



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas,**  
**Oceanográficas y Recursos Naturales**

“Análisis de interrelación entre variables oceanográficas y biológicas con exportación de la *Merluccius gayi* (Merluza) en la costa ecuatoriana aplicando sensores remotos”

**INFORME PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previa a la obtención del Título de

**INGENIERA OCEÁNICA AMBIENTAL**

**ASHLEY MERCEDES CASIERRA TOMALÁ**

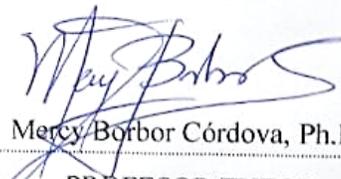
**GUAYAQUIL – ECUADOR**

2017

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Franklin Ormazábal González, Ph.D.  
PROFESOR EVALUADOR



Mercy Borbor Córdova, Ph.D.  
PROFESOR TUTOR

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

---

Ashley Mercedes Casierra Tomalá

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo es resultado del proyecto de investigación “Interacción entre la variabilidad climática, recurrencia de Bloom de algas nocivas y su impacto en salud humana (HABs)”, gracias a mi tutora Dra. Mercy Borbor Córdova y al Dr. Franklin Ormazo por sus constantes asesorías y enseñanzas. De igual manera agradezco al Instituto Nacional de Pesca (INP) y a la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) por la apertura y la entrega de los datos solicitados. Gracias a ESPOL por brindar las herramientas de conocimiento.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional y pilar fundamental de mi crecimiento personal y profesional.

Agradezco a mi eterna compañera, mi hermana y amiga, Dayanna, por fortalecerme en los momentos más difíciles.

Agradezco a mis amigos, por la paciencia y el cariño.

# **Análisis de interrelación entre variables oceanografías y biológicas con exportación de la *Merluccius gayi* (Merluza) en la costa ecuatoriana aplicando sensores remotos**

**Ashley Casierra Tomalá**  
*acasierr@espol.edu.ec*

Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales

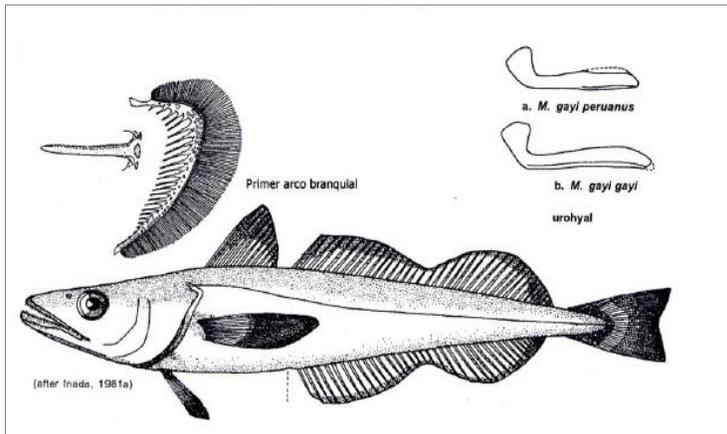
## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio es determinar si las variaciones en la exportación de la *Merluccius gayi* (merluza) durante el período 2009 – 2016 están relacionadas a las variables de temperatura superficial del mar (TSM), Índice ONI (Oceanic Niño Index por sus siglas en inglés), Índice MEI (Multivariate ENSO Index) y clorofila-a (CHLa); y cómo afectan estos factores oceanográficos a los sistemas naturales y económicos. Los datos de TSM y CHLa fueron obtenidos mediante sensores remotos desde la página web Ocean Color (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>) y los datos de exportación de merluza desde la página del Banco Central del Ecuador (<https://www.bce.fin.ec/index.php/c-exterior>). Cada una de las variables fueron ajustadas a una función lineal, funciones polinómicas de orden 6 y 10, función exponencial y función logarítmica. De estas, cuando se aplicó la función polinómica de orden 10 los resultados fueron estadísticamente aceptables entre las variables y los volúmenes de exportación de merluza, para la media corrida de tres meses de la temperatura superficial del mar una relación del 15%, para ONI, 22% y MEI, 26%, en el caso de clorofila, no se ajustó a ningún modelo aplicado. Una de las principales limitaciones es la falta de datos de captura, esfuerzo de pesca y nutrientes como nitrito, nitrato y fosfatos. También se debe considerar los factores antropogénicos, en función de número de embarcaciones merluceras y la captura por esfuerzo de pesquero, por lo que, las variaciones en las capturas y por ende en las exportaciones, no necesariamente reflejan la población de merluza disponible en el océano. Con relación a las variables biológicas (tamaño y peso) de la Merluza, el análisis de regresión cuadrático mostró que el 97% del peso de los ejemplares de merluza se encuentran explicados por el tamaño. La ecuación de ajuste es  $f(x) = 819.2 - 58x + 1.22x^2$ . En cuanto a la exportación, uno de los principales compradores de Merluza ecuatoriana son Rusia, Colombia, Venezuela, República Dominicana, Brasil, Vietnam y Holanda. Aunque Ecuador posee clientes fijos, no goza de un Mercado Internacional estable. Durante el año 2014 se registró un volumen de exportación igual a 13888 toneladas, lo que significó un ingreso de USD 25.2 millones al país, pero en el 2016, la cifra de exportación bajó a 2047 toneladas y USD 4.3 millones.

