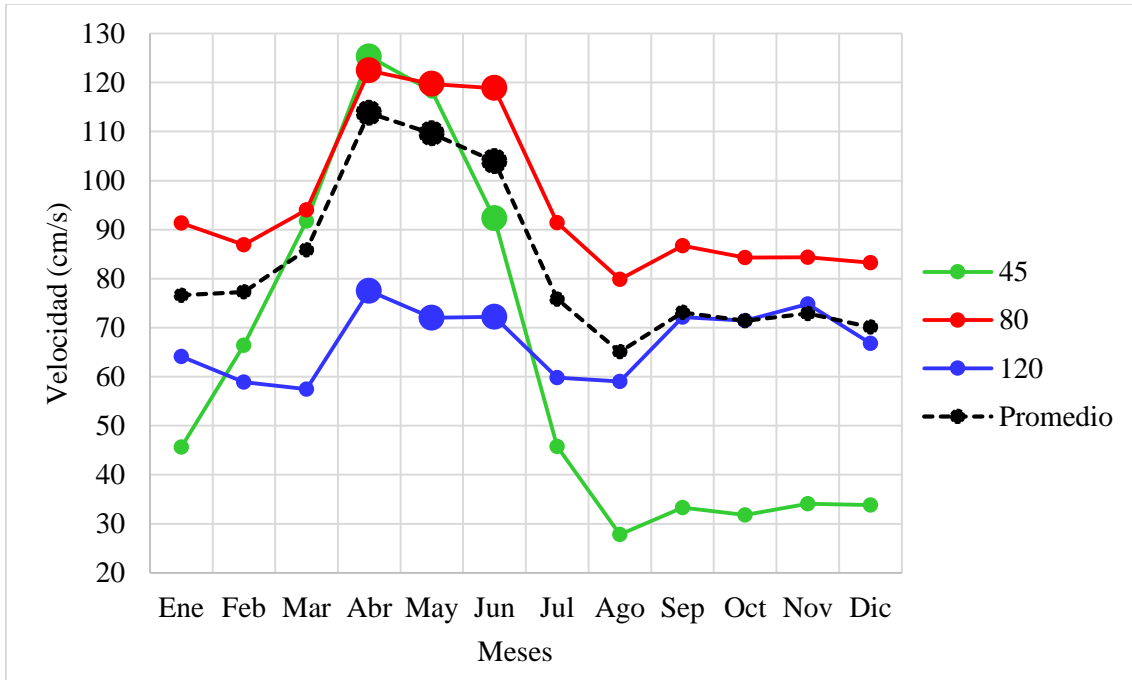


Figura 20. Climatología mensual (1991-2010) del rango dinámico (45 m, 80 y 120 m) y su promedio, para la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W.

Asimismo, se calculó la velocidad estacional de otoño (marzo-abril-mayo) para el hemisferio sur en las profundidad del rango dinámico; superior (45 metros), en el núcleo (80 metros) y el inferior (120 metros) perteneciente a la Corriente Cromwell, como se puede observar en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Promedio estacional (marzo-abril-mayo) de la velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W.

Años	45 m	80 m	120 m
2003	106.5	101.0	65.0
2004	118.4	107.0	61.4
2005	80.8	107.5	62.7
2006	149.8	138.4	85.9
2007	111.3	105.4	70.0
2008	-	139.0	84.3
2009	153.9	141.7	80.8
2010	72.4	113.4	72.6
2012	123.1	151.0	102.0
2013	136.5	12.1	70.8

Como se ha descrito ya en el Diagrama T-S de la boya 0°N 170°W, en base al “Core Method” (Wüst, 1935 en Mamayev, 1975; Stewart, 2008). En la Figura 21, se logra determinar la presencia de la Corriente Cromwell mediante el núcleo de máxima salinidad que se da a los 80 metros, concordante con el núcleo en velocidad de la corriente. Asimismo, la masa de agua que se obtiene en el núcleo (80 m) se describe mediante los rangos de temperatura de 15.8°C a 19°C y de salinidad de 34.9 a 35.10 UPS, como también lo obtuvo Wyrтки (1967) y Lukas (1981) entre los 150°W hasta los 100°W cerca de Galápagos, encontrando similares características de temperatura (13°C-19°C) y salinidad (>35.0 UPS).

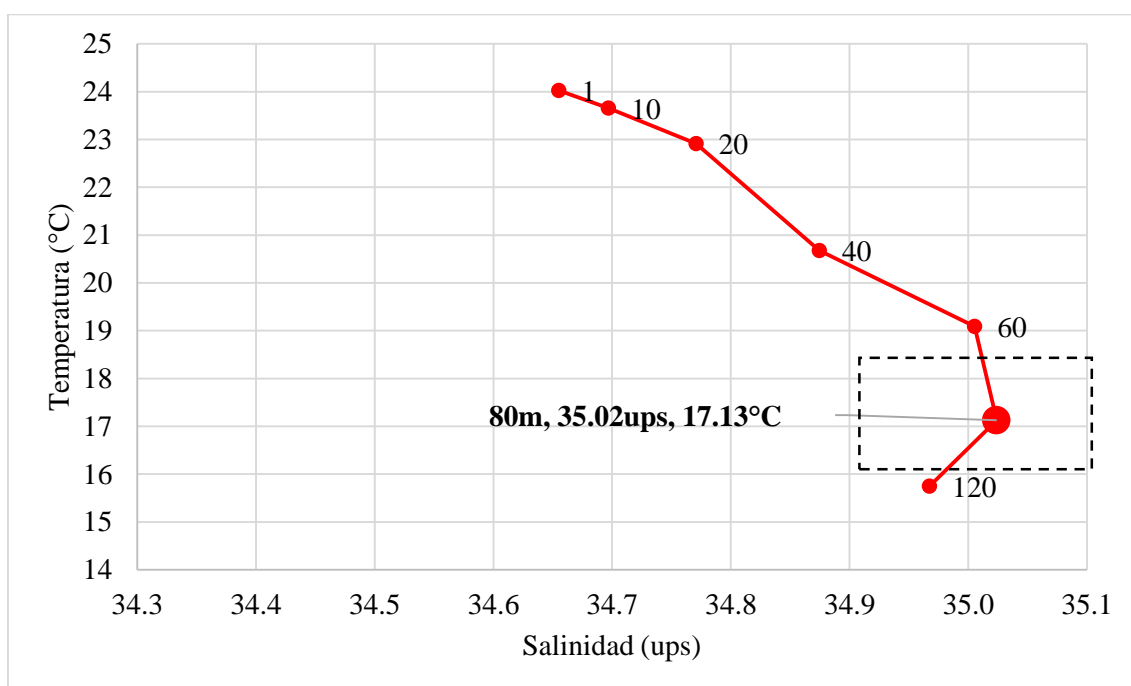


Figura 21. Climatología (2006-2014) del Diagrama T-S de la Corriente Cromwell y su núcleo (cuadrado negro) en los 0°N 110°W.

Mediante observaciones realizadas a lo largo de la línea ecuatorial por los 0°, (Wyrтки, 1967; Hisard, *et al.*, 1969; Lomniewski, 1973; Khanaichenko, 1974; Peters, *et. al.*, 1987; Icochea y Rojas, 2001) estudiaron indistintamente el comportamiento de la Corriente Cromwell desde los 0°N 170°W hasta los 82°W pasando por los 155°W, 150°W, 140°W, 110°W, 100°W, 95°W, 92°W, 88°W y 85°W corroborando que existe un flujo de masas de agua en diferentes áreas. Lukas (1981) analizó la Ecuatorial Undercurrent desde los 98°W hasta 82°W observando el núcleo de mayor salinidad subsuperficial hasta los 3°-5°S.

Resumiendo, se corrobora fehacientemente que existe un flujo de masa de agua hacia el Este (hacia Sudamérica) por la subsuperficie que transporta un importante volumen de agua. En base a estas evidencias, en la presente investigación se correlacionó la velocidad promedio (1991-2010) de la Corriente Cromwell entre los puntos 0°N 170°W y 0°N 110°W con diferencia de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 meses, siendo altamente significativa e inversamente ($\rho = -0.803$ $p\text{-value} = 0.001$) entre sí con un lag de tiempo de 4 meses, esto es, que el flujo de la corriente en los 0°N 170°W tarda en promedio 4 meses en llegar a los 0°N 110°W, esto considerando la distancia y la máxima velocidad entre los núcleos, como se puede observar en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Correlación de los núcleos de velocidad (cm/s) de la Corriente Cromwell entre los 0°N 170° y 0°N 110°W.

Mes	0°N 170°W (150 m)	Mes	0°N 110°W (80 m)
Dic	56.52	Abr	122.5
Ene	44.86	May	119.7
Feb	53.68	Jun	118.9
Mar	75.11	Jul	91.4
Abr	80.29	Ago	79.9
May	83.64	Sep	86.7
Jun	78.11	Oct	84.3
Jul	75.75	Nov	84.3
Ago	69.62	Dic	83.2
Sep	58.66	Ene	91.4
Oct	59.92	Feb	86.9
Nov	61.50	Mar	94.0
Coefficiente de Correlación		Rho= -0.83 ***	
p-value		p-value < 0.001	

4.2.3. PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 15°C FRENTE A PAITA (5°)

Wyrcki (1967); Zuta y Guillen (1970) e Icochea *et. al.* (1989) identifican el ingreso de la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial Este y la zona norte del Perú a partir de Isotermas de 13°C a 15°C y de Isohalinas de 34.9 y 35.1 UPS.

En la Figura 22 se aprecia como la Isotherma de 15°C tiende a profundizarse cuando se encuentra más cerca de la costa peruana, esto debido al efecto Coriolis (que postula que todo cuerpo en movimiento y con una determinada velocidad es afectado en el hemisferio sur desviando su dirección hacia la izquierda del movimiento), es decir; la presencia de la Corriente Cromwell genera que tanto las Isothermas como las Isooxigenas converjan y se profundicen cerca a la costa cuando llega desde el norte en dirección contraria a la Corriente Humboldt. Asimismo, esta profundización dependerá también de la intensidad con la que se presenta dicha corriente, como lo menciona Icochea *et. al.* (1989) al describir el patrón fuerte de la Corriente Cromwell. Por tanto, resulta fácil detectar que durante los años 2008-2009, 2010-2011 y 2012 la Isotherma de 15°C se profundiza más cerca a la costa, que durante los años 2003-2004 y 2005, siendo los años 2009 y 2012 los dos más profundos a 255m y 224m respectivamente. Sin embargo, durante el 2013 la isoterma de 15°C se encontró ligeramente superficial fuera de las 40 millas, mostrándose hasta los 100 metros de profundidad cercana a la costa. Estas variaciones se presentan en valores en el Cuadro 14.

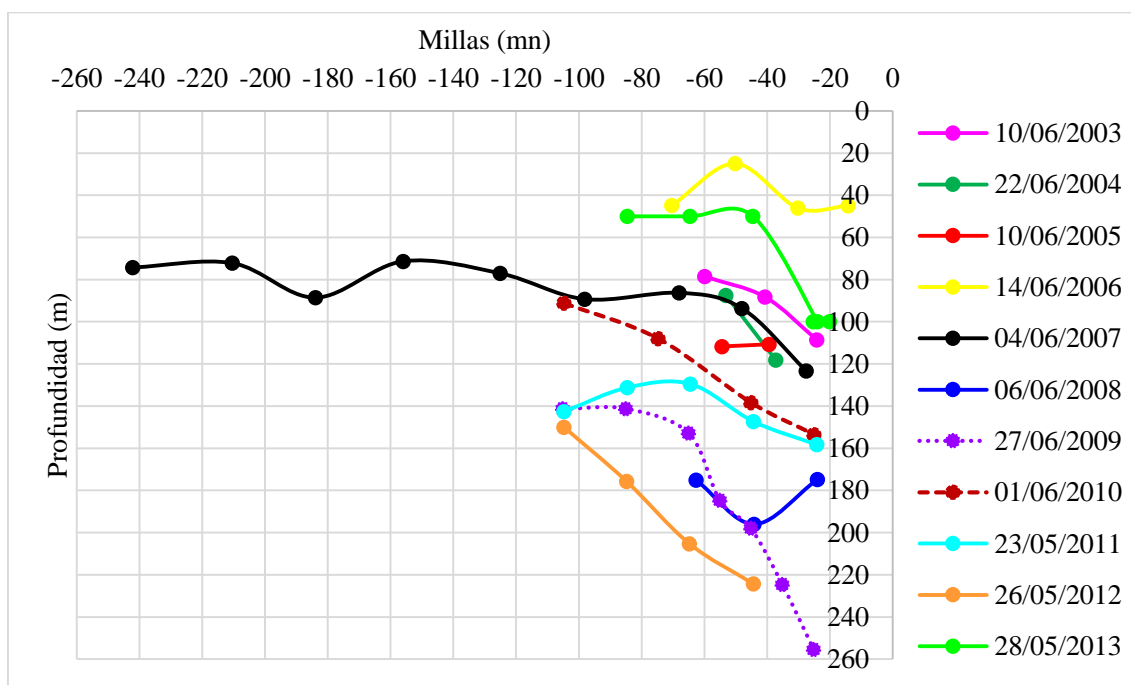


Figura 22. Variación de la profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S) durante el periodo 2003-2013.

