



Máster Internacional en
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE
(4ª edición: 2011-2013)

TESIS

presentada y públicamente defendida
para la obtención del título de

MASTER OF SCIENCE

**Distribución espacio temporal de la captura
y esfuerzo en la pesquería de la merluza
peruana entre el 2004 – 2011**

NATHALY MARINA VARGAS LÓPEZ
Septiembre 2013

 <p>Universitat d'Alacant Universidad de Alicante</p>	 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>  <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE</p>	 <p>CIHEAM Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza</p>
<p>MASTER EN GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE (4ª edición: 2011-2013)</p>		

**DISTRIBUCION ESPACIO TEMPORAL DE LA CAPTURA Y
ESFUERZO EN LA PESQUERIA DE LA MERLUZA
PERUANA ENTRE EL 2004 – 2011.**

NATHALY MARINA VARGAS LÓPEZ

**TESIS PRESENTADA Y PUBLICAMENTE
DEFENDIDA PARA LA OBTENCION
DEL TITULO DE
MASTER OF SCIENCE EN
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE**

Alicante

20 de Septiembre de 2013

DISTRIBUCION ESPACIO TEMPORAL DE LA CAPTURA Y ESFUERZO EN LA PESQUERIA DE LA MERLUZA PERUANA ENTRE EL 2004 – 2011.

NATHALY MARINA VARGAS LÓPEZ

Trabajo realizado en el Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada de la Universidad de Alicante, España, bajo la dirección del Dr. José Luis Sánchez Lisazo y Dr. Aitor Forcada Almarcha.

Y presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera Sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

Esta Tesis fue defendida el día 30 de Septiembre de 2013 ante un Tribunal Formado por

- Dr. Carlos Valle, Universidad de Alicante.
- Dr. Bernardo Basurco, Administrador. Acuicultura y Pesca CIHEAM – IAMZ.
- D., Luis Ambrosio Consultor Probitec SL

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Dr. José Luis Sánchez Lisazo, gran maestro y amigo, no sólo por la orientación durante el desarrollo del presente trabajo, sino por depositar en mí su confianza desde el inicio del Máster. Asimismo, quiero agradecer al Dr. Aitor Forcada Almarcha por su valiosa guía y contagioso ímpetu con que contribuyó a la realización del presente trabajo. Muchas gracias a ambos por la paciencia, son unos “*capos*”, realmente los admiro!

Agradecer también al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, CIHEAM, en la persona del Dr. Bernardo Basurco, porque sin su apoyo no hubiera sido posible participar del Máster, decirles además que los conocimientos y experiencias adquiridas sirven de base fundamental para mi desarrollo profesional y personal que sin duda serán aplicados en cada función que desempeñe en el futuro, favoreciendo el desarrollo de mi país.

Además agradecer a los colegas con quienes compartimos aulas durante la primera etapa del máster, gracias por tal intercambio, no sólo de conocimientos sino también cultural, que sin duda contribuyó a mi enriquecimiento personal

De la misma forma, agradecer al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), organismo técnico especializado dedicado a la investigación científica del Mar Peruano y sus recursos, por permitirme utilizar la información que con mucho esfuerzo y dedicación colectan eficientemente.

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), por el apoyo constante que impulsa el desarrollo científico y tecnológico del Perú, y especialmente por el soporte para la realización de la pasantía en la Universidad de Alicante (España) para culminar el trabajo final del Máster.

Un agradecimiento especial a la Asociación de Peruanos Residentes en Alicante, gracias por tanta cordialidad y compañerismo, gracias por ese ejemplo de lucha diaria y ganas de salir adelante.

Finalmente, y no por ello menos importante, gracias al apoyo, incentivo y amor constante que me brinda mi mejor amigo, compañero y esposo Oscar. De igual forma, gracias a mis padres Luis y Celsa, porque textualmente les debo la vida, a mis hermanas y mejores amigas Kathy y Leslie y a la pequeña que alegra nuestras vidas, Rominita..... Gracias Dios por regalarme la familia que tengo, ellos son piezas claves para cumplir cada meta que me trazo.

RESUMEN

Desde los años 90, la población de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) pasó por uno de sus periodos más críticos, lo que conllevó al cierre de la pesquería entre septiembre del 2002 a mayo 2004. Bajo el establecimiento de un Régimen Provisional de extracción con la implementación del Sistema de Cuotas Individuales, se reinició la actividad pesquera en 2004, contando además con un sistema de monitoreo de la población entera de la flota arrastrera industrial operativa. El seguimiento de la variación espacial y temporal de la flota permitirá tener una mejor visión de cambios por parte del recurso. Los datos obtenidos a partir de la información comercial se caracterizan por un continuo abastecimiento de datos cuantitativos y en tiempo real. En este contexto, el objetivo general de la presente tesis es caracterizar los patrones anuales e interanuales del comportamiento espacial y temporal de la flota en relación a la dinámica de la merluza peruana. Para ello, se analizó 70922 registros, los cuales representan a cada lance de pesca realizado por las diferentes embarcaciones entre el 2004 y 2011. A diferencia de las Embarcaciones Arrastreras Costeras (EAC), las Embarcaciones Arrastreras de Mediana Escala (EAME) presentaron cambios en su operatividad. Se propone el uso de horas de arrastre por potencia de motor ($h*HP$) y kilogramos por $h*HP$ ($kg/h*HP$) como unidades del esfuerzo y Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) respectivamente, estas variables mostraron similares patrones para ambos tipos de embarcaciones. Si bien la CPUE mostró cierta estabilidad y posterior aumento, el número de individuos capturados de merluza incrementó notablemente; es decir, las merluzas capturadas fueron cada vez más pequeñas, estando la pesquería sustentada principalmente por individuos menores a 29 cm. Finalmente, se observó cualitativamente la existencia de una relación inversa entre el área de distribución de la merluza y su capturabilidad.

Palabras claves: merluza peruana, esfuerzo pesquero, captura por unidad de esfuerzo, dinámica espacial y temporal, flota arrastrera industrial.

ABSTRACT

Since the 90's, the peruvian hake's (*Merluccius gayi peruanus*) population was going through one of its critical periods, and this situation stopped the fishing industry between september 2002 and may2004. Under the establishment of a Provisional Regime extraction implementation Individual Fishing Quota system, the fishing industry re-started in 2004, having in addition a population monitoring system of the whole operative fleet of the trawler industry. The monitoring of the spatial and temporal variation of the fleet will allow having a better view of the resource changes. The data obtained from the commercial information has the characteristic of having a continuous supply of quantitative information and in real time. In that context, the general objective of this thesis is to characterize the annual and interannual spatial behaviors' pattern of the fleet, related to the dynamics of the peruvian hake. To reach that, 70922 registries were analyzed and they represent every fishing haul made by the different fishing boats, between 2004 and 2011. The trawlers coastal boats, unlike the medium scale trawlers boats, showed operational changes. I propose the use of trawlers hours by the engine power ($h*hp$) and kilograms by $h*hp$ ($kg/h*hp$) as effort units and catch per unit effort (CPUE) respectively; these variables showed similar patterns for both types of fishing boats. Although the CPUE showed some stability and then and increase, the number of captures individuals increase remarkably; it means, the captured hakes were smaller, so the fishing industry was supported by individuals of 29 cm. Finally, it was qualitative observed the existence of an inverse relation between the hake's distribution area and its catchability.

Palabras claves: Peruvian hake, fishing effort, catch per unit effort, spatial and temporal variation, trawler industrial fleet.

RESUME

Depuis les années 90, la population du merlu péruvien (*Merluccius gayi peruanus*) est passée par sa période la plus critique, ce qui a entraîné la fermeture de cette pêcherie depuis 2002 jusqu'à Mai 2004. C'est à travers la mise en place d'un régime provisoire d'exploitation en adoptant le système de quotas individuels que l'activité de pêche a été relancée en 2004 de plus d'un système de suivi de toute la flottille industrielle opérative. Le suivi de la variation spatiale et temporelle de la flotte permettra d'avoir une meilleure évaluation du changement des stocks de la ressource. Les données obtenues à partir des statistiques de commercialisation se caractérisent par la disposition continue et en temps réel de la production en quantité. Dans ce contexte, l'objectif général de la présente étude sera de caractériser le modèle annuelle et interannuelle du comportement spatiale et temporel de la flotte en relation avec la dynamique du stock du merlu péruvien.

Pour se faire, l'on a analysé 70922 registres qui correspondent à toutes les opérations de pêche des différentes embarcations entre 2004 et 2011. Au contraire des petits chalutiers côtiers (EAC), ceux de taille moyenne (EAME) ont présenté des changements dans leurs activités. Par ailleurs, il a été proposé l'utilisation des heures de chalutage par la puissance du moteur ($h \cdot HP$) et kilogramme pour $h \cdot HP$ ($kg/h \cdot HP$) respectivement pour l'unité d'effort et la Capture par unité d'effort (CUEP), ces indicateurs ont montré la similitude du modèle pour les deux types d'embarcations. Alors que le CUEP a montré une certaine stabilité et une post-augmentation, le nombre d'individus du merlu capturé n'a cessé d'augmenter, en particulier pour les espèces de petite taille, ce qui laisse croire que l'activité est principalement soutenue par des spécimens d'une taille inférieure à 29cm. Finalement, il a été constaté, qualitativement, une relation inverse entre l'aire de distribution du Merlu et sa capture.

Palabras claves: merlu péruvien, l'effort de pêche, Capture par unité d'effort, variation spatiale et temporelle, flottille industrielle opérative

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	vii
LISTA SIGLAS	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1. Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt, el más productivo del mundo.	1
2. La merluza peruana, distribución y su relación con la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell	1
3. <i>Breve historia de la pesquería de la merluza peruana</i>	2
4. Distribución espacial de la flota y su inclusión en la evaluación de stock, estudios previos.	4
5. Toma de información para el Seguimiento de la Pesquería de la merluza peruana.	7
6. Justificación y objetivos del trabajo	7
II. MATERIALES Y MÉTODOS	9
1. <i>Área de Estudio</i>	9
2. <i>Fuente de Información</i>	10
3. <i>Análisis de datos</i>	11
3.1 <i>Dinámica de la flota pesquera</i>	11
3.2 <i>Dinámica del Recurso</i>	12
3.2.1 <i>Variación temporal</i>	12
3.2.2 <i>Tamaños de merluza</i>	12
3.2.3 <i>Dinámica espacial del esfuerzo, captura y CPUE</i>	12
III. RESULTADOS	15
1. <i>Dinámica de la flota pesquera</i>	15
1.1 <i>Principales zonas de pesca</i>	15
1.2 <i>Número de Embarcaciones Pesqueras Operativas</i>	16
1.3 <i>Caracterización de los lances pesqueros</i>	16
1.3.1 <i>Distancia Media Arrastrada por lance</i>	16
1.3.2 <i>Hora media de arrastre efectiva</i>	20
1.3.3 <i>Correlación entre hora efectiva y distancia arrastrada</i>	23
1.3.4 <i>Velocidad promedio del arrastre</i>	23

1.4	<i>Esfuerzo pesquero</i> -----	24
1.4.1	<i>Distancia Total Arrastrada</i> -----	24
1.4.2	<i>Tiempo efectivo total Arrastrada * HP</i> -----	26
1.4.3	<i>Correlación entre hora efectiva por HP y distancia arrastrada</i> -----	28
1.4.4	<i>Distribución espacial del esfuerzo pesquero</i> -----	29
1.4.5	<i>Variación latitudinal de las operaciones de pesca</i> -----	32
2.	<i>Dinámica del Recurso</i> -----	35
2.1	<i>Captura industrial de la merluza peruana</i> -----	35
2.2	<i>Distribución espacial de la captura</i> -----	36
2.3	<i>Captura por Unidad de esfuerzo</i> -----	39
2.3.1	<i>Captura por Unidad de Esfuerzo (kg/mn)</i> -----	39
2.3.2	<i>Captura por Unidad de Esfuerzo (t/h)</i> -----	39
2.3.3	<i>Captura por Unidad de Esfuerzo (kg/h*HP)</i> -----	40
2.3.4	<i>Correlación entre distintas unidades de CPUE</i> -----	44
2.4	<i>Distribución Espacial de la Captura por Unidad de Esfuerzo (t/h)</i> -----	45
2.4.1	<i>Embarcaciones Arrastreras Costeras</i> -----	45
2.4.2	<i>Embarcaciones Arrastreras de Mediana Escala</i> -----	46
2.5	<i>Captura, cuota de captura anual y CPUE</i> -----	56
2.6	<i>Captura de Merluza por grupo de Tamaños</i> -----	56
2.6.1	<i>CPUE por tamaños de la merluza</i> -----	57
IV.	DISCUSION -----	61
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	70
VI.	BIBLIOGRAFÍA -----	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Desembarque histórico anual de merluza (t) en el mar peruano por tipo de flota. 1967 – 2012.</i>	4
Figura 2. <i>Localización del área de estudio general.</i>	9
Figura 3. <i>Representación esquemática de la asignación de los datos del arte de pesca a las celdas (Modificado de Forcada, 2007).</i>	14
Figura 4 <i>Distribución espacial de los lances de pesca realizados por (a) EAC y (b) EAME 2004 – 2011.</i>	15
Figura 5. <i>Número de Embarcaciones arrastreras por tipo de flota que operaron durante el 2004 – 2011.</i>	16
Figura 6. <i>Distancia media arrastrada por lance de pesca una escala anual, mensual, estacional, latitudinal, horaria y por profundidad. (a,b,c,d,e,f,g) EAC Y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. 2004 – 2011.</i>	19
Figura 7. <i>Hora efectiva media de arrastre por lance de pesca a una escala anual, mensual, estacional, latitudinal, horaria y por profundidad. (a,b,c,d,e,f,g) EAC Y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	22
Figura 8. <i>Relación entre el tiempo de arrastre efectivo y la distancia arrastrada por lance de pesca. 2004 – 2011.</i>	23
Figura 9. <i>Velocidad promedio de arrastre durante los lances de pesca de la (a) EAC Y (b) EAME. 2004 - 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	24
Figura 10. <i>Distancia total arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por año. 2004 – 2011.</i>	24
Figura 11. <i>Distancia total arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por mes. 2004 – 2011.</i>	25
Figura 12. <i>Porcentaje total de la distancia arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por (a) estación y (b) profundidad. 2004 – 2011.</i>	26

<i>Figura 13. Tiempo efectivo de arrastre por HP total de la flota arrastrera comercial de merluza por año. 2004 – 2011.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Tiempo efectivo de arrastre por HP de flota arrastrera comercial de merluza por mes. 2004 – 2011.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 15. Porcentaje total del tiempo efectivo de arrastre por HP de la flota arrastrera comercial de merluza por (a) estación y (b) profundidad. 2004 – 2011.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16. Relación entre la hora de arrastre efectivo por HP y la distancia arrastrada por lance de pesca. 2004 – 2011.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 17. Distribución espacial del esfuerzo pesquero de las EAC. 2004 – 2011.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18. Distribución del esfuerzo pesquero de las EAME. 2004 – 2011.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19. Variación anual de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la (a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 20. Patrón mensual de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la (a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 21. Patrón estacional de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 22. Patrón de la latitud en que se realizaron los lances de pesca por estrato de profundidad de la a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 23. Captura de merluza (miles de t) en el mar peruano por tipo de flota y el porcentaje del TAC capturado. 2004 – 2011.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 24. Distribución espacial de la captura de merluza por año. EAC. 2004 – 2011....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25. Distribución espacial de la captura de merluza por año. EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 26. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (kg/mn). (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 27. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (t/h) (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>40</i>

<i>Figura 28. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (kg/h*HP) a una escala anual, mensual estacional, latitudinal, horaria y por profundidad de las (a,b,c,d,e,f,g) EAC y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 29. Modelo Aditivo Generalizado (GAM) relacionando la respuesta de la CPUE (kg/h*HP) de merluza en función a latitud, hora, profundidad y mes.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 30. Relación entre la CPUE (kg/h*HP) y la CPUE (kg/mn) por tipo de flota (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 31. Distribución espacial de la CPUE de merluza a una escala estacional. EAC. 2004 – 2011.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 32. Distribución espacial de la CPUE de merluza a una escala estacional. EAME. 2004 – 2011.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 33. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza por tipo de flota comercial y porcentaje de captura en función al TAC. 2004 – 2011.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 34. Captura total en (a) número y (b) porcentaje de merluzas por grupo de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 35. Captura anual de merluza por grupo de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 36. Captura por Unidad de Esfuerzo anual de merluza por mes de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 37. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza por grupo de tamaños por grado de latitud por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 38. Zonas autorizadas de Pesca de merluza (verde) y zonas donde la actividad estuvo suspendida (rojo). 2004 – 2011.</i>	<i>67</i>

LISTA SIGLAS

AES	: Aguas Ecuatoriales Superficiales
CPUE	: Captura por Unidad de Esfuerzo
EAC	: Embarcaciones Arrastreras Costeras
EAF	: Flota Arratrera Factoría
EAME	: Embarcaciones De Mediana Escala
EME	: Embarcaciones Arrastreras de Menor Escala
ENSO	: El Niño-Southern Oscillation
ESCC	: Extensión Sur de la Corriente de Cromwell
FAO	: Food and Agriculture Organization of United Nations
FOB	: Free on Board
GECH	: Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
IMARPE	: Instituto del Mar del Perú
ITQ	: Individual Transferable Quota
SIG	: Sistemas de Información Geográfica
TAC	: Total allowable catches
TCI	: Técnicos Científicos de Investigación
UTM	: Universal Transversa de Mercator
VMS	: Vessel Monitoring System
VPA	: Virtual population analysis

I. INTRODUCCIÓN

1. *Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt, el más productivo del mundo.*

El Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt (GECH) (Wolff *et al.*, 2003) se extiende a lo largo de casi toda la costa oeste de Sudamérica, desde el norte del Perú (~04°-05° LS) hasta el centro de Chile (~40° LS) (Tarazona *et al.*, 2003). El GECH es considerado como el más productivo del mundo (Bakun, 1996; Cury *et al.*, 1998), ya que con una extensión que corresponde al 0.8% de todos los océanos, se obtiene el 15% de la captura global de peces (FAO, 2005), siendo la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*, Ginsburg 1954) la especie demersal más importante en términos de biomasa (288000 t promedio para los años 1995 – 2002), desembarque (62000 t promedio para los años 1997 - 2006), comercialización y aporte social (valor FOB de las exportaciones de recursos pesqueros 267 millones de dólares en el 2005) (Fernández *et al.*, 2001; Wosnitza-Mendo *et al.*, 2007, PRODUCE, 2005).

2. *La merluza peruana, distribución y su relación con la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell*

La merluza peruana es una especie demersal de vida larga ($k=0.135$, $L_{\infty}=93.2$ cm, edad máx.=14 años) (Fernández, 1987), cuyo hábitat está estrechamente relacionado con la intensidad con que la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) se manifiesta (Samamé *et al.*, 1985, Espino and Wosnitza - Mendo, 1988, Espino *et al.*, 1995, Wosnitza – Mendo *et al.*, 2004, Guevara-Carrasco, 2004). En el Perú esta especie generalmente se encuentra distribuida entre el extremo norte del dominio marítimo y los 10° LS, entre las 20 y 200 brazas de profundidad y asociada a aguas con un rango de temperatura entre 15 y 20 °C y de oxígeno entre 0.25 y 1.50 ml/l (Espino y Wosnitza - Mendo, 1988), mostrando una marcada segregación norte – sur de las tallas de merluza (e. g. con las más grandes en el norte del área de distribución y juveniles al sur de la misma (Del Solar, 1968).

Desde hace varios años el comportamiento migratorio de la merluza ha sido observado a través del seguimiento de su pesquería, con información captada directamente de la pesca comercial y complementada con datos de los cruceros anuales de evaluación. En este sentido Espino y Wosnitza – Mendo (1988) mencionaron que el tamaño del área de distribución de merluza varía en función de las condiciones del ambiente, incrementándose en verano y otoño para reducirse en invierno y primavera. Durante El Niño el área se incrementa inusualmente dependiendo de la intensidad y prolongación del fenómeno. En un sentido más amplio Espino y Yamashiro (1996) analizaron las variaciones en los tamaños de las áreas de distribución de los subsistemas demersal y pelágico, en relación al comportamiento de los cambios de la temperatura superficial del mar para lo cual promediaron los diferentes tamaños de área correspondientes a cada valor de temperatura y

los relacionaron de acuerdo a una función logística [$\text{Área} = f(T^\circ)$]. A partir de este trabajo sugirieron la hipótesis de que siendo El Niño un elemento que altera los patrones de variabilidad del ecosistema de afloramiento peruano, afectando el sistema de circulación que contiene a los recursos, estaría cambiando la capacidad de carga del ecosistema en su totalidad a partir de una afectación en las diferentes partes del pelágico, demersal y litoral. Finalmente Espino *et al.*, 1995 mencionaron que el área de más altas densidades de merluza se encuentra entre los 05° y 08° LS, las medias entre los 03° y 05° LS y las bajas entre los 08° y 10° LS. Sin embargo esta situación cambia durante los años ENSO donde las altas densidades ocurren entre el 06° y 08° LS aunque con picos no tan pronunciados debido a la alta dispersión.

En el mismo sentido, Icochea *et al.*, 1989 relacionaron las variaciones de la intensidad de la ESCC y distribución de las zonas de pesca de arrastre pelágico (específicamente jurel y caballa), identificando 03 escenarios diferenciados. El primero se observa durante años El Niño, la pesca se extrae generalmente a profundidades mayores a 100 metros y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es alta; el segundo se observa en ausencia de una marcada corriente costera sub - superficial sur y en donde la pesca es más oceánica y superficial; y el tercero se observa cuando se presenta la corriente costera sub - superficial sur, la pesca es más costera y se extrae a mayores profundidades de día y cerca de la superficie durante la noche mientras que la CPUE es alta durante el día. Por su parte Reyes, 1992; analizando los “partes de pesca” de una embarcación pesquera de arrastre de fondo (La Puntilla I) e identificó dos aparentes “patrones de pesca”. El primero asociado a la presencia sub - superficial de aguas de la ESCC las mismas que se dirigen en sentido norte - sur, y en donde se observaron las mayores concentraciones de merluza. El segundo, asociado al desarrollo de años El Niño, registrándose a nivel superficial el ingreso por el norte de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) hacia la costa mientras que a nivel sub - superficial se observó la profundización del Ramal Costero de la ESCC y en donde se observó un incremento de especies pelágicas como el jurel y la caballa. Guevara – Carrasco y Wosnitza – Mendo, 1997; señalaron que la ocupación de una mayor área por parte de la merluza se explica por la presencia de condiciones oceanográficas que denotaban un evento El Niño en pleno desarrollo, observándose por su parte una alta intensidad de la ESCC. Finalmente, Mc Callock, 2007; analizó la distribución espacial de la merluza en relación a las variaciones diarias de la velocidad y la temperatura propias de la ESCC en la boya 0° - 110° W durante el periodo 1991 – 1992. Concluyó que el cambio brusco en la talla de merluza en el 1992, coincidió con marcados cambios oceanográficos a nivel sub - superficial debido a la ocurrencia del El Niño y de manera cronológica con la caída de la velocidad promedio de la ESCC.

3. Breve historia de la pesquería de la merluza peruana

La extracción de la merluza peruana se inicia en los años 60s, siendo una pesquería de libre acceso con desembarques que no excedieron las 20000 toneladas. A partir de 1973, con el inicio de la etapa de plena explotación del recurso merluza, los desembarques aumentan notablemente. Durante el año 1978 se registró más de 300000 toneladas de merluza de las cuales 178000 fueron extraídas por la flota bolichera dedicada a la extracción de anchoveta,

ya que cambios en los patrones espaciales de distribución del recurso incrementaron su disponibilidad en la zona pelágica a profundidades tales que aumentaron la accesibilidad a las redes de cerco. En 1980, la pesquería pasa por un periodo de sobreexplotación alcanzando valores de 160000 toneladas, siendo el 95% capturado por la Flota Arratrera Factoría (EAF) (Espino, 1995). A partir de entonces y hasta 1984, debido a la gran presión pesquera y a la ocurrencia del evento El Niño, la pesquería paso por un periodo de colapso y los desembarques fueron sostenidos principalmente por las EAF con desembarques que fluctuaron entre 5800 toneladas y 69300 t en los años 1983 y 1981 respectivamente. De 1985 a 1990 la pesquería de la merluza peruana pasa por una fase de recuperación, presentándose un aumento paulatino de los desembarques anuales. Sin embargo, a partir del año 1991, cambios en el patrón de distribución espacial y poblacional de la merluza originado por eventos oceanográficos incrementaron nuevamente su disponibilidad, lo cual fue aprovechado por las Embarcaciones Arrastreras Costeras (EAC), incrementando notablemente su participación en los desembarques. A partir de 1993, los desembarques mostraron un aumento sostenido registrando en 1996 poco más de 230000 toneladas, siendo la máxima captura por parte de la flota arrastrera compuesta por las Embarcaciones Arrastrera de Mediana Escala (EAME) y las Embarcaciones Arrastreras Costeras (EAC). En 1997 y 1998, la costa peruana experimentó el desarrollo del evento El Niño de magnitud comparable al de 1982 y 1983, lo que generó el descenso notable de los desembarques registrando durante el año 1999 apenas 31000 toneladas, las cuales incrementaron durante el año 2001 registrando 131000 toneladas de merluza (Espino *et al.*, 2001).

Durante las últimas décadas, la población de merluza ha pasado por diferentes escenarios, siendo uno de los más críticos el que se presentó en 2001 y 2002. En esos años en los cruceros de investigación, se observó que la población de merluza era básicamente juvenil, lo cual se confirmó con los muestreos de las capturas, ya que eran sostenidas mayoritariamente por ejemplares de 2 años de edad (24 – 25 cm), con la creciente presencia de individuos de 1 año de edad (19 – 20 cm). Al mismo tiempo el stock desovante adulto estaba disminuido y el grueso del desove era sostenido por ejemplares de 2 o incluso 1 año de edad con maduración temprana (Guevara – Carrasco, 2004). Este cambio, acompañado de una importante disminución en la biomasa (Wosnitza - Mendo *et al.*, 2004; Guevara – Carrasco, 2004) y área de distribución (Wosnitza – Mendo *in prep*) motivó la aplicación de drásticas medidas de manejo de su pesquería. De este modo, la pesquería de la merluza peruana se mantuvo cerrada por un periodo largo de aproximadamente 20 meses (Setiembre 2002 a Mayo 2004), permitiéndose la extracción de una pequeña cuota de “carácter social” registrándose en el 2003 apenas 6000 toneladas. A partir del año 2004, basado en el Reglamento de Ordenamiento Pesquero de la merluza peruana, se estableció el Régimen Provisional de Pesca de la merluza, interponiendo la administración pesquera una serie de regulaciones y medidas. Es sólo entonces que el Vice-Ministerio de Pesquería comienza a abordar el problema de las flotas sobre-dimensionados (capacidad de pesca excesiva) y después de las conversaciones con los armadores, en 2004 introdujo para la extracción de merluza las cuotas individuales no transferibles inicialmente, las cuales luego pasaron a ser transferibles, lo cual origina el descenso y estabilización de las capturas; asimismo existen medidas de ordenamiento tales como vedas por reproducción, vedas por juveniles, etc. Por ser la merluza un recurso «plenamente explotado», el Ministerio de Pesquería no autoriza incrementos de flota ni otorga permisos de pesca que conceden acceso a su pesquería, salvo que se substituya por igual capacidad de bodega de la flota existente en la misma pesquería

(Wosnitza, *et al.*, 2007). Es así que, entre el 2005 y el 2012, lo desembarques fluctuaron entre las 22000 y 35000 toneladas, operando alrededor de 65 embarcaciones arrastreras, las cuales estuvieron clasificadas para los estudios de seguimiento de capturas y desembarques, en tres categorías: Embarcaciones Arrastreras de Menor Escala (EME), Embarcaciones Arrastreras Costeras (EAC) y Embarcaciones Arrastreras de Mediana Escala (EAME) (Chacón, 2003). Actualmente el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) utiliza la información del Sistema de Monitoreo de Embarcaciones “ARGOS” y del Programa de Observadores a Bordo de la flota arrastrera industrial de merluza para fines de monitoreo y evaluación (Figura 1).

En general la pesquería de la merluza, a diferencia de la pesquería de anchoveta, es mayormente dirigida al consumo humano directo, principalmente bajo la forma de congelado, siendo Paita (Figura 2) el puerto más importante de desembarque en la historia de la pesquería de la merluza.

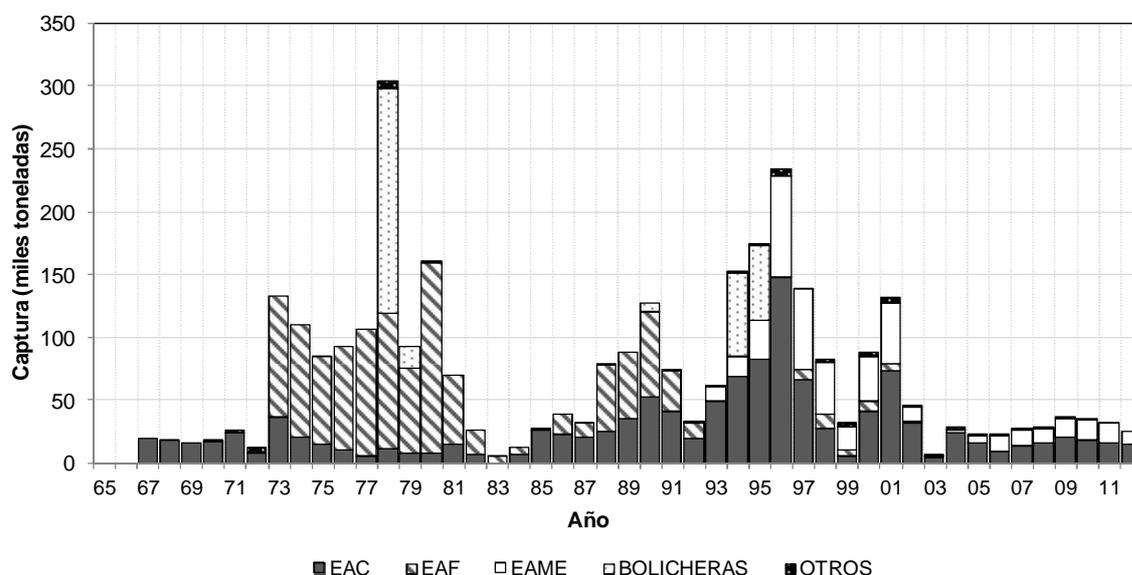


Figura 1. *Desembarque histórico anual de merluza (t) en el mar peruano por tipo de flota. 1967 – 2012.*

4. *Distribución espacial de la flota y su inclusión en la evaluación de stock, estudios previos.*

Si tenemos en cuenta que el pescador reacciona tal como lo haría un depredador ante algún cambio en el estado de su presa, por ejemplo al redistribuir espacialmente el esfuerzo pesquero con el propósito de seguir logrando el máximo beneficio posible, monitorear la distribución espacial de las embarcaciones pesqueras en un momento dado, será capaz de

reflejar, la distribución espacial de la especie objetivo (Hilborn y Walters, 1992; Pelletier y Magal, 1996; Rose y Kulka, 1999; Salthaug y Aanes, 2003). Esto se cumple a pesar de que el recurso no ocupa el espacio de manera homogénea (Freon y Misund, 1999), las embarcaciones pesqueras buscan preferentemente las áreas con las más altas densidades con el fin de obtener las mayores tasas de captura (Paloheimo y Dickie 1964, Salthaug y Aanes, 2003), o no toda el área de distribución es accesible a todas las embarcaciones pesqueras por ejemplo zonas muy costeras, de relieve poco arrastrable o simplemente restringida por alguna medida de manejo. Hilborn y Walters (1992) consideran como un hecho que las concentraciones de esfuerzo pesquero más altas coinciden con las zonas donde el recurso objetivo suele ser más abundante.

Sin embargo en la actualidad no sólo basta con relacionar la presencia de la flota en algún lugar en particular con la presencia del recurso objetivo en la misma zona, sino también en tratar de, a partir de esta información pesquera, sugerir de manera cualitativa y/o cuantitativa algún aspecto adicional sobre el estado del recurso, para lo cual es prioritario encontrar las medidas y/o indicadores que nos muestren realmente que está sucediendo con el recurso objetivo.