## ABSTRACT

The objective of this study is to determine if the variations in exports of hake during the period 2009 - 2016 are related to the variables of sea surface temperature, Index ONI (Oceanic Niño Index), Index MEI (multivariate ENSO Index) and chlorophyll-a; and how they affect the natural systems and economic. When applied the polynomial function of order 10, the results were statistically acceptable between variables and the export volumes of hake, for the running average of three months of the surface temperature of the sea is 15%, for ONI, 22% and MEI, 26%, in the case of chlorophyll, was not adjusted to any model applied. A major constraint is the lack of catch data, fishing effort and nutrients such as nitrite, nitrate and phosphate. You should also consider the anthropogenic factors, depending on number of boats merluceras and catch per unit effort of fishing, so that variations in catches and hence in exports, do not necessarily reflect the hake stock available in the ocean. With regard to the biological variables, analysis of quadratic regression showed that 97% of the weight of the specimens of hake are explained by the size. The equation of adjustment is  $f(x) = 819.2 - 58x + 1.22x^2$  in regard to the export, one of the main purchasers are Russia, Colombia, Venezuela, Dominican Republic, Brazil, Vietnam and the Netherlands. Although it has few customers fixed and not enjoys an international market stable. During the year 2014 saw an export volume equal to 13888 tons, which meant an income of USD 25.2 million to the country, but in 2016, the export figures fell to 2,047 tons and USD 4.3 million.

## INTRODUCCIÓN



**Figura 1.** Diferencia entre la *Merluccius gayi peruanus* y *Merluccius*

*Merlucciinae* y *Macruroninae*, y 4 géneros que son *Lyconodes*, *Lyconus*, *Macruronus* y *Merluccius*. Del género *Merluccius* se conocen 14 especies, las cuales son: *M. rafinesque*, *M. albidus*, *M. angustimanus*, *M. australis*, *M. bilinearis*, *M. capensis*, *M. gayi*, *M. hubbsi*, *M. merluccius*, *M. paradoxus*, *M. patagonicus*, *M. polli*, *M. productus* y *M. senegalensis*. (Lloris, Matallanas, & Oliver, 2003)

La *Merluccius gayi* es una especie demersal, se caracteriza por tener una cabeza corta, la longitud estándar máxima (desde la punta del hocico hasta límite posterior de la última vértebra) varía entre 87 cm (Chile) y 68 cm (Perú), las hembras pueden alcanzar los 115 cm. Pero la talla común entre ambas subespecies es alrededor de los 50 cm. (Lloris, Matallanas, & Oliver, 2003). Tienen un ciclo de vida media alrededor de los 17 años las hembras y 11 años los machos, pero se han encontrado ejemplares hembras de 21 años y machos de 15 años. (Cerna & Oyarzún, 1998)

En cuanto a su distribución geográfica, se encuentra presente en el Pacífico Oriental entre Ecuador, Perú y Chile. Al Sur de Ecuador y al norte de Perú se encuentra la *Merluccius gayi peruanus*, distribuida entre los 2°S y 13°S. La mayor concentración de esta subespecie se encuentra entre los 6°S y 9°S. Más hacia el sur se encuentra la *Merluccius gayi gayi*, la cual se distribuye entre los 26°S y 46°S. (Lloris, Matallanas, & Oliver, 2003)

Según estudios, la *Merluccius gayi peruanus*, posee tres tipos de migraciones: a) Migración nictemeral diaria, en la cual los individuos realizan migraciones a nivel vertical, asociado al desplazamiento del zooplancton; permanecen durante el día sobre el piso de la plataforma continental y en la noche se desplazan a la superficie para alimentarse. b) Migración batimétrica, esto se determinó en base a los análisis de las capturas y los cruceros de investigación, y se concluyó que una parte del stock de merluza se ubica a lo largo de la plataforma continental a partir de los 200 m de profundidad. Esta población corresponde a

La familia *Merlucciidae* que incluye a las merluzas del mundo, ha captado la atención de la industria pesquera desde hace ya varias décadas. Este interés comercial ha generado importantes investigaciones sobre el género *Merluccius*, especialmente en la anatomía, fisiología, reproducción y comportamiento de las especies.