Por tanto, durante los años en que se produzca una intensa profundización de la Isoterma 15°C, esto se considerará como “Periodo de Intensificación o Corriente Fuerte”. Para los años de leve profundización, es decir, no sobrepasan los 120 metros, serán catalogados como “Periodo Crítico o Cromwell Débil”. Finalmente, los años que presenten variaciones bruscas se le denominarán “Periodo de cambios extremos de debilitamiento e intensificación de la corriente”.

Cuadro 14. Profundidad (m) de la Isoterma de 15°C durante los otoños del periodo 2003-2013 frente a Paita (5°S).

Años	Profundidad (m) Isoterma de 15°C	Clasificación
2003	108.5	“Periodo Crítico o Cromwell Débil”
2004	118.2	
2005	111.7	
2006	173.0	“Periodo de cambios extremos de debilitamiento e intensificación de la corriente”
2007	123.3	
2008	196.0	“Periodo de Intensificación o Corriente Fuerte”
2009	255.4	
2010	153.5	
2011		
2012	224.3	
2013	100.0	“Periodo de cambios extremos de debilitamiento e intensificación de la corriente”

4.2.4. LA CORRIENTE CROMWELL EN 0°N 170°W, 0°N 110°W Y SU RELACIÓN CON PAITA (5°S)

Wyrтки (1967); Zuta y Guillen (1970); Icochea *et. al.*; (1989) Flores *et.al.* (2009); Vargas y Mendo (2010) relacionaron el ingreso de la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial Este mediante la profundización de las Isotermas de 13°C y 15°C en la zona norte del Perú, siendo este un buen indicador de dicha corriente. Por lo que, en base a estos estudios previos se utiliza la Isoterma de 15°C para las pruebas de correlación de Spearman con 3 profundidades del núcleo de la velocidad estacional (rango dinámico) de

la Corriente Cromwell en verano (diciembre-enero-febrero) 0°N 170°W y otoño (marzo-abril-mayo) en 0°N 110°W con la profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S).

En la ubicación 0°N 170°W se correlaciona las velocidades a 100 m y 150 m, y para los 0°N 110°W las velocidades de 45 m, 80 m y 120 m, ambas con la Profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S) durante el periodo 2003-2013.

- **Velocidad Estacional (Diciembre-Enero-Febrero) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W (100 m) con la Isotherma de 15°C:** Se calculó el rho de Spearman para el postulado; “La Velocidad de la Corriente Cromwell a 100 metros de profundidad se relaciona directamente con la Profundidad de la Isotherma de 15° C frente a Paita (5°S)”, resultando un rho= 0.733 y un p-value<0.05, lo que significa que si existe evidencia estadística significativa para sustentar la asociación directa entre la Velocidad de la Corriente Cromwell a 100 m y la profundidad de la Isotherma de 15°C.
- **Velocidad Estacional (Diciembre-Enero-Febrero) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W (150 m) con la Isotherma de 15°C:** Se calculó el rho de Spearman para el postulado; “La Velocidad de la Corriente Cromwell a 150 metros de profundidad se relaciona directamente con la Profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S)”, resultando un rho= 0.769 y un p-value<0.05, lo que significa que si existe evidencia estadística significativa para sustentar la asociación directa entre la Velocidad de la Corriente Cromwell a 150m y la profundidad de la Isotherma de 15°C.
- **Velocidad Estacional (Marzo-Abril-Mayo) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W (45m) con la Isotherma de 15°C:** Se calculó el rho de Spearman para el postulado; “La Velocidad Estacional de la Corriente Cromwell a 45 metros de profundidad se relaciona directamente con la Profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S)”, resultando un rho= 0.416 y un p-value=0.2696, lo que significa que no existe evidencia estadística suficiente que sustente la asociación entre la Velocidad de la Corriente Cromwell a 45 metros y la profundidad de la Isotherma de 15°C.

- Velocidad Estacional (Marzo-Abril-Mayo) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W (80 m) con la Isoterma de 15°C:** Se calculó el rho de Speaman para el postulado; “La Velocidad de la Corriente Cromwell a 80 metros de profundidad se relaciona directamente con la Profundidad de la Isoterma de 15°C frente a Paita (5°S)”, resultando un rho= 0.939 y un p-value<0.01, lo que significa que si existe evidencia estadística altamente significativa para sustentar la asociación directa entre la Velocidad de la Corriente Cromwell a 80m y la profundidad de la Isoterma de 15°C. Este resultado es concordante con lo obtenido por Icochea y Rojas (2001) quienes determinan el núcleo entre los 75 y 100 metros de profundidad.
- Velocidad Estacional (Marzo-Abril-Mayo) de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W (120 m) con la Isoterma de 15°C:** Se calculó el rho de Speaman para el postulado; “La Velocidad de la Corriente Cromwell a 120 metros de profundidad se relaciona directamente con la Profundidad de la Isoterma de 15°C frente a Paita (5°S)”, resultando un rho= 0.745 y un p-value<0.05, lo que significa que si existe evidencia estadística significativa para sustentar la asociación directa entre la Velocidad de la Corriente Cromwell a 120m y la profundidad de la Isoterma de 15°C.

Lo antes descrito se resumen en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Correlaciones entre las profundidades (m) del rango dinámico de la Corriente Cromwell y la Profundidad de la Isoterma de 15°C.

Variables en correlación	rho	p-value	Sig.
0°N 110°W			
Velocidad Corriente Cromwell (45m.) vs Isoterma de 15°C	0.416	0.269	NS
Velocidad Corriente Cromwell (80m.) vs Isoterma de 15°C	0.939	<0.01	**
Velocidad Corriente Cromwell (120m) vs Isoterma de 15°C	0.745	<0.05	*
0°N 170°W			
Velocidad Corriente Cromwell (120m) vs Isoterma de 15°C	0.733	<0.05	*
Velocidad Corriente Cromwell (150m) vs Isoterma de 15°C	0.769	<0.05	*

Cuadro 16. Correlación entre la velocidad (cm/s) mensual de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W y la Profundidad (m) de la Isotherma de 15°C

Años	Velocidad 0°N 110°W 80 m.			Prof. (m) Isotherma 15°C
	Marzo	Abril	Mayo	Mayo-Junio
2003	92.3	97.8	113.0	108.5
2004	67.8	115.7	137.6	118.2
2005	141.2	96.6	84.8	111.7
2006	116.2	161.1	138.0	173.0
2007	88.6	114.9	112.6	123.3
2008	117.8	139.2	159.8	196.0
2009	111.5	162.3	151.2	255.4
2010	135.1	89.6	115.5	153.5
2011	-	-	-	158.3
2012	141.0	161.0	-	224.3
2013	13.3	14.3	8.7	100.0
Coefficiente de Correlación	0.51	0.818**	0.66	
p-value		<0.01		

Cuadro 17. Correlación entre la velocidad (cm/s) mensual de la Corriente Cromwell en 0°N 170°W y la Profundidad (m) de la Isotherma de 15°C

Años	Velocidad 0°N 170°W a 150 m.			Prof. Isotherma de 15°C
	Diciembre	Enero	Febrero	Mayo-Junio
2002-2003	11.2	41.0	57.0	108.5
2003-2004	58.1	40.0	48.6	118.2
2004-2005	43.3	49.2	2.5	111.7
2005-2006	80.8	84.1	91.7	173.0
2006-2007	40.8	55.8	60.4	123.3
2007-2008	64.9	50.2	51.7	196.0
2008-2009	109.7	98.1	87.0	255.4
2009-2010	32.1	53.0	15.1	153.5
2010-2011	106.0	105.7	101.6	158.3
2011-2012	84.6	98.7	88.2	224.3
2012-2013	-	-	-	100.0
Coefficiente de Correlación	0.806**	0.721*	0.543	
p-value	<0.01	<0.05		

Con el valor obtenido en las correlaciones realizadas se comprueba que el mes de abril en los 0°N 110°W, muestra una correlación altamente significativa (de $\rho=0.818$ p-value <0.006) con la Profundidad de la Isotherma de 15°C de mayo-junio, pudiendo predecir el comportamiento en la costa peruana con 1 a 2 meses de anticipación tal como se muestra en el Cuadro 16.

De la misma forma, en los 0° 170°W el mes de diciembre (del año previo) muestra una correlación altamente significativa ($\rho=0.806$ p-value<0.01) con la profundidad de dicha Isotherma de 15°C, siendo posible predecir el comportamiento en la costa peruana con 5 a 6 meses de anticipación si se analizan las condiciones oceanográficas en este punto, como se observa en el Cuadro 17.

Esta diferencia de tiempo entre las ubicaciones 0°N 170°W, 0°N 110°W y la costa norte del Perú se explica por la distancia que existe entre 0°N 170°W y Paita (5°S) de aproximadamente 5,500 millas, y entre los 0°N 110°W y Paita (5°S) de aproximadamente 1,800 millas.

En resumen, la correlación entre la velocidad de la Corriente Cromwell y la profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S) es altamente significativa (p-value <0.01) en el núcleo de los 0°N 110°W (80 metros), concordante con Icochea y Rojas (2001) y significativa (p-value<0.05) en el núcleo de los 0°N 170°W (150 metros). Es decir, dicha corriente durante su trayectoria a lo largo de la Línea Ecuatorial, arriba e influye en la costa norte del Perú profundizando más las Isothermas cuando la velocidad en su núcleo es mayor a su climatología respectivamente. Asimismo, explica que la corriente no presenta relación con la costa peruana cuando se analiza la capa de menor profundidad (por encima del núcleo), es decir a 45 metros en los 0°N 110°W.

4.2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA FRENTE A PAITA (5°S)

Para detectar la presencia o ausencia de la Corriente Cromwell frente a Paita (5°S), se realizaron Diagramas T-S que permitieron identificar el tipo de masa de agua según sus características de temperatura y salinidad (Wyrki, 1967; Zuta y Guillen, 1970). Asimismo se analizaron los núcleos halinos según “Core Method” (Mamayev, 1975; Stewart, 2008).

Según la clasificación de masas de agua propuesta de forma general por Zuta y Guillen (1970), describe las Aguas Costeras Frías (ACF) en base a sus rangos de salinidad (34.8 a 35.1 UPS) más no de temperatura; sin embargo menciona su variabilidad estacional, y las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales entre los rangos de 13°C-15°C y de salinidad entre 34.9-35.1 entre los 50 y 300 metros de profundidad, las cuales provienen de la Extensión Sur del Ramal Costero de la Corriente Cromwell.