Por su parte, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota de la pesquería comercial es frecuentemente usada como un índice de la abundancia del stock. La tradicional asunción es la captura total (C) dividida entre el esfuerzo total (f) durante un periodo de tiempo es proporcional al promedio de la abundancia de la población (N) en el mismo periodo: $C/f = q N$, donde q es el coeficiente de capturabilidad (Ricker, 1975). La capturabilidad es en práctica no constante entre periodos de tiempo y la relación entre CPUE y abundancia de stock frecuentemente parece ser no lineal (Arreguín-Sánchez, 1996; Harley *et al.*, 2001). La interacción entre las distribuciones del pez y la flota es uno de los factores que afectan tal relación. El coeficiente de capturabilidad, entonces, llega a ser una función del éxito en encontrar las concentraciones de peces y varía de acuerdo al tipo de arte o aparejo utilizado, a los movimientos circadianos del comportamiento de los recursos objetivo relacionada a la selección del hábitat, a los efectos de selectividad y desarrollo tecnológico e incluso a la habilidad del pescador durante la faena de pesca.

Si las embarcaciones pesqueras en una flota tienen una distribución espacial concentrada, es probable el éxito de estas embarcaciones en localizar áreas con altas densidades de peces. El grado de éxito de la flota en localizar concentraciones de peces durante un periodo de tiempo afecta la proporción de captura de un stock objetivo. Entonces, si existe suficiente información acerca de la distribución de las embarcaciones, podría usarse esta información para explicar algunas de las variaciones de la capturabilidad.

No es desde hace mucho tiempo en que los investigadores han comenzado a considerar el comportamiento espacial del pescador como un legítimo e independiente objetivo de investigación (Dorn, 1998). Los propósitos van desde la implementación de modelos económicos sobre el funcionamiento de una pesquería (Hilborn, 1985), su inclusión en modelos ecológicos de interacción predador-presa ya sea reales (Hancock *et al.*, 1995; Bertrand *et al.*, 2004) o virtuales (Pelletier y Magal, 1996; Holland y Sutinen, 1999), hasta la explicación misma de la bastante documentada no proporcionalidad entre la CPUE y abundancia (Petitgas *et al.*, 2003).

Es muy probable que esto sea consecuencia del desarrollo tecnológico. Así tenemos que sistemas muy sofisticados, como los VMS (sistemas de monitoreo de embarcaciones por sus siglas en inglés) y otros un poco más tradicionales, como los programas de observadores a bordo, permiten hoy en día cartografiar de manera muy precisa (con ayuda del sistema de posicionamiento global – GPS y de los sistemas de información geográfica - SIG), y en tiempo real la distribución espacial del esfuerzo pesquero contribuyendo además a entender sus estrategias de trabajo. Es así que por ejemplo, el uso de los SIG para el monitoreo y el manejo de poblaciones de peces marinos explotados, se ha incrementado en las últimas dos décadas (Caddy y Carocci, 1999; Babcock *et al.*, 1999).

Estos y otros tipos de interferencias entre la distribución espacial del recurso y la flota que lo captura han sido reportados como sesgos que influyen en los procesos de evaluación indirecta, la cual utiliza la información pesquera como referente (Vignaux, 1996). Sin embargo también es conocido que la construcción de la modelación espacial de las poblaciones de peces requerirá en el futuro el uso simultáneo de información georeferenciada proveniente de cruceros de evaluación y de la pesquería (Petitgas *et al.*, 2003).

En el contexto global, uno de los ejemplos más destacados del uso de la información pesquera para determinar la estructura espacial de un stock fue propuesto por Vignaux, 1996. La autora demostró que la información espacializada de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota arrastrera del hoki (*Macruronus novaezelandiae*) de Nueva Zelanda fue útil para sugerir la extensión, densidad e incluso duración de las agregaciones, independientemente de las condiciones ambientales o batimetría.

Por su parte, Salthaug y Aanes, 2003; evidenciaron que índices de agregación y extensión espacial de la flota de arrastre de fondo de Noruega estuvieron significativamente correlacionados con la capturabilidad del Bacalao del Norte (*Gadus morhua*). A partir de estos resultados sugirieron que al ajustar la CPUE con un índice de concentración espacial de la flota se mejoró la relación entre este y la abundancia de stocks de peces migratorios. Mientras que Rose y Kulka, 1999; al monitorear el desplazamiento de la flota arrastrera del Bacalao del Norte (*Gadus morhua*), que operó en aguas de Newfoundland – Canadá, evidenciaron que a pesar del incremento en la CPUE lo poco que quedaba de este recurso antes de su colapso se concentró en el extremo sur de su área de distribución habitual.

En el contexto sudamericano Hancock *et al.*, 1995, en su intento de describir el comportamiento de la flota de jurel (*Trachurus murphyi*), utilizó las ecosondas comerciales de las embarcaciones de cerco de la zona centro-sur de Chile para caracterizar los cardúmenes capturados o no por un agrupamiento de embarcaciones. Profundidad, tamaño (superficie en metros cuadrados), tipo (en función al tamaño) y presencia (número de cardúmenes) por unidad de observación fueron utilizados como indicadores de disponibilidad y abundancia.

En Perú, Espino *et al.*, 1984, mencionaron que durante la década de 1970 existió una flota de arrastre costera con sede en el puerto de Salaverry, de menor dimensión que la flota tradicional del puerto de Paita pero con un radio espacial de acción similar aunque dirigida fundamentalmente a cubrir el área sur de la distribución de merluza. En este mismo trabajo se menciona que para el mismo periodo de tiempo la flota de Paita solía cubrir las zonas comprendidas entre Tumbes y el límite Sur del departamento de Piura. García, 1998,

analizó la información de la flota de arrastre soviética obtenida entre abril de 1989 y marzo 1991, desde los 06° LS (Punta Falsa) hasta los 12°04' LS (Lima), estableciendo un esquema migratorio de la merluza en el cual desde verano hasta invierno se observa un desplazamiento hacia el sur de la latitud 06° LS a través de la plataforma, saliendo temporalmente durante el otoño hacia el borde y talud para luego retornar al norte a través de estos estratos e inclusive mediante la plataforma hasta la llegada de la primavera.

5. Toma de información para el Seguimiento de la Pesquería de la merluza peruana.

Como parte del proceso de evaluación de la merluza, el IMARPE ejecuta de manera sistemática, generalmente en las estaciones de verano y otoño, cruceros de estimación de la biomasa, abundancia y estructura poblacional mediante la aplicación del método de Área Barrida. De manera complementaria un intensivo programa de monitoreo permite la obtención de indicadores de su pesquería como las capturas a bordo, desembarques, esfuerzo de pesca, estructura por tamaños de las capturas, Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE en t/h), etc. A partir del año 2004, con el establecimiento del Régimen Provisional, este sistema de monitoreo incluye a la población entera de la flota arrastrera industrial de merluza. En términos generales la información pesquera tiene la ventaja sobre los cruceros de área barrida o acústicos de generar una mayor información, con muchas embarcaciones proveyendo datos de manera continua y por un periodo mucho más largo de tiempo (Vignaux, 1996).

6. Justificación y objetivos del trabajo

Este trabajo se ve facilitado por la existencia, como se explicó líneas arriba, del sistema de monitoreo de la intensa actividad pesquera, permitiendo que las variables biológicas y poblacionales tomadas a partir de sus capturas puedan ser consideradas como representativas del stock. Así, su importante aporte a los procesos propios de la evaluación y manejo se daría por descontado.

Esto cobra mayor importancia si tenemos en cuenta que este marco puede ser fácilmente aplicable a una pesquería como la de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*), que por los niveles de captura e importancia económica y social (Fernández *et al.*, 2001) requiere de índices de fácil estimación, que para fines de manejo nos permitan generar en tiempo real sugerencias coherentes sobre el comportamiento espacio – temporal del recurso.

En este contexto el objetivo general de la presente tesis es caracterizar los patrones anuales e interanuales del comportamiento espacial y temporal de la flota en relación a la dinámica de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*), estableciendo los patrones mensuales, estacionales, anuales e interanuales de los diferentes indicadores que se pueden obtener a

partir de la información pesquera como posible referente del desplazamiento y estado del recurso. Para ello, este estudio tiene como objetivos específicos:

- Comparar la operatividad de las embarcaciones que componen la flota arrastrera comercial de merluza.
- Comparar diferentes unidades de la Captura por Unidad de Esfuerzo de la flota arrastrera comercial de merluza.
- Evaluar la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero, captura y CPUE.
- Evaluar la composición por tamaños de la merluza capturada por la flota arrastrera comercial.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de Estudio

El área de estudio correspondió al de la distribución de la merluza peruana y a la zona en la que tradicionalmente opera la flota arrastrera industrial, entre el extremo norte del dominio marítimo peruano y 07°00' LS y entre las 20 y 210 brazas de profundidad. Esta zona corresponde además a la principal área de pesca y al puerto de Paita, el cual es el más importante puerto de desembarque de merluza en la historia de la pesquería (Fig. 02).

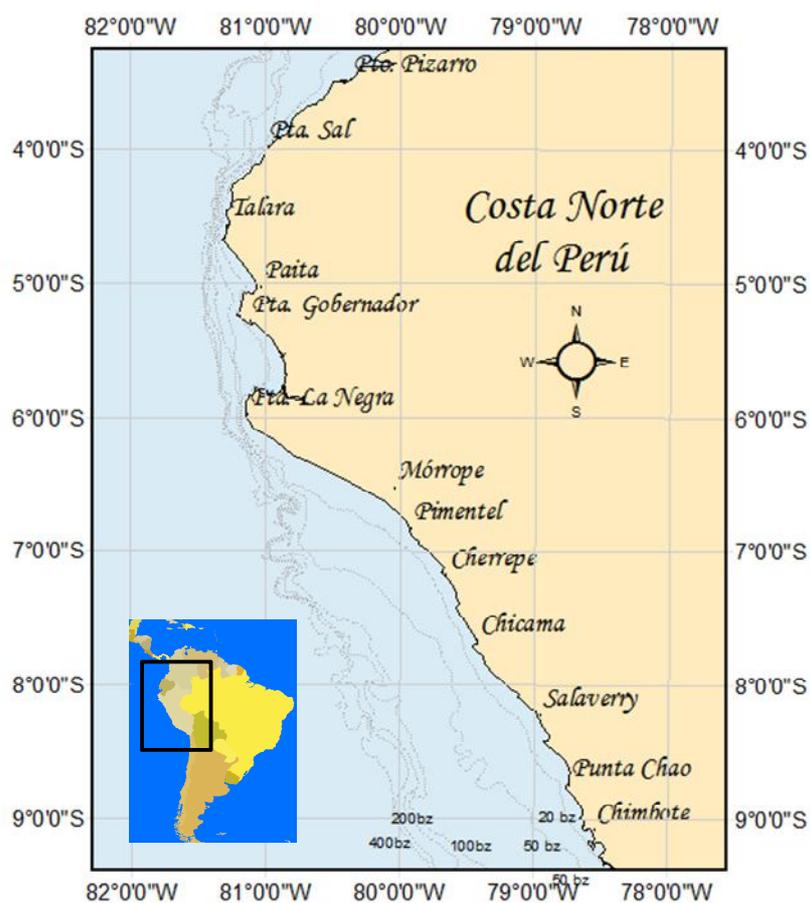


Figura 2. Localización del área de estudio general.

2. Fuente de Información

La información básica proviene de bitácoras biológico – pesqueras del Sistema de Seguimiento del Régimen Provisional de la merluza. Estos registros individuales son tomados por los Técnicos Científicos de Investigación (TCI) del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), quienes son previamente capacitados para registrar la información a bordo de todas las embarcaciones pesqueras arrastreras que orientan su esfuerzo a la captura de la merluza peruana. Entre los datos registrados incluyen el nombre y tipo de la embarcación, día, hora, posición inicial y final exacta de las operaciones de pesca, profundidad, tiempo efectivo y velocidad de arrastre, captura, composición por especies y tallas de merluza, además de algunos otros datos técnicos. Cabe mencionar que a partir del año 2004, con la reapertura de la actividad pesquera mediante el Régimen Provisional y por exigencia de la normatividad vigente, se muestreó cada operación de pesca de la totalidad de los viajes realizados, es decir se contó con el 100% de información de los lances realizados.

La serie analizada corresponde a todos los meses con actividad pesquera entre los años 2004 y 2011, incluyendo los datos obtenidos durante las actividades de investigación realizadas por el IMARPE con la participación de la flota arrastrera comercial denominadas “Operación merluza” o “Pesca Exploratoria”. Es importante mencionar que esta información ha sido interrumpida por periodos regulares de vedas reproductivas y/o por alta presencia de juveniles. Como la merluza peruana es un recurso objetivo, en las estimaciones se utilizaron todas las posiciones de pesca efectuadas por la flota de arrastre para cada mes y para cada año, eliminando de la serie aquellos lances en los que las posiciones de pesca no hayan sido registradas adecuadamente o por problemas técnicos propios del lance (trabas, rotura de red, etc.). La serie total utilizada constó de 70922 registros, los cuales representan a cada lance de pesca realizado por las diferentes embarcaciones.

Para la pesquería de la merluza peruana, entre el 2004 y el 2011, existen tres tipos de embarcaciones arrastreras operativas, en el presente trabajo se decidió analizar por separado dos de ellas, las Embarcaciones Arrastreras Costeras (EAC) y las Embarcaciones Arrastreras de Mediana Escala (EAME), ya que el tercer tipo Embarcaciones de Menor Escala (EME) sólo contó con una embarcación operativa. Las EAC, son embarcaciones pequeñas de autonomía limitada (1 a 2 días) que datan desde los años 50. Estas embarcaciones conforman la flota tradicional y cuentan con eslora inferior a 25.5 m, tonelaje de registro bruto de hasta 140 t y capacidad de bodega entre 41.5 y 141.7 m³. Utilizan por lo general redes de 4 tapas, con aberturas de boca entre 24.2 y 58.5 m y largo de la red entre 34.9 y 91.8 m. Por otro lado, las EAME tienen una autonomía de 3 a 5 días; fueron construidas desde el año 1983 hasta 1995. Las dimensiones de eslora de este tipo de embarcaciones, varían de 28.1 a 38.7 m; con tonelaje de registro bruto de hasta 357.3 t y capacidad de bodega entre 125.8 y 317 m³. Cuentan con un sistema de hélice de paso variable y potencia nominal del motor entre 434.9 y 877 HP y utilizan por lo general redes de 2 tapas, con aberturas de boca entre 40 a 98 m; largo de la red entre 65.7 a 129 m (Chacón, 2003).

Para efectos prácticos y debido a la diferencia entre distintos tipos de flota, las variables biológicas-pesqueras obtenidas a partir de la información proveniente de los Regímenes

Provisionales fueron analizadas considerando los dos diferentes tipos de embarcaciones (EAC y EAME), considerando como variables la latitud, la hora, el mes, estación y año. La base de datos utilizada fue previamente tratada y sistematizada.

3. *Análisis de datos*

En general, para los análisis estadísticos y temporales se utilizó el software R (R Development Core Team 2011).

3.1 *Dinámica de la flota pesquera*

Antes de analizar la forma en que operan las EAC y EAME, se estimó la variación del número de embarcaciones por tipo de flota que participaron anualmente en la extracción de la merluza peruana.

Para caracterizar los lances de pesca realizados por la flota arrastrera comercial dedicada a la explotación de merluza, se consideraron: distancia media arrastrada por lance, hora media de arrastre efectiva, y velocidad promedio del arrastre. La distancia media y hora efectiva media de arrastre por parte de la flota arrastrera comercial, fue analizada considerando las posibles variaciones temporales y espaciales entre el 2004 y el 2011. Para ello se estimó dichas variables, incluyendo en estos cálculos la estimación del error estándar, a fin de observar como la distancia y hora efectiva media de arrastre de los diferentes lances varían en función a la media. Estas estimaciones se hicieron a una escala interanual, estacional, mensual, circadiana, por profundidad y grado de latitud sur. Para la variación estacional se consideraron arbitrariamente los meses enero, febrero y marzo como verano; abril, mayo y junio como otoño; julio, agosto y septiembre como invierno y octubre, noviembre y diciembre como primavera. Asimismo la profundidad se categorizó con un intervalo de 20 bz iniciando en las 20 bz y terminando en las 210 bz, siendo el último eslabón desde las 160 a las 210 bz; mientras que el grado de latitud comprendió a cada grado de latitud donde se realizaron los lances de pesca (extremo norte – 03°59' LS; 04°00' - 04°59' LS, 05°00'-05°59' LS y 06°00'-06°59' LS). A fin de comprobar si existe alguna relación entre la distancia media arrastrada y el tiempo de arrastre efectivo, se correlacionó estadísticamente (Correlación de Pearson). Finalmente, se analizó la variación media anual de la velocidad de arrastre para ambos tipos de embarcaciones.

Por otro lado, para la serie de tiempo establecida se cuantificó el esfuerzo pesquero acumulado de toda la flota industrial de arrastre. El esfuerzo fue medido como: 1) distancia recorrida en cada lance entendida como la diferencia en millas náuticas (mn) entre la posición inicial y final de la operación de arrastre; 2) tiempo efectivo de arrastre, estimada desde que la red se posa en el fondo e inicia el arrastre hasta el término del mismo e inicio de la virada (h); 3) tiempo de arrastre por potencia de motor, el cual se estima multiplicando la hora efectiva de arrastre por la potencia de motor en caballos de fuerza (h*HP). Estas variables fueron analizadas a una escala anual, estacional, mensual, por hora del día, por profundidad y por grado de latitud sur, siguiendo la misma categorización explicada en el párrafo anterior. Se utilizó el índice de correlación de Pearson para estudiar la relación entre las dos unidades de esfuerzo pesquero, h*HP y la distancia arrastrada.

3.2 Dinámica del Recurso

3.2.1 Variación temporal

La información obtenida de los procesos y análisis espaciales, sirvieron de base para los análisis temporales. La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) fue expresada bajo tres distintas unidades (Ecuación 01)

$$CPUE = \frac{\sum C}{\sum f} \dots(01)$$

Donde:

CPUE = Captura por Unidad de Esfuerzo,

C = Captura (kg ó t),

f = Esfuerzo pesquero (medido como mn, h y h*HP),

Se utilizó el índice de correlación de Pearson para estudiar la relación entre las CPUE calculadas bajo diferentes unidades de esfuerzo. Consecuentemente se eligió la CPUE a usar en los análisis. Es así que se calculó y analizó la CPUE (t/h*HP) a una escala anual, estacional, mensual, circadiana, por profundidad y por grado de latitud según sea requerido para el análisis, considerando siempre los dos diferentes tipos de embarcaciones y categorizando las variables como se explicó líneas arriba.

Asimismo, se postula que la merluza varía de acuerdo a la hora, el tiempo y la distribución espacial. Para comprobar dicha hipótesis, se planteó aplicar un Modelo Aditivo Generalizado (GAM) en datos pesqueros de la merluza peruana basado en el análisis de la CPUE /kg/h*HP obtenida por la flota industrial pesquera en la zona norte del Perú (extremo norte a 07° LS) desde 20 a 210 brazas de profundidad desde el año 2004 a 2011.

3.2.2 Tamaños de merluza

Con el fin de analizar la variación de los tamaños de merluza presentes en la captura de la flota industrial arrastrera, se seleccionaron las capturas por grupos de tallas, los cuales fueron: <19 cm, 20 - 24 cm, 25 - 29 cm, 30 - 34 cm y >35 cm. Posteriormente se calculó la CPUE expresada en número de individuos por hora de arrastre por potencia de motor (ind./h*HP), para cada uno de los grupos mencionados.

3.2.3 Dinámica espacial del esfuerzo, captura y CPUE

Los datos espaciales se analizaron mediante un sistema de información geográfica (GIS) empleando el software ArcGIS 9, usando la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) con el datum World Geodetic System 1984 (WGS84).

Para observar la variación espacial, los datos obtenidos se trasladaron a un sistema de información geográfica (GIS) para crear mapas de la distribución espacial del esfuerzo, captura, y CPUE (t/h). Para esto, considerando la gran cantidad de lances realizados en por ambos tipos de embarcaciones pesqueras en posiciones muy cercanas o en caladeros específicos, ha sido necesario generar una gradilla para dividir el área de estudio en celdas. El tamaño de la celda elegido tiene importantes implicaciones en los resultados obtenidos en los análisis, ya que determina en el modo en el que la información de los lances es asignada a un área dada. Un tamaño de celda grande resultará en que muchos lances de pesca estén completamente situados dentro de una celda, mientras que un tamaño pequeño hará que los lances de pesca crucen varias celdas. Además, por una celda de tamaño grande cruzarán más lances que por una celda de menor tamaño, teniendo la ventaja de que más muestras contribuirán en la estimación del valor de las variables correspondientes a cada celda. Sin embargo, un tamaño de celda grande tiene importantes desventajas en el análisis espacial de procesos que ocurren a pequeña escala (Forcada, 2007). En este contexto y luego de hacer un análisis exploratorio, en el presente trabajo se optó por utilizar un tamaño de celda de 5×5 km de lado.

A fin de obtener valores de densidad del esfuerzo, captura y CPUE de cada tipo de flota, se utilizó la metodología propuesta por Forcada, 2007, con la excepción de que se utilizó longitud o distancia arrastrada y no las áreas barridas. Los datos procedentes del muestreo a bordo, fueron atribuidos a las celdas donde éstos se distribuían. Para ello, con la ayuda del GIS, se superpuso la gradilla de las celdas con las líneas arrastradas por las embarcaciones pesqueras. Posteriormente, se halló la captura proporcional a la longitud arrastrada por cada cuadrícula, dividiendo la porción arrastrada en una cuadrícula entre el total de la longitud arrastrada durante el lance de pesca, multiplicado por la captura total del lance, dependiendo entonces no sólo del número de cuadrículas que abarca el lance, sino también la distancia recorrida en cada cuadrícula (Figura 03).

Para analizar la variación espacial de las principales zonas de esfuerzo y captura de merluza, se realizaron mapas por año, diferenciando las EAC y EAME, sumando la distancia arrastrada y las capturas realizadas en cada cuadrícula. Se determinó no utilizar la misma escala para los mapas de captura, a fin de evitar la pérdida de información, ya que el esfuerzo aplicado fue distinto, permitiendo la interpretación de las variaciones espaciales de la captura de la merluza peruana. De igual forma, se realizaron mapas estacionales por año de la CPUE (t/h) por tipo de flota.

Asimismo, la dinámica espacial de la flota arrastrera fue analizada teniendo en cuenta de manera simultánea el desplazamiento latitudinal de todas las embarcaciones arrastreras y separadas por tipo de flota. Para estas estimaciones, se utilizaron todas las posiciones de pesca efectuadas a una escala anual, estacional, mensual y por profundidad. El desplazamiento latitudinal será expresado como el grado de latitud sur promedio en la que operaron las embarcaciones con sus respectivas varianzas. Estos datos se sometieron a un ANOVA, para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los niveles de los factores establecidos, en este caso, año y mes.

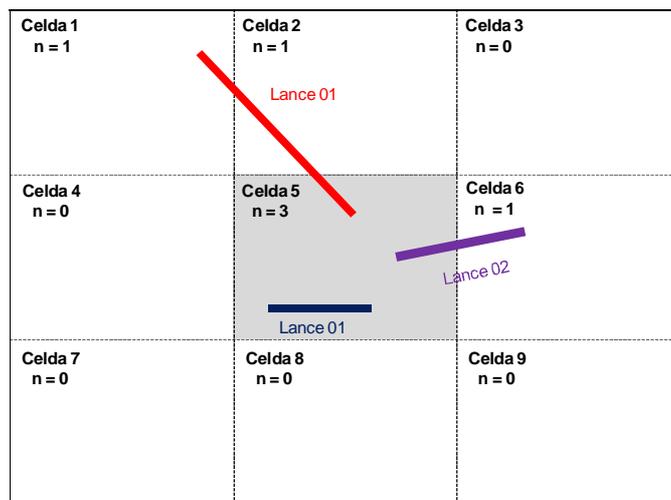


Figura 3. Representación esquemática de la asignación de los datos del arte de pesca a las celdas (Modificado de Forcada, 2007).

III. RESULTADOS

1. Dinámica de la flota pesquera

1.1 Principales zonas de pesca

Entre el 2004 y 2011, la pesquería de la merluza peruana se desarrolló a lo largo de la costa norte del Perú entre el extremo norte del dominio marítimo peruano y los 07° LS. Durante este periodo, se observó principalmente dos grandes zonas de pesca para las EAC y EAME, la primera ubicada al norte de los 04° LS y la segunda entre los 04°30´-05°45´ LS. En la Figura 4 podemos observar la gran concentración de lances de pesca, los cuales en su mayoría abarcaron más de una gradilla.

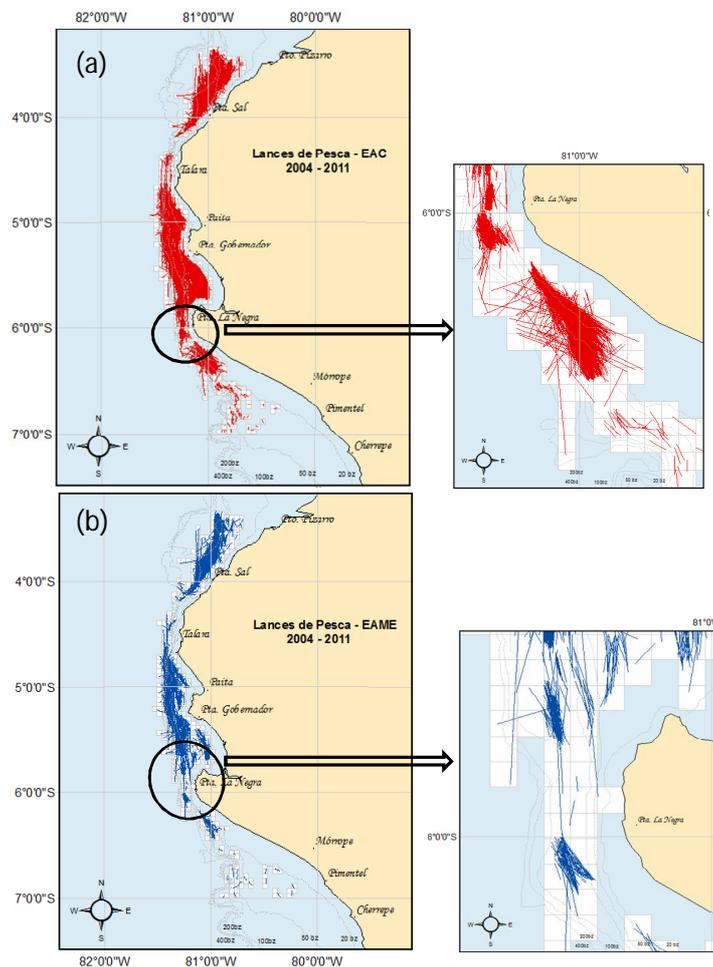


Figura 4 Distribución espacial de los lances de pesca realizados por (a) EAC y (b) EAME 2004 – 2011.

1.2 Número de Embarcaciones Pesqueras Operativas

Entre el 2004 al 2011, el número de embarcaciones que ejercieron su esfuerzo sobre la merluza peruana osciló entre 25 y 44 para las EAC y entre 2 y 6 embarcaciones para las EAME (Figura 5). En general, las EAC muestran una disminución interrumpida durante los años 2008 y 2009, en los cuales operaron un mayor número de diferentes embarcaciones. Por otro lado, las EAME han mostrado un incremento paulatino operando 4 embarcaciones durante el 2011.

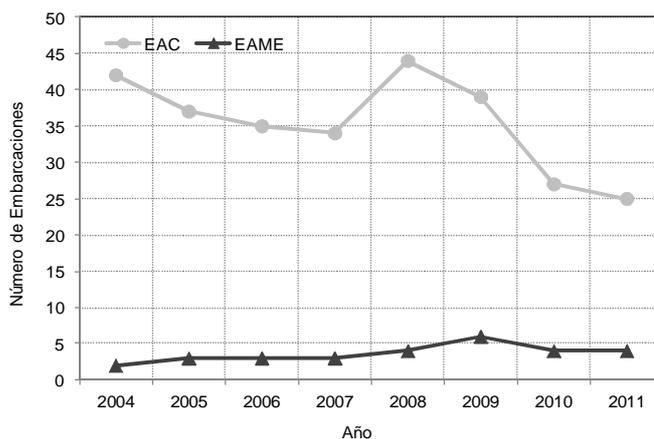


Figura 5. Número de Embarcaciones arrastreras por tipo de flota que operaron durante el 2004 – 2011.

1.3 Caracterización de los lances pesqueros

1.3.1 Distancia Media Arrastrada por lance

La serie anual de la distancia promedio arrastrada (mn) en cada lance realizado por las diferentes embarcaciones pesqueras muestra pequeñas oscilaciones en la operatividad de las EAC y EAME, siendo éstas de menos de 1 mn para la EAC y de más de 1 mn para las EAME (Figura 6). Durante los años 2005 y 2007 las EAC arrastraron 4.5 mn en promedio por lance, observándose un incremento durante el año 2010 arrastrando en promedio 5 mn (Figura 6b). Por su parte, las EAME, que durante los primeros años arrastraron mayor distancia por lance que las EAC, muestran un descenso paulatino en la longitud promedio de arrastre por lance, arrastrando durante el 2010 menor distancia que las EAC (Figura 6i).

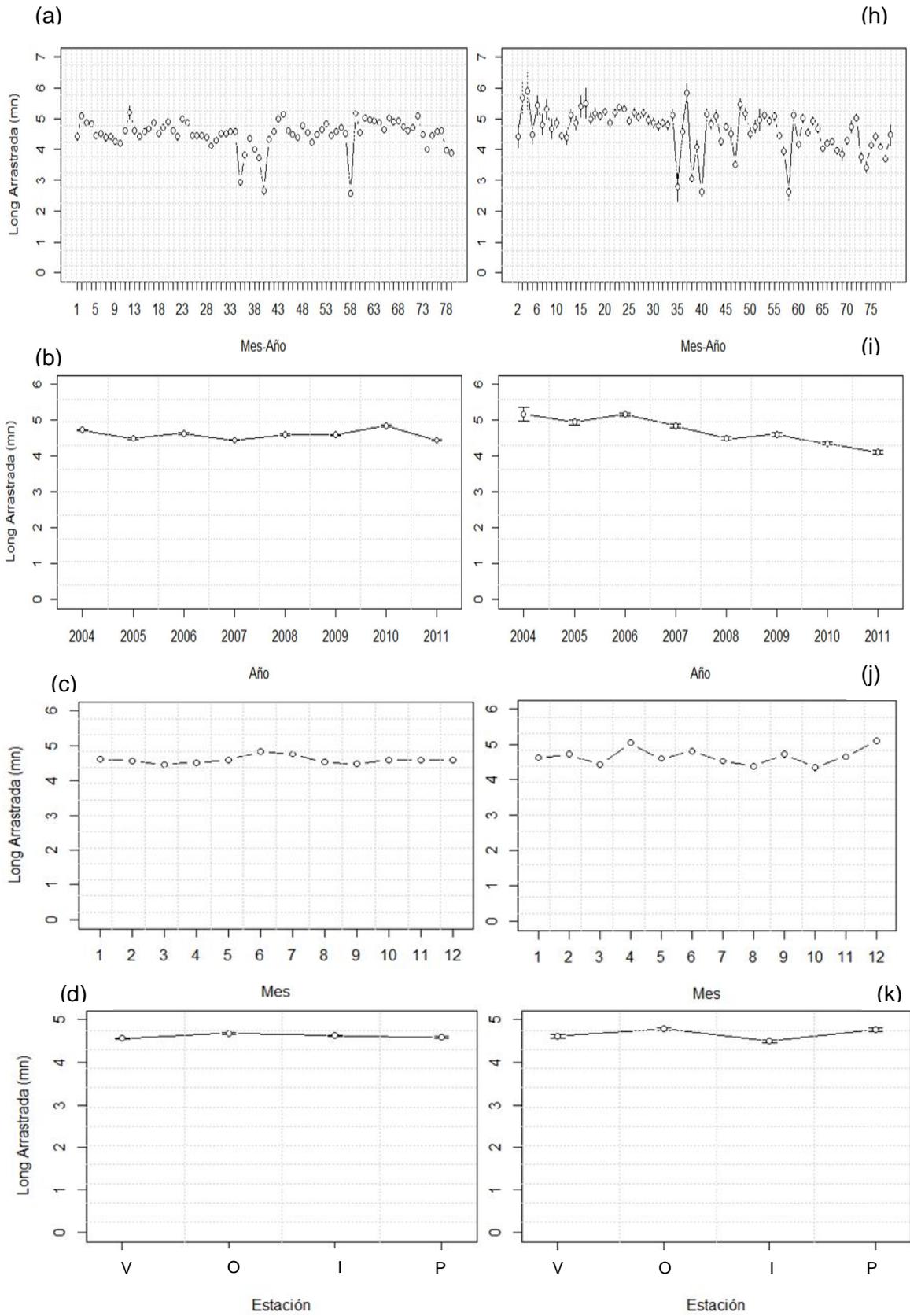
Las variaciones mensuales de la longitud media arrastrada por las embarcaciones EAC muestran sus valores más altos durante los meses de junio y julio (~ 4.8 mn), valores medios durante los meses de octubre a febrero (~ 4.6 mn) y valores bajos durante los meses de marzo, agosto y setiembre (~4.4 mn) (Figura 6c). Por otro lado las EAME muestran mayor fluctuación, con máximos durante los meses de abril y diciembre (~5.1mn) y valores bajos en los meses de marzo, agosto y octubre (~4.5 mn) (Figura 6j). Es importante resaltar que la mayor variación se presenta en las EAME con 0.8 mn, mientras que en las EAC la oscilación es apenas de 0.4 mn.