De la familia *Merlucciidae*, se presentan 2 subfamilias

las merluzas más adultas y forman parte los principales organismos reproductores que mantienen a la población. c) Migración latitudinal, una vez realizado el desove, los huevos y larvas mediante el sistema de corrientes, son trasladados hacia el Sur, cuando empiezan a crecer, los especímenes migran al norte. Este tipo de migración permite visualizar la estratificación por tallas según las áreas. (Minaya, 2001) & (Oré, 2011)

La Merluza está asociada a corrientes de aguas frías que emergen de las profundidades oceánicas, generalmente se encuentran entre los 50 y 500 metros. Las migraciones de los ejemplares adultos tienen características nictimeral (desplazamientos asociados a la plataforma continental) pueden ser longitudinales y responden a las condiciones oceanográficas de la zona, o también verticales, ligadas a condiciones tróficas de la especie. Los juveniles (3.5 años) están más cerca de las costas y cuando han alcanzado su madurez sexual al 50% forman parte del stock adulto. Los individuos de mayor edad (más de 10 años) tienden a migrar menos y se encuentran a mayores profundidades. (Subsecretaría de Pesca, 2008)

El origen de la *Merluccius gayi* en el océano Pacífico, según investigaciones, se debe a la migración de merluzas provenientes del Océano Atlántico, cuya especie debió cruzar el istmo de Panamá cerca del periodo Oligoceno, hace ya 30 millones de años (Hernández, Galleguillos, & Oyarzún, 2000). El origen de las subespecies se desconoce todavía y sus diferencias entre el número de vertebras, branquiespinas y la longitud relativa de las cabezas están sujetas a análisis sobre si estas obedecen a un cambio en el fenotipo debido a condiciones ambientales o por un proceso evolutivo y memoria selectiva del pasado. (Hernández, Galleguillos, & Oyarzún, 2000)

En cuanto a la alimentación de esta especie, su dieta está compuesta de eufásidos, langostinos, sardina común, anchovetas y merluza (canibalismo). La dieta varía según el crecimiento de los individuos. En su fase larval, su alimentación la constituye los copépodos, los juveniles prefieren crustáceos como copépodos y eufásidos, los ejemplares adultos consumen langostinos, sardina común, anchovetas, merluza (canibalismo), entre otras. (Wostinza & Guevara, 2000) El canibalismo en las merluzas se da principalmente cuando las especies se traslapan y constituye más del 30% en la mortandad de la misma, generalmente, estas especies se distribuyen latitudinalmente según sus tamaños, las especies juveniles se localizan en latitudes más bajas y las más grandes en latitudes altas. (Cubillos, Alarcón, & Arancibia, 2007)

La escala macroscópica validada de los estadios de madurez sexual de la *Merluccius gayi* ha sido estudiados por Pera, Sánchez y Buitrón, ellos determinaron 6 estadios, Estadio 0 (Virginal), I (Reposo), II (En madurez), III (Madurez), IV (Desovante), V (Recuperación). En las hembras, el estadio 0 y I se caracteriza por ser de aspecto homogéneo y transparente con ovocitos inmaduros, en el I, las paredes ováricas se engrosan y poseen una ligera coloración amarilla. En el Estadio II, se observan ovocitos vitelogenados y presenta una amplia coloración entre naranja y café. Durante el estadio III, los ovocitos se han madurado

y la vitelogénesis completado. En el estadio IV, tiene dos fases: la primera son individuos hidratados, mientras la segunda son ejemplares que han desovado recientemente (1 o 2 días). El estadio V, estos ovarios se identifican por el color anaranjado intenso y pueden ser flácidos o poco turgentes. En los machos, el estadio virginal (0) corresponde a especímenes nunca han presentado maduración. En el estadio I, los túbulos están rellenos con espermatogonios y externamente puede tener tonalidades rosadas o rojizas suaves. El estadio II, los testículos presentan aspecto transparente o blanquecino, en esta etapa, los túbulos comienzan a llenarse de espermátides y espermatozoides. En el estadio III, los testículos se han madurado completamente y se identifican por su color blanco, y los lóbulos se han llenado de espermatozoides. En el estadio IV, los testículos han tenido una expulsión reciente total y estos pueden tener regiones rosáceas y lóbulos blancos. En el estadio V, es una etapa homóloga a la recuperación en las hembras. (Perea, Sánchez, & Buitrón, 1-2, 2015)