Por tanto, considerando que AES= Aguas Ecuatoriales Superficiales, ACF= Aguas Costeras Frías, ASS= Aguas Subtropicales Superficiales, AESS= Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales y AEP= Aguas Ecuatoriales Profundas, en la Figura 23 se muestra la condición promedio de 11 años del 2003 al 2013, periodo en el cual no se observó ningún Evento El Niño fuerte o extraordinario, de las masas de agua frente a Paita en los 5°S 81°40'W, donde se puede diferenciar la presencia de núcleo halino entre los 25 y 150 m de profundidad con un máximo en los 75 m. Sin embargo, a dichas profundidades, el rango de temperaturas fluctuó entre los 15°C y 17°C, valores por encima de lo descrito por Zuta y Guillen (1970). Esto se interpreta como que, frente a Paita (5°S) las masas de agua en condiciones normales (11 años de análisis) alcanza una temperatura de 17°C y una salinidad entre 34.9 a 35.1, concordante con lo descrito por Zuta y Guillen (1970) en cuanto a la salinidad, pero no a su temperatura. Esto es, las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales en condiciones normales tendrían un rango de temperatura entre 13°C y 17°C frente a Paita (5°S). Cabe resaltar que las masas de agua por encima de 50 metros corresponderían a la zona de afloramiento influenciadas por las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), mientras que en los 300 metros, corresponderían a las Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP). Es importante mencionar, que durante Eventos El Niño de fuerte intensidad a más, el rango de temperatura de las AESS puede incrementarse hasta valores por encima de 20°C, tal como se sucedió durante las observaciones realizadas frente a Paita el 1 de junio de 1997 (IMARPE, 1997).

Entre las Figuras 24 y 35 (Anexo 2) se muestran los Diagramas T-S correspondientes a las observaciones oceanográficas realizadas durante los Cruceros de Evaluación de la merluza realizados los meses de mayo-junio frente a Paita (5°S) entre los años 2003-2013 respectivamente, señalando las principales masas de agua que predominan en dicha zona. Durante los años 2003, 2004 y 2005 se observa la predominancia de las Aguas Costeras Frías hasta los 75 metros de profundidad sin la presencia de un núcleo halino diferenciado,

siendo los valores de éste, menores a 35.10 UPS. Esta característica se corrobora con el bajo promedio de velocidad de la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial (0°N 110°W) descrito como “Cromwell Debilitada”.

Asimismo, durante las observaciones del año 2006, se presentó en la superficie del mar Aguas Subtropicales Superficiales hasta los 25 metros de profundidad, es decir con salinidad mayor a 35.10 UPS. Mientras que para el 2007, no hubo presencia de Aguas Subtropicales Superficiales, sino más bien de Aguas Costeras Frías hasta los 75 metros de profundidad, esto es, una disminución de la salinidad (<35.10 UPS) en la costa.

Durante los años 2008 al 2012 se presentó un núcleo halino marcado mayor a 35.10 UPS, lo que implicaría la presencia de Aguas Subtropicales Subsuperficiales, aunque con temperaturas más altas de 16.5°C-18°C para su rango, entre los 75 y 150 metros de profundidad, es decir la presencia de “Cromwell Intensa”.

Cabe resaltar que durante el 2008 y 2010 se observa el núcleo halino más definido y de mayor intensidad (mayor a 35.1 ups), concordante también con los altos valores de velocidad de la Corriente Cromwell en el Pacífico Ecuatorial. Asimismo, durante el 2013, se observó la presencia de Aguas Costeras Frías en superficie y la ausencia de un núcleo halino mayor de 35.1 UPS.

Asimismo, en base a los estudios descritos por Wüst en 1935 (Mamayev, 1975) ya antes mencionado, el “Core Method” permite establecer la continuidad de una corriente en el espacio mediante los puntos que describe la temperatura y salinidad en un Diagrama T-S, los cuales deben mantenerse-fluctuar dentro de un mismo rango de densidad (σ -T). Es decir, oscilar dentro de una misma Isopicna (Wyrтки, 1967; Lukas, 1981; Stewart, 2008).

Por tanto, en la Figura 23 se observa la dispersión de puntos de temperatura-salinidad para la costa peruana y el Pacífico Ecuatorial (0°N 170°W y 0°N 110°W), en el cual mediante el “Core Method”, se comprueba que en el núcleo de las masas de agua correspondientes a la costa norte del Perú, se distribuyen dentro del mismo rango de Isopicanas de 25.0 a 26.0 con las masas de agua en el núcleo de los 0°N 110°W. Esto es, 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. Cabe mencionar que en el caso de los

puntos de temperatura-salinidad en los 0°N 170°W (triángulo rojo), no se utilizan los valores en el núcleo, por lo que, estos puntos describen un sigma-t mucho menor que en el núcleo (150-160 metros de profundidad) y no logran entrar dentro de las Isopicnas de 25.0 y 26.0.

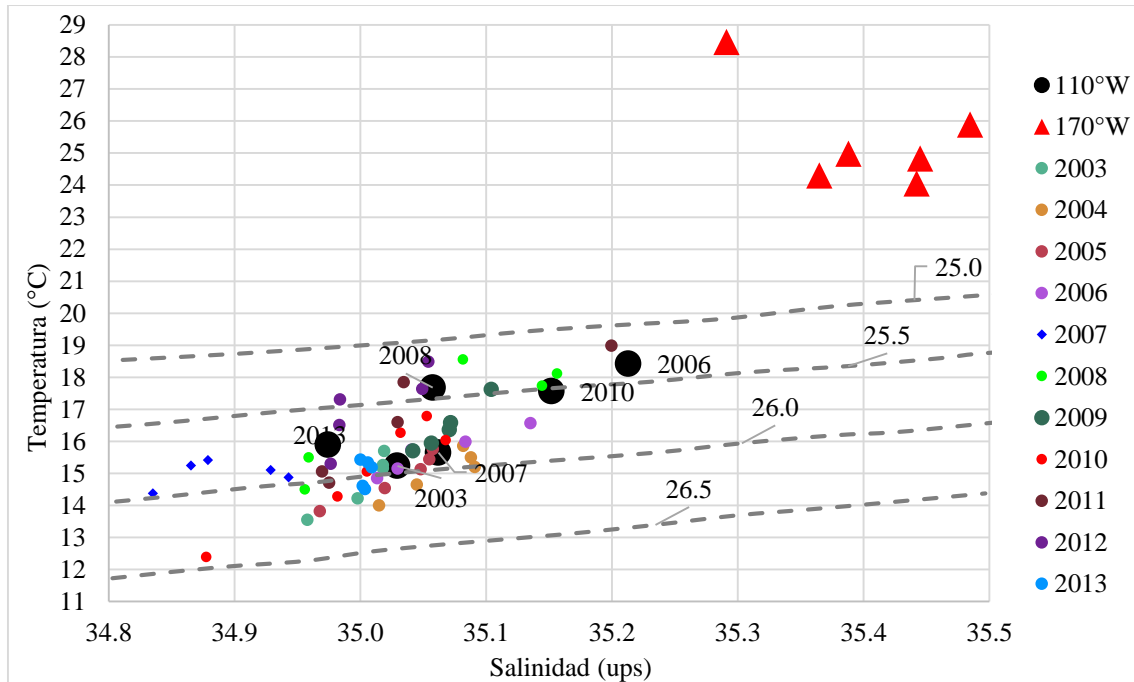


Figura 23. Aplicación del “Core Method” para la identificación del origen de las masas de agua mediante Isopicnas (líneas azules).

4.3. INFLUENCIA DE LA CORRIENTE CROMWELL EN LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LA MERLUZA

En el presente estudio se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas y altamente significativas entre la velocidad estacional (verano-otoño-invierno-primavera para el Hemisferio Sur) de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W y 0°N 110°W con la Abundancia relativa de la Merluza (CPUE) para los tres diferentes tipos de flotas, los datos promediados para cada estación climática se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Datos de velocidad de la Corriente Cromwell, CPUE por tipo de flota y estación climática.

Años	Estación	0°N 110°W (80 m)	0°N 170°W (150 m)	CPUE		
				Tipo I	Tipo II	Tipo III
2003- 2004	Dic-Ene-Feb	100.12	48.90	-	-	-
	Mar-Abr-May	107.04	74.15	-	-	-
	Jun-Jul-Ago	91.30	73.28	2.57	2.70	16.06
	Set-Oct-Nov	85.04	52.34	1.52	1.77	5.17
2004- 2005	Dic-Ene-Feb	95.48	31.65	1.63	1.49	6.53
	Mar-Abr-May	107.54	64.80	0.86	1.26	3.35
	Jun-Jul-Ago	112.50	81.08	0.53	0.51	3.26
	Set-Oct-Nov	87.01	80.15	0.94	0.94	3.10
2005- 2006	Dic-Ene-Feb	91.21	85.55	0.80	0.57	2.52
	Mar-Abr-May	138.42	86.35	0.72	0.65	2.73
	Jun-Jul-Ago	114.39	76.38	0.47	0.67	2.85
	Set-Oct-Nov	92.85	31.59	0.79	0.68	3.36
2006- 2007	Dic-Ene-Feb	62.54	52.35	1.07	1.63	3.57
	Mar-Abr-May	105.37	95.44	1.65	2.37	11.42
	Jun-Jul-Ago	87.88	88.39	1.23	1.63	6.21
	Set-Oct-Nov	70.73	84.60	2.77	3.80	9.78
2007- 2008	Dic-Ene-Feb	82.76	55.59	4.06	4.09	17.73
	Mar-Abr-May	138.96	88.09	-	-	-
	Jun-Jul-Ago	143.34	83.61	0.79	1.39	3.74
	Set-Oct-Nov	-	91.85	1.66	1.79	6.05
2008- 2009	Dic-Ene-Feb	90.19	98.28	2.11	1.68	8.65
	Mar-Abr-May	141.67	96.65	1.28	1.54	6.52
	Jun-Jul-Ago	114.45	76.08	1.25	1.48	5.81
	Set-Oct-Nov	103.35	51.26	1.22	1.39	4.50
2009- 2010	Dic-Ene-Feb	89.86	32.24	0.80	0.78	4.60
	Mar-Abr-May	113.40	84.79	1.01	1.28	4.18
	Jun-Jul-Ago	75.63	89.29	1.34	1.59	8.58
	Set-Oct-Nov	71.35	109.02	1.72	2.69	9.60
2010- 2011	Dic-Ene-Feb	-	104.42	5.12	8.47	24.75
	Mar-Abr-May	-	102.58	3.25	3.97	12.36
	Jun-Jul-Ago	-	95.32	1.58	1.61	6.16
	Set-Oct-Nov	65.22	95.41	1.02	1.52	5.76
2011- 2012	Dic-Ene-Feb	92.40	90.50	-	-	-
	Mar-Abr-May	150.99	110.12	-	-	-
	Jun-Jul-Ago	-	-	2.89	3.30	11.47
	Set-Oct-Nov	-	-	1.01	1.38	3.75
2012- 2013	Dic-Ene-Feb	-	-	3.06	3.18	7.34
	Mar-Abr-May	12.08	-	2.21	2.90	9.90
	Jun-Jul-Ago	-	-	1.61	2.55	7.61
	Set-Oct-Nov	-	-	2.44	2.68	7.76

La Correlación significativa y directa entre la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W y la CPUE es obtenida cuando se analizaron las variables durante la misma estación climática (Lag=0) y después de una estación climática (Lag=1); esto es, a mayor velocidad de la corriente en los 0°N 170°W generará una mayor concentración del recurso o CPUE frente a Paita. Mientras que para los 0°N 110°W se obtiene una relación altamente significativa e inversa cuando no existe variación de tiempo (Lag=0); es decir, las condiciones oceanográficas de la Corriente Cromwell en esta ubicación tienen efecto inverso sobre la CPUE durante la misma estación climática analizada, lo que significa que a mayor velocidad de corriente que se observe en los 0°N 110°W, ésta generará un dispersamiento del recurso frente a Paita, es decir la disminución del valor de CPUE.

Estos resultados (Cuadro 19) se pueden interpretar como, la corriente al ser más fuerte en los 0°N 110°W (a 1,800 millas de Paita), afectará la disponibilidad (concentración y abundancia) del recurso frente a Paita, generando concentraciones más al sur del Perú o a profundidades mayores donde la flota de arrastre generalmente no opera.