Por su parte, la variación estacional de la longitud arrastrada muestra que durante el otoño las EAC y EAME presentaron sus valores más altos (4.7 mn para las EAC y 4.8 para las EAME) (Figura 6d, 6k). Las estaciones con menores valores se presentaron en verano para las EAC y en invierno para las EAME. Las oscilaciones fueron mínimas, encontrándose alrededor de 0.1 mn para las EAC y de 0.3 mn para las EAME.

La variación de la longitud media arrastrada por lance por grado de Latitud Sur, mostró aunque con ligeras diferencias en las magnitudes, similar oscilación entre las EAC y las EAME, presentando los más altos valores entre el extremo norte y los 03°59' LS (4.9 mn y 5.1 mn para las EAC y EAME respectivamente) y entre el 05°00' LS y 05°59' LS (4.5 mn para las EAC y 4.6 mn para las EAME) (Figura 6e, 6l). Asimismo, se observa la diferencia entre las magnitudes de variación, oscilando para las EAC alrededor de 0.6 mn y 1.1 mn para las EAME.

Por su parte, la variación por hora del día aplicado por las EAC mostró que entre las 8 y 18 horas la longitud de arrastre promedio fue de 4.4 mn, valor inferior a lo registrado durante las 19 y 7 horas (5.2 mn) (Figura 6f). Por otro lado, la variación de la longitud de arrastre de las EAME mostró similar comportamiento, aunque con una variación de magnitudes mucha mayor, ya que entre las 8 y 18 h la longitud promedio de arrastre por lance fue de 4,4 mn mientras que entre las 19 y 7 h arrastraron en promedio 6.1 mn por lance (Figura 6m).

Finalmente, la variación del esfuerzo pesquero por profundidad mostró que las EAC arrastraron en promedio mayor longitud por lance entre los 80 y 120 bz de profundidad (4.75 mn), mientras que las EAME presentaron la mayor longitud de arrastre promedio entre las 61 y 140 bz (4.8 mn) (Figura 6g, 6n).



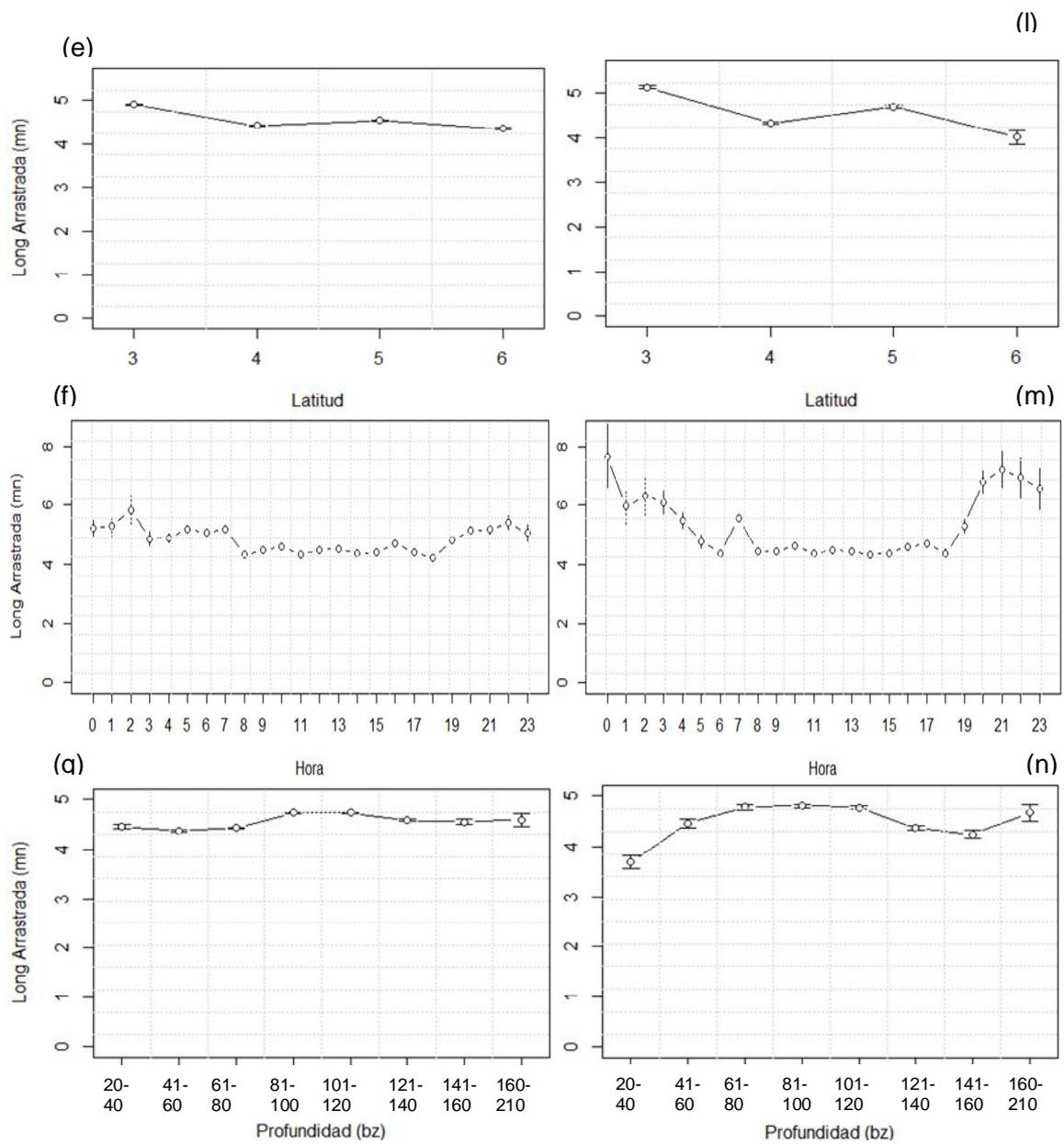


Figura 6. Distancia media arrastrada por lance de pesca una escala anual, mensual, estacional, latitudinal, horaria y por profundidad. (a,b,c,d,e,f,g) EAC Y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. 2004 – 2011.

1.3.2 Hora media de arrastre efectiva

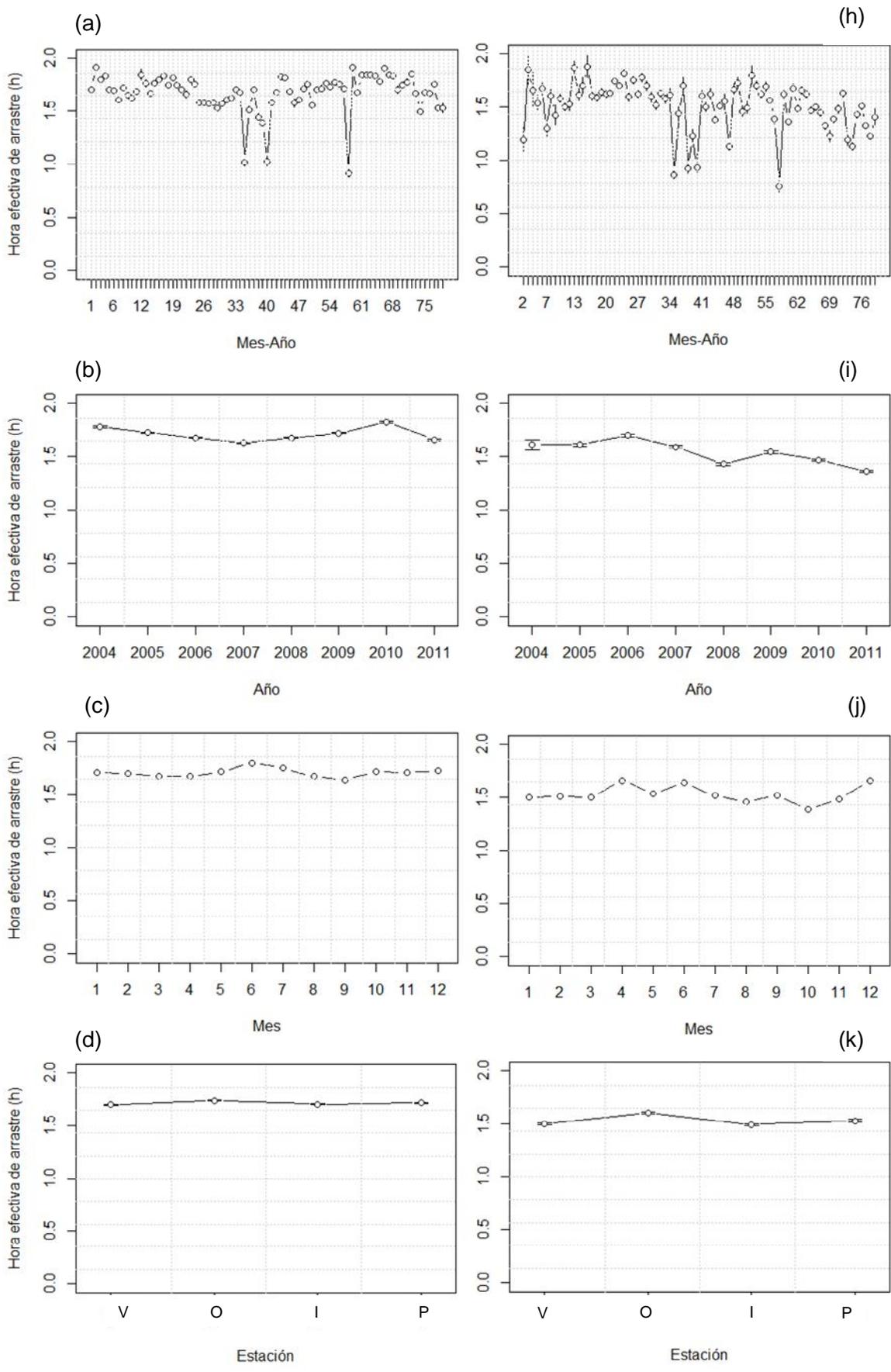
Si bien la magnitud de la variación es pequeña, la serie anual del tiempo de arrastre efectivo promedio por lance mostró que las EAC arrastraron mayor tiempo durante los años 2004, 2005, 2009 y 2010 mientras que los más bajos valores se obtuvieron durante los años 2006, 2007, 2008 y 2011 (Figura 7b). Por su parte, las EAME arrastraron en promedio mayor tiempo durante los años 2004 al 2007, disminuyendo paulatinamente siendo el menor tiempo de arrastre promedio por lance durante el 2011 (< 1.4 h) (Figura 7i).

Al analizar el patrón mensual se observó un mayor tiempo de arrastre efectivo y menor variación de las EAC (> 1.5 h) comparadas con las EAME (oscilando alrededor de 1.5 h) (Figura 7c, 7j). Para ambos tipos de embarcaciones, durante los meses de enero, febrero y marzo se observaron valores intermedios, los cuales se incrementaron durante los meses de abril, mayo, junio y julio, disminuyeron en agosto y setiembre y se recuperaron de octubre a diciembre (Figura 7d, 7k). La variación estacional del tiempo efectivo de arrastre promedio por lance de las EAC presentó un ligero incremento durante el otoño, el cual se acentuó para las EAME

Entre el extremo norte del dominio marítimo peruano y los $03^{\circ}59'$ LS y los $05^{\circ}00' - 05^{\circ}59'$ LS, ambos tipos de embarcaciones arrastran en promedio mayor tiempo por lance, siendo la zona comprendida entre los $04^{\circ}00' - 04^{\circ}59'$ LS y los $06^{\circ}00' - 06^{\circ}59'$ LS el área donde se arrastra en promedio menos tiempo por lance, es importante mencionar que esta última zona presenta una alta desviación estándar, es decir una mayor variación respecto al a media (Figura 7e, 7l).

El patrón de tiempo de arrastre medio por lance por hora del día, mostró que tanto las EAC como las EAME arrastran en promedio menos tiempo entre las 8 h y las 18 h, es decir en las horas de luz solar, mientras que, aunque con mayor desviación estándar, arrastran más tiempo durante las horas nocturnas (Figura 7f, 7m).

Por otro lado, a diferencia de las EAME, la distribución vertical del tiempo efectivo promedio arrastrado por lance de las EAC, mostró que se invierte mayor tiempo entre las 20 - 40 brazas y entre las 81 - 120 brazas (Figura 7g). Por su parte, el mayor tiempo efectivo promedio de arrastre para las EAME se observó entre las 61 - 140 brazas, invirtiendo el menor tiempo entre las 20 y 40 brazas (Figura 7n).



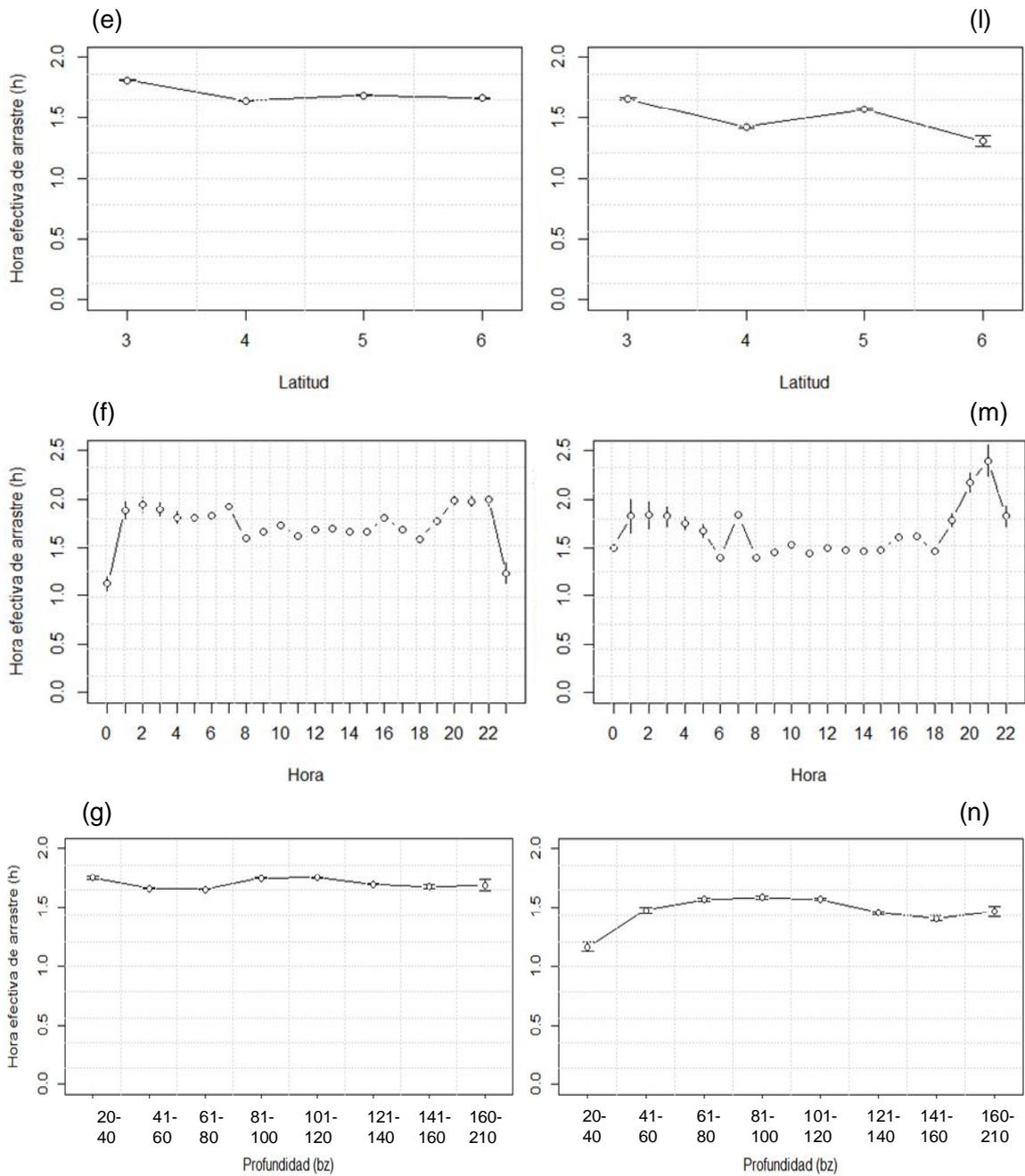


Figura 7. Hora efectiva media de arrastre por lance de pesca a una escala anual, mensual, estacional, latitudinal, horaria y por profundidad. (a,b,c,d,e,f,g) EAC Y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

1.3.3 Correlación entre hora efectiva y distancia arrastrada

Para medir el grado de relación entre la hora efectiva de arrastre y la distancia recorrida en este tiempo, se halló el coeficiente de correlación de Pearson (Figura 8). El resultado nos indica que existe una relación directa significativa media (p-valor < 0.05, $r= 0.69$) entre ambas variables, es decir a una mayor tiempo de arrastre mayor distancia arrastrada y viceversa.

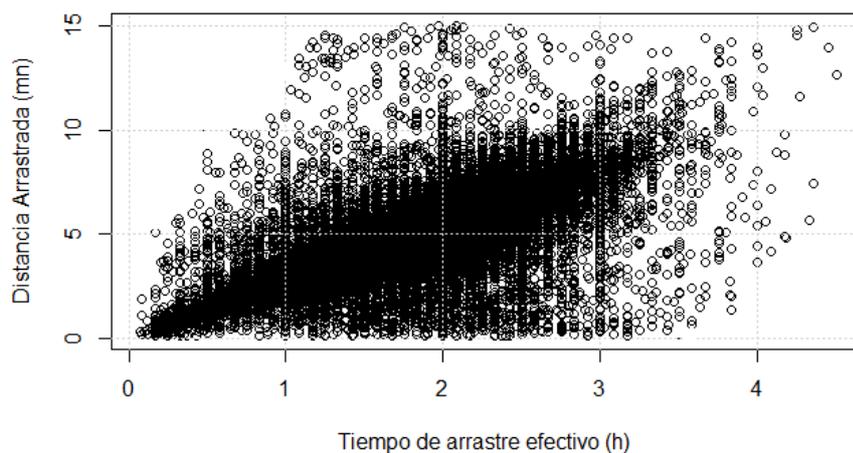


Figura 8. Relación entre el tiempo de arrastre efectivo y la distancia arrastrada por lance de pesca. 2004 – 2011.

1.3.4 Velocidad promedio del arrastre

La velocidad promedio de arrastre por lance en que operaron las EAC mostró pequeñas variaciones, incrementándose ligeramente durante el año 2006 y 2010, la magnitud de la variación fue de apenas de 0.2 nudos (Figura 9a). Por el contrario, las EAME mostraron una marcada disminución con una magnitud de variación de alrededor 0.7 nudos, arrastrando en promedio a una velocidad de 3.7 nudos durante el 2004, mientras que durante el 2011 arrastraron a una velocidad de 3.0 nudos (Figura 9b).

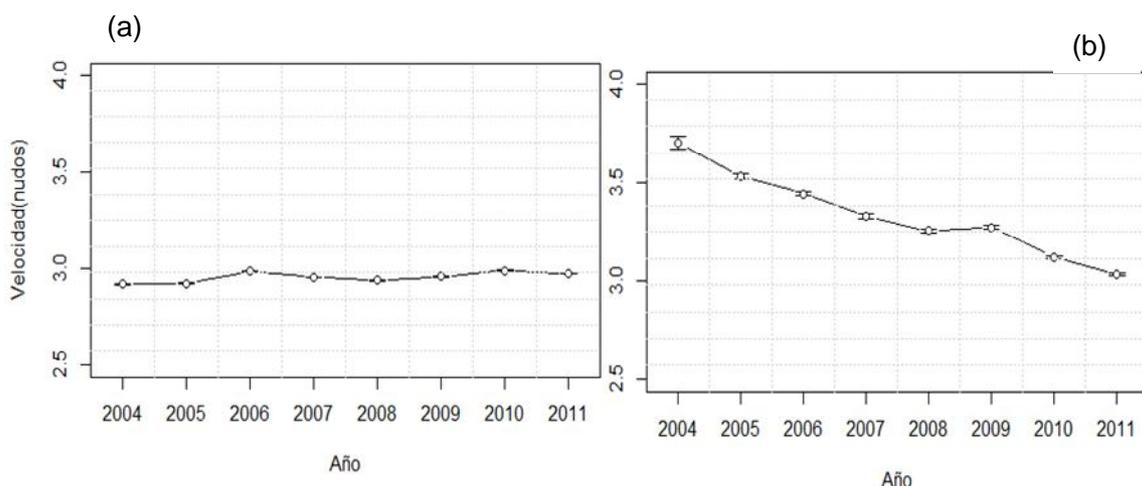


Figura 9. Velocidad promedio de arrastre durante los lances de pesca de la (a) EAC Y (b) EAME, 2004 - 2011. Las barras de error indican el error estándar.

1.4 Esfuerzo pesquero

1.4.1 Distancia Total Arrastrada

Desde el 2004 al 2011, el esfuerzo pesquero expresado como distancia arrastrada en las operaciones de pesca por año fluctuó entre 28665 y 51139 mn con un promedio de 41010 mn por año (Figura 10). Los valores más altos se observan durante los años 2006, 2009 y 2010, mientras que los valores más bajos se observaron durante los años 2004, 2007 y 2008. Como era de esperarse, la participación de las EAC representa gran parte de la distancia total arrastrada, principalmente durante los años 2004 y 2005 (97% y 86% respectivamente), de la misma forma aunque con menor porcentaje de representatividad, a partir del año 2006, más del 75% del total arrastrado fue realizado por las EAC.

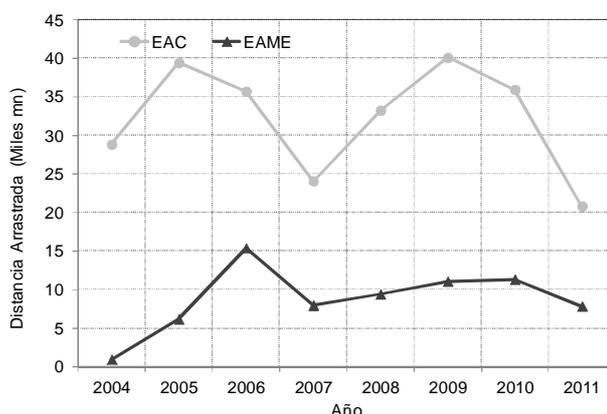


Figura 10. Distancia total arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por año, 2004 - 2011.

En la serie de tiempo mensual analizada, la distancia arrastrada en millas náuticas mostró marcadas oscilaciones (Figura 11). A partir del año 2006, los descensos más notorios se dieron durante los meses de marzo, octubre y noviembre de cada año. Una caída importante se mostró también durante los meses de enero, junio a Agosto del 2005, noviembre 2007 a febrero 2008 y diciembre 2009. A finales del 2010 y durante el 2011 los valores no sobrepasaron las 5000 mn arrastradas.

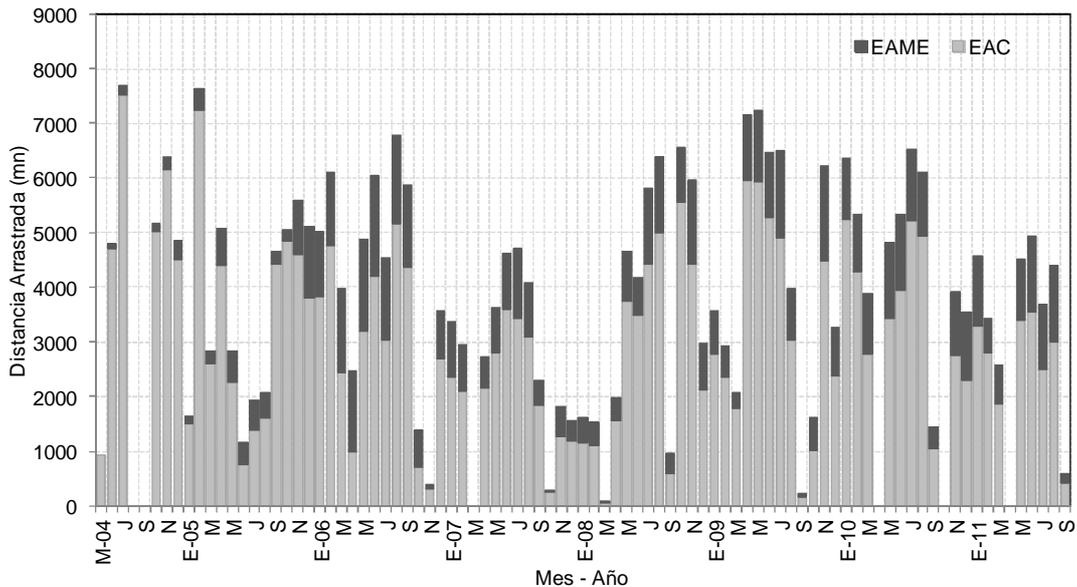


Figura 11. Distancia total arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por mes. 2004 – 2011.

Durante el periodo de estudio, se observó que la distancia arrastrada fue mayor durante las estaciones de otoño e invierno, representando el 55 y 57 % del total de distancia arrastrada (Figura 12a). La variación vertical mostró que las EAC arrastraron principalmente entre las 16 y 120 brazas, mientras que las EAME entre las 81 y 140 brazas, representando el 75 y 77 % respectivamente (Figura 12b).

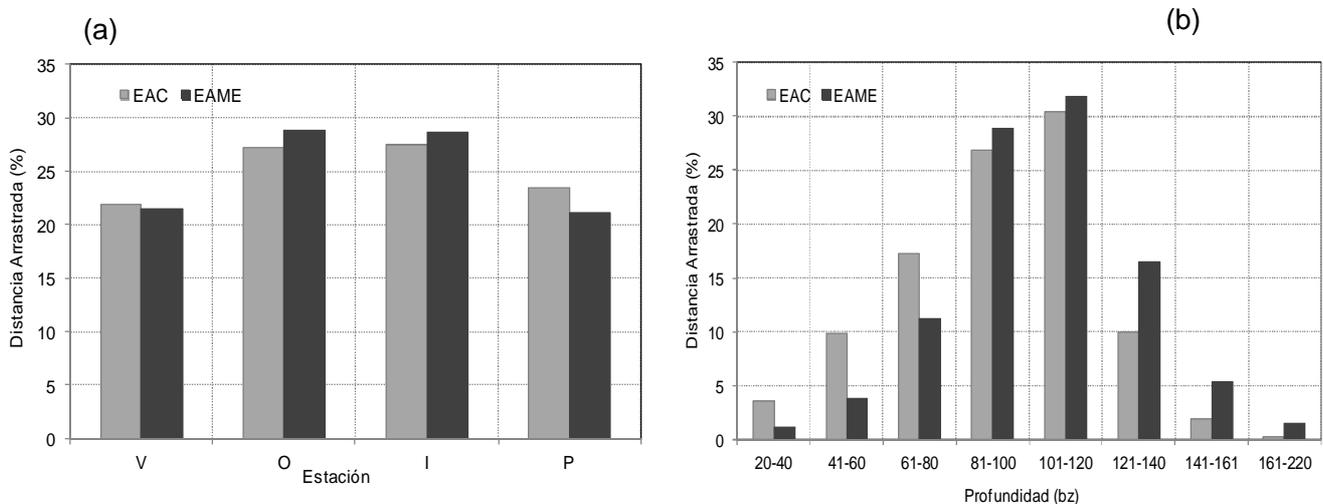


Figura 12. Porcentaje total de la distancia arrastrada por la flota arrastrera comercial de merluza por (a) estación y (b) profundidad. 2004 – 2011.

1.4.2 Tiempo efectivo total Arrastrada * HP

El esfuerzo expresado en horas de arrastre efectivo por la potencia del motor (caballos de fuerza, HP) mostró diferencias entre ambos tipos de embarcaciones (Figura 13). Las EAC, mostraron un incremento de 3233 miles de horas*HP en el 2004 a más de 4400 miles de horas * HP durante el 2005 y 2006, periodo luego del cual disminuyó a 2787 en el 2007. Al 2009, el esfuerzo se volvió a incrementar alcanzando el máximo valor de la serie de tiempo analizada (5027 miles de horas * HP), disminuyendo nuevamente al 2011 (2328 miles horas*HP). Por su parte las EAME aumentaron notablemente su valor del 2004 al 2006 (de 253 a 3660 miles de horas*HP), durante el 2007, al igual que las EAC, presentó una brusca disminución, posterior a este periodo el esfuerzo ha ido incrementando paulatinamente hasta el 2010, alcanzando 2859 miles h*HP; finalmente se observó una ligera caída hasta el 2011.

La evolución del esfuerzo pesquero mensual desde el 2004 – 2011 (miles horas*HP), mostró variaciones a lo largo de la serie de tiempo analizada (Figura 14). Durante el año 2004 e inicios del 2005 este esfuerzo fue aplicado básicamente por las EAC, representando el 92 % del total, periodo luego del cual las EAME aumentaron su representatividad a un ~ 40%. Los meses con mayores valores corresponden principalmente a mediados 2006 y durante el 2009 e inicios del 2010, con valores que exceden las 900 mil horas por HP. Desde septiembre del 2006 a abril del 2008, se observó un menor tiempo de arrastre por HP de la serie analizada, con valores que fluctuaron entre las 17535 y 906014 h*HP. En general, se observa una disminución en el tiempo arrastrado durante los últimos años analizados.

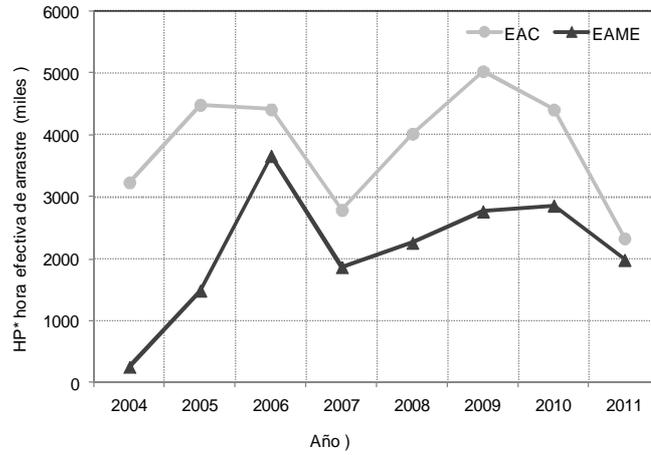


Figura 13. Tiempo efectivo de arrastre por HP total de la flota arrastrera comercial de merluza por año. 2004 – 2011.

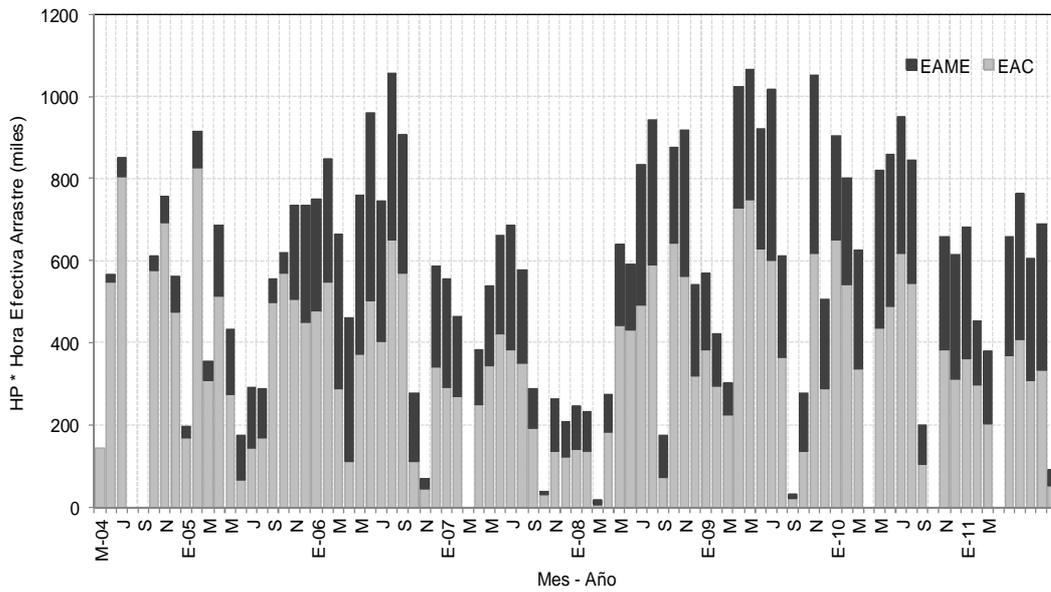


Figura 14. Tiempo efectivo de arrastre por HP de flota arrastrera comercial de merluza por mes. 2004 – 2011.