En Ecuador, no se distingue una subespecie en particular de la *Merluccius gayi*, aunque se estima que la presencia de la Merluza en aguas ecuatorianas obedece a condiciones oceanográficas frías, es decir con anomalías negativas de la temperatura del mar (La Niña) y asociada a la corriente fría subsuperficial de Cromwell y la corriente fría de Humboldt (Ormaza F. , 2016). Además de estas, frente a las costas ecuatorianas, la circulación oceánica está predominada por las Corrientes Ecuatorial del Sur, la Corriente de Panamá y la Corriente Costanera Ecuatoriana (Corriente del Niño), que son cálidas. (Allauca, 1990) El Golfo de Guayaquil que es un gran sistema estuarino altera la trayectoria de la Corriente Costanera Ecuatoriana cuando atraviesa su desembocadura.

Durante eventos “La Niña”, se fortalece la corriente de Humboldt, este el flujo de agua fría cargada de nutrientes produce una de alta productividad frente a Ecuador, Perú y Chile. Bajo estas condiciones, la merluza se distribuye entre los 0.5°S y 4°S, siendo los principales sectores pesqueros de este recurso Manta, Anconcito, Puerto López Posorja y Puerto Bolívar. (García, 2014).

La pesquería del recurso *Merluccius gayi* es relativamente nueva, Bourgois, en el año de 1965 registró por primera vez la merluza en aguas ecuatorianas y datos de exportación hay disponible en la página del Banco Central de Ecuador desde 1999. La actividad pesquera merlucera, a nivel de la flota industrial se encuentra regulado por Acuerdo Ministerial N°18 firmado el 16 de abril de 2013 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) a cargo de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) determinó que la flota merlucera está constituida por 30 embarcaciones de pesca de arrastre dirigida para merluza con red de ojo de malla entre 3-6 pulgadas de diámetro, o flota de barcos o botes equipados de palangre o espinel de fondo merluceros, con una cuota anual de 850 Toneladas Métricas en todo el país, cuyas faenas se realizarán a 8 millas náuticas de la línea base costera. Se establece el periodo de veda los meses de abril y septiembre. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2013)

El Instituto Nacional de Pesca (INP) y la Subsecretaría de Recursos Pesqueros a través de programas y proyectos como IRBA (Investigaciones de los Recursos Bioacuáticos y su Ambiente) han realizado muestreos y análisis relacionados a la especie *Merluccius gayi* y su estado actual en el Ecuador.

Desde el año 2009, los volúmenes de exportación de merluza aumentaron gradualmente, registrando un valor máximo igual a 13,887.5 toneladas métricas en el 2014, pero en los dos últimos años 2015 y 2016, las exportaciones se han visto reducidas llegando a 7,102.8 y 2,047.3 Toneladas Métricas respectivamente. (Banco Central del Ecuador, 2017). Por otra parte, las aguas oceánicas frente al Ecuador presentaron anomalías de temperatura superficial del mar negativas durante el año 2014 y anomalías positivas en el 2015 y 2016. (NOAA)

El objetivo del presente estudio es determinar si las variaciones en las exportaciones de merluza durante el periodo 2009 – 2016 están relacionadas a las variables de temperatura superficial del mar, Índice ONI (Oceanic Niño Index por sus siglas en inglés), Índice MEI (Multivariate ENSO Index) y clorofila-a; y cómo afectan a los sistemas naturales y económicos.

## METODOLOGÍA

### Datos de fuentes secundarias y de sensores remotos

Los datos de temperatura superficial del mar y clorofila a se obtuvieron desde la página web <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>, donde se selecciona la fecha de interés, el periodo de los datos y la resolución. Para la temperatura superficial del mar (TSM) en °C y Clorofila-a (CHLa) en mg/m<sup>3</sup>, se escogió el sensor Aqua MODIS, la hora de la toma del sensor es 11 am (11 daytime), la resolución temporal de los datos es mensual desde 2009 hasta 2016, y la resolución espacial es de 4 km.