Cuadro 19. Correlaciones entre la velocidad (cm/s) estacional en el núcleo de la Corriente Cromwell con la CPUE (t/h) para 3 diferentes tipos de flota.

Lag de tiempo (por estación climática) y variables		CPUE tipo I			CPUE tipo II			CPUE tipo III		
		rho	P-value	Sig.	rho	P-value	Sig.	rho	P-value	Sig.
Lag= 0 para CPUE	110°W (80m)	-0.50	<0.01	**	-0.56	<0.01	**	-0.39	<0.05	*
	170°W (150m)	0.38	<0.05	*	0.39	<0.05	*	0.40	<0.05	*
Lag= 1 para CPUE	110°W (80m)	-0.35	0.072	NS	-0.32	0.098	NS	-0.32	0.098	NS
	170°W (150m)	0.40	<0.05	*	0.40	<0.05	*	0.43	<0.05	*
Lag= 2 para CPUE	110°W (80m)	-0.17	0.365	NS	-0.23	0.217	NS	-0.23	0.223	NS
	170°W (150m)	0.27	0.127	NS	0.23	0.2	NS	0.18	0.318	NS

Cabe mencionar que se realizaron también las correlaciones diarias y mensuales, pero no se obtuvo ninguna significancia, mientras que al calcular las correlaciones estacionales, estas resultaron significativa y altamente significativa como se explicó previamente.

Por tanto, las variaciones durante el verano-otoño de la corriente afectarán la CPUE durante el verano-otoño en la zona frente a Paita (5°S). Estos resultados son concordantes con lo obtenido por Martina (2006) quien encontró una relación negativa y significativa entre los pulsos de intensificación de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W y la CPUE (t/h) de la Anguila común *Ophichthus pacifici* (especie demersal y acompañante ocasional de la merluza) en la zona norte del Perú durante el periodo 1990-1998, por lo cual se comprueba que las variaciones de la corriente también afecta la CPUE de otras especies demersales.

Asimismo, estudios previos realizados por Samamé *et. al.* (1978); Samamé *et. al.* (1985) concluyeron que las variaciones ambientales y la pesca influyen en los cambios bioecológicos de los recursos demersales, específicamente en la merluza peruana, al observar que la talla de captura y la talla media de desove disminuyen debido principalmente a la redistribución de los ejemplares adultos en su zona de distribución. Explicando la influencia del Ramal Costero de la Corriente Cromwell en la distribución y abundancia de especies demersales por el alto contenido de Oxígeno disuelto que “refresca” el fondo poco oxigenado en la zona norte del Perú, favoreciendo el éxito del ciclo vital de la fauna demersal. Las conclusiones de dicho estudio ayudan a esclarecer los resultados obtenidos, confirmando que la Corriente Cromwell juega un papel determinante en la distribución del recurso merluza en las principales zonas de pesca frente a Paita, explicando que dicho recurso se re-distribuye a lo largo de la costa peruana cuando el Ramal de la Corriente Cromwell es intenso, concordante con los resultados de la presente investigación, al comprobar que la velocidad de la corriente influye de forma significativa y altamente significativa en la abundancia de la merluza.

En este sentido, la relación entre el medio ambiente y el recurso merluza es muy importante no solo para la especie Peruana, sino también para merluzas de otras partes del mundo, tal como lo demuestran los estudios realizados para la *Merluccius gayi gayi* en la zona norte y centro de Chile, los que explican cómo esta especie se encuentra altamente relacionado con las condiciones oceanográficas asociadas a Eventos El Niño, ya que genera altos valores de reclutamiento y posterior (años después) incremento de la abundancia, como sucedió durante el buen reclutamiento de 1997-1998 y la alta abundancia reportada durante el 2001-2002 en Chile. (San Martín *et.al.*, 2013). Es

interesante mencionar que los resultados fueron opuestos a las condiciones que presentaba la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* en dichos años.

Por otro lado, Rueda (2014), relaciona el incremento de la concentración de oxígeno disuelto y clorofila con el incremento de la abundancia o biomasa de especies demersales en el Mar Mediterráneo durante el otoño del 2009 y el verano del 2010 para el Hemisferio Norte. Mientras que, Yu (2016) menciona que una predicción exacta del patrón de distribución y abundancia de especies pelágicas sería posible basado en métodos de integración ambiental probabilística, es decir incluyendo la variable oceanográfica como principal forzante; lo cual podría aplicarse también a especies demersales, como sería el caso para la merluza peruana.

En cuanto a los valores puntuales negativos de la correlación entre la velocidad de la Corriente Cromwell y los 0°N 110°W en los tres tipos de flota, se explica debido a la cercanía que presenta ese punto con la zona de Paita, es decir, con una corriente más intensa de lo normal en este punto generará una disminución de la CPUE en el norte del Perú que puede deberse a la redistribución de la merluza hacia zonas más al sur por el cambio de las condiciones de su hábitat natural debido a la forzante natural que es la Corriente Cromwell. Mientras que rho positivo entre la velocidad de la corriente en los 0°N 170°W para todos los casos influye en la CPUE de forma directa, esto sería debido al comportamiento de los pulsos de intensificación de la corriente que no necesariamente tiene un comportamiento lineal, sino más bien ondulatorio en el tiempo y su recorrido hasta Paita de aproximadamente 5,500 millas; esto es, mientras que la Corriente Cromwell se intensifica en los 0°N 170°W, en esos momentos es más débil en los 0°N 110°W y viceversa, lo cual explica el porqué de la correlación positiva con la velocidad en los 0°N 170°W y la CPUE frente a Paita y porque la correlación negativa entre la velocidad de la Corriente en los 0°N 110°W y la CPUE frente a Paita.

Cabe resaltar que el incremento de la abundancia de las especies, son procesos progresivos que toman años. Sin embargo, mantener condiciones oceanográficas estables del hábitat de cualquier recurso vivo, permitirá un mejor desarrollo en el ciclo de vida de estos (reproducción, reclutamiento y crecimiento) (Samamé *et. al.*, 1985). Tal como se corrobora en la presente investigación, al obtener una alta significancia entre la Corriente Cromwell y la abundancia de la merluza frente a Paita.

Finalmente, si bien se ha demostrado que la Corriente Cromwell durante el periodo 2003-2013 favoreció el incremento de la abundancia relativa (CPUE) así como de la talla de la merluza, es importante mencionar que el sistema donde vive este recurso marino, engloban múltiples variables que será importante tener en cuenta en posteriores estudios.

V. CONCLUSIONES

1. La abundancia relativa de la merluza extraída por 3 diferentes tipos de flota, mostró una tendencia positiva y creciente en los años de análisis (2004-2012). Aumentando la CPUE promedio de la flota I-II y la flota III desde 1.2 t/h hasta 2.9 t/h y de 3.6 t/h hasta 10.1 t/h respectivamente. Este incremento de la CPUE, fue concordante con el incremento de 8.5 cm de la Talla media de la merluza en 11 años según los cruceros de evaluación de IMARPE.
2. La velocidad de la Corriente Cromwell fue fluctuante durante los 11 años analizados, observándose 3 patrones diferenciados de las condiciones oceanográficas del Pacífico Ecuatorial y frente a Paita, siendo: (1) “Periodo Crítico o Cromwell Débil” en los años del 2003 al 2006. (2) “Periodo de Cambio Extremo de debilitamiento e intensificación de la Corriente Cromwell” del 2007 al 2010 y (3) “Periodo de Intensificación o Cromwell Fuerte” del 2011 al 2012.
3. Se encontró una importante relación entre la velocidad de la Corriente Cromwell en el núcleo de los 0°N 170°W y 0°N 110°W , al relacionarse de forma significativa ($p\text{-value}<0.05$) y altamente significativa ($p\text{-value}<0.01$) con la profundidad de la Isotherma de 15°C frente a Paita (5°S), con un lag de 5-6 meses y 1-2 meses, respectivamente.
4. La abundancia relativa estacional de la merluza, se relaciona de forma significativa y directa con la velocidad de la Corriente Cromwell en los 0°N 170°W , cuando se analiza en la misma estación climática (Lag=0) y después de una estación (Lag=1). Mientras que en los 0°N 110°W la relación con la velocidad de la Corriente Cromwell es altamente significativa e inversa durante la misma estación climática analizada.
5. Las variaciones de la Abundancia relativa y la Talla media de la merluza presentaron 3 periodos marcados de comportamiento, coincidentes con los 3 periodos encontrados en el análisis oceanográfico, describiendo bajos valores de CPUE durante el Periodo Crítico o Cromwell Débil y mayor CPUE durante el Periodo de intensificación o Cromwell Fuerte.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el análisis de la CPUE y tallas en los años posteriores a la presente investigación, y su relación con la Corriente Cromwell con la finalidad de corroborar que la merluza continúa presentando mejores indicadores de sostenibilidad, si este fuera el caso, se podría recomendar incrementar la *talla mínima provisional* de captura mayor a 28 cm, tratando de volver a la *talla mínima legal* de 35 cm, esto paralelo al monitoreo de las condiciones oceanográficas a lo largo de la costa peruana.
2. Implementar el presente estudio con nuevas variables ambientales en la zona habitual de la merluza, como la cantidad de nutrientes (clorofila), temperatura, oxígeno, entre otros. Asimismo, implementar el análisis de la biología del recurso que permita fortalecer las razones de mejor abundancia y talla.
3. Las evaluaciones durante los cruceros científicos deberían utilizar un mismo formato de análisis de los datos obtenidos, que permitan a los jóvenes investigadores universitarios poder empezar y culminar las respectivas investigaciones sin problemas de falta de información. Asimismo, esta información completa, debería estar disponible y actualizada en los repositorios digitales de las principales instituciones del Perú referente a la pesquería, como lo es el Instituto del Mar del Perú y el Ministerio de la Producción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ADEX datatrade, (2016)**. Exportaciones anuales de merluza 2002-2016. (Web page: <http://www.adexdatatrade.com/>)
2. **Anon, (1972)**. Breves conclusiones de las investigaciones científicos-pesqueras en las aguas del Océano Pacífico aledañas a la costa del Perú durante el invierno y primavera de 1972. Informe preliminar sobre los trabajos de la expedición soviética del BIC “PROFESSOR MESIATSEV” del 7 de junio al 2 de diciembre de 1972. Pp: 1-73.
3. **Anon, (1973)**. Investigaciones científico Pesqueras en las aguas del Océano Pacífico aledañas a la costa del Perú durante la primavera de 1972. Informe científico sobre los trabajos de la expedición “PROFESSOR MESIATSEV” del 29 de setiembre al 2 de diciembre de 1972. Pp: 2-31.
4. **Armstrong, D. (1981)**. Investigación de la Merluza en IMARPE. Inf. Inst. Mar Perú. Informe 79: 2-47.
5. **Canal, R. (1988)**. Reproducción de la Merluza (*Merluccius gayi peruanus*) frente a Paita, Perú entre 1971 y 1988. Memorias del 2do Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, Boletín Tomo I, Volumen Extraordinario. Inst. Mar Perú. pp 232-236.
6. **Chirinos Merino, J.G. (1992)**. La pesca de Jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus peruanus*) por la flota arrastrera cubana en el periodo enero 1986-marzo 1987. Lima (Perú). Tesis para optar el título de Ingeniero pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina. 167 p. Ilus. Graf. Tablas; 41 ref.
7. **Cushing D. H. (1981)**. Fisheries Biology; A study in population dynamic. Second edition. The University of Wisconsin Press. ISBN 0-299-08110-9. pp. 95-117.