Aunque no presenta una estacionalidad muy definida, el tiempo efectivo de arrastre por HP fue mayor durante las estaciones de otoño e invierno, variación que fue evidente y con similar proporción para ambos tipos de embarcaciones (Figura 15a). Por su parte, el análisis por estrato de profundidad mostró que las EAC operan principalmente entre las 61 y 120 bz, representando el 73% del esfuerzo total, mientras que las EAME operan a mayor profundidad, principalmente entre las 81 y 140 bz, significando el 77% del total de esfuerzo ejercido. Es evidente que las EAC, a diferencia de las EAME, operan a menor profundidad, aplicando el 13 % de su esfuerzo entre las 20 y 60 bz mientras que las EAME aplicaron el 5% (Figura 15b).

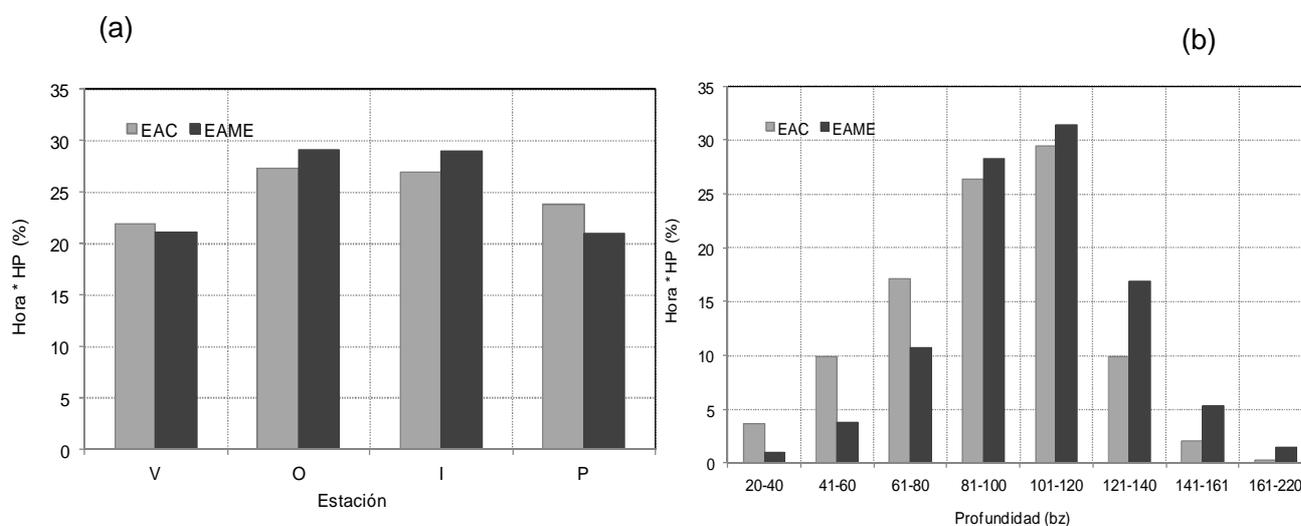


Figura 15. Porcentaje total del tiempo efectivo de arrastre por HP de la flota arrastrera comercial de merluza por (a) estación y (b) profundidad. 2004 – 2011.

1.4.3 Correlación entre hora efectiva por HP y distancia arrastrada

Si bien gráficamente no se puede distinguir una clara relación entre la hora efectiva de arrastre y la distancia arrastrada, el coeficiente de correlación de Pearson nos indica que existe una correlación significativa media entre estas variables ($r=0.46$, $p\text{-valor} < 2.2e-16$) (Figura 16). Al analizar la relación entre las dos variables y en qué medida se relacionan por tipo de flota, el coeficiente de correlación fue similar, siendo 0.56 ($p\text{-valor} < 2.2e-16$) y 0.62 ($p\text{-valor} < 2.2e-16$) para las EAC y EAME respectivamente.

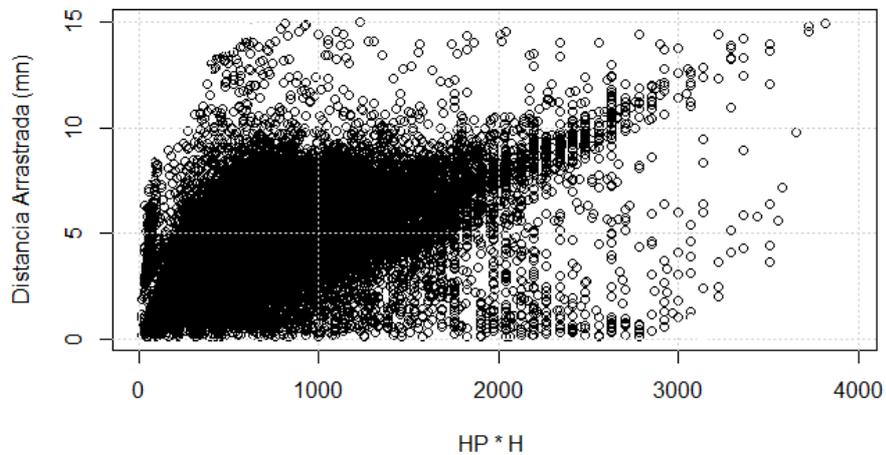


Figura 16. Relación entre la hora de arrastre efectivo por HP y la distancia arrastrada por lance de pesca. 2004 – 2011.

1.4.4 Distribución espacial del esfuerzo pesquero

La distribución espacial del esfuerzo pesquero expresado en longitud o distancia arrastrada (mn), ha mostrado cambios espaciales a lo largo de la serie de tiempo analizado (Figura 17 y 18). Durante el año 2004 ambos tipos de flota muestran una distribución concentrada aplicando gran parte del esfuerzo al sur de los 05°00' LS, situación que se modificó durante los años 2005 y 2006 ya que las embarcaciones ocuparon mayor área pero siempre con la mayor parte del esfuerzo en la zona sur del área de distribución, esta distribución se mantiene durante el 2007 aunque con menores valores de esfuerzo. A partir del año 2008, las EAC y EAME, aplicaron la mayor parte del esfuerzo pesquero entre los 04°45' - 05°15' LS y al norte de los 04°00' LS. Esta situación se acentuó más en el año 2009 y 2010, años en los que además se observan mayores áreas con altos valores de esfuerzo.

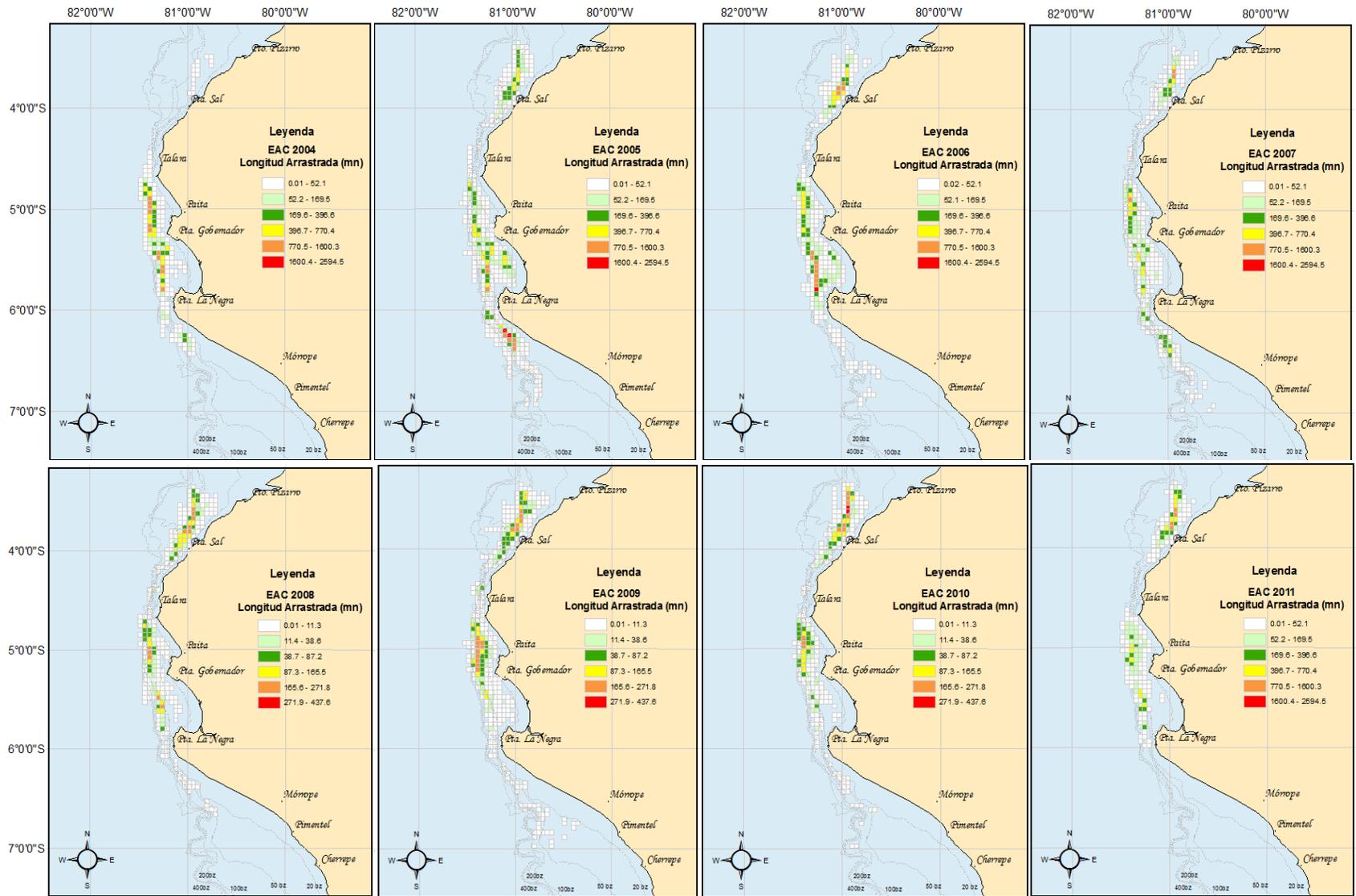


Figura 17. Distribución espacial del esfuerzo pesquero de las EAC. 2004 – 2011.

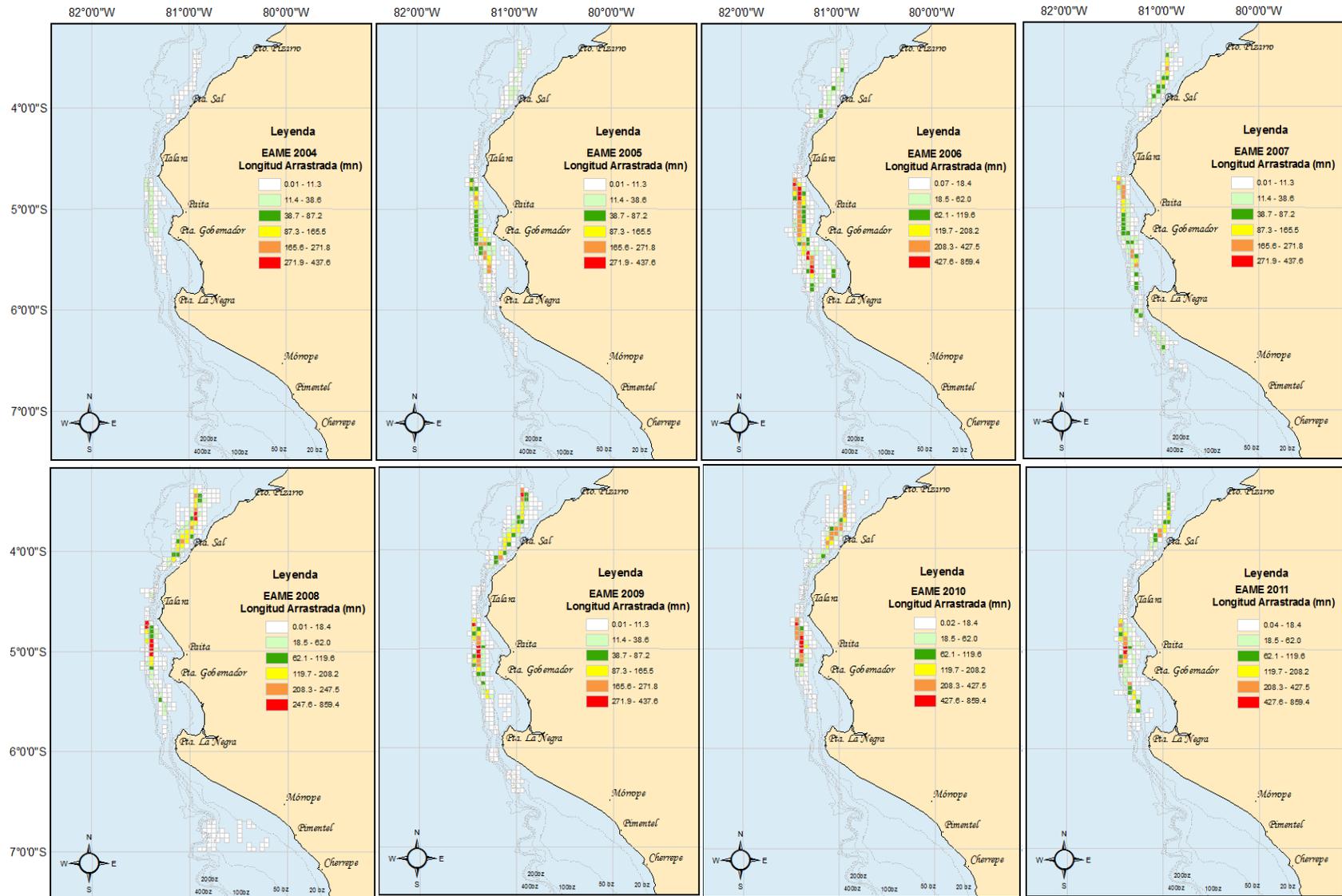


Figura 18. Distribución del esfuerzo pesquero de las EAME. 2004 – 2011

1.4.5 Variación latitudinal de las operaciones de pesca

Desde mayo del 2004 a septiembre de 2011 las operaciones de pesca realizadas por la flota industrial de arrastre mostraron un claro desplazamiento en sentido sur a norte, siendo este punto promedio significativamente diferente entre años ($p\text{-valor} < 0.05$, $F > 1$) (Figura 19a). Durante el año 2004 y 2005, más del 75% de los lances de pesca se situaron al sur de los 05° LS con una media aproximada de $05^{\circ} 15'$ LS, mientras que durante el año 2006 y 2007 se inicia el proceso de desplazamiento hacia el norte, encontrándose la posición media de las operaciones de pesca en los $05^{\circ} 00'$ LS. A partir del año 2008, este desplazamiento se acentuó aún más, siendo el 2010, el año en que las operaciones de pesca se realizaron más al norte del área observada en el periodo de estudio. Durante el año 2011, la mayor parte de la actividad pesquera se realizó al norte de los $05^{\circ} 10'$ LS. Es importante mencionar que durante el año 2004, los lances de pesca se encontraron más focalizados, asimismo a partir del año 2008 al 2010 la distribución de los datos fue asimétrica. Esta tendencia se presenta para ambos tipos de embarcaciones, con la salvedad de que las EAME presentan una mayor focalización que las EAC (Figura 19b y 19c)

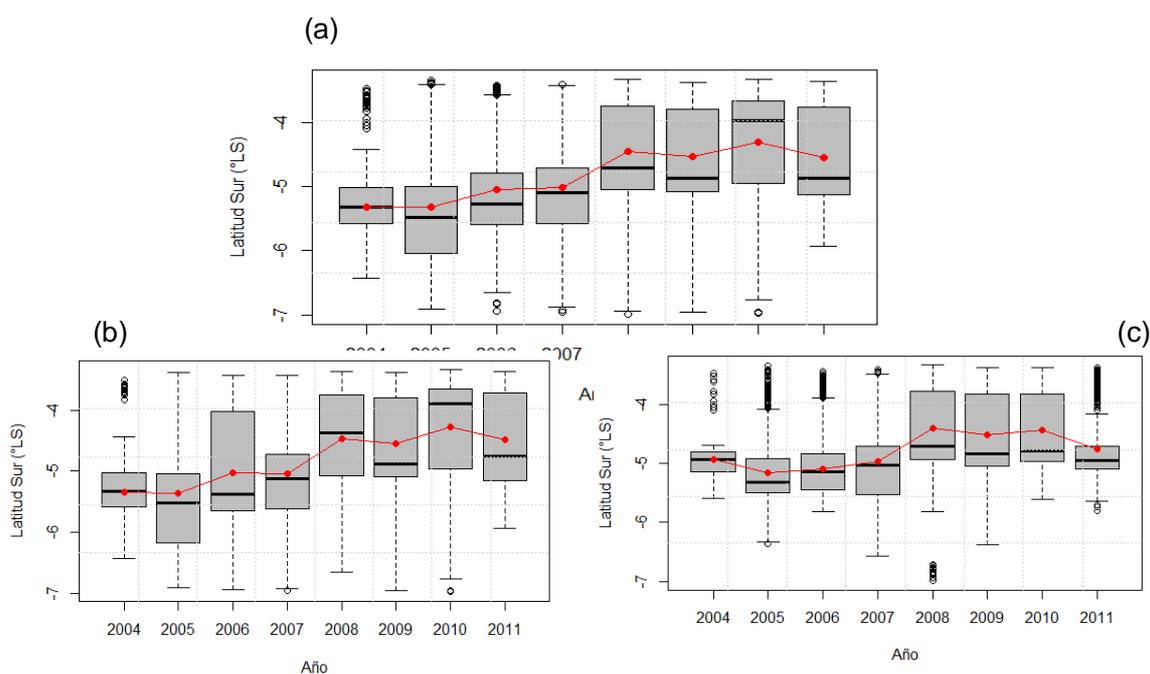


Figura 19. Variación anual de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la (a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.

El patrón mensual de las posiciones de las operaciones de arrastre muestra también movimientos latitudinales, siendo marzo el mes en que la flota en su conjunto opera principalmente al norte de los 05° LS, sin embargo esta variación o cambio al norte es más

acentuado para las EAC ya que las EAME durante febrero, marzo y abril realizan sus operaciones principalmente al norte de los 05° LS (Figura 20a, 20b y 20c). De mayo a Agosto, ambas flotas presentan un desplazamiento al sur de sus operaciones, siendo más notorio principalmente para las EAME, que presentan su posición media de operaciones alrededor de los 05° LS, mientras que las EAC ligeramente al norte de esta zona. Ambos tipos de embarcaciones se desplazan hacia el sur en septiembre, mes después del cual retornan paulatinamente a sus habituales zonas de operaciones. Las EAME presentan zonas de pesca focalizadas durante los meses de junio a setiembre, por su parte las EAC presentan una mayor centralización de sus operaciones durante el mes de octubre. El ANOVA evidenció diferencias significativas (p -valor <0.05 , $F>1$) entre las latitudes promedio de todos los meses analizados.

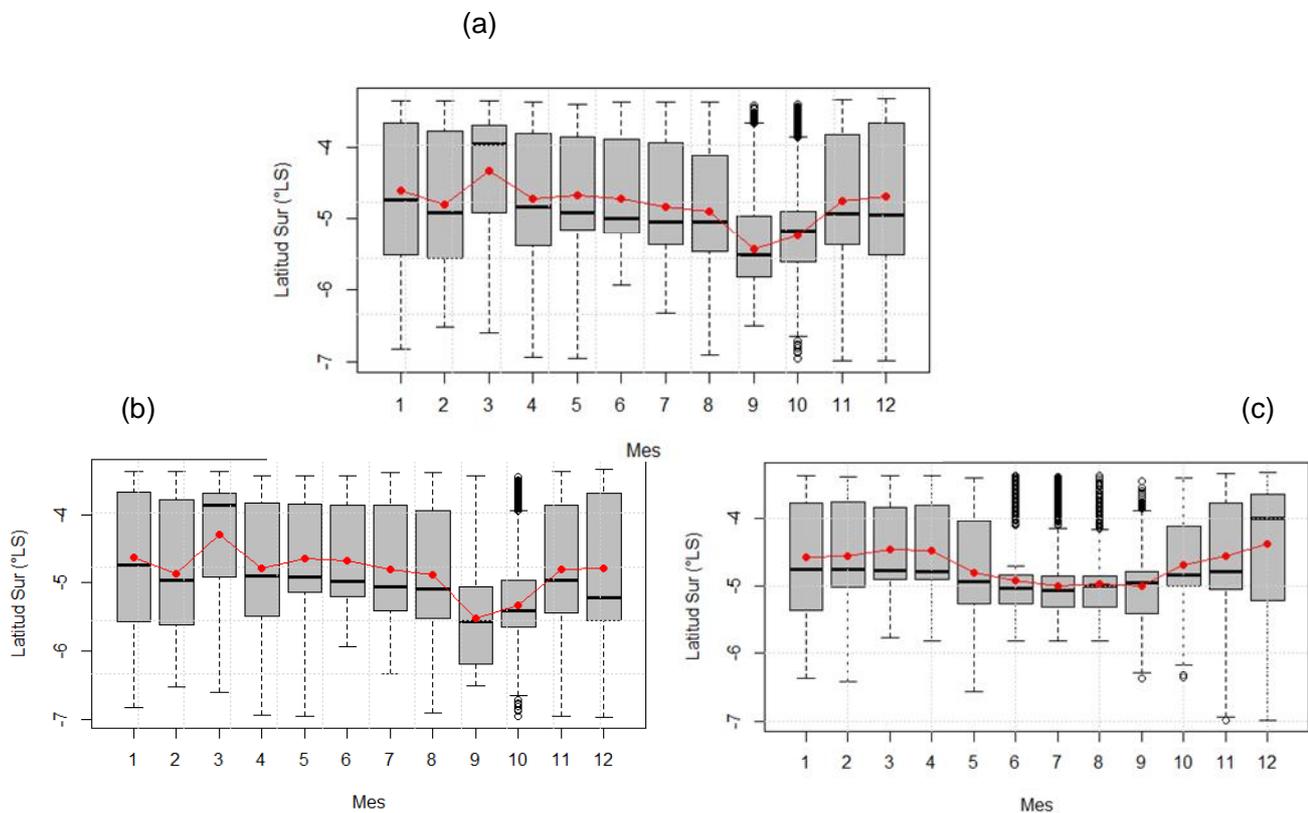


Figura 20. Patrón mensual de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la (a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.

El patrón estacional mostró diferencias significativas (p -valor <0.05) en la latitud media de las operaciones de arrastre (Figura 21a). Existió un progresivo desplazamiento en sentido norte - sur desde verano hasta invierno para retomar el sentido sur - norte en la primavera. Este patrón fue más notorio en las EAME ya que concentraron sus actividades

principalmente al sur 05°LS durante las estaciones de otoño y primavera (Figura 21b y 21c)

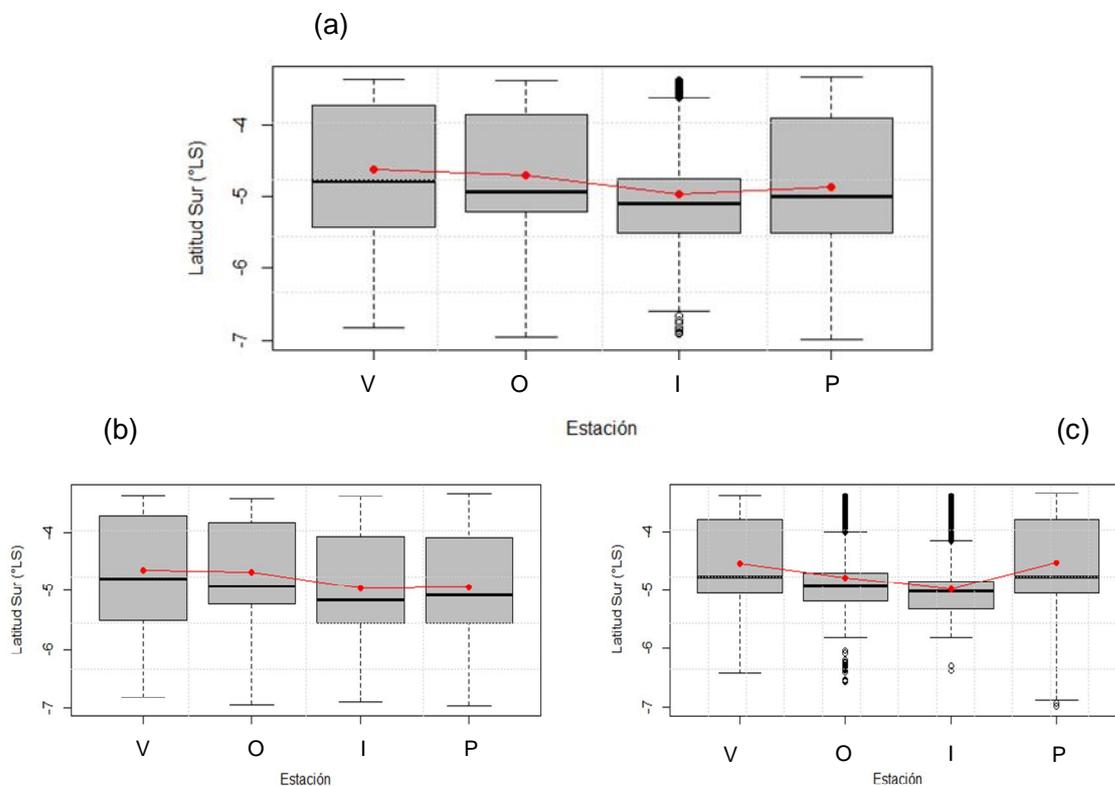


Figura 21. Patrón estacional de la latitud en que se realizaron los lances de pesca de la a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.

Los resultados agrupados por estratos de profundidad también mostraron una clara tendencia para el periodo de tiempo analizado, demostrándose que ambos tipos de embarcaciones arrastran a una mayor profundidad en las menores latitudes, es decir al norte, mientras que las operaciones más someras se realizan al sur del área de distribución (Figura 22).

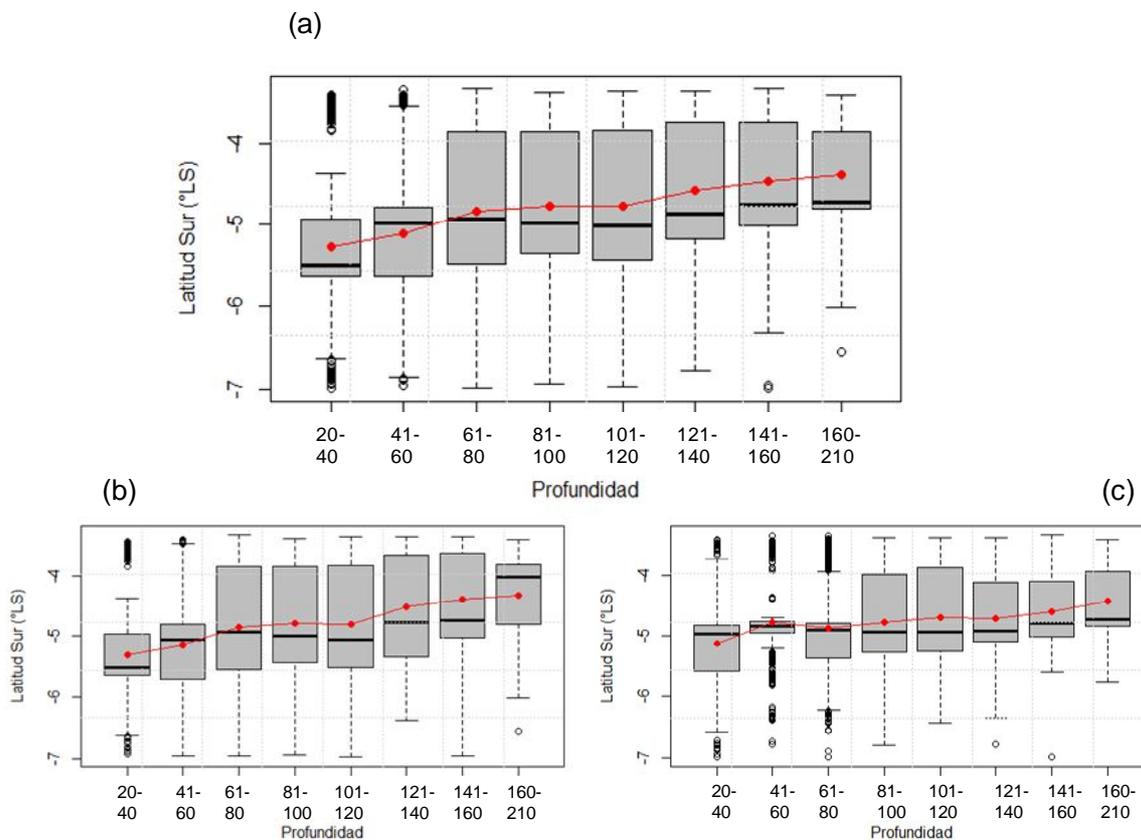


Figura 22. Patrón de la latitud en que se realizaron los lances de pesca por estrato de profundidad de la a) Flota Industrial Arrastrera total, (b) EAC y (c) EAME. 2004 – 2011.

2. Dinámica del Recurso

2.1 Captura industrial de la merluza peruana

A partir de la entrada en vigencia del Reglamento de Ordenamiento Pesquero y el establecimiento del acceso a la pesquería a través de Cuotas Individuales (No Transferibles inicialmente y luego Transferibles) repartidas de una Cuota Total Permisible (TAC por sus siglas en inglés), las capturas de merluza por parte de la flota industrial arrastrera fluctuaron entre 21063 y 35346 toneladas, presentando sus más bajos valores durante los años 2005 y 2006 y los más altos durante los años 2009 y 2010 (Figura 23). En el 2004 y 2005 las EAC representaron el 93 y 74% de los desembarques respectivamente, sin embargo esta proporción cambió principalmente en el 2006, ya que las EAC representaron apenas el 41% del total capturado. A partir del año 2007, esta proporción mostró relativa estabilidad representando las EAC entre el 50 y 58% del total capturado. Por otro lado, la TAC

establecida por la administración pesquera, fluctuó entre 24000 y 55000 toneladas en los años 2004 y 2006 respectivamente.

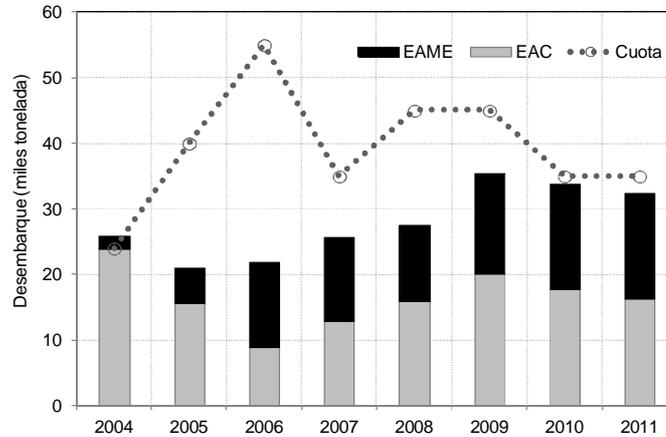


Figura 23. Captura de merluza (miles de t) en el mar peruano por tipo de flota y el porcentaje del TAC capturado. 2004 – 2011.

2.2 Distribución espacial de la captura

La distribución espacial de la captura de merluza realizada por las EAC y EAME, mostró claramente dos principales zonas de pesca, la primera ubicada al norte de los 04° LS y la segunda ubicada entre los 04°30' LS – 05°00' LS (Figura 24 y Figura 25). Durante el año 2004, las EAC y EAME obtuvieron sus mejores rendimientos en la zona sur del área de distribución, ampliándose la distribución de las capturas durante los años 2005, 2006, 2007 y 2008 pero con valores bajos de las mismas. A partir del año 2009, las capturas de ambos tipos de flota aumentaron obteniendo sus mejores rendimientos entre los 04°45' - 05°15' LS y al norte de los 04°00' LS. En general, las EAC presentaron una mayor área de distribución aunque con menores valores de capturas, asimismo es evidente el desplazamiento en sentido sur-norte de la zona de pesca ubicándose en el límite entre el grado 04° y 05° LS principalmente.