La serie de tiempo para el Índice ONI fue tomado de la página [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml) y la temporalidad corresponde a los años 2009 hasta 2016. ONI es un índice oceánico que se calcula con anomalías de temperatura superficial del mar de tres meses consecutivos y el valor de la media está centrada cada 30 años (1971-2000 actualidad) en la región Niño 3.4 (5°N - 5°S, 120°W - 170°W) y es utilizado como un indicador de eventos “El Niño” o “La Niña”. Cuando los valores del Índice superan el umbral de +/- 0.5 °C se considera la existencia de la fase cálida denominada “El Niño” (anomalías positivas) y fría “La Niña” (anomalías negativas).

La serie de tiempo para el Índice MEI fue tomado de la página <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei.ext/table.ext.html>, y la temporalidad responde a los años 2009 hasta el 2016. Multivariate ENSO Index (MEI), es un índice compuesto por la combinación lineal de seis variables entre atmosféricas y oceánicas, los cuales son la presión a nivel del mar (P), componente del viento zonal (U) y meridional (V) temperatura superficial del mar (S), temperatura del aire en la superficie (A), y nubosidad (DO), medido en la región Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W) y a escala bimestral.

Los datos de exportación de merluza fueron descargados desde la página web del Banco Central del Ecuador, la Sección Estadística de Comercio Exterior <https://www.bce.fin.ec/index.php/c-external>. El código de subpartida desde el año 2009 hasta 2012 es 03.03.78.00 que corresponde a pescado congelado, excepto filete y demás carne de pescado. Desde el 2013 hasta el 2016 las subpartidas son 03.04.74.00 (filete y demás carne del pescado, incluido picadas), 03.02.54.00 (pescado fresco o refrigerado), 03.03.78.00 (pescado congelado) y 03.03.66.00 (pescado, excepto hígado, huevas y lechas).

Los datos biológicos de merluza fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (INP) y corresponde a muestreos biológicos aleatorios en puertos de Anconcito, Las Piñas, Posorja y Santa Rosa de flotas artesanales e industriales capturados a 10 y 35 millas náuticas medidas desde el borde costero durante el año 2014 y suman un total de 535 especímenes. Los datos que se incluyen son talla en centímetros, peso en gramos y madurez gonadal basados en la escala macroscópica de Perea.

Para extraer los valores de las imágenes raster correspondientes a TSM y CHLa en los puntos de interés Anconcito (-81.028114, 2.318394), Manta (-80.742266, -0.921706), Posorja (-80.417591, -2.806177), Puerto Bolívar (-80.299481, -3.172635) y Puerto López (-80.951423, -1.505583), se utilizaron las librerías raster, readxl y sp del programa estadístico R mediante su interfaz R Studio. Se escogieron estos puntos dado que corresponden a los principales puertos de desembarque de la flota merluquera. Obtenidos los puntos, se sacaron medias de los 5 puertos y se utilizaron esos datos para los respectivos análisis.

Se realizaron medias corridas de dos y tres meses para la variable temperatura y clorofila-a, y corresponden a medias de la sumatoria de meses anteriores con el mes actual. Media corrida de dos meses corresponde a la media entre el mes anterior y el actual, media corrida de tres meses es la media de dos meses anteriores con el mes actual y así sucesivamente, se realiza este procedimiento para observar el patrón de comportamiento de las variables TSM y CHLa y eliminar el ruido.