8. **Cromwell, T.R., Montgomery, B., E.D. Stroup. (1954).** Equatorial Undercurrent in the Pacific Ocean revealed by New Methods. *Science* 119: pp 648-649.
9. **Del Solar, Enrique. Sanchez R., J. Piazza L., Alvaro. (1965).** Exploración de las áreas de abundancia de Merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en la costa peruana a bordo del “Betina”. Pp: 3-15.
10. **Elliot W., F. Paredes. (1997).** Estructura del subsistema demersal durante el crucero de evaluación del recurso merluza. BIC Humboldt 9705-06, Callao a Puerto Pizarro. *Inf. Inst. Mar Perú* 128: 80-104.
11. **ENFEN, 2012.** Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la Costa del Perú. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). Lima 9 de abril del 2012. Pp:1-3
12. **Espino M, Wosnitza-Mendo C, Castillo R., (1984).** La Pesca de Arrastre de la Flota Costera de Paita entre 1970-1982. Volumen 8 N°5. Instituto del Mar del Perú.
13. **Espino, S. M. (1999).** La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*): Situación Actual y perspectivas de explotación. Informe Ejecutivo. Informe progresivo N°98. Instituto del Mar del Perú. Pp: 3-9.
14. **Flores, R., Tenorio, J., 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
15. **Goicochea, C., A. Perea, B. Buitrón. (2001).** Condición reproductiva de la merluza *Merluccius gayi peruanus* durante el otoño 2000. *Inf. Instituto del Mar del Perú* 160:51-54.

16. **Guevara-Carrasco. (1995).** Análisis de la estructura poblacional y de las capturas de merluzza (*Merluccius gayi peruanus*) en agosto de 1995. Informe progresivo N°14 Diciembre 1995. Pp: 3-10.
17. **Guevara-Carrasco. (1996).** La Pesquería de la Merluza: Situación Actual. Instituto del Mar del Perú. Informe Progresivo N° 27. Marzo, 1996. Pp: 7-16.
18. **Guevara-Carrasco R. (1997).** Situación del stock merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en invierno de 1996. Inf. Int. Mar Perú Pp:14-22.
19. **Guevara-Carrasco R., y Wosnitza-Mendo, C. (1997).** Análisis poblacional del recurso merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en otoño 1997. Inf. Inst. Mar Perú. Pp:25-32.
20. **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.
21. **Hisard, PH., Y. Magnier and B. Wauthy. (1969).** Comparison of hydrographic structure of equatorial waters north of New Guinea an at 170°E. *J. Mar. Res.*, vol. 27, No. 2, Pp.191-205.
22. **Icochea L., Chipollini A., Ñiquen M. (1989).** Análisis de la Pesquería Pelágica en la costa peruana durante 1983-1987 y su relación con el medio ambiente. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vicos y las pesquerías en el Pacífico Sudeste Viña del Mar, 9-13 mayo, 1988. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Pev. Pacífico Sur (Número Especial), 1989. Pp: 2-15
23. **Icochea L., Rojas E. (2001).** Corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N 110°W. Libro La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*), Forum de la Merluza Peruana: biología y pesquería. Instituto del mar del Perú. Pp: 20-28.
24. **IMARPE. (1980).** Situación del recurso Merluza y sus características biológicas en la primavera de 1978. Crucero 7810-II TAREQ II. 18 de Octubre-6 de Noviembre 1978. Jorge Mejía Gallegos, Manuela Esquerre Castro y José Castillo Salas. 1980. Informe N°58.

25. **IMARPE. (1997).** Crucero de evaluación del stock de merluza en otoño de 1997 BIC Humboldt 9705-06. Informe N°128. Pp: 56-69.
26. **IMARPE. (2004).** Crucero de Investigación de Merluza y otros Recursos Demersales en el Verano del 2004 a bordo del BIC José Olaya Balandra 0401-02, 14 de enero-07 de febrero. Instituto del Mar del Perú. Callao. Febrero 2004. Pp
27. **IMARPE. (2005).** Crucero de Investigación de Merluza y otros Recursos Demersales en el otoño del 2005. BIC José Olaya Balandra 0505-06, 26 mayo-24 junio 2005. Pp: 4-52.
28. **IMARPE. (2006).** Crucero de Investigación de merluza y otros demersales en el otoño del 2006. Crucero BIC Olaya Balandra 0605-06 28 de mayo al 24 de junio del 2006. Chicama-Puerto Pizarro. Instituto del Mar del Perú. Callao. Junio 2006. Pp: 3-44.
29. **IMARPE. (2007).** Crucero de investigación de merluza y otros demersales en el verano del 2007. Crucero BIC José Olaya Balandra 0701-02 21 de enero al 14 de febrero del 2007. Puerto Pizarro-Chicama. Instituto del Mar del Perú. Callao. Febrero 2007.pp:3-48.
30. **IMARPE. (2008).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en el otoño del 2008. Cr0805-06 BIC José Olaya Balandra 26 de mayo al 25 de junio del 2008. Puerto Pizarro-Chimbote. Instituto del Mar del Perú. Callao. Junio 2008.pp:3-61.
31. **IMARPE. (2009).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño 2009. Cr0906-07 BIC José Olaya Balandra, del 12 de junio al 11 de julio 2009. Puerto Pizarro-Salaverry. Instituto del Mar del Perú. Callao. Julio 2009. Pp:4-65.
32. **IMARPE. (2010).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en el otoño del 2010. Cr. 1005-06 BIC José Olaya Balandra, Puerto Pizarro-Chicama. Instituto del Mar del Perú. Callao. Junio 2010. Pp:3-59.

- 33. IMARPE. (2011).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño del 2011. Cr.1105-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Informe interno.
- 34. IMARPE. (2012).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño del 2012. Cr.1205-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Informe interno.
- 35. IMARPE. (2013).** Crucero de evaluación de la población de merluza y otros demersales en otoño del 2013 en el área comprendida entre Puerto Pizarro y Chicama. Cr.1305-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Junio 2013. Pp: 3-79
- 36. IMARPE. (2014).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño del 2014. Cr.1405-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Del 13 de mayo al 11 de junio 2014. Pp:2-82.
- 37. IMARPE. (2015).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño del 2015. Cr.1505-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Informe Interno
- 38. IMARPE. (2016).** Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño del 2016. Cr.1605-06 BIC Humboldt. Instituto del Mar del Perú. Callao. Informe Interno.
- 39. IMARPE, (2004).** Informe de la segunda sesión del panel internacional de expertos para evaluación de la población de la merluza peruana. Marzo 2004. *Report of the second session of the international panel of experts for assessment of peruvian hake population. March 2004.* Boletín Vol. 21. N° 1 y 2. Enero-Diciembre 2004.
- 40. IMARPE. (2008).** III Panel Internacional de Expertos de Evaluación de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*), manejo precautorio de la merluza peruana. Boletín ISSN 0458-7766, Volumen 24, N°1 y 2. Callao 24-28 de marzo. 2008. Pp: 81-115.

- 41. Knauss. (1959).** The Measurements of the Cromwell Current. Received 15 August, 1959. University of California, La Jolla, California. *Scripps Institution of Oceanography, New Series*. Pp: 265-286
- 42. Lassen H., Barriga E., Palacios J., Vargas N., Diaz E., Argüelles J. (2008).** Evaluación del estado del stock de la Merluza (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg). III Panel Internacional de expertos de Evaluación de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*) 24-28 marzo 2008. Boletín, Volumen 24, N° 1 y 2. Instituto del Mar del Perú. Callao. Pp:21-26.
- 43. Lomniewski Kazimierz. (1973).** Physical Oceanography. Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1971. 2nd ed. Pp:356
- 44. Lukas Roger, (1981).** The termination of the Equatorial Undercurrent in the Eastern Pacific. University of Hawaii in partial Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Oceanography, December, 1981. Pp: 7-125.
- 45. Mamayev, I. O. (1975).** Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Water. Elsevier Oceanography Series, 11. Pp:324-339.
- 46. Martina Vásquez, J.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. 1 Ilus., 76 fig., 14 tablas, 31 ref.
- 47. Millero, F.J., Poisson A. (1981).** International one-atmosphere equation of state of seawater. Deep-Sea Research 28:625–629.
- 48. Miyahara K., Ota T., Kohno N., Ueta Y., Bower J. (2005).** Catch fluctuations of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE base don analysis of environmental factors. *Fisheries Research*. Pp 71-79.

- 49. Mc Callock Silva, 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. 20 tablas, 39 fig., 33 ref.
- 50. OMM, (2011).** Guía de prácticas climatológicas. Organización Mundial de la Meteorología, edición del 2011. Pp:4-16.
- 51. Peters H., Gregg M., (1987).** Equatorial Turbulence: Mixed Layer and Thermocline. Dynamics of the Oceanic Surface mixed layer, University of Hawaii at Manoa, January 14-16, 1987.
- 52. Resolución Ministerial N° 339-2003-PRODUCE. (2003).** Autorizan extracción del recurso merluza en el marco del Régimen Provisional para la extracción del recurso bereche con barbo. Publicado el 18 de setiembre del 2003. Diario El Peruano.
- 53. Reyes Leiva, E E. (1992).** Análisis de las capturas de una Embarcación Arrastrera de fondo y la relación con algunos parámetros oceanográficos. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú 104p, 21 fig. Tablas; 36 ref.
- 54. ROP. (2003).** Decreto Supremo N° 016-2003 PRODUCE, Reglamento de Ordenamiento Pesquero de Merluza.
- 55. Rueda L., Moranta J., Abelló P., Balbín R., Barberá C., Fernández de Puelles M.L., Olivar M.P., Ordines F., Ramón M., Torres A.P., Valls M., Massutí E. (2014).** Body condition of the deep wáter demersal resources at two adjacent oligotrophic áreas of the western Mediterranean and the influence of the environmental features. *Journal of Marine Systems*, 138 (2014) Pp: 194-202.
- 56. Samamé M., Castillo J., Flores P., Vilchez R. (1978).** Estructura, Distribución y Abundancia de peces demersales. Crucero TAREQ II, 7605 (13 de mayo-3 de junio 1976). Inf. Inst. Mar del Perú N° 47, Pp: 1-28.

- 57. Samamé M., Castillo J., 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.
- 58. Samamé, M. y Fernández F. (1998).** Resultados Generales del crucero de estimación de la biomas de la merluza en el área de puerto Pizarro a Huarmey. Crucero BIC José Olaya Balandra 9806-07. Inf. Instituto del Mar del Perú N°138. Pp:7-18.
- 59. Samamé, M., R. Guevara-Carrasco., P.R. Castillo, E. Tello, C.R. Castillo y W. Elliott. (2001).** Evaluación de la Merluza y otros demersales durante el otoño del 2000. Resultados Generales del Crucero BIC José Olaya Balandra 0004-05. Inf. Inst. Mar Perú. Pp:7-22.
- 60. San Martín M., Wiff R., Saavedra-Nievas J.C., Cubillos L., Lillo S. (2013).** Relationship between Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) abundance and environmental conditions in the central-southern zone of Chile. *Fisheries Research*, 143(2013) Pp: 89-97.
- 61. Sparre, P and Venema, S.C. (1992).** Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual. FAO Fisheries Technical Paper, N°306, Rev. 1. Rome, Pp:370-376
- 62. Stewart Robert H. (2008).** Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography, Texas A & M University. Pp: 222-233.
- 63. Vargas N., Mendo J. (2010).** Relación entre la distribución espacial de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg) y la extensión Sur de la Corriente Cromwell. Inf. Inst Mar Peru 37(3-4). Pp:85-94.
- 64. Wyrski. (1967).** Circulation and water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Int. J. Oceanol & Limnol., Vol. 1, N°2. Pp: 117-147.

- 65. Wosnitzer-Mendo C., Guevara-Carrasco R., Ballón M. (2004).** Causas posibles de la drástica disminución de la Longitud media de la merluza peruana en 1992. Bol. Inst. Mar Perú 21 (1-2). Pp:1-26.
- 66. Wooster, W.S., y T. Cromwell. (1958).** An oceanographic description of the eastern tropical Pacific. Bull.Scripps Inst.Oceanogr. 7(3):169–281.
- 67. Yu W., Chen X., Yi Q., Chen Y. (2016).** Spatio-temporal distributions and habitat hotspots of the winter-spring cohort of neon flying squid *Ommastrephes bartramii* in relation to oceanographic conditions in the Northwest Pacific Ocean. *Fisheries Research* 175 (2016), Pp: 103-115.
- 68. Zuta y Guillen. (1970).** Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Departamento de oceanografía de IMARPE. Volumen 2, Numero 5. Pp:157-324.