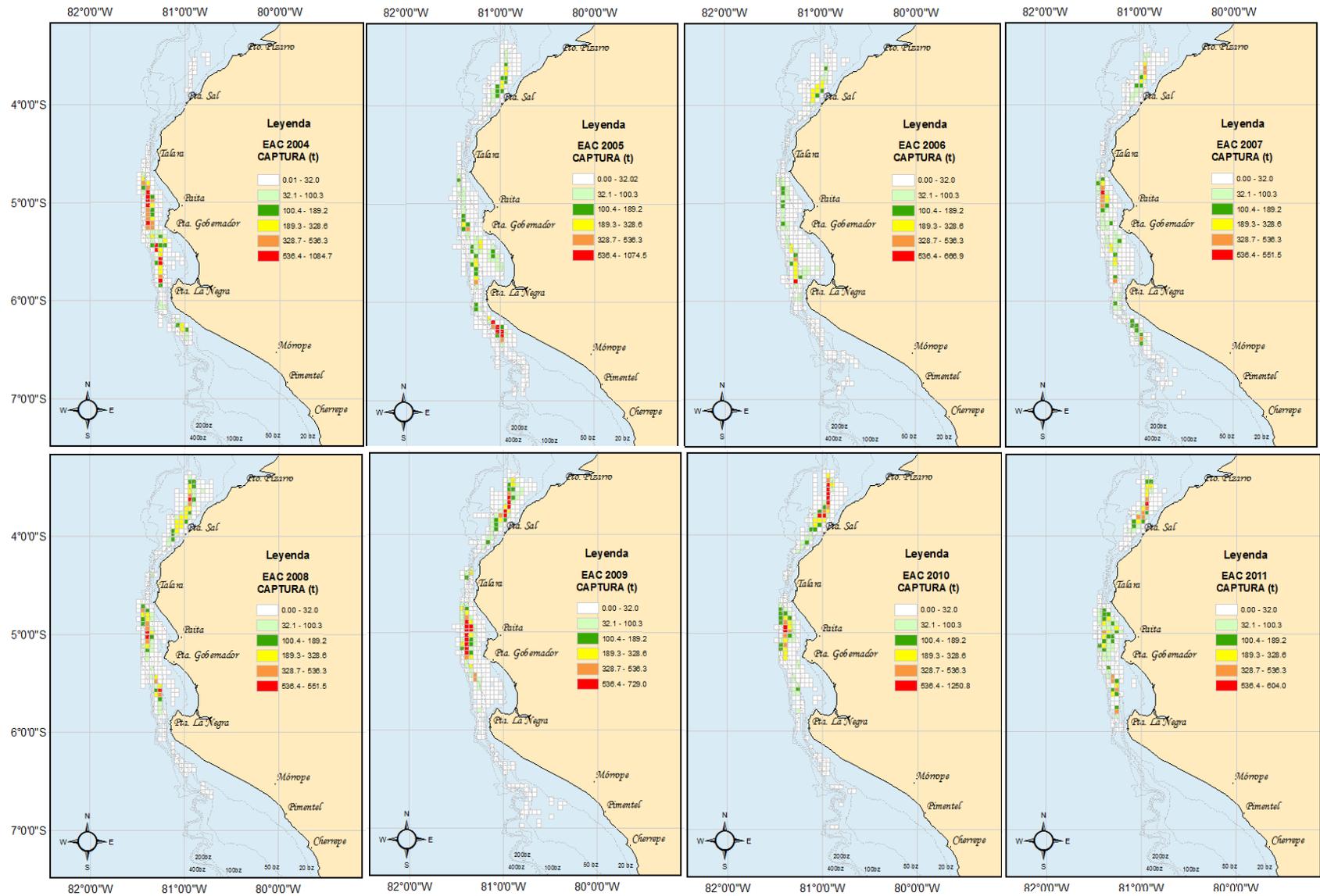


Figura 24. Distribución espacial de la captura de merluza por año. EAC. 2004 – 2011.

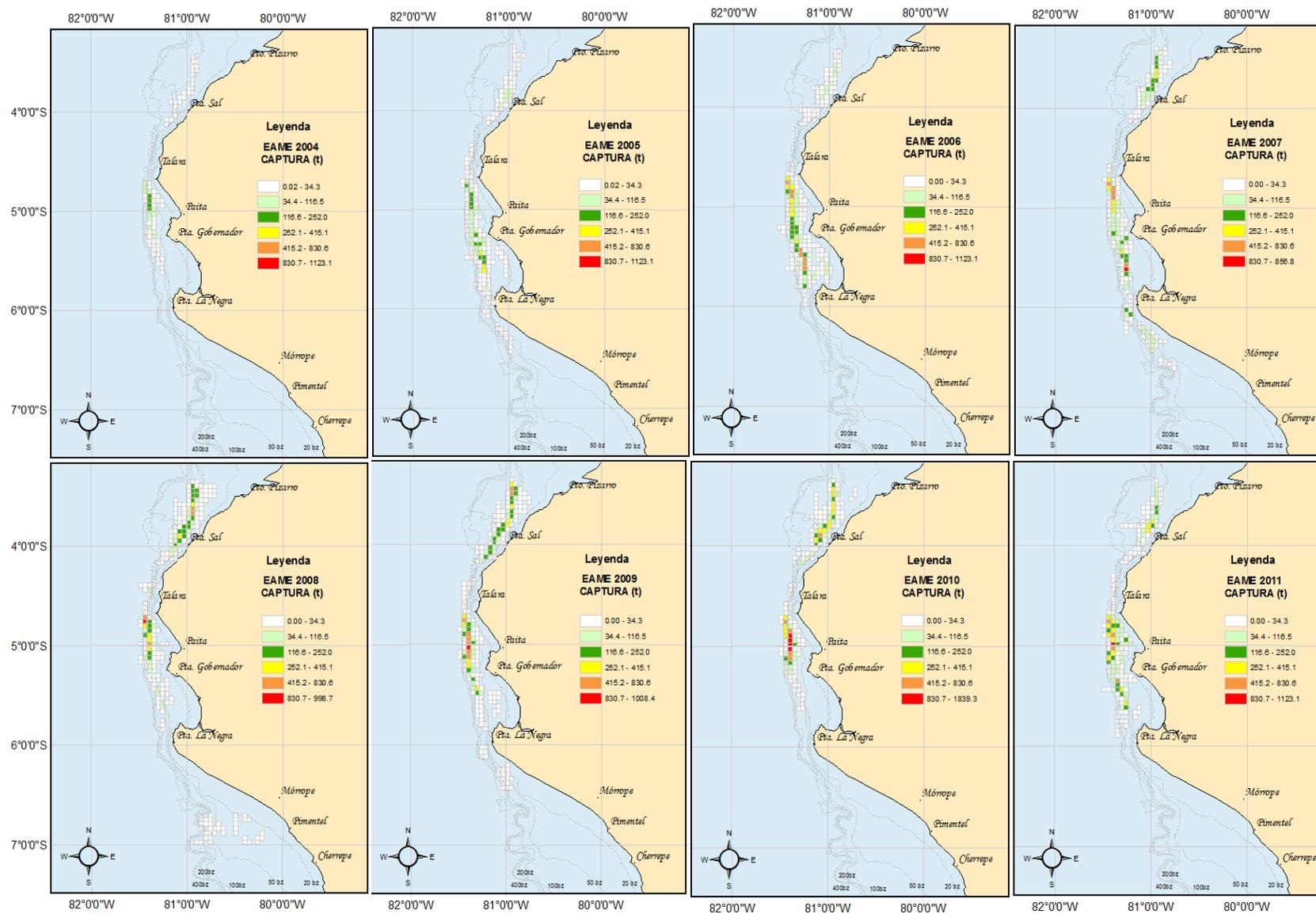


Figura 25. Distribución espacial de la captura de merluza por año. EAME. 2004 – 2011.

2.3 Captura por Unidad de esfuerzo

2.3.1 Captura por Unidad de Esfuerzo (kg/mn)

El análisis anual de la CPUE entre el 2004 y el 2011, mostró 3 periodos diferenciados, el primero correspondiente a la disminución, paulatina para las EAC y brusca para las EAME, de la CPUE desde 2004 al 2006, obteniendo durante este último año valores de 280 y 1270 kg/mn para las EAC y EAME respectivamente (Figura 26a y 26b). Posterior a ello, se observa una clara recuperación durante el 2007, alcanzando valores de 590 kg/mn para las EAME. El segundo escenario corresponde a una relativa estabilidad desde el 2007 al 2010, con valores que oscilan alrededor de 580 kg/mn y 1825 kg/mn para las EAC y EAME correspondientemente. Finalmente, se observa un incremento significativo para el año 2011.

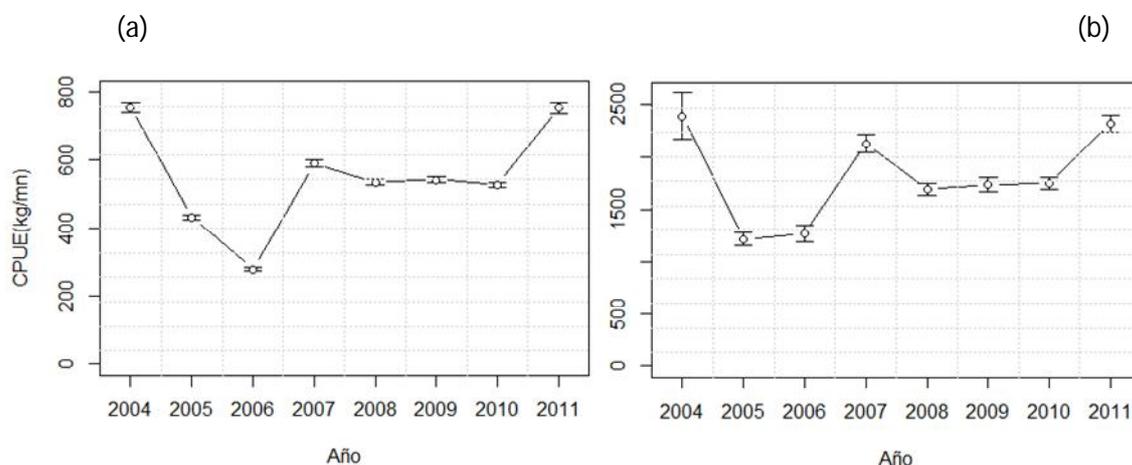


Figura 26. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (kg/mn). (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

2.3.2 Captura por Unidad de Esfuerzo (t/h)

La variación anual de la CPUE (t/h) presentó variaciones similares entre los dos tipos de embarcaciones, disminuyendo del 2004 al 2006 (de 1.8 a 0.7 t/h para las EAC y de 6.6 a 2.7 t/h para las EAME), aumentando durante el 2007 (a 1.6 t/h para las EAC y 5.5 t/h para las EAME), manteniéndose en valores medios hasta el 2010 (en promedio 1.5 y 5.0 t/h para las EAC y EAME respectivamente) y aumentando durante el 2011 (a 1.9 y 6.7 t/h para las EAC y EAME) (Figura 27a y 27b).

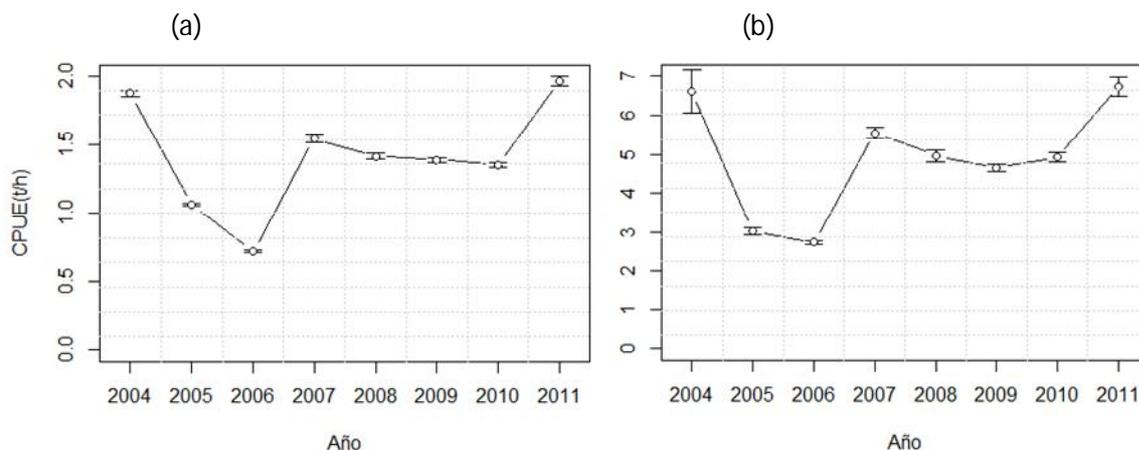


Figura 27. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (t/h) (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

2.3.3 Captura por Unidad de Esfuerzo (kg/h*HP)

La Captura por Unidad de Esfuerzo expresado en kilogramo por hora efectiva de arrastre por HP, mostró oscilaciones a lo largo de la serie de tiempo analizada (Figura 28a, 28h). Los periodos de más altos valores corresponden a los meses de mayo- junio 2004, noviembre 2007 a marzo 2008 y febrero - marzo 2011 (valores > a 8.0 y 10 kg/h*HP para las EAC y EAME respectivamente). Durante abril 2005 a diciembre 2006, ambos tipos de embarcaciones presentaron sus más bajos valores (< 4 kg/h*HP para las EAC y < 5 kg/h*HP para las EAME), sin embargo, esta caída se vuelve a repetir aunque no con la misma magnitud durante marzo 2008 a noviembre 2010 tanto para las EAC como para las EAME.

La variación anual de la CPUE (kg/h*HP) presentó variaciones similares entre los dos tipos de embarcaciones, disminuyendo del 2004 al 2006 (de 2.2 a 3.9 kg/h*HP para las EAC y de 7.8 a 3.9 kg/h*HP para las EAME), aumentando durante el 2007 (a 5.1 kg/h*HP para las EAC y 8.1 kg/h*HP para las EAME), manteniéndose en valores medios hasta el 2010 (en promedio 4.2 y 6.6 kg/h*HP para las EAC y EAME respectivamente) y aumentando durante el 2011 (a 6.4 y 9.3 kg/h*HP para las EAC y EAME) (Figura 28b, 28i). Es importante mencionar que para las EAME a partir del año 2008, la CPUE fue similar o incluso mayor a los obtenidos durante los año 2004.

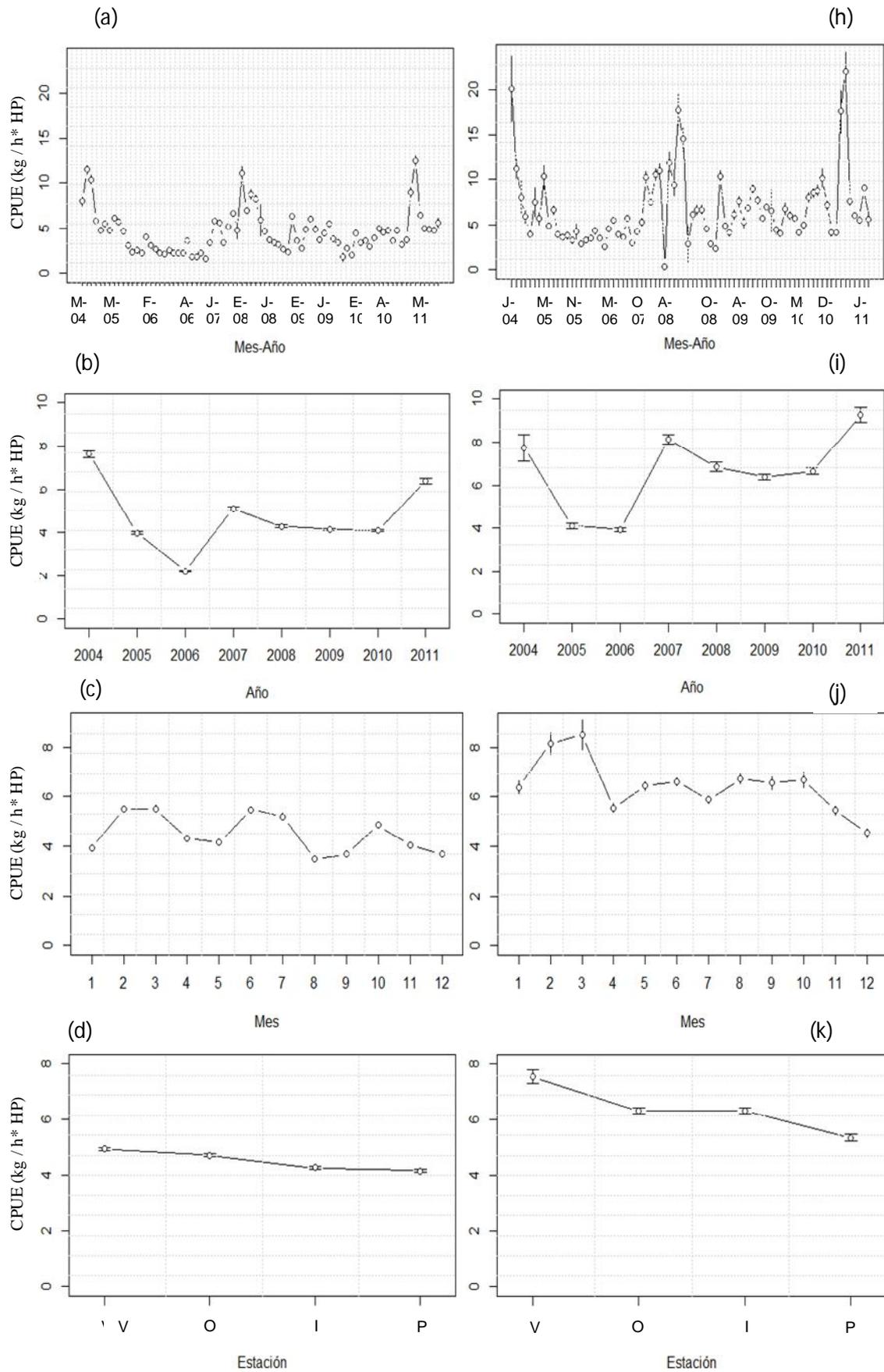
El patrón mensual de la CPUE (kg/h*HP) presentó oscilaciones con tendencia decreciente, siendo la CPUE más alta durante los primeros meses del año y menores en los últimos meses del año alcanzando en diciembre el valor más bajo (3.7 kg/h*HP para las EAC y 4.5 kg/h*HP para las EAME). Se mostró además picos durante los meses de junio y octubre para ambos tipos de embarcaciones (Figura 28c, 28j).

La variación estacional mostró que durante el verano se obtiene los mayores valores de CPUE tanto para las EAC como para las EAME (Figura 28d, 28k). Asimismo, para ambas embarcaciones se observa una disminución durante el otoño, decreciendo también progresivamente en invierno para las EAC y manteniéndose estable para las EAME. Durante la primavera se presenta cierta estabilidad de la CPUE para las EAC, mientras que para las EAME mostraron una clara disminución. Comparada con la EAC, la EAME presentó una mayor magnitud de la disminución de la CPUE.

Latitudinalmente, ambos tipos de embarcaciones presentaron la misma tendencia, aunque con magnitudes distintas (Figura 28e, 28l). La zona comprendida entre el 04°00' - 04°59' LS presentó altos valores de CPUE, alcanzando 5.4 y 7.5 kg/h*HP para las EAC y EAME respectivamente. La siguiente área con altas CPUE fue la comprendida entre 06°00' - 06°59' LS (5.6 kg/h*HP para las EAC y 7.5 kg/h*HP para las EAME), aunque con una alta desviación estándar. Por otro lado, los menores valores de CPUE (t/h) se presentaron en el área comprendida entre el extremo norte del dominio marítimo peruano y los 03°59' LS y entre 05°00' - 09°59' (con valores < a 4.5 kg/h*HP para las EAC y 5.8 kg/h*HP para las EAME). Es importante mencionar que estadísticamente no existe diferencias significativas entre la CPUE (kg/h*HP) obtenida por las EAME a diferentes grados de latitud ($p < 0,683$).

Al analizar la CPUE por hora del día, se observaron los valores más altos entre las 8 y 12 h para las EAC y entre las 6h y 12h para las EAME (Figura 28f, 28m). Después de este máximo, ambos tipos de embarcaciones mostraron una disminución hasta las 20 h, aunque ésta fue mucho más acentuada para las EAME. Desde las 21 h hasta las 5 h, la CPUE asciende ligeramente alcanzando valores muy por debajo a los obtenidos durante las horas con luz solar y con una muy alta desviación estándar para ambos tipos de embarcaciones.

El patrón de la CPUE por profundidad mostró que los más altos rendimientos son obtenidos entre las 41 - 100 bz y entre las 20 - 120 bz de profundidad para las EAC y EAME respectivamente, es importante mencionar la alta desviación estándar que presenta las EAME en las primeras brazas de profundidad (Figura 28g, 28n). Los rendimientos más bajos para las EAC se presentan a partir de las 120 bz, en cambio para las EAME los rendimientos más bajos se encontraron a partir de las 140 bz.



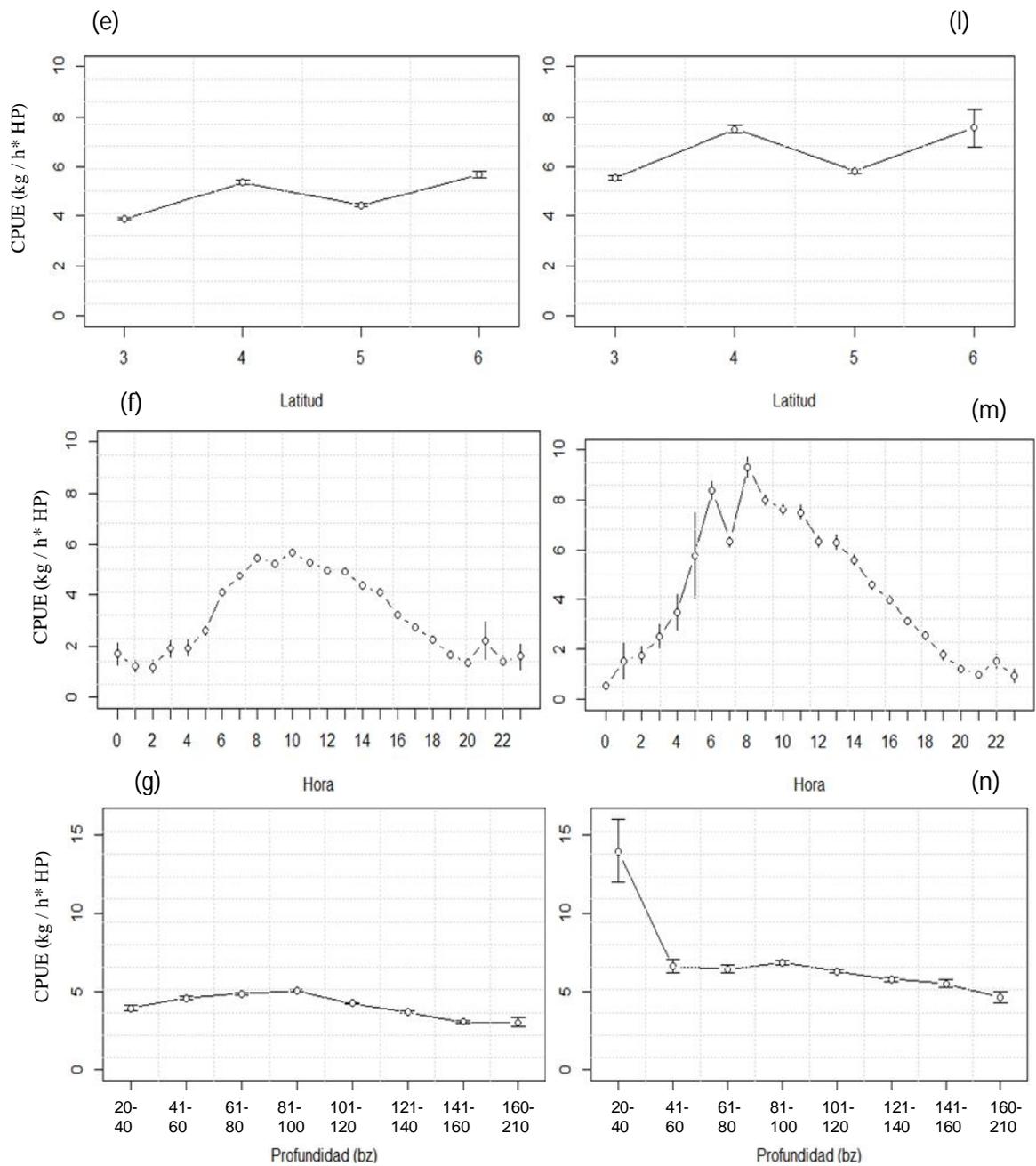


Figura 28. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza (kg/h*HP) a una escala anual, mensual estacional, latitudinal, horaria y por profundidad de las (a,b,c,d,e,f,g) EAC y (h,i,j,k,l,m,n) EAME. Las barras de error indican el error estándar.

Se postula que existen variaciones en la distribución de acuerdo a la latitud, hora del día, profundidad promedio y mes del año, por lo cual se aplicó el Modelo Aditivo Generalizado

(GAM) a fin de determinar la forma de la relación entre la CPUE (estimado como tonelada por hora de arrastre) y cada una de las variables.

La distribución de la CPUE (estimado como kg/h*HP) por horas del día según el GAM, mostró mayores rendimientos durante las horas diurnas y menor durante las horas nocturnas además de la mayor variabilidad (Figura 29). Por su parte la variación latitudinal, muestra que los mayores rendimientos se presentan principalmente entre los $04^{\circ}30' - 05^{\circ}00'$ LS, mientras que la distribución por profundidad presentó los más altos rendimientos entre las 60 y 120 bz; a mayor profundidad se observaron altos rendimientos, sin embargo también se observa una alta variabilidad y menor número de datos. Finalmente, la variación mensual desde el 2004 al 2011, mostró los valores más altos entre finales del 2007 e inicios del 2008, y a principios del 2011. Los valores más bajos se presentaron durante los años 2005 – 2006

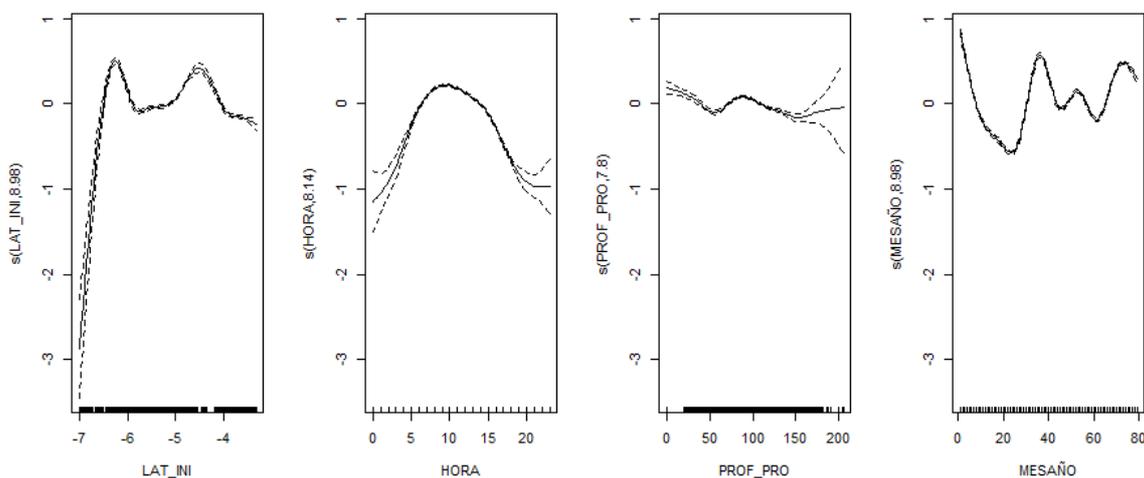


Figura 29. Modelo Aditivo Generalizado (GAM) relacionando la respuesta de la CPUE (kg/h*HP) de merluza en función a latitud, hora, profundidad y mes.

2.3.4 Correlación entre distintas unidades de CPUE

Al correlacionar estadísticamente las CPUE estimadas utilizando diferentes unidades por tipo de flota, se observó que existe una relación significativa media entre ambas variables tanto para las EAC ($r = 0.59$; $p\text{-value} < 2.2e-16$) como para las EAME ($r = 0.54$; $p\text{-value} < 2.2e-16$) (Figura 30).

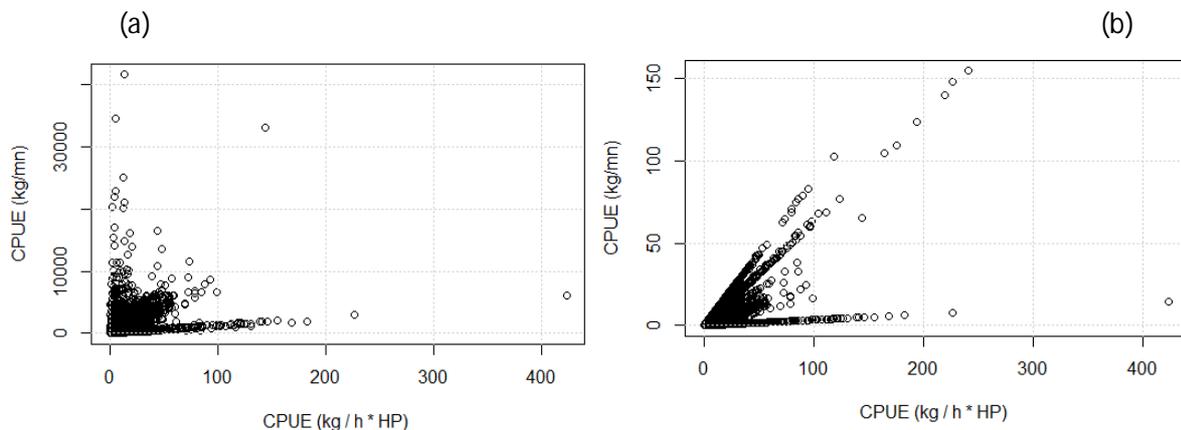


Figura 30. Relación entre la CPUE (kg/h*HP) y la CPUE (kg/mn) por tipo de flota (a) EAC y (b) EAME. 2004 – 2011.