### **Análisis de variables**

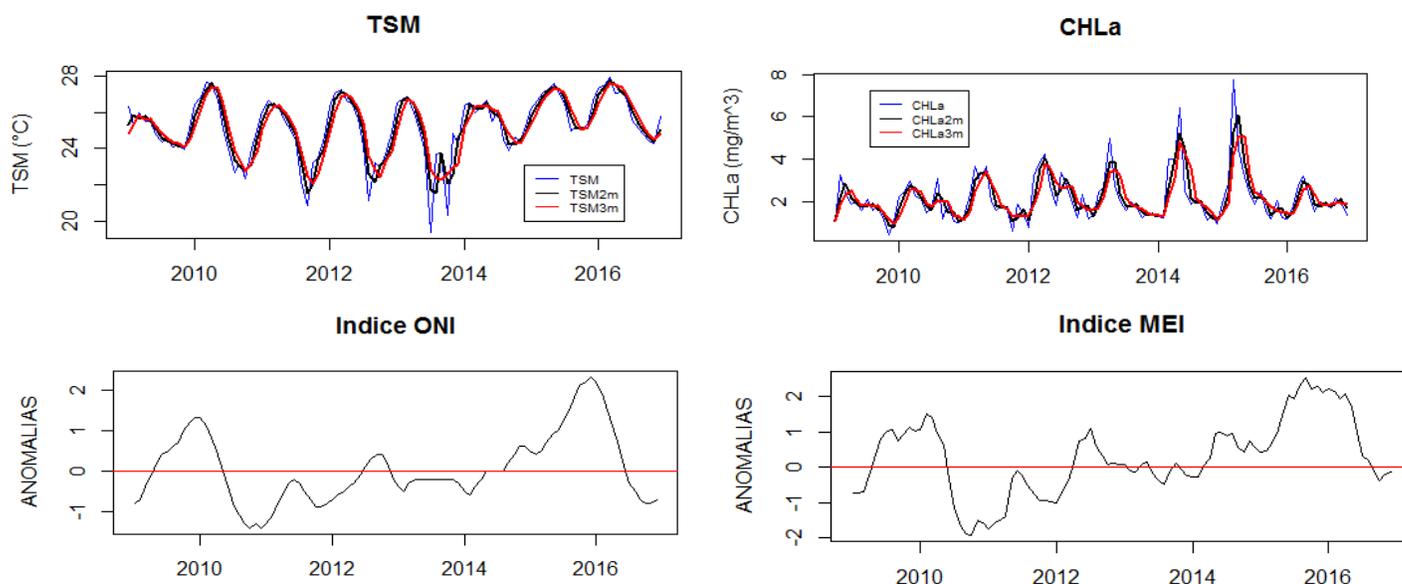
Para analizar las variables de TSM, CHLa, ONI y MEI, se realizaron a) series de tiempos (2009 – 2016). b) diagramas de dispersión con respecto al volumen de exportación de merluza y se determinaron coeficientes de determinación y su respectivo probabilístico (p-value) empleando la correlación de Pearson. c) Para determinar si las variables cumplen con una distribución Normal se realizaron dos pruebas gráficas (densidad y qqnorm) y la prueba Shappiro-Wilk. d) Se realizaron 4 tipos de ajustes de las variables polinómico de orden 6, polinómico de orden 10, exponencial y logístico (este último para TSM y CHLa).

Como herramientas de análisis de los datos biológicos se emplearon a) histogramas (histogram, Librería Lattice). b) diagramas de cajas (boxplot, Librería graphics) de las tallas y pesos de los ejemplares de merluza para determinar los rangos mínimos, máximos y la media con el objetivo de observar patrones estacionales durante el año 2014. c) Ajuste lineal y cuadrático entre longitud y peso de los individuos. d) Para determinar si cumplen con una distribución Normal se realizaron dos pruebas gráficas (densidad y qqnorm) y la prueba Shappiro-Wilk. e) Gráfico de barras para los estadios de madurez sexual.

Para el análisis económico se realizaron a) series de tiempo mensuales y anuales entre volumen de toneladas de merluza exportada y el Valor FOB-DÓLAR. b) Series de tiempo mensuales de volumen de merluza exportada. c) Cálculo de Variación anual. d) Cálculo de costo por kilogramo.

## RESULTADOS

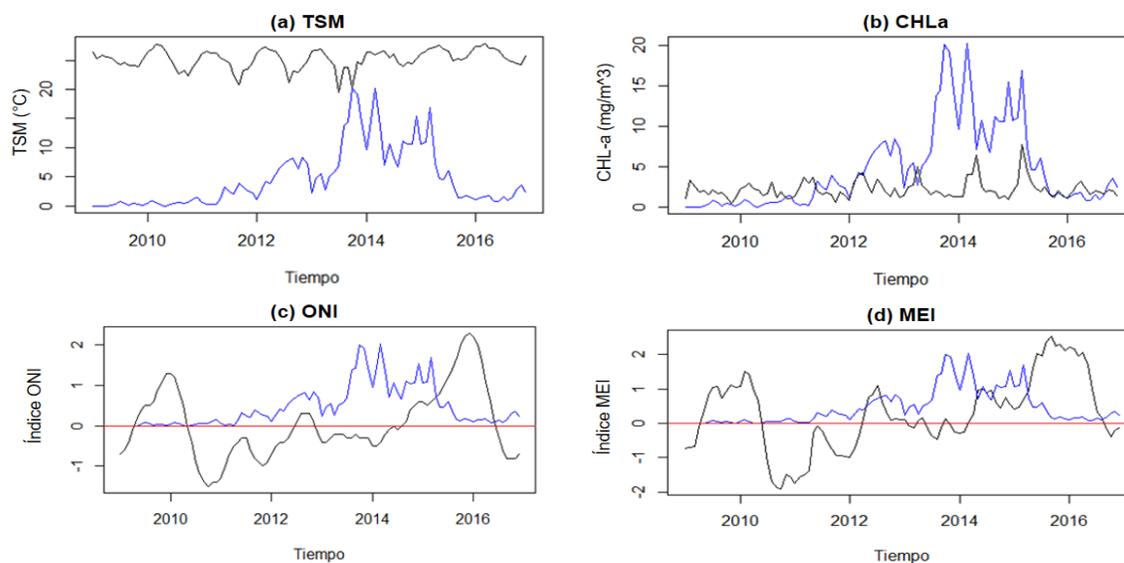
### Análisis de Variables Oceánicas y Biológicas