Páginas Web:

- 69. Oceanografía General.** Oceanografía General y las principales masas de agua a lo largo de la costa peruana. (Disponible on line: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/>)
- 70. NOAA.** Mooring information, Acoustic Doppler current meter moorings. (Disponible on line: http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml)

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Cantidad de datos según correntómetro utilizado.

Cuadro 20. Cantidad total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Doppler en 0°N 110°W.

Años	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m	110 m	120 m	130 m	140 m	150 m	160 m	170 m	180 m	190 m	200 m	210 m	220 m
1991	221	225	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
1992	353	359	362	361	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
1993	331	331	331	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
1994	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329	329
1995	354	359	359	359	360	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
1996	356	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
1997	360	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
1998	252	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
1999	316	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	342	316
2000	324	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	316	271
2001	321	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
2002	357	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	319	302	299	299	299	299	130	71	69
2003	352	364	364	364	364	364	364	364	364	364	298	270	268	268	268	268	268	268	268	245
2004	294	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	136
2005	354	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	87
2006	306	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324
2007																				
2008	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2009	347	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	284
2010	198	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201

Cuadro 21. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Fijo en 0°N 110°W.

Años	5 m	10 m	20 m	45 m	80 m	120 m	200 m
1991		365	365	365	365	365	365
1992		308	366	366	366	330	366
1993		237	237	240	365	365	251
1994		269	332	326	237	248	103
1995		222	222	222	53	222	198
1996		225	225	225	225	225	
1997		365	365	229	195	230	
1998		59	59	59	59		
2001		183	150	186	25	230	
2002		266	266	266	266	63	
2003		227	145	227	227	227	
2004		327	327	313	159	95	
2005	164	299	300	299	210	210	
2006		346	347	125	211	347	
2007		352	270	225	359	359	
2008		311	304	155	169	320	
2009		81	82	78	42	77	
2010			218	19	218	218	
2011		56	151	151	71	151	
2012		73	72	78	37	120	
2013		40	54	92	51	50	

Cuadro 22. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Doppler en 0°N 170°W.

Años	80 m	90 m	100 m	110 m	120 m	130 m	140 m	150 m	160 m	170 m	180 m	190 m	200 m	210 m	220 m	230 m	240 m	250 m	260 m
1991	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
1992	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364
1993	363	363	363	363	362	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	362	359	297	88
1994	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	361	361	358	327	283
1995	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
1996	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364
1997	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
1998	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364
1999	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362	337	313	302	287	271
2000	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
2001	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363
2002	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	276	223	195
2003	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	235	185	184
2004	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364
2005	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364	364
2006	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172
2009	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	147	94	83	71
2010	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	53	5		

Cuadro 23. Número total de datos por año y a diferentes profundidades para la velocidad de la corriente según el Correntómetro Fijo en 0°N 170°W.

Año	10 m	50 m	100 m	150 m
2002	194	194	194	55
2003	365	365	365	186
2004	366	366	366	366
2005	335	365	271	365
2006	114	205	191	251
2007	154	318	326	315
2008	364	364	363	364
2009	12	267	363	362
2010	319	321	361	361
2011	360	360	243	360
2012	136	136	1	136

ANEXO 2: Masa de Agua en la zona norte del Perú

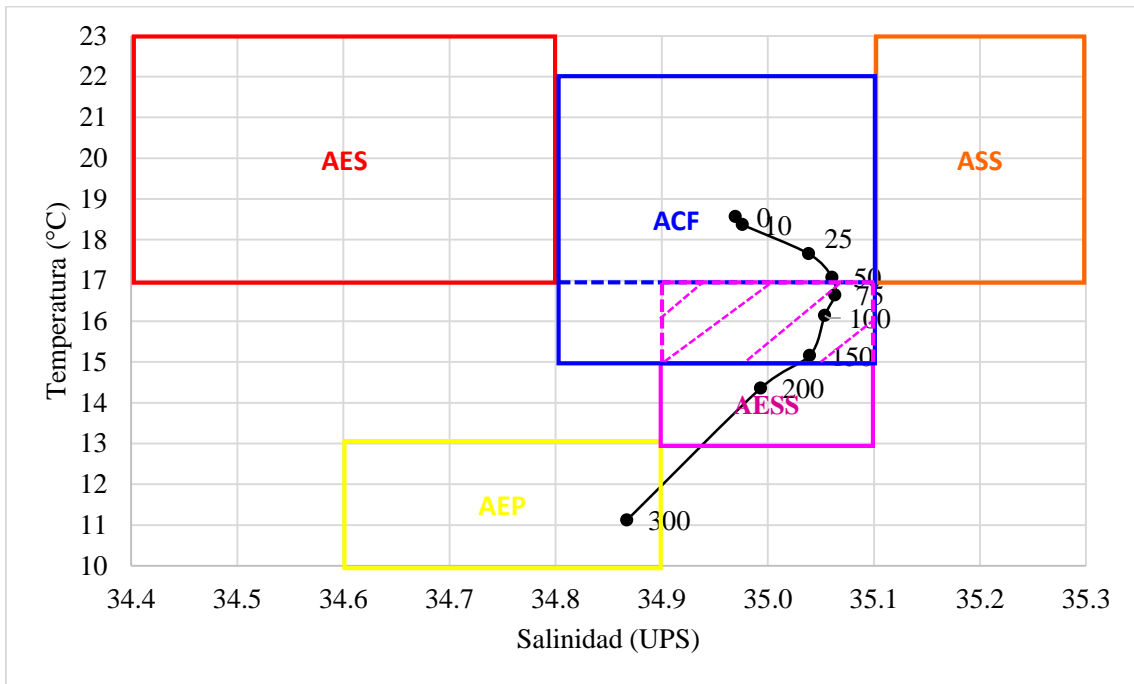


Figura 24. Condición promedio (2003-2013) de las masas de agua en Paíta (5°S 81°40'W).

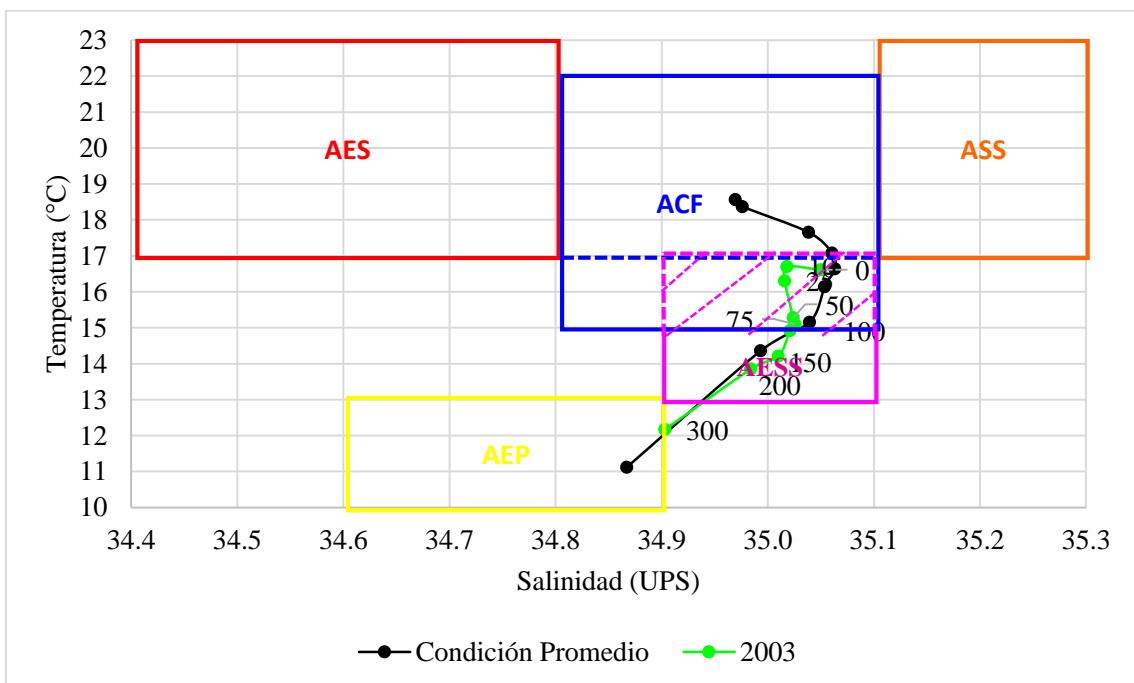


Figura 25. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2003 frente a Paíta (5°S 81° 40'W)

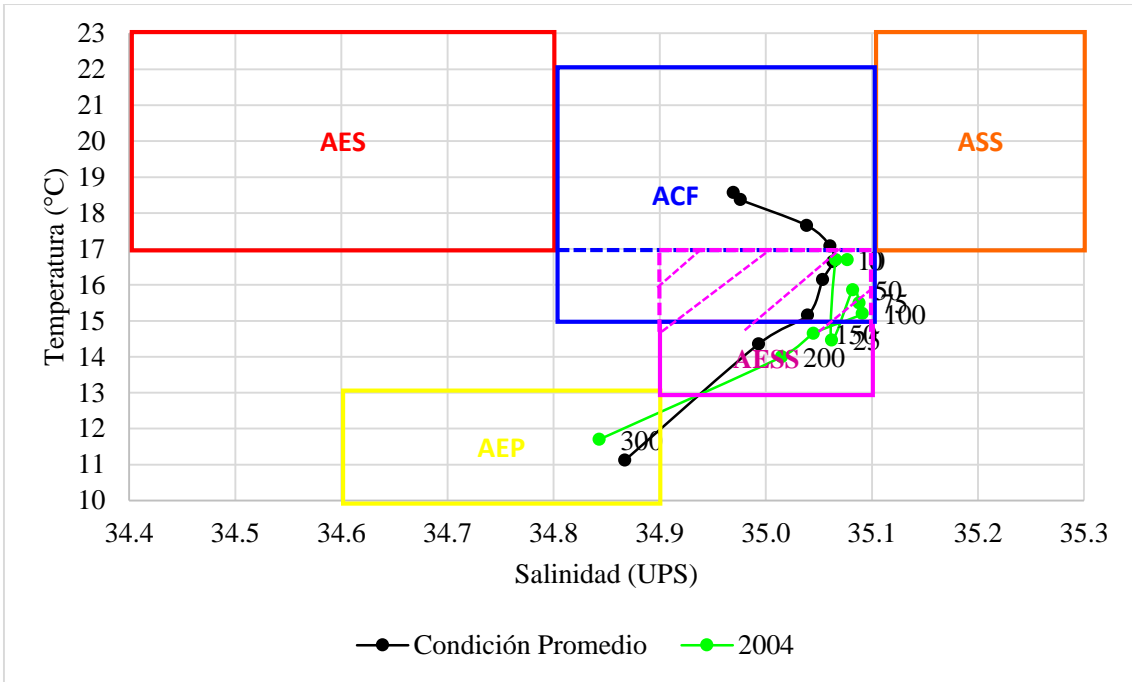


Figura 26. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2004 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