2.4 Distribución Espacial de la Captura por Unidad de Esfuerzo (t/h)

2.4.1 Embarcaciones Arrastreras Costeras

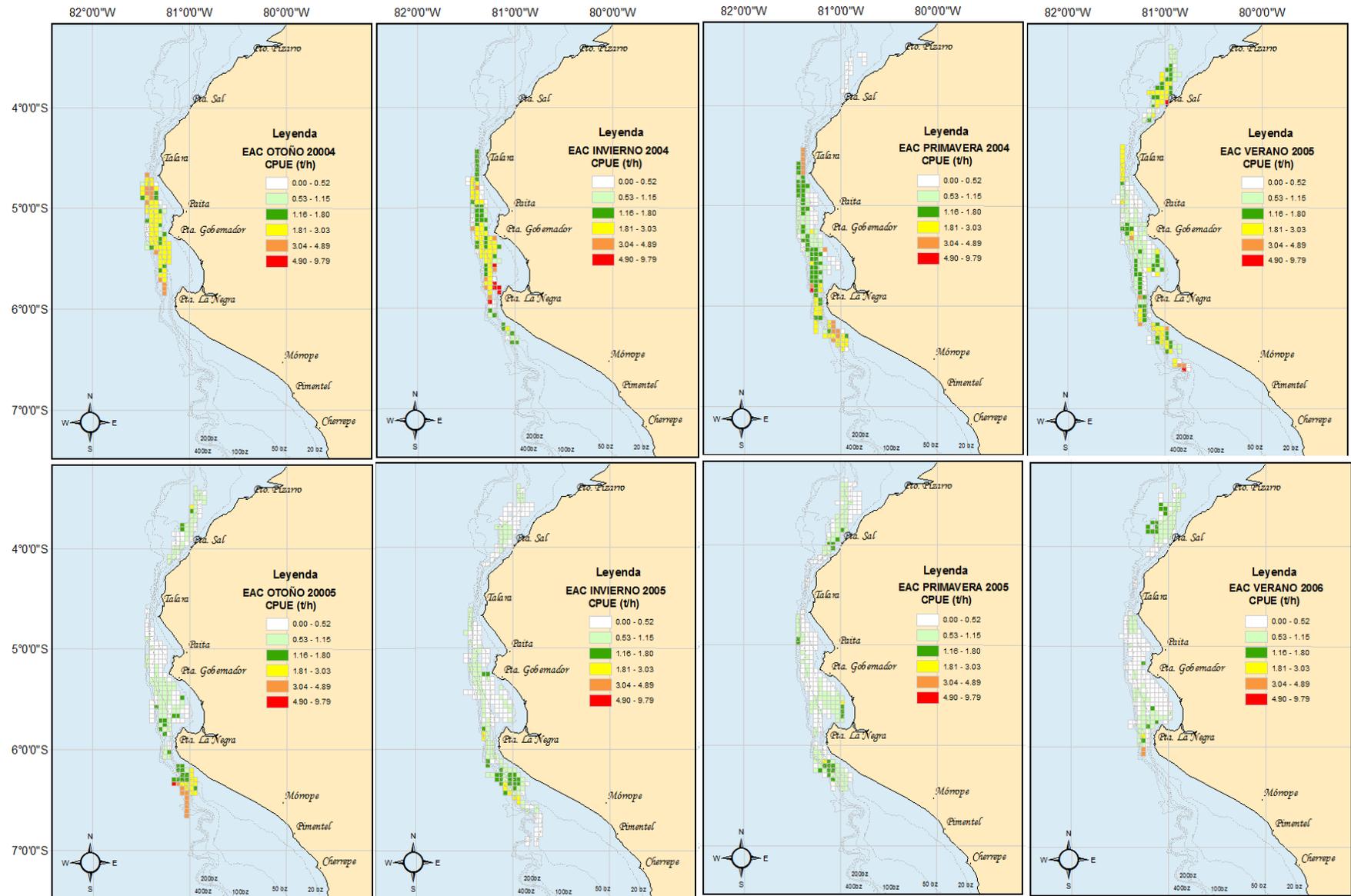
La distribución espacial de la CPUE mostró cambios espaciales no sólo a una escala interanual, sino también estacional (Figura 31). Durante el otoño del 2004, se observó una distribución espacial bastante concentrada, con mayor ocupación longitudinal que latitudinal y con valores principalmente entre 1.81 y 4.89 t/h; durante invierno 2004, se observó una mayor amplitud del espacio ocupado por la flota, sin embargo los valores disminuyeron encontrándose mayormente alrededor de las 1.16 a 3.03 t/h, con algunos cuadrantes de altos valores de CPUE ubicados al sur del área de distribución. En la primavera del 2004, ya se observa una mayor área de ocupación latitudinal de la flota con menores valores de CPUE, especialmente al norte del área de distribución y en zonas más cercanas a la costa, encontrándose los mejores rendimientos al sur del grado 06° LS. Si bien durante el verano del 2005, se observó una mucha más amplia distribución, se presentó también mayor número de cuadrantes con valores de CPUE que no exceden las 1.15 t/h, los mejores rendimientos se encuentran en los extremos norte y sur del área de distribución. Esta situación se acentúa aún más durante otoño 2005 a primavera 2006, con una amplia distribución, pero con valores de CPUE que no excedieron en su mayoría 1.15 t/h, encontrándose los mejores rendimientos al sur de los 06° LS y un pequeño foco con valores que no excedieron las 1.80 t/h en el norte. Durante verano del 2007, la flota operó principalmente al sur de los 05° LS manteniendo los niveles de CPUE de las estaciones anteriores. A partir de otoño 2007 se observa un incremento significativo de la CPUE (0.53 a 3.3 t/h) en toda el área de distribución, encontrándose al sur de los 04°30' LS los valores más altos de CPUE, esta tendencia se mantiene durante invierno del 2007, aunque con menor área de distribución. Durante la primavera del 2007, el área de operación sufre una ligera reducción con el aumento de los valores de CPUE oscilando principalmente entre 1.16 y 4.89 t/h. En el verano 2008, la reducción del área de distribución de la flota es

mucho más notoria, encontrándose principalmente al norte de los 05° LS con valores de CPUE de 1.81 a 4.89 t/h principalmente, al sur de esta área los valores de CPUE no sobrepasaron en su mayoría las 0.52 t/h. En otoño del 2008, la distribución estuvo totalmente restringida al norte de los 05° LS con valores de CPUE que en su mayoría no sobrepasan las 1.80 t/h; mientras que en invierno del 2008 se amplió el área de distribución sin embargo disminuyó la CPUE encontrándose principalmente valores por debajo de 1.15 t/h y ubicándose un pequeño foco al sur de los 05°30' con valores de CPUE de 1.16 a 1.80 t/h. En la primavera del 2008, se observa un incremento notable de los valores de CPUE (>1.16 t/h) al sur de los 04°30' LS, mientras que durante el verano 2009 este incremento se observó también al norte 04°00' LS. Similar distribución aunque con menores valores se observa durante el otoño 2009, estación en la cual además se apreció altos valores de CPUE entre los 04°30' y 04°45'. Durante el invierno y primavera 2009 y el verano 2010, los valores de CPUE disminuyeron notablemente, encontrándose principalmente valores que no excedieron 1.80 t/h. Esta situación mejoró durante el otoño e invierno 2010, ya que los valores de CPUE fluctuaron principalmente entre 1.16 y 3.03 t/h, aunque el área ocupada durante el invierno fue mayor. Durante la primavera 2010 aumenta la CPUE al sur de los 04°30'00' LS y disminuye al norte del área de distribución, presentando principalmente valores de 1.15 t/h. En verano 2011, se observó una clara concentración de CPUE altas entre los 04°45' LS – 05°15' LS, con valores que en su mayoría sobrepasaron las 3 t/h, mientras que al norte se encontraron valores entre 1.16 y 1.80 t/h. Estos altos valores de CPUE disminuyeron durante el otoño e invierno 2011, sin embargo ampliaron su área de distribución, encontrándose los más altos valores al sur de los 05° LS (< 3.03 t/h).

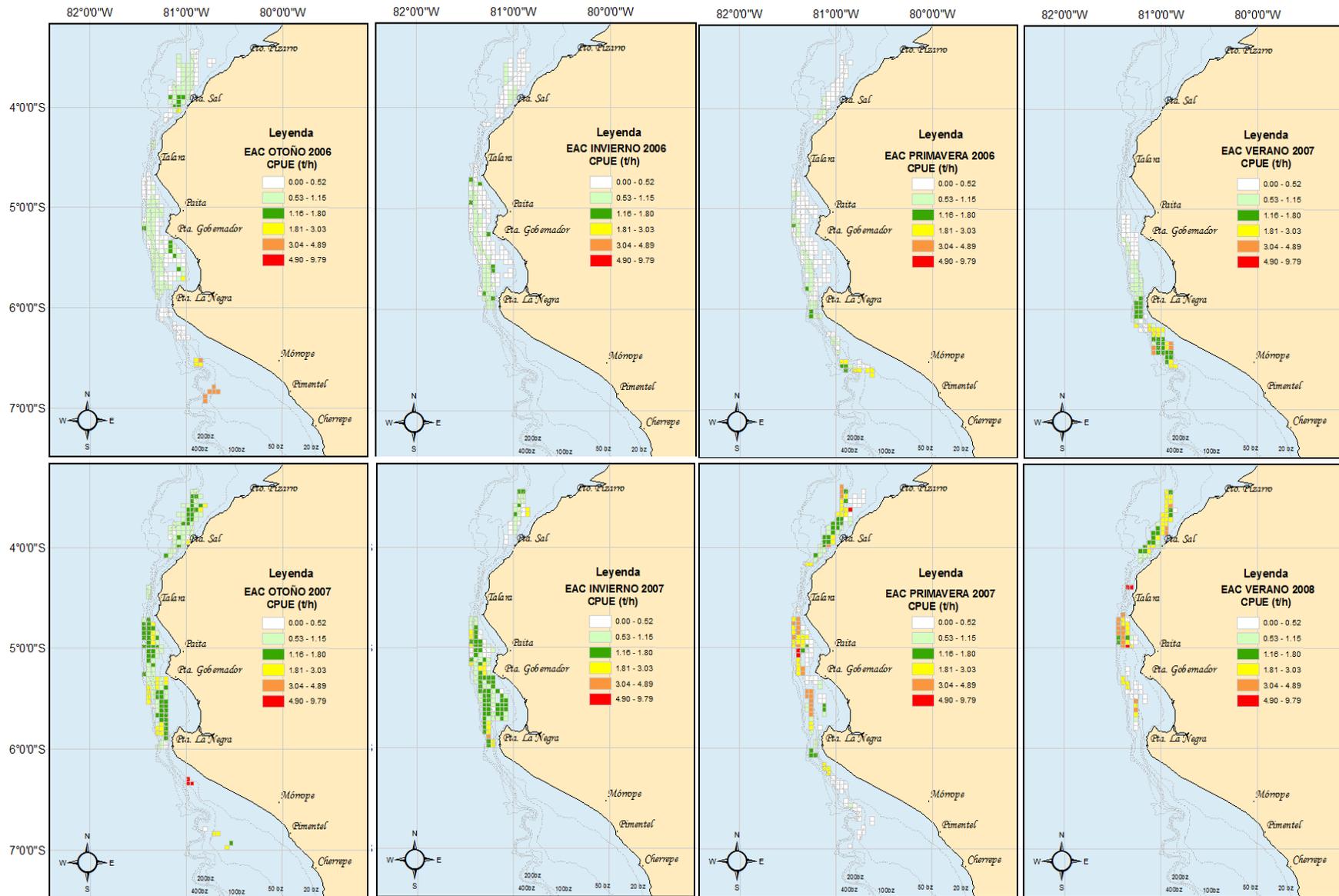
2.4.2 Embarcaciones Arrastreras de Mediana Escala

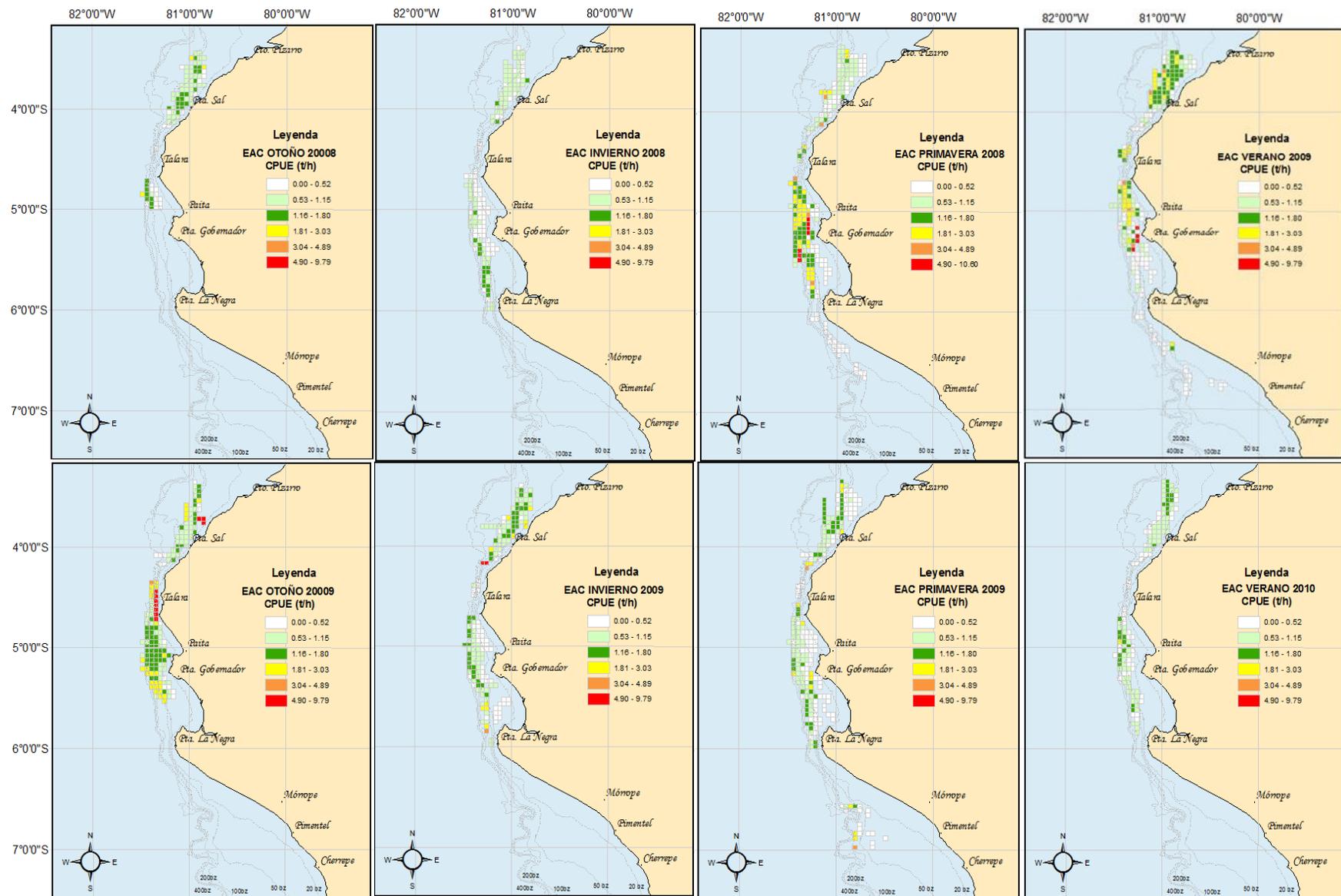
Durante el otoño e invierno del 2004, la distribución espacial de la CPUE (t/h) se observó restringida entre los 04°45' - 05°15' LS, con valores altos de CPUE que excedieron las 8.56 t/h principalmente (Figura 32). En la primavera 2004 se observó una mayor área de distribución pero con una disminución de la CPUE alcanzando valores menores de 5.40 t/h, sin embargo durante el verano y otoño 2005, esta área de distribución disminuyó ligeramente, aunque los valores de CPUE aumentaron, principalmente al norte del área de distribución. Durante el invierno 2005, el área de distribución se limitó al sur de los 04°30' LS con valores principalmente menores a 3.28 t/h; si bien, durante la primavera 2006 y verano 2007, el área de distribución se amplió, los valores de CPUE continuaron similares, aumentando posteriormente en el otoño 2007. De invierno 2007 a verano 2008, el área de distribución fue bastante restringida pero con valores de CPUE que superaron en su mayoría las 5 t/h, esta área se amplió a partir del otoño 2008 con valores de CPUE menores, tendencia que continuó encontrándose valores de CPUE muy bajos en toda el área de distribución durante el invierno 2008. El panorama mejora en primavera del 2008, ya que las CPUE incrementan notablemente, siendo altas también en verano 2009 aunque con una reducida distribución (> 8.56 t/h frente a Paita). Durante el otoño 2009, se observa una distribución relativamente uniforme de CPUE (3.29 - 8.55 t/h) en toda el área de distribución habitual de la flota. En invierno 2009, se reduce el área de distribución tanto latitudinal como longitudinalmente y las CPUE también muestran una disminución, la cual se acentúa más en la primavera del 2009. A partir del verano 2010 al verano 2011, si bien

se observó un incremento de la CPUE es clara la reducción del área de distribución, ubicándose principalmente al norte de los 05°20'LS. Durante otoño y primavera del 2011, el área de distribución se amplía y se reduce la CPUE.



Distribución espacio temporal de la captura y esfuerzo en la pesquería de la merluza peruana entre 2004 - 2011





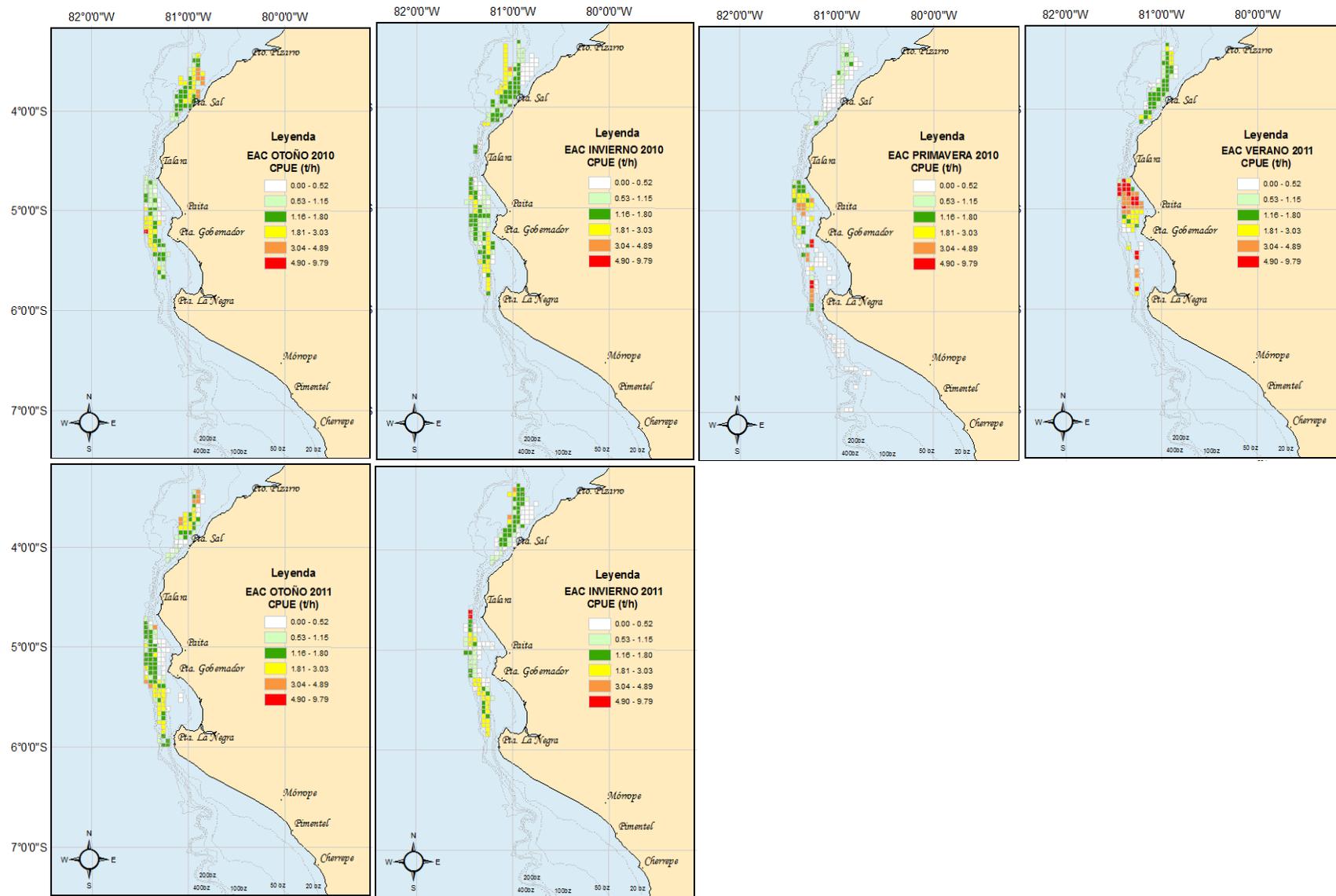
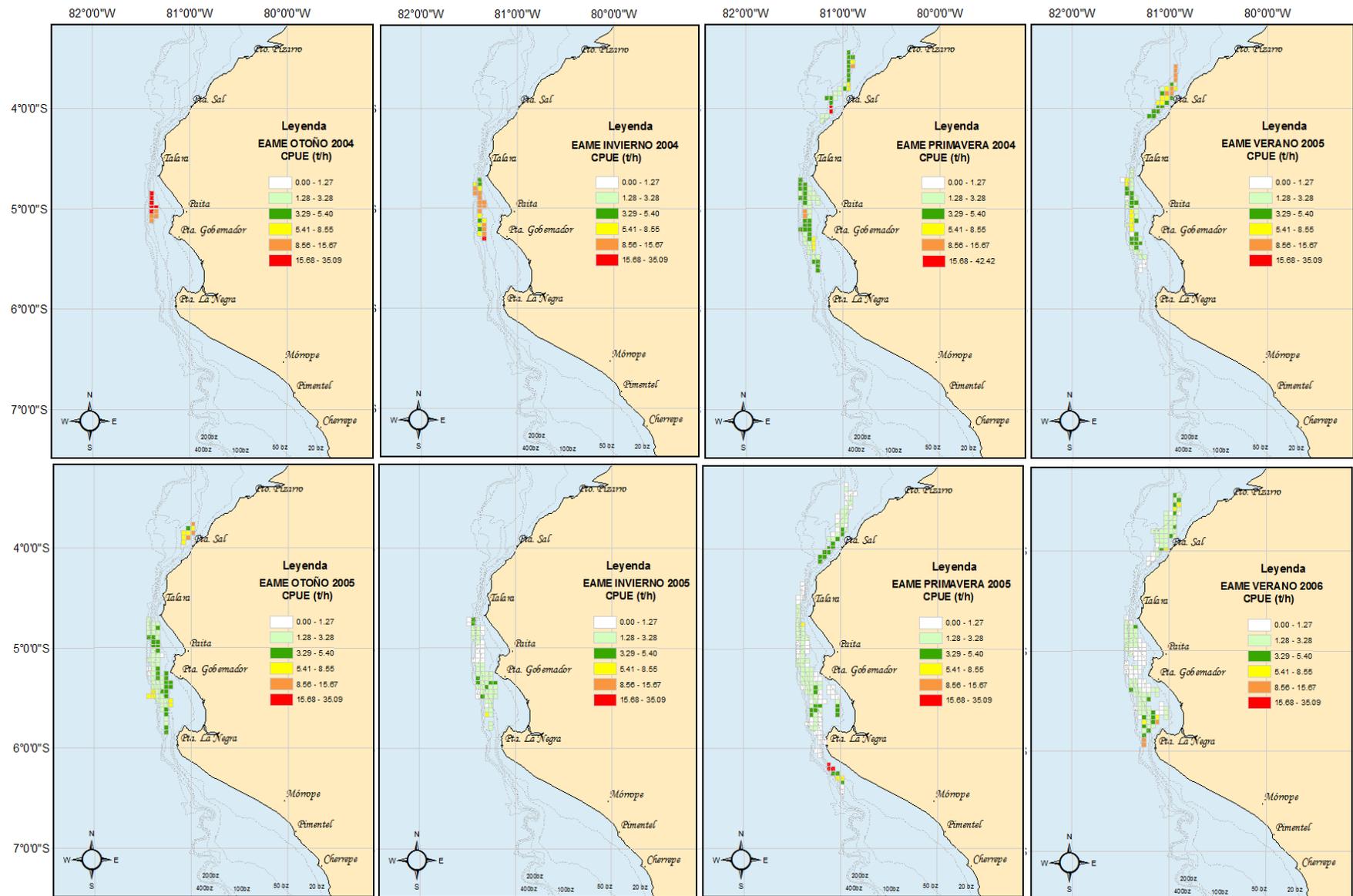
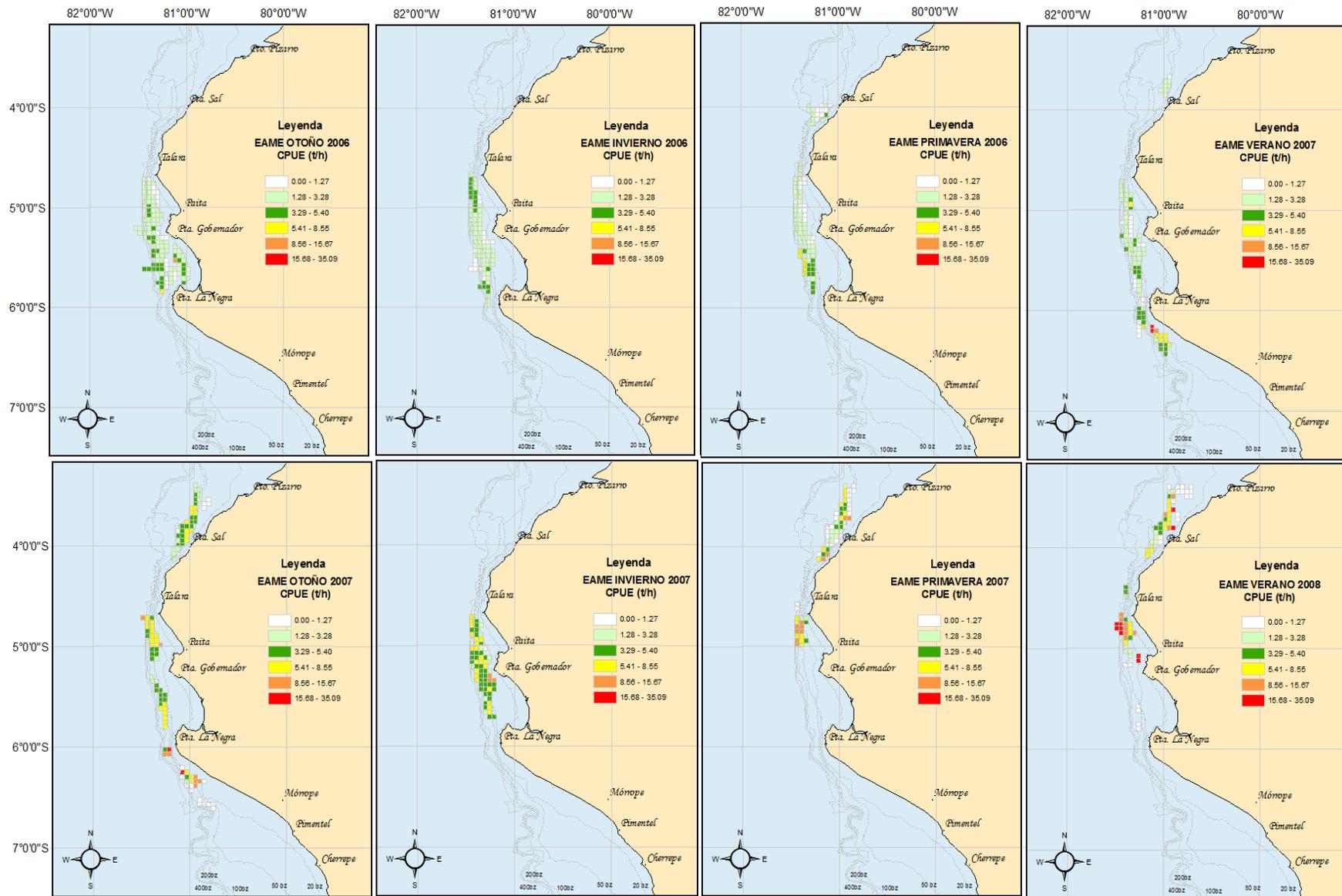
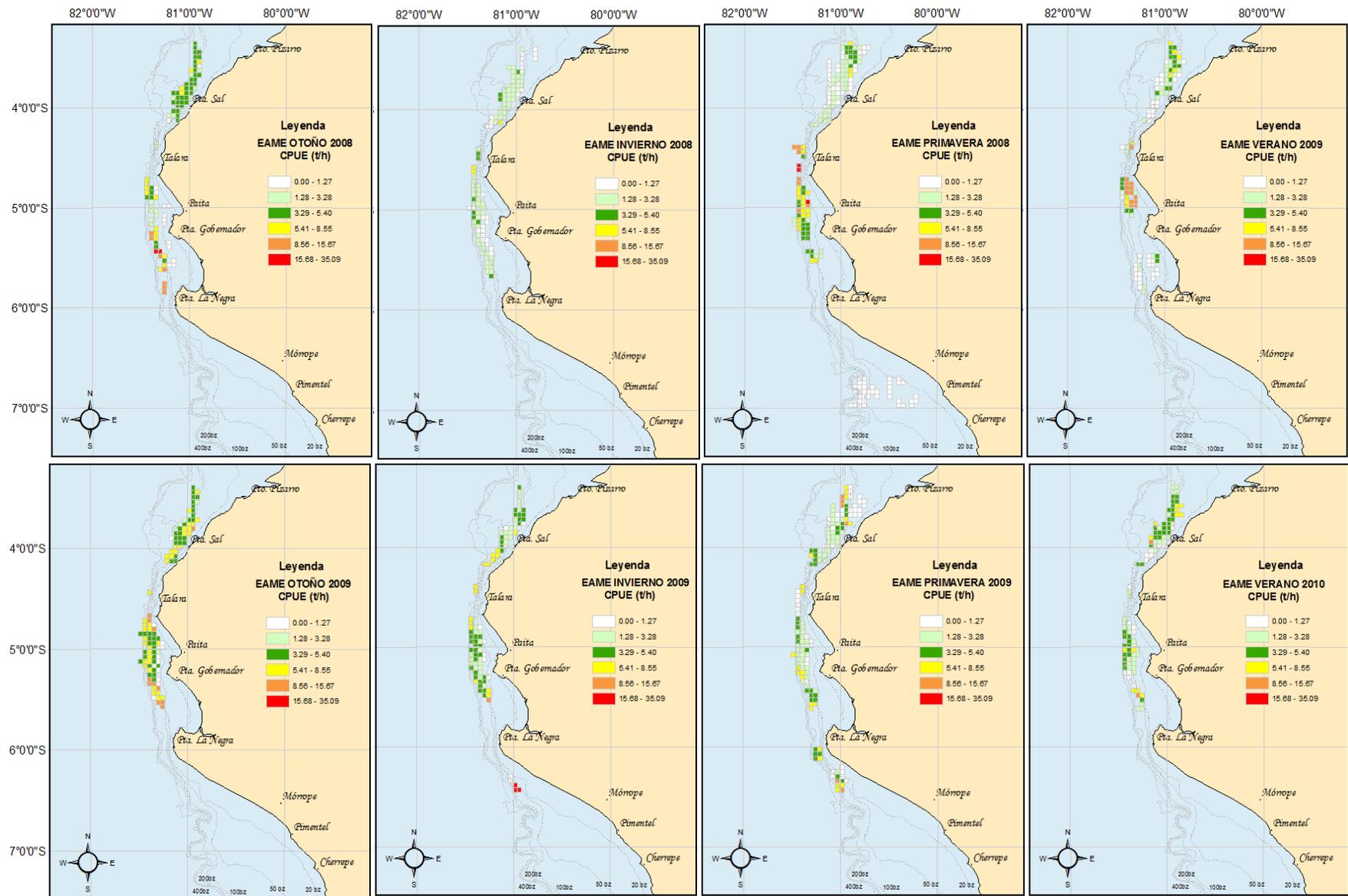


Figura 31. Distribución espacial de la CPUE de merluza a una escala estacional. EAC. 2004 – 2011.



Distribución espacio temporal de la captura y esfuerzo en la pesquería de la merluza peruana entre 2004 - 2011





Distribución espacio temporal de la captura y esfuerzo en la pesquería de la merluza peruana entre 2004 - 2011

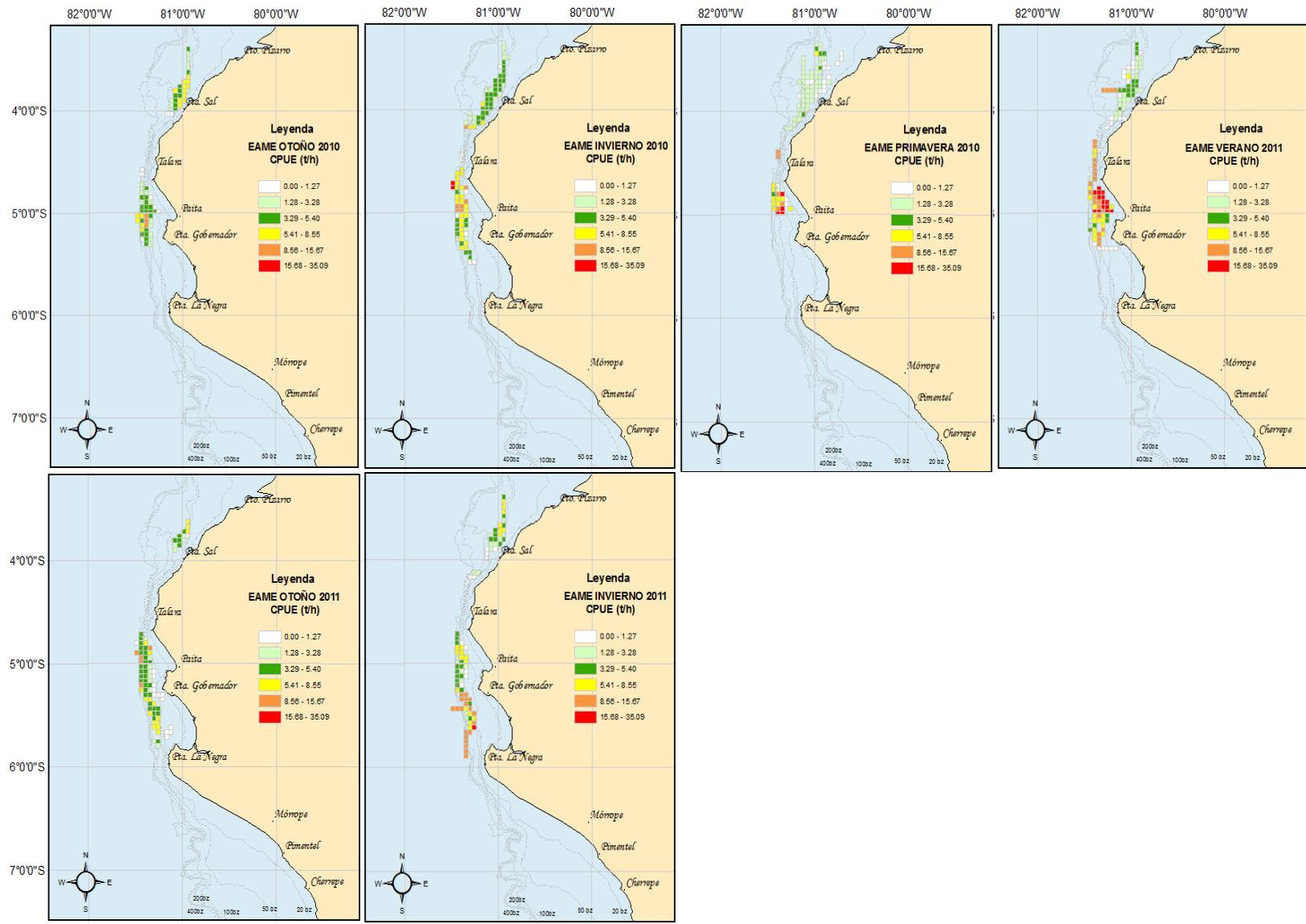


Figura 32. Distribución espacial de la CPUE de merluza a una escala estacional. EAME. 2004 – 2011.