**Figura 2.** Series de tiempo de las variables Temperatura Superficial del Mar y sus medias corridas de 2 y 3 meses ( $^{\circ}\text{C}$ ), Clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), Índice ONI, Índice MEI. Desde el 2009 hasta 2016. Datos: BCE, NOAA. (2017).

Las series de tiempo de la media corrida de tres meses de la Temperatura Superficial del Mar (Fig.1 TSM) muestra un patrón anual de estacionalidad anual más visible en comparación con la TSM y la TSM2m, que corresponden a la temperatura superficial del mar y su media corrida de dos meses. Durante los 8 años analizados se puede visualizar que los meses de diciembre a marzo presentan mayores temperaturas a diferencia los meses de agosto a septiembre que presentan menores rangos, esta diferencia de temperatura oscila entre  $1^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$ . Los meses de abril a julio son transitorios. Además, se observa una fase más fría en los años 2011, 2012 y 2014 en comparación con los años 2010, 2015 y 2016 y esto se alinea con las condiciones en los Índices ONI y MEI que establecen años Niñas (2011, 2012, 2014) y Niños (2010, 2015, 2016). Además, se observa que el año 2013 presenta una mayor variabilidad interanual.

En la serie de tiempo de media corrida de 3 meses de clorofila-a, el comportamiento estacional observado indica que los meses de febrero a mayo tienen los mayores rangos de clorofila comparados con los meses de octubre a enero que registran valores menores. La clorofila tiene una gran variabilidad mensual alrededor de los valores menor a  $2\text{mg}/\text{m}^3$ . Se observan picos de clorofila-a en mayo 2014 y marzo 2015 con concentraciones de  $6.39\text{mg}/\text{m}^3$  y  $7.73\text{mg}/\text{m}^3$  respectivamente. A lo largo del tiempo (8 años) las concentraciones en  $\text{mg}/\text{m}^3$  de los picos menores de clorofila-a son 3.26, 3.08, 6.66, 6.68, 4.23, 4.99, durante enero 2009, marzo 2010, marzo y mayo 2011, abril 2012, abril 2013, respectivamente.