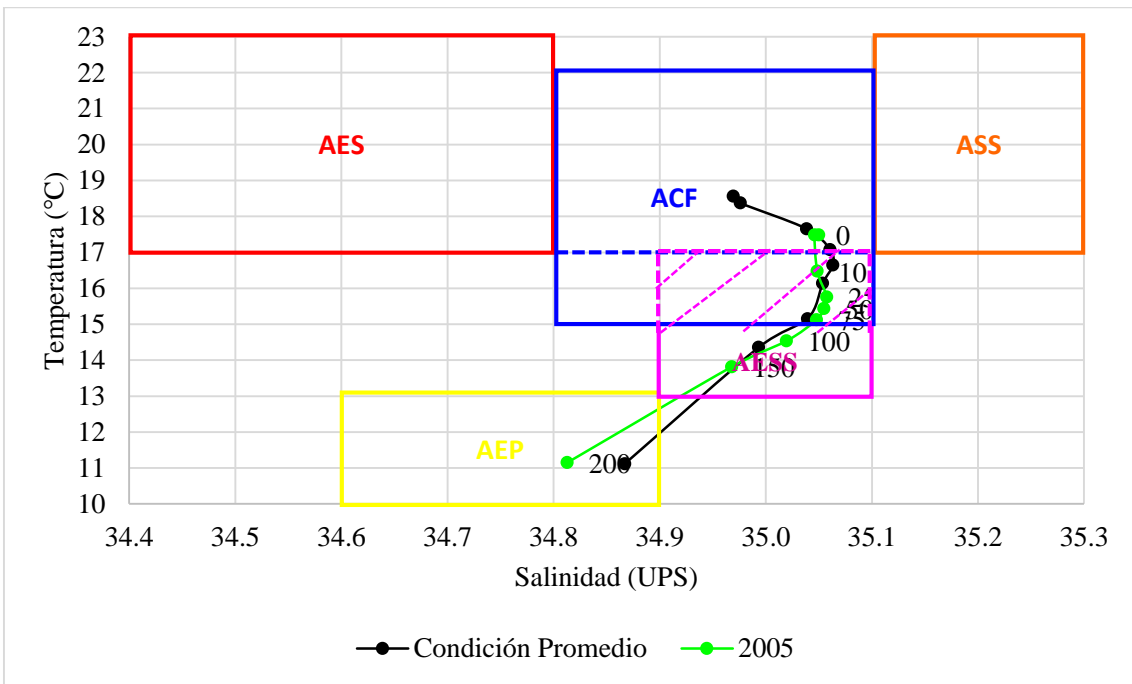


Figura 27. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2005 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

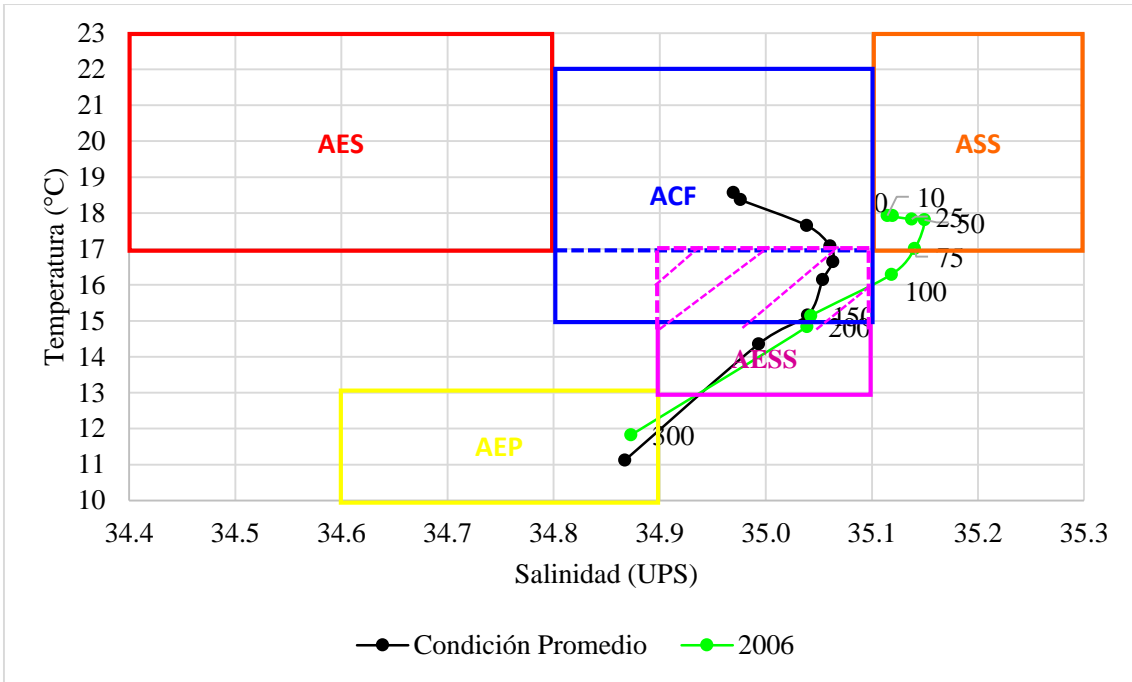


Figura 28. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2006 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

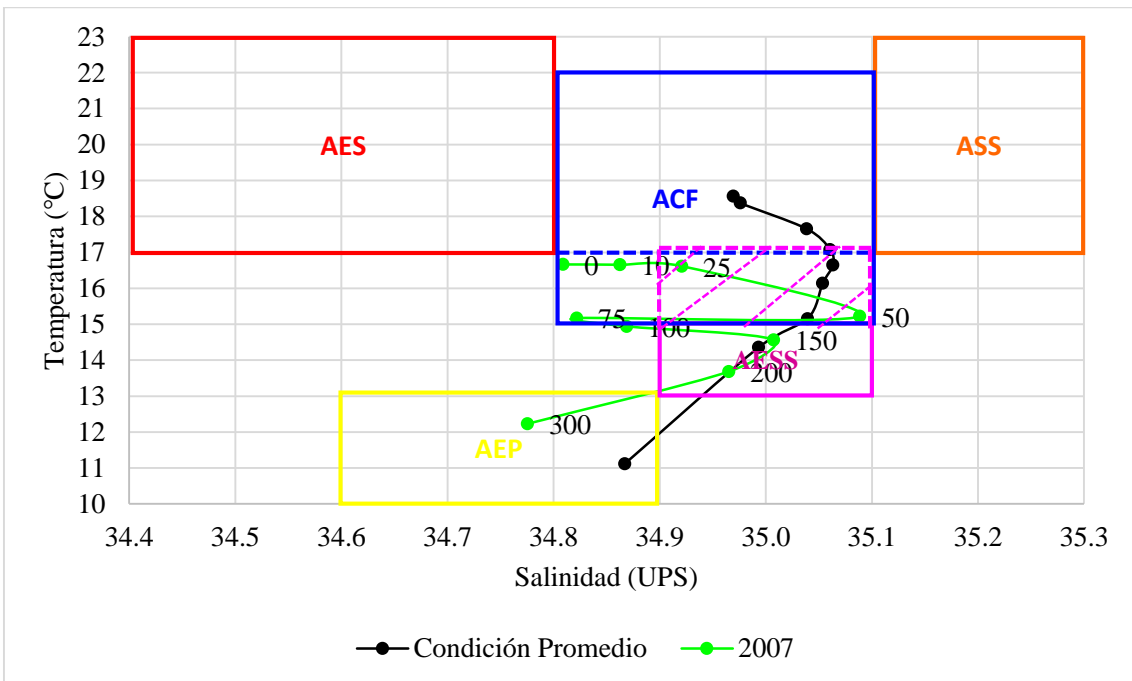


Figura 29. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2007 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

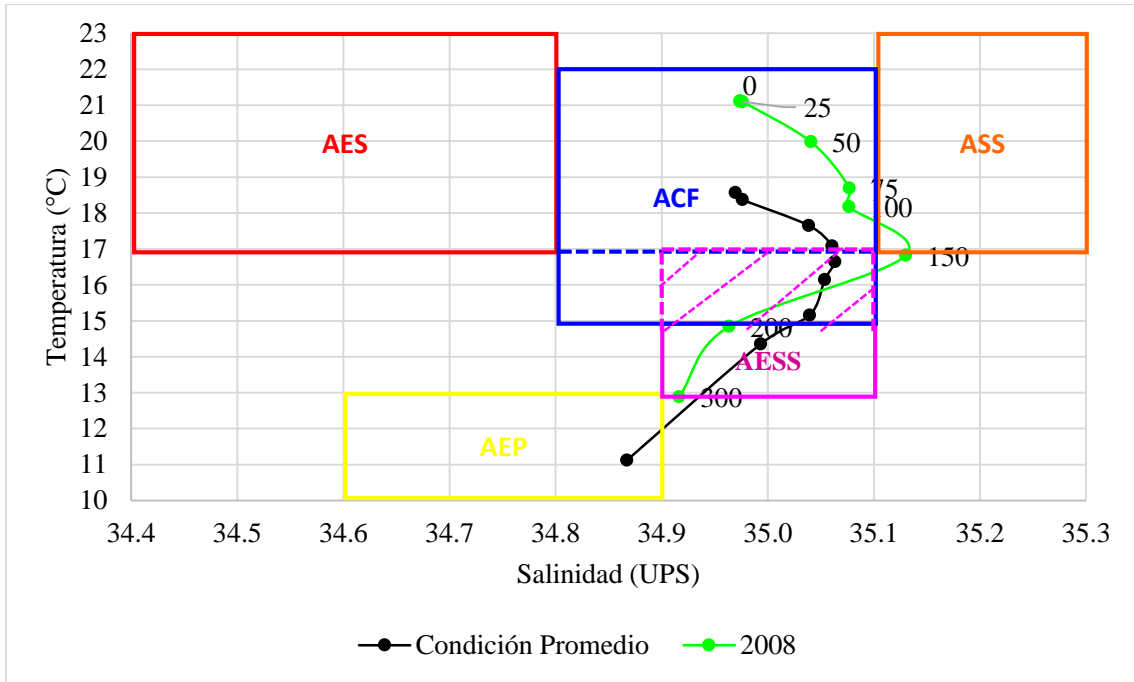


Figura 30. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2008 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

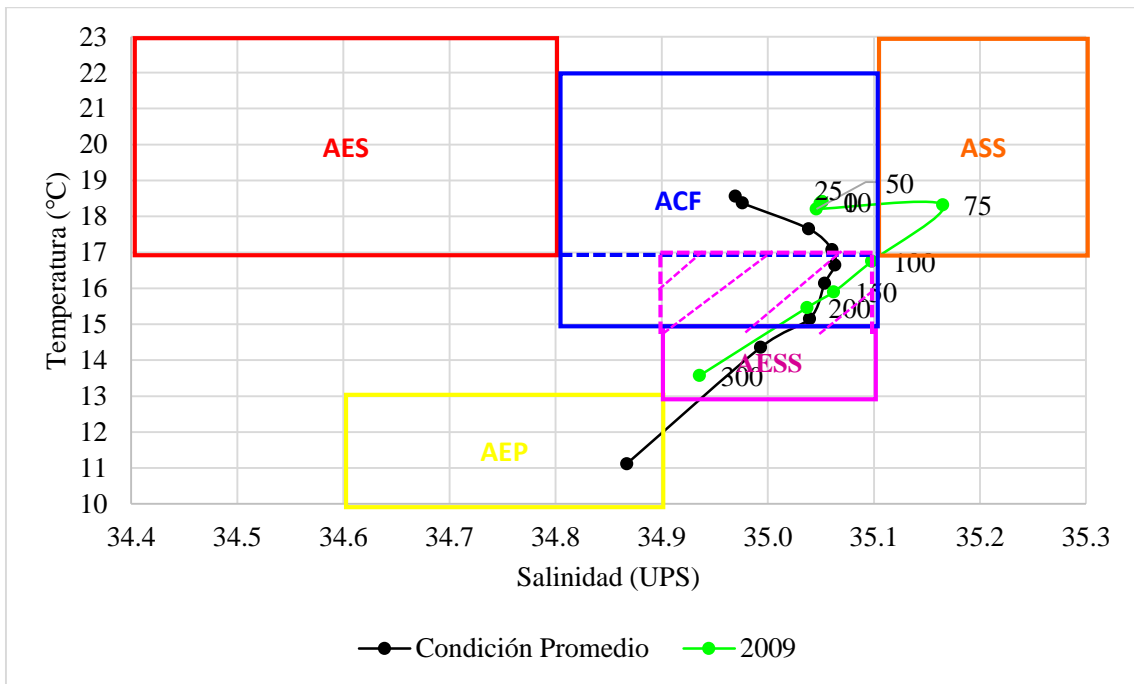


Figura 31. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2009 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