2.5 Captura, cuota de captura anual y CPUE

Como se mencionó en el apartado 2.1, del 2005 al 2011 las capturas han estado por debajo de la cuota total establecida. Si observamos hasta el año 2008, la CPUE de merluza guardaba estrecha relación con el porcentaje de la cuota capturada, en otras palabras, el porcentaje capturado de la cuota establecida fue mayor en los años de más alta CPUE. Sin embargo, este patrón cambió durante el 2009 y 2010, es decir a pesar de que los rendimientos disminuyeron se acercaron más a la cuota establecida (Figura 33).

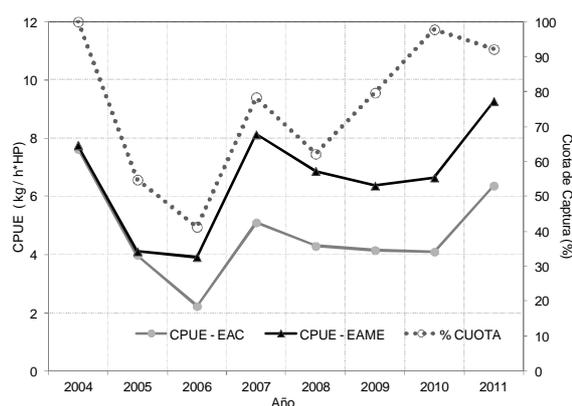


Figura 33. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza por tipo de flota comercial y porcentaje de captura en función al TAC. 2004 – 2011.

2.6 Captura de Merluza por grupo de Tamaños

Desde el 2004 al 2011, el número de individuos capturados por la flota arrastrera comercial, muestra un incremento paulatino. Durante el año 2004, las capturas estuvieron sustentadas básicamente por individuos de 29 a 34 cm, mientras que a partir del año 2005 se observa un incremento de la presencia de individuos de tamaños menores a 29 cm. El grupo de 30 a 34 cm, inicialmente mostró un marcado descenso, estabilizándose a partir del año 2008. Por su parte el grupo de merluzas mayores a 35 cm, que entre el 2004 y 2005 representó el 15 %, mostró una clara disminución, representando en promedio el 5% entre el 2006 al 2011. (Figura 34).

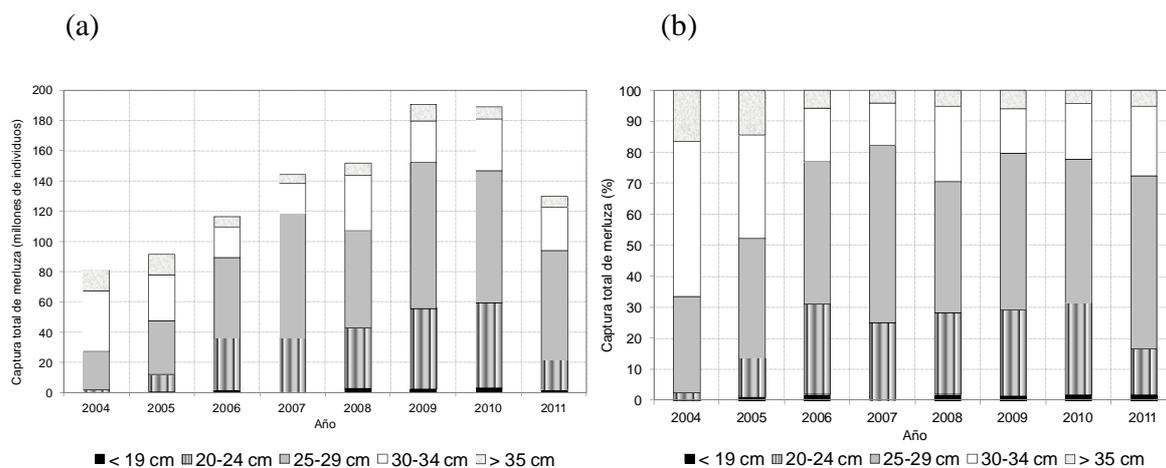


Figura 34. Captura total en (a) número y (b) porcentaje de merluzas por grupo de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011.

2.6.1 CPUE por tamaños de la merluza

En general, alrededor del 70 % de las merluzas capturadas entre el 2004 y 2011 estuvieron en un rango de tallas entre 20 y 29 cm. El análisis anual de la CPUE de merluza por grupo de tallas (n° ind/h*HP) entre el 2004 y 2011, muestra un claro incremento de las merluzas menores a 19 cm, siendo mínimas durante el 2004 y obteniendo su máximo valor con una mayor desviación estándar durante el 2011, es importante resaltar que durante el 2007, este incremento se vio interrumpido ya que se observó una disminución en su valor. La CPUE de merluzas entre 20 – 24 cm incrementó sostenidamente desde el 2004 al 2007, periodo después del cual descendió ligeramente hasta el 2009, incrementándose nuevamente en el 2010 y reduciéndose finalmente en el 2011. Asimismo, la CPUE de merluzas entre 25 – 29 cm mostró una disminución paulatina desde el 2004 al 2006, incrementándose notablemente en el 2007 y reduciéndose, aunque no a los niveles iniciales durante el 2008 al 2010, sin embargo durante el 2011 nuevamente se observa un notable incremento. Por su parte, la CPUE de merluza de tallas comprendidas entre los 30 - 34 cm, presentó una reducción desde el 2004 hasta el 2006, un incremento hasta 2008, una reducción en el 2009 y finalmente un incremento en hasta el 2011. Finalmente, la CPUE de las merluzas mayores a 35 cm, se redujo considerablemente en el 2006, manteniendo una relativa estabilidad con bajos valores hasta el 2011. En términos generales, se observa un claro incremento del número de individuos de merluzas capturadas por unidad de esfuerzo (Figura 35).

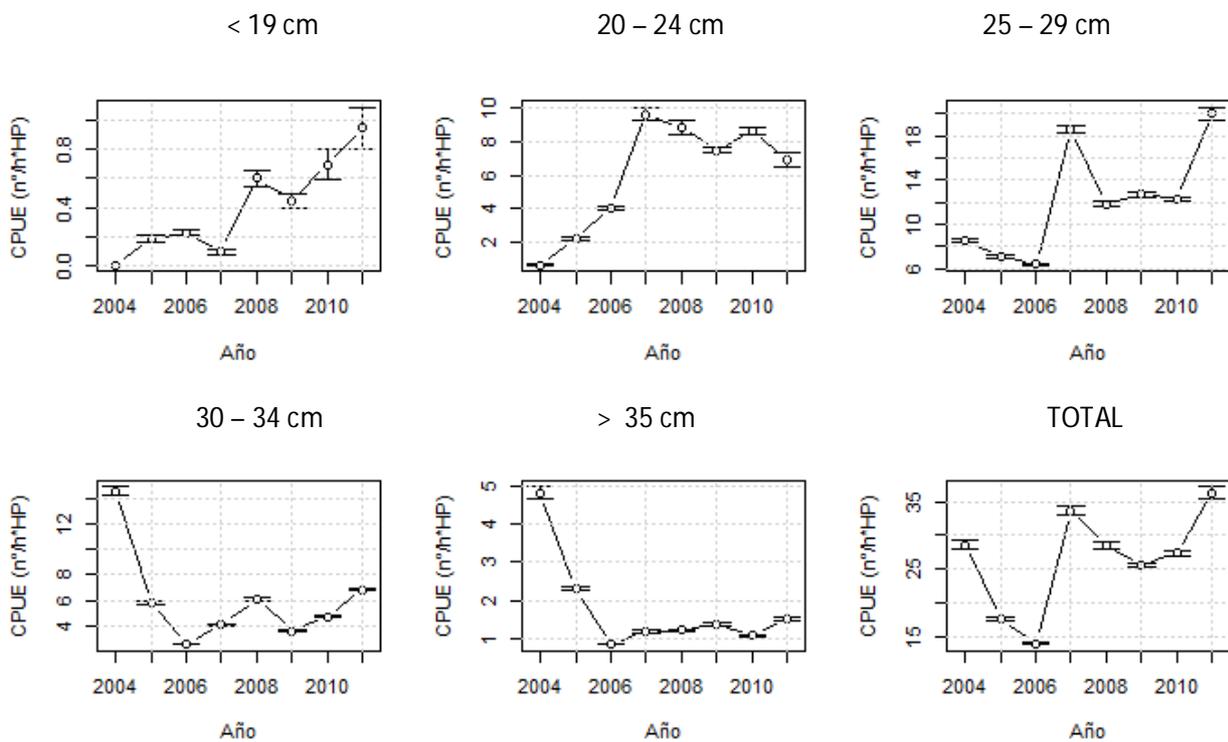


Figura 35. Captura anual de merluza por grupo de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

El patrón mensual mostró que las merluzas menores a 24 cm presentan menores valores de CPUE entre los meses de marzo a julio, siendo los más altos de octubre a febrero. Las merluzas de 25 a 34 cm no presentan un claro patrón mensual establecido pero si muestran los más bajos valores de CPUE durante los últimos meses del año, mientras que, las merluzas mayores a 35 cm presentaron los más bajos valores de agosto a diciembre. En general, la CPUE expresada en número de individuos por hora*HP, presentaron los valores más bajos entre abril y septiembre (Figura 36)

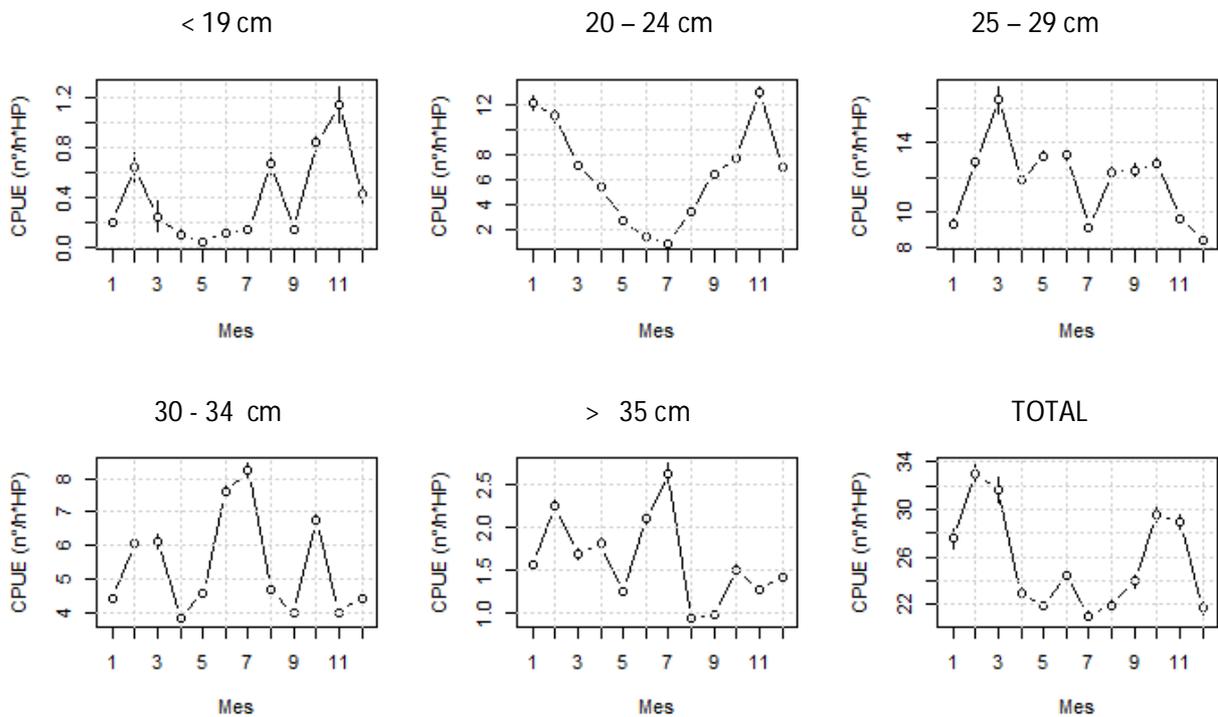


Figura 36. Captura por Unidad de Esfuerzo anual de merluza por mes de tamaños capturadas por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

El análisis de la CPUE por grupo de tamaño y por grado de latitud, permitió observar que la CPUE de merluza menor a 29 cm, fue mayor en el área comprendida entre los 04°00' - 04°59' LS y menor entre el extremo norte y los 03°59' y los 05°00' - 05°59'. Sin embargo, las merluzas mayores a 30 cm, presentaron sus más bajos valores entre los 04°00' y los 04°59' LS. En términos generales, la CPUE fue mayor en el área comprendida entre el grado 04°00' LS - 04°59' LS (Figura 37).

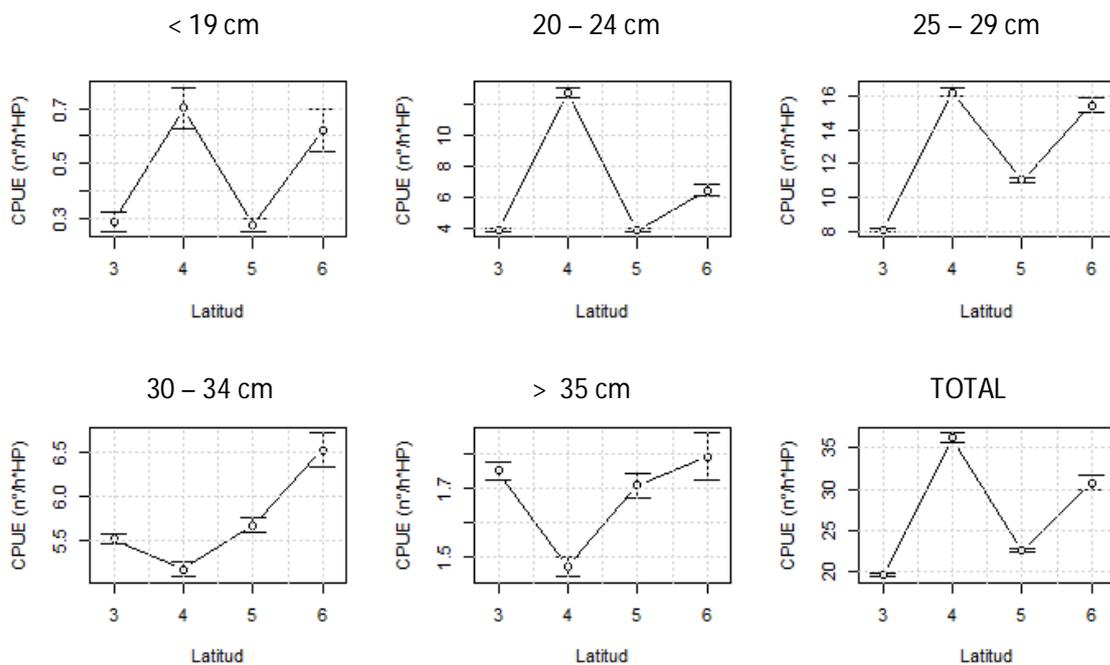


Figura 37. Captura por Unidad de Esfuerzo de merluza por grupo de tamaños por grado de latitud por la flota arrastrera comercial. 2004 – 2011. Las barras de error indican el error estándar.

IV. DISCUSION

La pesquería industrial de arrastre de merluza que opera en la costa norte del Perú, presentó una dinámica muy compleja debido a su estrecha relación con la dinámica de la merluza peruana. En general, la variación espacial y temporal del esfuerzo, captura y CPUE, son altamente fluctuantes y guardan estrecha relación con sus variaciones poblacionales. Entre el 2004 y 2011, se observó un desplazamiento de la flota arrastrera industrial en sentido sur-norte, con capturas (en peso) que disminuyeron en los primeros años, estabilizándose posteriormente, sin embargo, la captura en número de individuos mostró un incremento sostenido, encontrándose sustentada principalmente por individuos < 29 cm. Asimismo, se observó cualitativamente la existencia de una relación inversa entre el área de distribución de la merluza y su capturabilidad.

La caracterización de los patrones anuales e interanuales del comportamiento espacial y temporal de la flota en relación a la dinámica de la merluza peruana, se ha realizado discriminando los dos principales tipos de embarcaciones que operaron durante el periodo de estudio. Estos análisis diferenciando las EAC de las EAME, nos permitió, de una u otra forma, eliminar el ruido causado por las diferencias en las características físicas y operativas de ambos tipos de embarcaciones. Así pues, la flota EAME, es tecnológicamente más desarrollada y moderna reflejándose en la mayor eficiencia de captura; lo contrario de la flota EAC, cuya renovación tecnológica es lenta y por lo tanto tiene menor eficiencia de captura (Chacón, 2003). En este sentido, durante el periodo de estudio las EAME representaron alrededor del 4% del total de embarcaciones operativas, mientras que en términos de captura representaron más del 42 % del total. En general, los cambios en las estrategias operativas y/o variables de una operación de pesca, son menos notorias en las EAC, quizás originado porque esta flota se ha modernizado poco perdiendo así eficacia, impidiéndoles la versatilidad de la operatividad de sus embarcaciones. Además, el hecho de que las EAME tengan mayor autonomía les permite, por ejemplo, ejercer gran parte de su esfuerzo en la zona norte o desplazarse a mayor distancia de la costa cuando el recurso se encuentra alejado, mientras que las EAC se limitan a operar en zonas habituales de pesca.

Tradicionalmente, los estudios de evaluación y manejo de recursos pesqueros se basan en aspectos biológicos y poblacionales de las especies generalmente objetivo; sin embargo, el conocimiento de la dinámica de las poblaciones sometidas a explotación no es suficiente para desarrollar estrategias y esquemas de manejo y regulación eficaces, ya que ignora otra parte fundamental de la dinámica pesquera: el comportamiento de los pescadores. Está muy documentado que existen principios básicos en el comportamiento de las flotas pesqueras que son tanto o más útiles para la administración del recurso, que el solo conocimiento biológico poblacional de los stocks (Hilborn, 1985). Esta importancia, es mucho más relevante para el caso de la merluza peruana, no sólo por la gran dinámica espacio temporal que presenta, sino también por la importante cantidad y calidad de información que se colecta diariamente, ya que desde el año 2004 se cuenta con los datos del 100 % de la flota operativa. Sin embargo, es importante mencionar que la flota arrastrera industrial opera sobre una parte de la población, ya que cierta fracción del stock se encuentra fuera del territorio peruano (IMARPE, 2012) ó no accesible a la flota arrastrera comercial de merluza, es por ello que incorporar en trabajos futuros la información de la parte del stock

que esta fuera del territorio peruano y/o información de la flota artesanal sería de gran ayuda para la interpretación de las variables biológicas-poblacionales del recurso.

Los lances de pesca, vistos desde el punto de vista de velocidad, tiempo efectivo de arrastre y distancia arrastrada han presentado cambios a lo largo de la serie de tiempo analizada, especialmente para las EAME. Al correlacionar la hora efectiva versus la distancia arrastrada, nos arrojó una relación positiva y significativa (media) entre dichas variables. El hecho de que no exista una correlación directa alta entre estas variables, pudo deberse a que algunas embarcaciones pesqueras, especialmente las EAME, tienen mayor facilidad de cambiar de rumbo total o parcial con el fin de obtener los mejores rendimientos, lo cual, por la información colectada, no ha podido ser corroborado. A esto se aúna el hecho de que la escala en la que las posiciones de pesca son registradas, origina una pérdida importante de información, ya que las posiciones sólo cuentan con una precisión hasta de un decimal en los minutos. Las EAME presentaron una disminución en la velocidad, tiempo y distancia arrastrada promedio por lance. Quizás esto se deba a la sobrecapitalización, que resulta un estímulo para la sobrepesca, puesto que la excesiva capacidad de bodega en función a la cantidad de recurso disponible, obliga a los armadores a realizar pescas rápidas e intensivas, a fin de invertir mayor tiempo en la búsqueda de nuevos caladeros o zonas de pesca, tratando de amortizar los capitales invertidos en sus respectivas flotas (Agüero, M. y Claverí, M.). Otra explicación radica probablemente en que las EAME optimizaron su manera de trabajo gracias a su mayor autonomía, poder de pesca y capacidad de maniobra en zonas inaccesibles para las EAC, como entre cañones submarinos y zonas poco arrastrables. El hecho de que las embarcaciones arrastren mayor distancia y tiempo durante el otoño, pudo estar originado por la dispersión que normalmente la merluza presenta durante esta estación, ya que hay una mayor intensificación de la ESCC desplazándose el recurso y todo el subsistema demersal en sentido norte – sur (Samamé *et al.*, 1983, Espino y Wosnitza – Mendo, 1985, Espino *et al.*, 1995, Wolff *et al.*, 2003, Wosnitza - Mendo *et al.*, 2004; Vargas y Mendo, 2009). La diferenciación latitudinal, estuvo básicamente originada por la disposición del fondo marino, ya que el grado 04°00'LS es un área poco arrastrable, por lo que la duración y la distancia arrastrada fueron menores. Por su parte, la hora del día influyó sobre la duración y distancia de arrastre, siendo mayor durante las horas nocturnas, debido a la mayor dispersión del recurso, mientras que, durante horas de luz el recurso se encuentra menos disperso y asociado al fondo (Reyes, 1992), por lo que el tiempo y distancia de arrastre fue menor. Un punto importante que se debe mencionar, es que debido a la situación poblacional del recurso, no se ha incluido la capacidad de bodega desplazada por las embarcaciones arrastreras, pues no nos facilitó mayor información, ya que durante el periodo de estudio el limitante de captura no fue esta variable, pues la captura por viaje estuvo muy por debajo de la capacidad de bodega instalada en cada embarcación.

La hora de arrastre efectiva total se encuentra en estrecha relación con el número de lances realizados y a su vez con la distancia de arrastre. Es así que el esfuerzo pesquero expresado tanto en millas náuticas como en hora por HP mantuvieron las mismas tendencias entre 2004 y 2011. Si bien la relación es significativa entre las dos diferentes unidades de esfuerzo pesquero calculadas en el presente trabajo, las magnitudes en las que se diferencian las EAC y EAME dentro de cada una de ellas varía. Al utilizar las $h \cdot HP$ las diferencias de magnitudes entre ambos tipos de flota se acortaron, es decir que usando

como unidades la distancia recorrida (mn), las EAC ejercieron aproximadamente el 79% del esfuerzo total durante la serie de tiempo analizada, sin embargo al utilizar las h*HP este porcentaje se redujo a 64%. Si dos embarcaciones pertenecientes a dos distintos tipos de flota arrastran el mismo tiempo y/o cubren la misma distancia, el esfuerzo aplicado no es el mismo, ya que las EAME tienen un mayor poder de pesca, incluido en este caso como la potencia de motor. En general, se observó un incremento paulatino del esfuerzo pesquero principalmente de las EAME, aun cuando las embarcaciones arrastraron en promedio menos tiempo por lance, esto se debió a que reiniciaron sus operaciones embarcaciones de alto poder de pesca, que no habían participado de la pesquería durante los primeros años de la serie analizada. En el año 2011, se observa una disminución del esfuerzo pesquero, aunque este año sólo cuenta con datos hasta el mes de septiembre, podemos deducir, por los valores observados hasta el momento, que han sido más bajos que los encontrados durante los tres años anteriores. Un punto importante a mencionar es la diferencia que existe entre la profundidad a la que opera cada embarcación, ya que las EAME, al contar con un mayor poder de pesca, acceden a lugares más profundos que las EAC. Por otro lado, si bien el Vice-Ministerio de Pesquería no autoriza incrementos de flota ni otorga permisos de pesca, salvo que se substituya por igual capacidad de bodega de la flota existente en la misma pesquería, esto no nos garantiza que el poder de pesca no se incremente, ya que es sabido, que el poder de pesca de una embarcación depende más de las innovaciones tecnológicas que del tamaño de bodega (Wosnitza-Mendo *et al.*, 2007). De la misma forma, un punto que no ha sido aún resuelto es el hecho de que las embarcaciones arrastreras deberían contar con artes de pescas selectivas e implementadas con dispositivos de selección para preservar los recursos demersales.

Desde el inicio de la pesquería en los años 60, se ha observado una disminución progresiva del área de distribución de la merluza peruana, es decir existe un desplazamiento en sentido sur – norte de la población. Durante los años 70 la porción sur de la población de merluza alcanzaba principalmente hasta el Callao (12° LS), reduciéndose en los 80s hasta Huarney (10° LS), en los 90s hasta Chimbote (09° LS) y encontrándose en los 2000s hasta Pimentel (07°LS) (Guevara-Carrasco y Wosnitza-Mendo, 2009). Es importante tener en cuenta entonces, que se está analizando una población de merluza con un área de distribución bastante reducida, que es compartida con Ecuador y que además sobre ella el ambiente juega un rol muy importante, ya que durante El Niño la ESCC se fortalece generando condiciones favorables para una amplia distribución, una reducción del canibalismo y capturabilidad y también un buen reclutamiento de merluza tres años después (Guillén *et al.*, 1985; Arntz *et al.*, 1985; Wosnitza-Mendo and Espino, 1986), mientras que el evento La Niña tiene el efecto contrario. Es así que la dinámica estacional de la ESCC esta superpuesto sobre los cambios interanuales (Guevara-Carrasco y Leonart, 2007).

En la serie de tiempo analizada se observa un claro desplazamiento de la flota en sentido sur-norte, lo cual estaría condicionado por un aumento del esfuerzo pesquero en la zona habitual de pesca y por la búsqueda de mejores concentraciones del recurso. Por otro lado, el desplazamiento de la flota hacia el norte y sur que sufre durante los meses de marzo y septiembre respectivamente, puede estar influenciado por la aplicación de las diferentes medidas de manejo pesquero, ya que estas coinciden con los periodos de picos reproductivos en los que en general, la actividad pesquera se encontró suspendida o restringida a un área determinada. Estacionalmente, el hecho de que se observe un mayor

desplazamiento al sur durante la estación de otoño e invierno podría estar originado por la presencia de la ESCC cuyos reportes indican que la mayor intensidad se presenta durante la estación de otoño (Espino and Wosnitza – Mendo, 1988) y un replegamiento al norte durante primavera, lo cual coincide con el desplazamiento de la flota durante los años estudiados. En la zona norte la flota arrastrera comercial realiza sus operaciones de pesca a mayor profundidad que en la zona sur, esto provocado básicamente por la disposición del fondo marino, ya que la plataforma continental se extiende hasta las 35 millas frente a Puerto Pizarro y Máncora ($04^{\circ} 06' \text{ LS}$), hacia el sur se estrecha hasta casi desaparecer entre Cabo Blanco y Punta Pariñas (Negritos $04^{\circ}35' \text{ }^{\circ}\text{S}$), y entre Paita y Sechura ($05^{\circ}05' \text{ LS}$) la plataforma se extiende hasta las 15 y 20 millas respectivamente (GEF-ONUDI-IMARPE-IFOP, 2002). En general, las medidas de manejo pesquero influyen sobre la dinámica de la flota, sin embargo éstas medidas estuvieron basadas en la dinámica del recurso. Además si tenemos en cuenta que un pescador reacciona tal como lo haría un depredador ante algún cambio en el estado de su presa (Hilborn & Walters, 1992; Pelletier & Magal, 1996; Rose & Kulka, 1999; Salthaug & Aanes, 2003), y que las embarcaciones siempre van en busca de las mejores agregaciones de peces podemos deducir que el desplazamiento hacia el norte de la flota, responde a un desplazamiento de la merluza peruana, lo cual concuerda con lo afirmado por Castro, *et al*, 2003, que destacaron que el área de distribución de la merluza muestra una tendencia general a reducirse.

La CPUE comercial, comparada con los datos de cruceros de investigación, se caracteriza por un continuo abastecimiento de datos cuantitativos; ya que los cruceros científicos son a menudo conducidos anualmente sobre un periodo corto de tiempo, el enfoque supone entonces, que el stock se comporta de manera similar dentro de un año, es decir, la capturabilidad es constante. Esta suposición sabemos que a menudo no se cumple (Godó 1994, Pennington y Godó 1995). Otra ventaja radica en que las estimaciones de abundancia de los cruceros de investigación de peces de grupos de edad mayores suelen ser imprecisas, ya que se suelen comportar y distribuir de manera diferente en comparación con la parte más joven de la población, además, los cruceros a menudo se centran en los índices de los grupos de edad plenamente explotados. La CPUE comercial tiene, por lo tanto, un potencial de proporcionar una mejor información acerca de la abundancia de peces de grupos de edad mayores (Salthaug, y Godø, 2000). Asimismo, cuando los datos de captura son disponibles, el VPA es adecuado para estimar niveles históricos del stock, sin embargo los índices de abundancia de cruceros o pesquerías, deben ser usados para calibrar los más recientes resultados del VPA (Pope y Shepherd 1984). Quizás lo más importante en el uso de información comercial sea que el aumento de la utilización de datos de las capturas comerciales también puede mejorar la comprensión mutua y cooperación entre los pescadores y los científicos. La CPUE es usada entonces como índice de abundancia relativa por lo cual se asume la proporcionalidad con la abundancia del stock. Esto implica que la CPUE es proporcional a la densidad del pez en las áreas de pesca, y que la densidad media de los peces en las áreas de pesca es proporcional al tamaño de la población. Los pescadores son a menudo capaces de localizar las más altas concentraciones de peces y obtener altas tasas de captura, incluso en bajos niveles de stock, lo que puede debilitar este supuesto (Salthaug y Aanes, 2003). Otro problema es encontrar una medida adecuada del esfuerzo. Diferentes buques en una flota tienen diferentes eficiencias sobre una densidad de peces determinada (distinto poder de pesca) (Chacón, 2003). En adición, se espera que las embarcaciones incrementen su eficiencia con el tiempo debido al aprendizaje y mejoras

tecnológicas, haciendo que la unidad de esfuerzo elegida capture gradualmente una mayor proporción del stock. En este contexto, ¿considerando el dinamismo de la pesquería de la merluza peruana, qué unidad de esfuerzo es la más adecuada para estimar la CPUE? En el presente trabajo se estimó la CPUE bajo tres diferentes unidades de esfuerzo: tonelada por hora, kilogramo por milla náutica y kilogramo por hora por HP. Sin embargo queda claro que la CPUE debe ser una expresión única no sólo del poder de pesca de todas las embarcaciones involucradas sino también del espacio, tiempo y ambiente. Al analizar cada una de las unidades utilizadas, observamos que la distancia arrastrada (mn) puede ser una adecuada unidad, quizás la más real, siempre y cuando ambos tipos de embarcaciones operen de forma similar, tengan el mismo poder de pesca, los arrastres sean rectos y no exista un cambio en el rumbo. Sin embargo, sabemos que en la práctica esto no siempre ocurre, aunado a esto está el hecho de que no se cuenta con la información necesaria para detectar dichas variaciones en la operatividad, ya que se registra únicamente la posición inicial y final de cada lance. En otras palabras, si se registrara el cambio de rumbo y /o dirección que las embarcaciones realizan durante un lance y se toma información adicional, como por ejemplo la abertura de la red, ésta unidad (mn) podría ser ajustada y utilizada como una aproximación al real esfuerzo pesquero aplicado. Por otro lado, es claro que si utilizamos la hora de arrastre efectiva, asumimos que se ejerce el mismo esfuerzo pesquero en un mismo tiempo arrastrado por las EAC y las EAME. Para corregir este sesgo, se decidió multiplicar la hora de arrastre por la potencia de motor, observando entonces la misma tendencia y con magnitudes comparables, logrando que con la información disponible, la CPUE se exprese con una sola magnitud para ambos tipos de embarcaciones, es por ello que nuestros análisis espacio-temporales se basan en estas unidades.