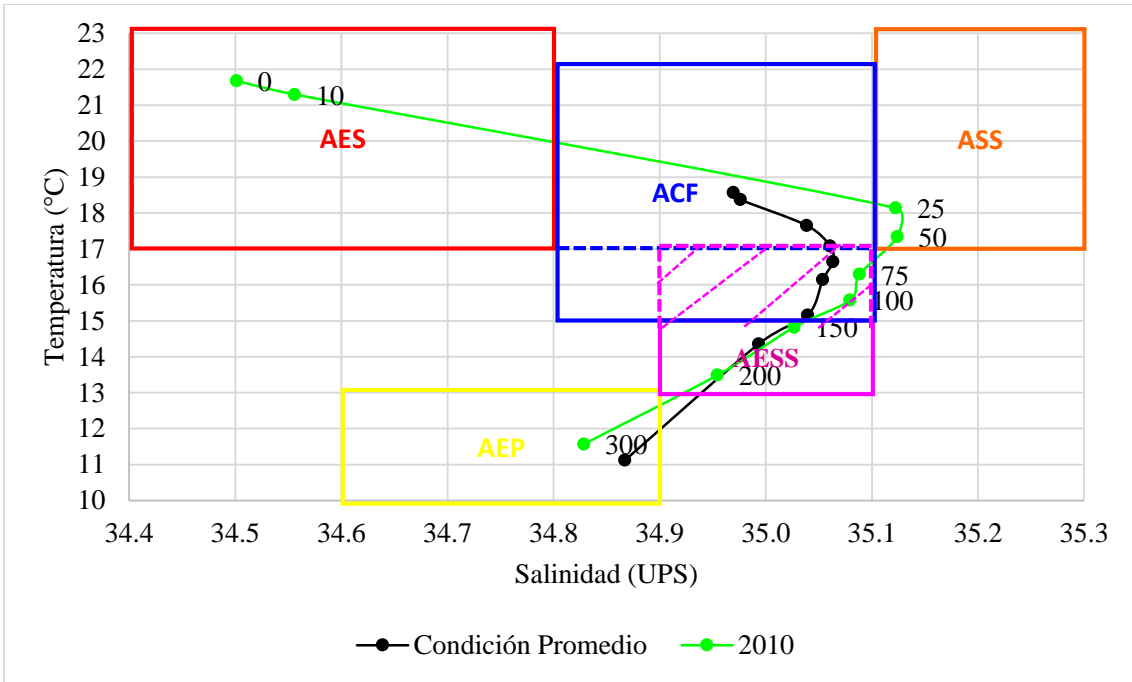


Figura 32. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2010 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

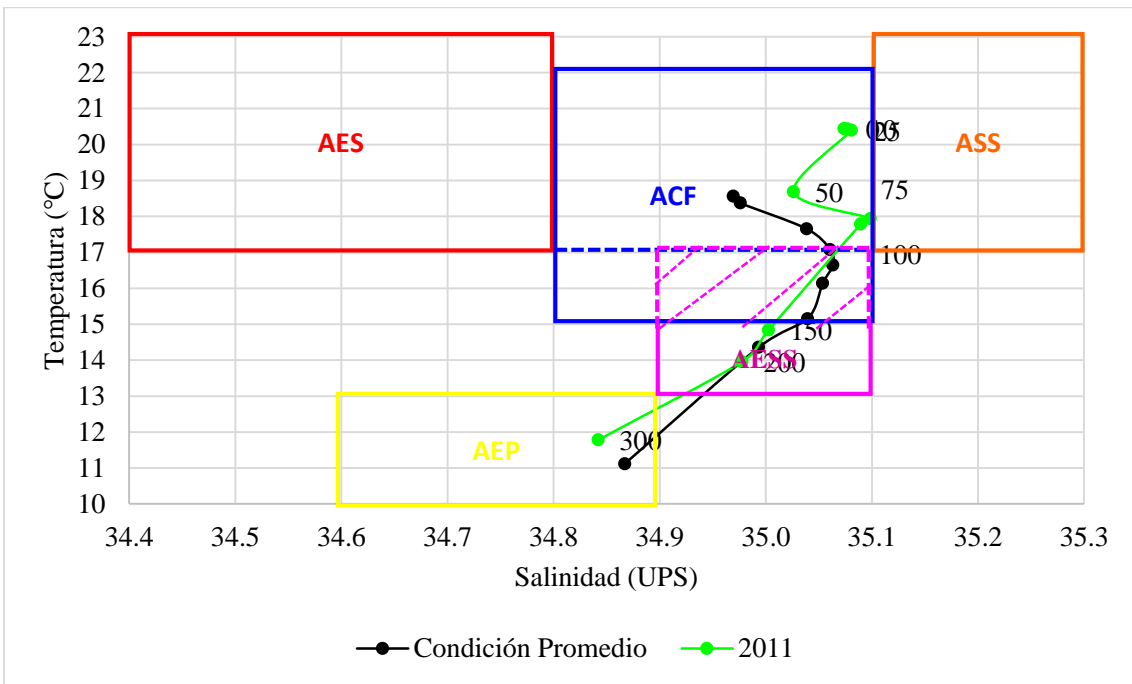


Figura 33. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2011 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

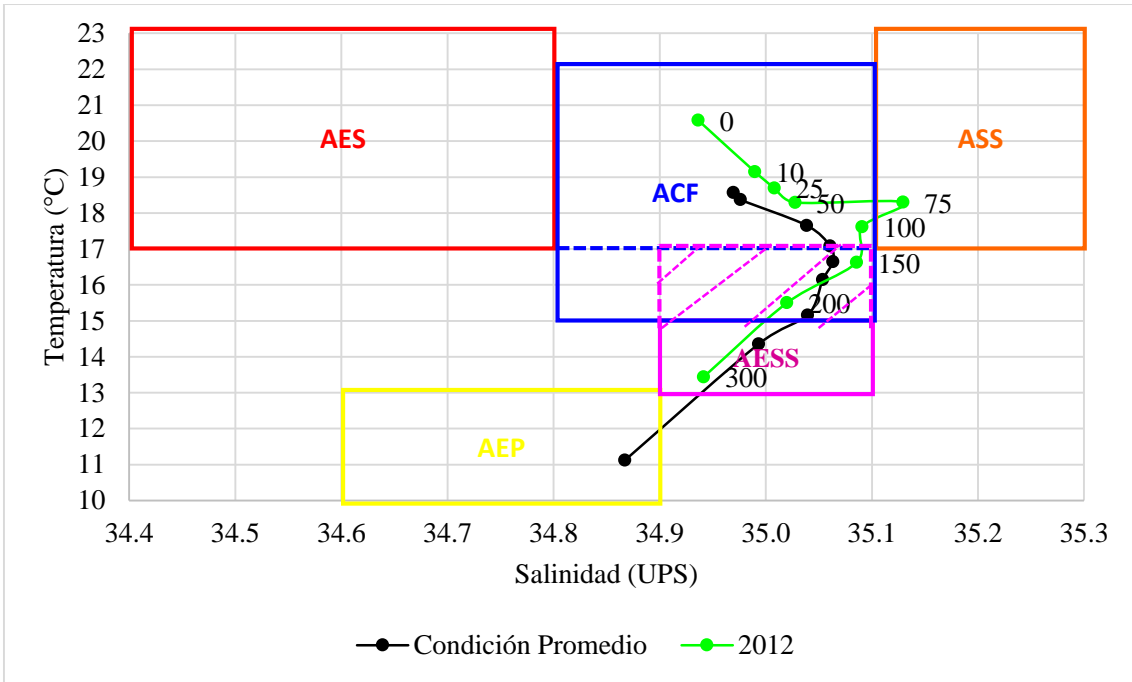


Figura 34. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2012 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

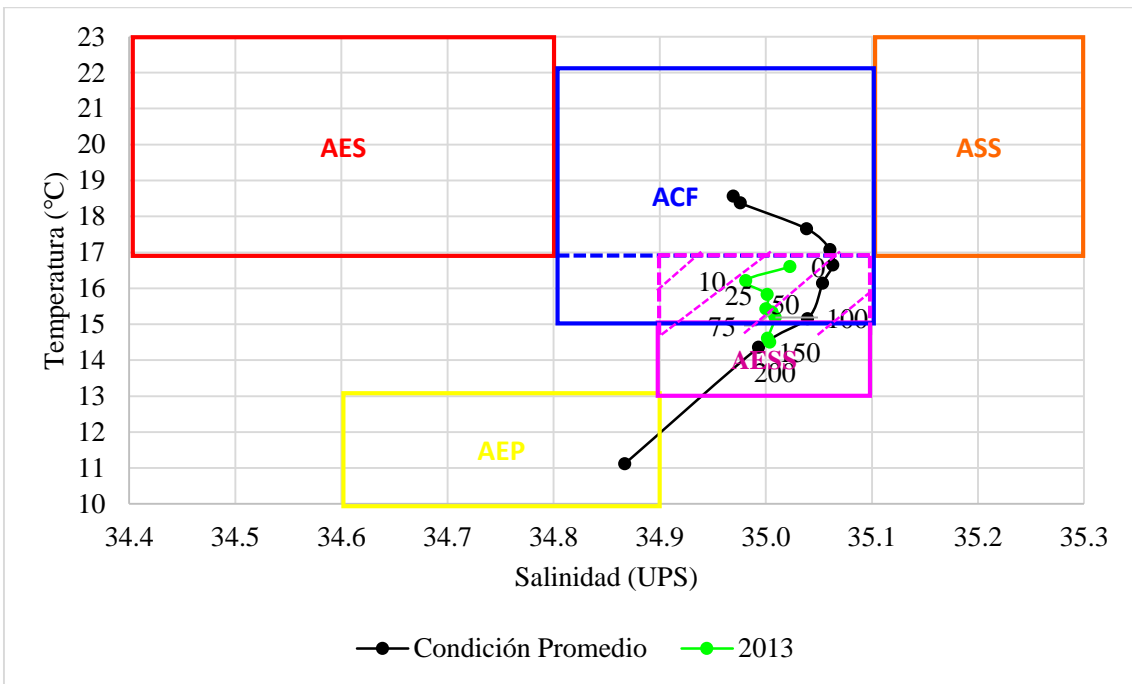


Figura 35. Distribución de masas de agua promedio y durante mayo-junio del 2013 frente a Paita ($5^{\circ}\text{S } 81^{\circ} 40'\text{W}$)

ANEXO 3: Salidas de Pruebas Estadísticas

Normalidad de datos de Velocidad de la Corriente Cromwell en 0°N 110°W y 0°N 170°W utilizando las pruebas de Shapiro-Test y Kolmogorov-Smirnov respectivamente.

- Para 0°N 110°W:

```
> shapiro.test(data_CCR$Vel110W80)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: data_CCR$Vel110W80
```

```
W = 0.99277, p-value = 1.596e-07
```

```
> lillie.test(data_CCR$Vel110W80) #Kolmogorov-Smirnov
```

```
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
```

```
data: data_CCR$Vel110W80
```

```
D = 0.042855, p-value = 7.316e-08
```

- Para 0°N 170°W:

```
> shapiro.test(data_CCR$Vel170W150)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: data_CCR$Vel170W150
```

```
W = 0.9582, p-value < 2.2e-16
```

```
> lillie.test(data_CCR$Vel170W150) #Kolmogorov-Smirnov
```

```
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
```

```
data: data_CCR$Vel170W150
```

```
D = 0.078097, p-value < 2.2e-16
```

Salidas de correlación de Spearman mensual entre Velocidad de Corriente Cromwell a 0°N 110°W e Isoterma de 15°C.

- Enero

```
Spearman's rank correlation rho
```

```
data: data_anual$Iso15C and data_anual$ene110
```

```
S = 163.18, p-value = 0.3415
```

```
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
```

```
sample estimates:
```

rho -0.3598358

- Febrero

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$feb110

S = 48, p-value = 0.0968

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.6

- Marzo

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$mar110

S = 92, p-value = 0.2042

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.4424242

- Abril

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$abr110

S = 30, p-value = 0.006811

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.8181818

Salidas de correlación de Spearman mensual entre Velocidad de Corriente Cromwell a 0°N 170°W e Isotherma de 15°C.

- Diciembre

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$dic170

S = 32, p-value = 0.008236

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.8060606

- Enero

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$ene170

S = 46, p-value = 0.02419

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.7212121

- Febrero

Spearman's rank correlation rho

data: data_anual\$Iso15C and data_anual\$feb170

S = 76, p-value = 0.1133

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho 0.5393939