Aun teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el párrafo anterior, durante la serie de tiempo analizada las fluctuaciones que presentan las CPUE guardan la misma tendencia, siendo superiores para las EAME, lo que puede ser explicable por su mayor poder de pesca que le permite operar con redes de mayor tamaño, ya que las EAME utilizan por lo general redes de 2 tapas, con aberturas de boca entre 40 a 98,0m; largo de la red entre 65,7 a 129m mientras que las EAC utilizan por lo general redes de 4 tapas, con aberturas de boca entre 24,2 a 58,5m; largo de la red entre 34,9 a 91,8m (Chacón, 2003). Por otro lado parece ser que el periodo de veda permanente que se dio entre septiembre del 2002 mayo del 2004, permitió un reordenamiento espacial de la merluza lo que se reflejó en índices de abundancia relativa altos. Este periodo de alta CPUE, fue muy importante especialmente para las EAC, ya que obtuvieron rendimientos similares a los obtenidos por la EAME. Estos altos índices de abundancia corresponden a una mayor concentración espacial de las embarcaciones y, probablemente, del recurso, lo que conlleva a un aumento en la capturabilidad. Sin embargo, al final de este periodo entre los años 2005 y 2006, nuevamente se observó un descenso continuo de la CPUE hasta alcanzar valores bajos y equiparables al periodo previo de la veda permanente especialmente para las EAC, ocupando mayores áreas pero con rendimientos bajos, quizás en búsqueda de las mejores concentraciones de peces y asociado a una baja capturabilidad. Entre el 2007 y 2010 se observa una relativa estabilidad con una menor área ocupada por la flota, y siempre con mayores rendimientos para las EAME. Finalmente, la CPUE se incrementó durante el 2011, pero no en toda el área de distribución ya que se observó una alta concentración frente a Paita, situación que no se observó años anteriores, ya que estas concentraciones fueron encontradas principalmente al sur del área de distribución. Como se observa, a partir

del año 2008 (excluyendo del análisis al año 2011, por no contar con los datos hasta el mes de diciembre), los rendimientos no mostraron un incremento, sin embargo, si aumentó el porcentaje capturado del TAC asignada, por lo que necesitaron aplicar un mayor esfuerzo para poder acercarse a su cuota. El aplicar un mayor esfuerzo implica no sólo aumentar la explotación sino también una mayor inversión técnica y económica. Es importante tener en cuenta que para mantener la eficacia de los TAC y las ITQ, es necesario seguir de cerca a los pescadores y a la flota y su relación con el manejo pesquero (Pauly, 1995). Si bien hay evidencias de involucrar a todos los sectores que participan de la pesquería, ya que durante el periodo de estudio se conformó la Comisión Técnica de la merluza peruana, donde participan representantes del Ministerio de la Producción, Dirección General de Pesca, IMARPE, Sociedad Nacional de Industrias y el Sindicato Único de Pescadores del Puerto de Paita y de los Barcos Arrastreros, con la finalidad de avanzar con la recuperación de la mencionada especie, estos esfuerzos no han sido suficientes. En las últimas décadas, se ha tendido a separarse más y olvidar que el enfoque ecosistémico requiere tener en cuenta las cuestiones sociales, económicas, evolutivas y por supuesto ecológicas.

Por otro lado las variaciones producidas por efectos de El Niño y las variaciones de la intensidad de la ESCC podrían sesgar la estimación de abundancia relativa ya que como producto de la intromisión de aguas ecuatoriales y aguas subsuperficiales ricas en oxígeno la dimensión de las áreas de distribución cambia, produciendo cambios en la densidad de la población no relacionados con cambios de abundancia (Espino & Yamashiro, 1996). Otro factor importante son las medidas de manejo pesquero aplicados a lo largo del periodo de tiempo analizado, las cuales han sido altamente dinámicas. Durante el año 2004, la pesquería estuvo autorizada desde el extremo norte del dominio marítimo peruano hasta los 07° LS, luego este área se redujo autorizándose la pesquería principalmente al norte de los 06° LS alternando con periodos en los cuales se redujo el área incluso más al norte. Existen pequeños periodos (días) en los cuales se observa una mayor área autorizada de pesca, estos corresponden a las actividades científicas que realizó el IMARPE en colaboración con la empresa privada (Operaciones Merluza, Pesca Exploratoria) (Figura 38). Estas variaciones, han ocasionado que el esfuerzo se concentre y/o se desplace a determinadas zonas, incrementando, por ejemplo, los valores durante los años en que la pesquería estuvo abierta hasta los 07°00'LS y disminuyendo cuando se encontró restringida al norte del área de distribución, principalmente debido a que no todas las embarcaciones están en la capacidad y/o les es económicamente rentable desplazarse a zonas alejadas del principal puerto de desembarque (Paita - 05°05' LS). Pero ¿hasta qué punto es beneficioso para el recurso disminuir el área de operatividad de la flota si no se reduce el esfuerzo aplicado? Teniendo en cuenta la segregación latitudinal por tamaños, el hecho de suspender la actividad pesquera en la zona sur, contribuirá con las merluzas de menor tamaño, pero ¿qué podemos esperar de la porción de la población que se encuentran en las áreas autorizadas de pesca con una fuerte concentración del esfuerzo pesquero?

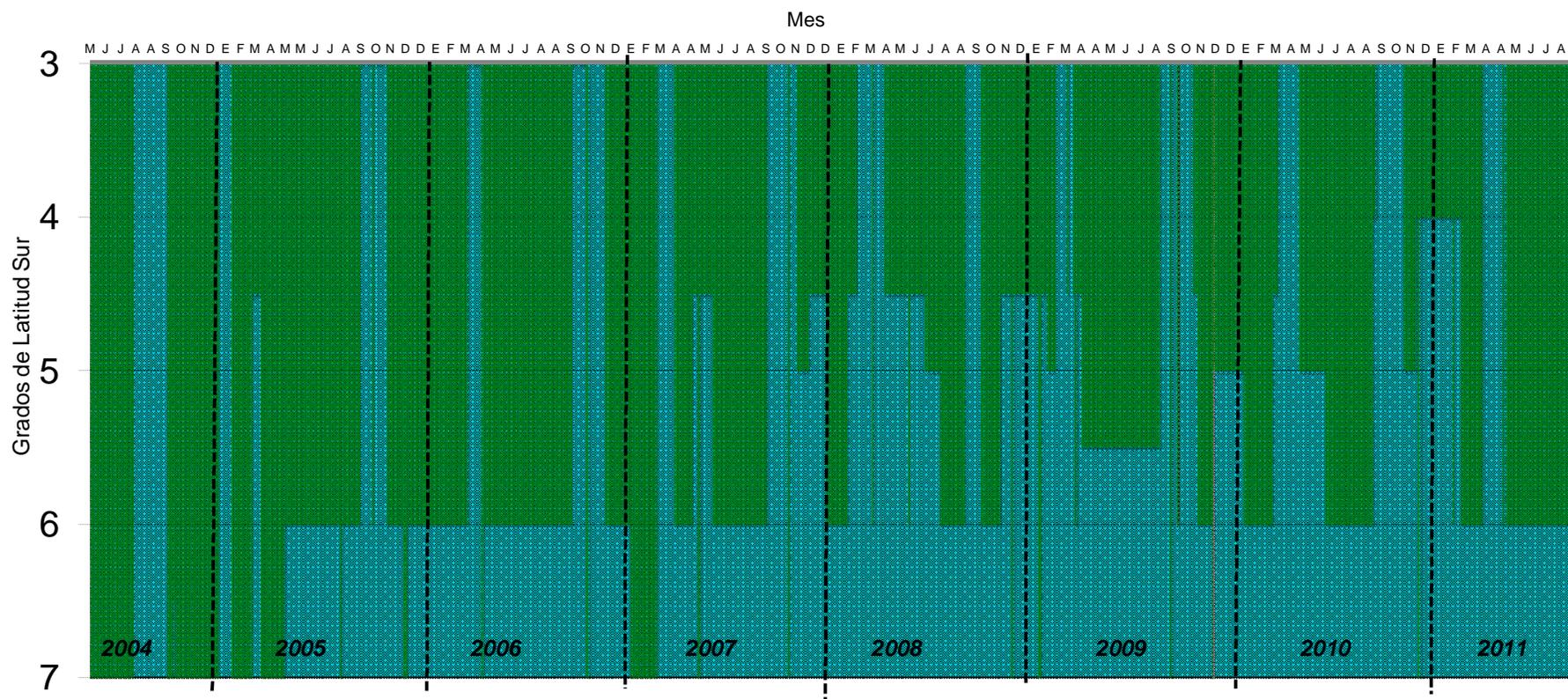


Figura 38. Zonas autorizadas de Pesca de merluza (verde) y zonas donde la actividad estuvo suspendida (rojo). 2004 – 2011.

Las CPUE de las EAC y EAME por estratos de profundidad no estuvieron correlacionadas, esto provocado principalmente por la diferencia que existe entre la profundidad a la que opera cada tipo de flota. Por su parte, la variación estacional de la CPUE estuvo influenciada principalmente por la estacionalidad que presenta la ESCC, ya que las más altas CPUE se presentaron durante las estaciones de verano y otoño y las más bajas durante la primavera (Espino *et al.*, 1985; Espino and Wosnitza-Mendo, 1988; Wosnitza-Mendo *et al.*, 2004), es decir, la disponibilidad de la merluza, a menudo varía estacionalmente debido principalmente a las migraciones (Salthaug y Godo, 2001). De acuerdo a las horas del día, se observó que las mayores CPUE se obtuvieron durante las horas de luz y menor durante la noche, esto se debe a que durante su ciclo de vida principalmente de los adultos, la merluza peruana presenta una migración nictimeral compuesta por desplazamientos principalmente verticales, esta migración vertical presenta una dinámica cíclica interpretable como migración trófica, distribuyéndose durante el día a mayor profundidad y asociado al fondo, mientras que durante la noche migra a la columna de agua. Latitudinalmente, los valores de CPUE son mayores entre los grados 04°00' - 05°00' LS, sin embargo durante los años 2004 al 2006 también se encontraban los más altos valores de CPUE entre los grados 05°00' - 06°00' LS. La distribución espacial de la CPUE nos permitió ser más precisos y observar que la concentración de altas CPUE se encuentra entre los 04°30' y 05°10' LS, y no más al sur como al principio de la serie tiempo, este cambio de áreas de mayores CPUE puede ser el motivo principal del desplazamiento en sentido sur-norte que ha experimentado la flota y que de seguro está motivado por un desplazamiento del recurso. Es de esperar que la biomasa esté relacionada positivamente con la CPUE como un indicador de la variación de la abundancia relativa de merluza, pero una vez más se comprueba que dicho índice se encuentra influenciado por factores propios del comportamiento del pez y del pescador. Por lo que con el fin de disminuir dicha influencia sobre todo los correspondientes al comportamiento de la flota y su mejoramiento técnico en el tiempo y la influencia de la variación cíclica del ambiente sobre el comportamiento del recurso, es necesario una contar con una CPUE estandarizada, para lo cual se debe identificar los cambios o los posibles cambios que engloben el comportamiento del pescador y del recurso (Gulland, 1983).

Como hemos discutido líneas arriba, la CPUE total (en cualquiera de las unidades presentadas en este trabajo) se ha mantenido y/o incrementado a partir del año 2007, entonces si además de no considerar el posible efecto de la hiperestabilidad (Erisman, 2011), dejamos de lado la estructura de tallas de la merluza, podríamos pensar que los niveles poblacionales se han mantenido o aumentado en este periodo de tiempo. Sin embargo, durante el 2004 y 2011 observamos un cambio importante en el grupo de tamaños de merluza que sustenta la pesquería, con el incremento constante de la CPUE ($n^{\circ}/h*HP$) de las merluzas menores a 29 cm y la disminución de las mayores a 29 cm. Recordemos que los datos del año 2011 sólo corresponden hasta el mes de setiembre, es decir no incluyen los datos de la época de reclutamiento, por lo que esperamos se incremente aún más el número de individuos jóvenes capturados. En conclusión, a partir del año 2004, se ha capturado paulatinamente un mayor número de individuos jóvenes, que podrían poner en riesgo la recuperación del recurso. Las interpretaciones realizadas a partir de la información pesquera deben tener en cuenta la historia de la población que estamos estudiando. Considerando que la longitud media de la captura de merluza ha mostrado disminución drástica desde el inicio de la pesquería, es importante reflexionar en lo planteado por Pauly,

1995 acerca del “*shifting baseline syndrome*”. Esto originado porque cada generación de científicos acepta como línea de base el tamaño de la población y la composición de las especies que se produjo a principios de sus investigaciones, y la utiliza para evaluar los cambios. Cuando la próxima generación comienza sus investigaciones, las poblaciones han disminuido aún más, pero son los análisis en ese momento que sirven como una nueva línea de base, lo que nos lleva a tomar los puntos de referencia inapropiados para identificar objetivos de las medidas de recuperación de la merluza. La longitud mínima reglamentada de captura de merluza es 35 cm, esto quiere decir que la situación es aún más complicada, ya que adicional a lo expresado líneas arriba acerca del incremento en número de las merluzas capturadas, actualmente se captura más del 90% de merluzas menores a la talla legal permitida. Entre 2004 y 2006, ¿qué ocasionó este cambio en la composición de tamaños de la merluza capturada, el cual fue incrementando paulatinamente? Fue quizás un aumento en su disponibilidad y vulnerabilidad ocasionada por cambios ambientales, que obligó a las merluzas a desplazarse hacia el norte del área de distribución?, o quizás este cambio en la disponibilidad se originó porque las merluzas más pequeñas ocuparon las áreas dejadas por las merluzas más grandes las cuales fueron capturadas por la flota industrial? Estas y otras interrogantes no han sido resueltas durante el presente trabajo, pero si se han originado a partir del desarrollo del mismo.

El uso de bitácoras pesqueras entonces, permite sugerir o generar resultados innovadores y de buena calidad que pueden ser tomados como base en los procesos de evaluación de stocks y de sus pesquerías. Queda claro que la flota arrastrera de merluza resultó ser dinámica en un escala de observación intra-stock. Es decir ampliaron o disminuyeron su cobertura espacial pero circunscrita siempre a una angosta franja que comprendió hasta tres grados de latitud (quizás el tamaño de una agregación) y a un puerto de operaciones (Paita, 05°05' LS). En función al tiempo, si la cobertura espacial de la flota tuviera una relación inversa con la capturabilidad (como notamos en el presente trabajo), quedaría comprobado que para el caso de la flota arrastrera de merluza esta no sería constante.

Este trabajo ha contribuido a entender los cambios en la operatividad de la flota arrastrera industrial de merluza, detectando patrones de distribución espacial y temporal del esfuerzo, captura y CPUE entre el 2004 y 2011. Además permitió comparar las diferentes unidades de captura y esfuerzo que pueden obtenerse fácilmente de los datos del seguimiento de la pesquería. Esto supone un paso importante para el manejo pesquero, ya que contribuirá a generar en tiempo real sugerencias coherentes sobre el comportamiento espacio-temporal del recurso.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con el presente trabajo, se determinó que existen variaciones espaciales y temporales en cuanto al tiempo efectivo de pesca, poder de pesca, y distribución de la flota, por lo que se debe llevar a cabo la necesaria normalización de la componente apropiada del esfuerzo pesquero total. Sin embargo, una aproximación aceptable que podría incluirse actualmente en el seguimiento del Régimen Provisional de la Merluza, ya que la información es disponible, es la CPUE expresada en kg/h*HP .
2. La relación entre los índices de esfuerzo pesquero, tasas de captura, y abundancia de peces, así como la presencia de dos flotas, las EAC y las EAME, compitiendo por el mismo recurso son un importante punto crítico para el efectivo manejo de pesquerías comerciales, especialmente si está basada en el Sistema de Cuotas Individuales. Por lo que, un objetivo que debe cumplirse a corto plazo por ser de suma importancia, es el de validar los índices provenientes de información pesquera como indicadores del estado del recurso y buscar el entendimiento de su variación provocada por la misma actividad pesquera o por la componente ambiental. Como el hombre genera las regulaciones, quedaría por comprobar cuantitativamente cuánto del dinamismo del recurso influye en el dinamismo de la flota y su capturabilidad. Estudios que incluyan observaciones simultáneas e independientes, acústica y pesquería por ejemplo, sobre el stock serían de gran utilidad.
3. Se observó cualitativamente la existencia de una relación inversa entre el área de distribución de la merluza y su capturabilidad. Asumiendo que la biomasa y/o el ambiente fueran capaces de generar un efecto en el área de distribución, el resultado sería un incremento o disminución en la capturabilidad. Esto puede ser interpretado como algo beneficioso para la pesca cuando el hábitat es menor y no tan beneficioso cuando es mayor. Por otro lado, considerando que los cambios en la distribución espacial de la merluza, presentada en este trabajo, son importantes no sólo desde el punto de vista ecológico sino también desde una perspectiva de gestión, los análisis temporales deben realizarse considerando conceptos espaciales y viceversa, lo que nos conducirá a resultados completos que contribuyan con la generación de medidas de gestión.
4. Si bien a partir del año 2007, la CPUE total mostró una relativa estabilidad y posterior aumento, esta estuvo acompañada de un incremento en el número de merluzas capturadas, ya que la actividad pesquera estuvo basada principalmente en merluzas menores a 29 cm. Por lo cual, se deben tomarse las medidas de gestión adecuadas a fin de no poner en riesgo la sostenibilidad del recurso.
5. Las regulaciones y medidas de manejo adoptadas durante el periodo analizado contribuyen con la interpretación de la dinámica pesquera y del recurso. Por lo que se recomienda continuar con el programa de seguimiento actual, pudiendo además generar mejoras en el mismo. Por ejemplo el registrar la abertura de la red, el posicionamiento de todo el lance o recorrido real (no sólo la posición inicial y final)

considerando incluso una mayor precisión incluyendo los segundos; lo cual permitiría, entre otras cosas, estimar la CPUE considerando la superficie barrida. Asimismo, es importante incluir en los análisis la información proveniente de otras flotas y/o país que brinden información de la otra porción de la población de merluza.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Agüero, M. y Claverí, M. (2007). Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina: una síntesis de estudios de casos. Documento Técnico de Pesca N° 461: 343-372p.
- ✓ Arntz, W., Flores, L.A., Maldonado, M. y Carvajal, G. (1985). Cambios de los Factores Ambientales, Macro bentos y Bacterias Filamentosas en la Zona de Mínimo de Oxígeno frente al Perú durante “El Niño” 82/83. In: Arntz, W., Landa, A., Tarazona, J. (Eds.), “El Niño”. Su Impacto en la Fauna Marina. Informe del Instituto del Mar del Perú, Vol. Extraordinario, pp. 65–77. 222p.
- ✓ Arreguín-Sánchez, Francisco (1996). Catchability estimates and their application to the red Grouper (*Epinephelus morio*) fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fish. Bull.* 97:746-757 (1999)
- ✓ Babcock, R., Kelly, S., Shears, N., Walker, J. and Willis, T. (1999). Changes in community structure in temperate marine reserves. *Marine Ecology Progress Series* 189: 125-134p.
- ✓ Bakun, A. (1996). Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant. San Diego, California, USA. In cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico. 323p.
- ✓ Bertrand, S., Díaz, E. and Ñiquen, M. (2004). Interactions between fish and fisher’s spatial distribution and behaviour: an empirical study of the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. *ICES Journal of Marine Science*, 61.
- ✓ Caddy, J. F. and Carocci F. (1999). The spatial allocation of fishing intensity by port-based inshore fleets: a GIS application. *ICES Journal of Marine Science*, 56: 388–403.
- ✓ Castro, J., Lassen, H., Leonart, L. (2003). Informe del panel internacional de expertos - "Evaluación de la merluza peruana" Instituto del Mar del Perú.
- ✓ Chacon, G. (2003). Caracterización de la Flota Arrastrera de Paita. Tesis para optar el Título de Estadístico. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima – Perú.

- ✓ Cury, P., Roy, C. and Faure, V. (1998). Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: The Peruvian puzzle. *South African Journal of Marine Science* 19: 159–167p.
- ✓ Del Solar, E. (1968). La merluza (*Merluccius gayi peruanus*) como indicador de la riqueza biótica de la plataforma continental del norte del Perú. *Sociedad Nacional de Pesquería*. Lima, Perú. 32p.
- ✓ Dorn, M. (1995). The effects of age composition and oceanographic conditions on the annual migration of Pacific whiting, *Merluccius productus*. *CalCOFI Report* 36: 97-105p.
- ✓ Erisman, B., Allen, Jeremy (2011). The illusion of plenty: hyperstability masks collapses in two recreational fisheries that target fish spawning aggregations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Downloaded from www.nrcresearchpress.com by San Diego (UCSD) on 09/21/11
- ✓ Espino, M. y Wosnitza-Mendo (1988). Efecto de la concentración en la mortalidad natural y su aplicación en el análisis de cohortes. In: Wyatt, T. and Gómez, M. (eds). *Long Term Changes in Marine Fish Populations. Int. Symp. Long Term Changes Fish Pop. Conference proceedings* 235-252p.
- ✓ Espino, M. y Yamashiro, C. (1996). El Niño y la Ordenación Pesquera en el Perú. *Inf. Progr. Inst. Mar Perú* N° 40.
- ✓ Espino, M., Castillo, R. and Fernández, F. (1995). Biology and fisheries of Peruvian hake (*M. gayi peruanus*). *Hake: Biology, fisheries and markets*. In Alheit, J. and Pitcher, T. (eds). *Chapman and Hall*. London, England. 339-364p.
- ✓ Espino, M., M. Samamé, y R. Castillo. (2001). Pesquería y dinámica de la población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*). *Informe especial Foro de la Merluza Peruana: La merluza peruana biología y pesquería*: 75-82 pp.
- ✓ Espino, M., Maldonado, M., y Benites, C. (1985). Situación de la población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) durante “El Niño”. In: Arntz, W., Landa, A. and Tarazona, J. (eds). “El Niño” Su Impacto en la Fauna Marina. *Bol. Inst. Mar Perú – Callao*. Vol Extraord: 159–162p.
- ✓ Espino, M., Wosnitza-Mendo, C. y Damm, U. 1984. Análisis De La Pesquería De La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). *Bol. Ins, Mar Perú – Callao* N° 85(2).

- ✓ FAO 2005: www.fao.org
- ✓ Fernández, F. (1987). Edad y Crecimiento de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Bol. Ins, Mar Perú – Callao N° 11(62): 193-220p.
- ✓ Fernández, F., Samamé, M. y Castillo, R. (2001). Aspectos Biológicos-Pesqueros de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*) durante el 2000. In: FORUM-La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*) Biología y Pesquería. En Espino, M., Samamé, M. and Castillo, R. (eds) Instituto del Mar del Perú. 68-74p..
- ✓ Forcada, A. (2007). Evaluación de las Áreas Marinas Protegidas y su efecto en pesquerías artesanales del Mediterráneo Occidental. Capítulo 6. Evaluación del efecto del Área Marina Protegida en las pesquerías artesanales. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada. Universidad de Alicante.
- ✓ Fréon, P. and Misund, O. (1999). Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Fishing news books, Blackwell Science, London.
- ✓ García, M. 1998. Migración de la “merluza” *Merluccius gayi peruanus* (GINSBURG) en zonas adyacentes a la plataforma peruana (región norte – centro). 1989 – 1991. Perú. Tesis para Optar el Título de Licenciado en Biología.
- ✓ GEF-ONUDI-IMARPE-IFOP (2002). Manejo Integrado Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt - Informe de Avance. <http://Humboldt.Iwlearn.Org/Es/Informacion-Y-Publicacion/Gefmoduloiproduktividadv011.Pdf>
- ✓ Godø, O. (1994). Factors affecting accuracy and precision in abundance estimates of gadoids from scientific surveys. Ph.D. Thesis. Institute of Fisheries and Marine Biology. University of Bergen. Bergen, Norway
- ✓ Guevara - Carrasco, R. (2004). Sobrepesca de la Merluza Peruana: Lecciones mal entendidas. Bol. Ins. Mar Perú, 21(1-2): 27-32p.
- ✓ Guevara-Carrasco, R. and Leonart, J. (2007). Dynamics and fishery of the Peruvian hake: Between nature and man. Journal of Marine Systems 71 (2008) 249–259.
- ✓ Guevara–Carrasco, R. and Wosnitza–Mendo, C. (1997). Análisis poblacional del recurso merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en otoño de 1997. Inf. Instituto del Mar del Perú 128: 25-32p.

- ✓ Guevara-Carrasco, R., y Wosnitza-Mendo, C. (2009). Cambios en la productividad de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg). Bol. Inst Mar Perú. Vol 24 (1 -2): 15 – 20.
- ✓ Guillén, O., Lostaunau y, N., Jacinto, M. (1985). Características del Fenómeno “El Niño” 1982–83. In: Arntz,W., Landa, A., Tarazona, J. (Eds.), “El Niño”. Su Impacto en la Fauna Marina. Informe del Instituto del Mar del Perú, Vol. Extraordinario, pp. 11–21. 222p.
- ✓ Gulland, J.A. (1983). Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester, U.K., Wiley Interscience, FAO/Wiley series on Food and Agriculture, 1: 223 pp.
- ✓ Hancock, J., Hart, P. J. B. and Antezana, T. (1995). Searching behaviour and catch of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) by industrial purse-seiners off south-central Chile. ICES Journal of Marine Science, 52.
- ✓ Harley, S., Myers, R. and Dunn, A. (2001). Is catch-per-unit- effort proportional to abundance?. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58: 1760-1772.
- ✓ Hilborn, R. (1985). Fleet Dynamics and Individual Variation: Why Some People Catch More Fish than Others. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42.
- ✓ Hilborn, R. and Walters, C. (1992). Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. New York - Londoño.
- ✓ Holland, D.S. and J.G. Sutinen. (1999). “An Empirical Model of Fleet Dynamics in New England Trawl Fisheries.” Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 56:253-264.
- ✓ Icochea, L., Chipillini, A. and Ñiquen, M. (1989). Análisis de la pesquería de arrastre pelágica en la costa peruana durante 1983–1987 y su relación con el medio ambiente. Pacífico Sur(número especial): 455–465p.
- ✓ IMARPE 2012.
<http://cmsdevelopment.sustainablefish.org.s3.amazonaws.com/2012/03/08/Propuestas%20de%20manejo%20merluza-984d583c.pdf>
- ✓ Mc Callock, L. (2007). Efecto de la Corriente de 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. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Pesquería. 111p.
- ✓ Paloheimo J.E. and Dickie L.M. (1964). Abundance and fishing success. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 1964;155:152-163.
 - ✓ Pauly, D. (1995). Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends Ecol. Evol.* 10, 430.
 - ✓ Pelletier, D. and Magal, P. (1996). Dynamics of a migratory population under different fishing effort allocation schemes in time and space. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53(1).
 - ✓ Pennington, M. and Godø, O. (1995). Measuring the effect of changes in catchability on the variance of marine survey abundance indices. *Fish. Res.*, 23: 301-310.
 - ✓ Petitgas, P., Poulard J. and Biseau, A. (2003). Comparing commercial and research survey catch per unit of effort: megrim in the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 66–76.
 - ✓ Pope, J.G., and Shepherd, J.G. (1984). On the integrated analysis of catch-at-age and groundfish survey or cpue data. *ICES CM 1984 /G:16*.
 - ✓ R Development Core Team, 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
 - ✓ Reyes, E. (1992). Análisis de la captura de una embarcación de arrastre de fondo y la relación con parámetros oceanográficos. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Pesquería. 164p.
 - ✓ Ricker, W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull.Fish.Res.Board Can.*, (191):383 p.
 - ✓ Rose, G. and Kulka. D. (1999). Hyperaggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-effort increased as the northern cod (*Gadus morhua*) declined. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56(1).

- ✓ Salthaug, A. and Aanes, S. (2003). Catchability and the spatial distribution of fishing vessels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 60: 259-268.
- ✓ Salthaug, A. and Godø, O. (2000). Analysis of CPUE from the Norwegian bottom trawl fleet. International Council for the Exploration of the Sea. Theme session on Cooperative Research with the Fishing Industry: Lessons Learned.
- ✓ Salthaug, A. and O. R. Godø. (2001). Standardisation of commercial cpue. *Fish. Res.* 49: 271-281. Stergiou, K. I. 1989. Modelling and forecasting.
- ✓ Samamé, M., Castillo, J. y Mendieta, A. (1985). Situación de las Pesquería Demersales y los cambios durante “El Niño”. In: Arntz, W., Landa, A. and Tarazona, J. (eds). “El Niño” Su Impacto en la Fauna Marina. *Bol. Inst. Mar Perú – Callao*. Vol. Extraord: 153–158p.
- ✓ Samamé, M., Espino, M., Castillo, J., Mendieta, A. y Damm, U. (1983). Evaluación de la población de merluza y otras especies demersales en el área de Puerto Pizarro - Chimbote. (Cr. BIC Humboldt 8103-04, marzo – abril, 1981). *Bol. Inst. Mar Perú* 7(5): 109 – 192p.
- ✓ Tarazona, J., Gutiérrez, D., Paredes, C. and Indacochea, A. (2003). Overview and challenges of marine biodiversity research in Peru. *International Journal of Biodiversity* 67(2): 206-231p.
- ✓ Vargas, N. and Mendo, J. (2011). Relación entre la Distribución Espacial de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*) y la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell. Informe IMARPE ISSN 0378-7702, Volumen 37, Nos. 3 Y 4.
- ✓ Vignaux, M. (1996). Analysis of vessel movements and strategies using commercial catch and effort data from the New Zealand hoki fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 53: 2126-2136.
- ✓ Wolff, M., Wosnitza-Mendo, C. and Mendo, J. (2003). The Humboldt Current Large Marine Ecosystems. In: Large Marine Ecosystems of the World-Trends in Exploitation, Protection, and Research. Hempel, G. and Sherman, K. (Eds). Elsevier 279–309p.
- ✓ Wosnitza-Mendo, C. y Espino, M., 1986. The impact of “El Niño” on recruitment in the Peruvian hake (*Merluccius gayi peruanus*). *Meeresforsch* 31 (1), 47–51.

- ✓ Wosnitza-Mendo, C., Ballón, M., Benites, C. and Guevara-Carrasco, R. (in prep). Shrinkage of the distribution area of hake off the Peruvian coast: effect of fisheries.
- ✓ Wosnitza-Mendo, C., Guevara-Carrasco, R. and Ballón, M. (2004). Causas posibles de la drástica disminución de la longitud media de la merluza peruana en 1992. Bol. Ins. Mar Perú 21(1-2): 1-26p.
- ✓ Wosnitza-Mendo, C., Mendo, J. and Guevara-Carrasco, R. (2007). Políticas de gestión para la reducción de la capacidad excesiva de esfuerzo pesquero en Perú: el caso de la pesquería de la merluza. FAO Documento Técnico de Pesca N° 461: 343-372p.
- ✓ Wosnitza-Mendo, C., Mendo, J. y Guevara-Carrasco, R. (2007). Políticas de gestión para la reducción de la capacidad excesiva de esfuerzo pesquero en Perú: el caso de la pesquería de la merluza en Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO Documento Técnico de Pesca ISSN 1014-1138 461.



El Máster Internacional en GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE está organizado conjuntamente por la Universidad de Alicante (UA), el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), a través de la Secretaría General de Pesca (SGP), y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM), a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

El Máster se desarrolla a tiempo completo en dos años académicos. Tras completar el primer año (programa basado en clases lectivas, prácticas, trabajos tutorados, seminarios abiertos y visitas técnicas), durante la segunda parte los participantes dedican 10 meses a la iniciación a la investigación o a la actividad profesional realizando un trabajo de investigación original a través de la elaboración de la Tesis Master of Science. El presente manuscrito es el resultado de uno de estos trabajos y ha sido aprobado en lectura pública ante un jurado de calificación.

The International Master in SUSTAINABLE FISHERIES MANAGEMENT is jointly organized by the University of Alicante (UA), the Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment (MAGRAMA), through the General Secretariat of Fisheries (SGP), and the International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM), through the Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ),

The Master is developed over two academic years. Upon completion of the first year (a programme based on lectures, practicals, supervised work, seminars and technical visits), during the second part the participants devote a period of 10 months to initiation to research or to professional activities conducting an original research work through the elaboration of the Master Thesis. The present manuscript is the result of one of these works and has been defended before an examination board.