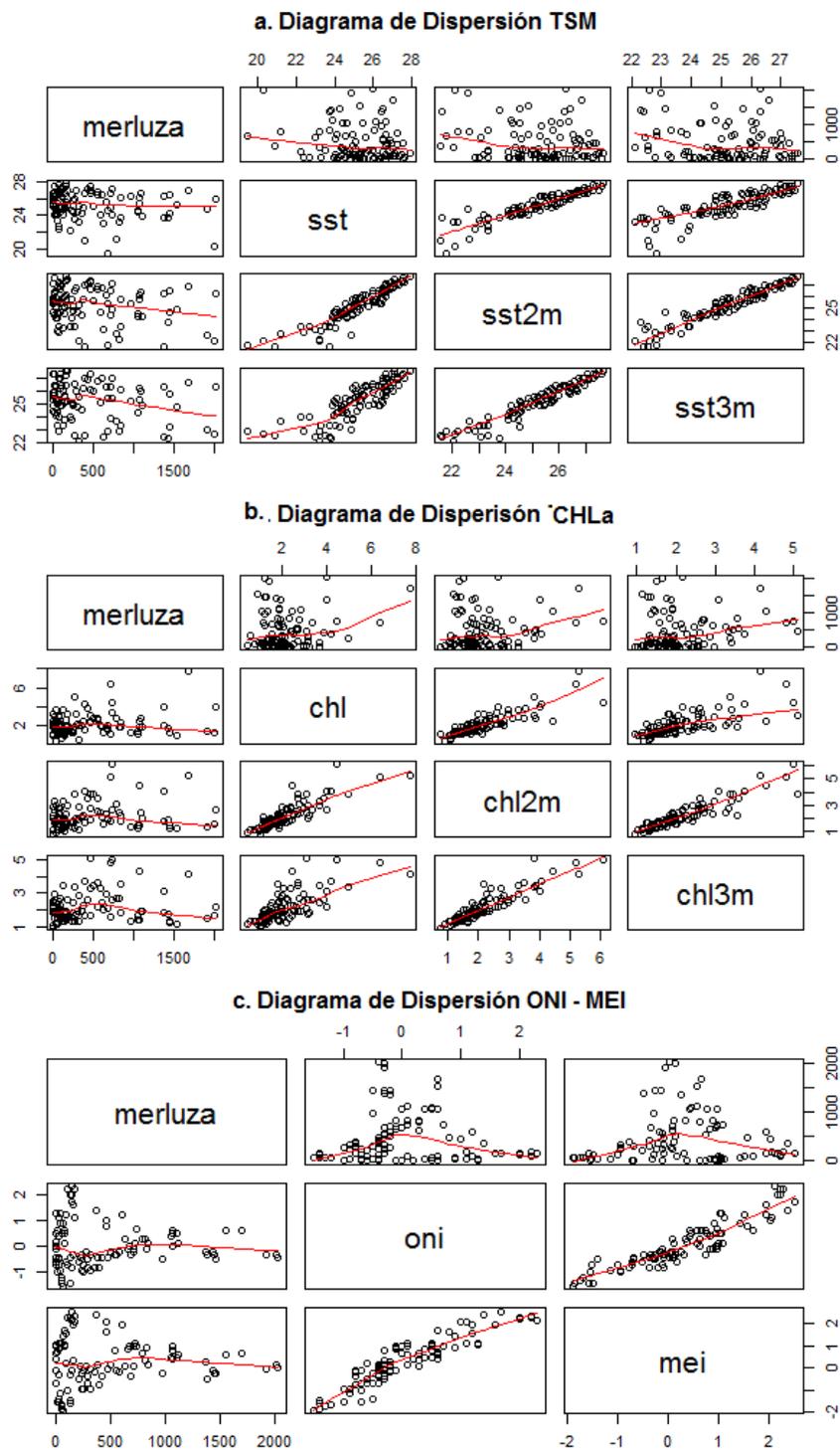


**Figura 3.** Series de tiempo entre las variables y los volúmenes de exportación de merluza (serie de tiempo en azul en todas las gráficas) **(a)** Temperatura Superficial del Mar en °C, **(b)** Clorofila a en  $\text{mg/m}^3$ , **(c)** Índice ONI, **(d)** Índice MEI. Desde el 2009 hasta 2016. Datos: BCE, NOAA. (2017).

A pesar de que no se cuenta con datos de captura de merluza, lo cual suma una desventaja a la hora de analizar los datos, cabe recalcar que las exportaciones de merluza son una buena aproximación de las capturas, esto en base al informe “Análisis Sectorial de Merluza” realizado por Sectorialista de Pesca y Acuicultura del Instituto de promoción de exportaciones e inversiones (PROECUADOR), en donde se menciona que el volumen de captura de merluza en el año 2013 ascendió a 14,590.35 toneladas métricas (Sectorialista de Pesca y Acuicultura, 2014) y según el Banco Central del Ecuador, ese año se exportaron 11,480 toneladas métricas (Banco Central del Ecuador, 2017), es decir que el 79% de la merluza capturada fue exportada.

Cuando se comparan las series de tiempo de las variables de temperatura superficial del mar y la merluza exportada (Fig.3a) se puede observar que los picos de exportación durante los años 2013 y 2014 están asociados con temperaturas menores (alrededor de los 20 y 22 °C) y durante el decrecimiento en la exportación de merluza en el 2016 asociado a temperaturas mayores (Por encima de los 25°C). Al comparar las series de tiempo de clorofila-a con las exportaciones de merluza (Fig.3b) no muestran un patrón visual de relación.

Para los Índices de ONI y MEI indica que las temporadas de mayor exportación de merluza están relacionadas a la fase oceánica fría “La Niña” en la cual la corriente de Humboldt predomina en el Pacífico Oriental.



**Figura 4.** Diagramas de Dispersión entre las variables de temperatura superficial del mar, clorofila-a con sus respectivas medias corridas de dos meses y tres meses, Índice ONI y MEI, con los volúmenes de exportación de merluza, desde el 2009 hasta 2016. Datos: BCE, NOAA. (2017)

**Tabla 1. Coeficiente de Determinación y P-Value de la regresión lineal entre las diferentes variables independientes con respecto a la variable dependiente (volúmenes de merluza exportada)**

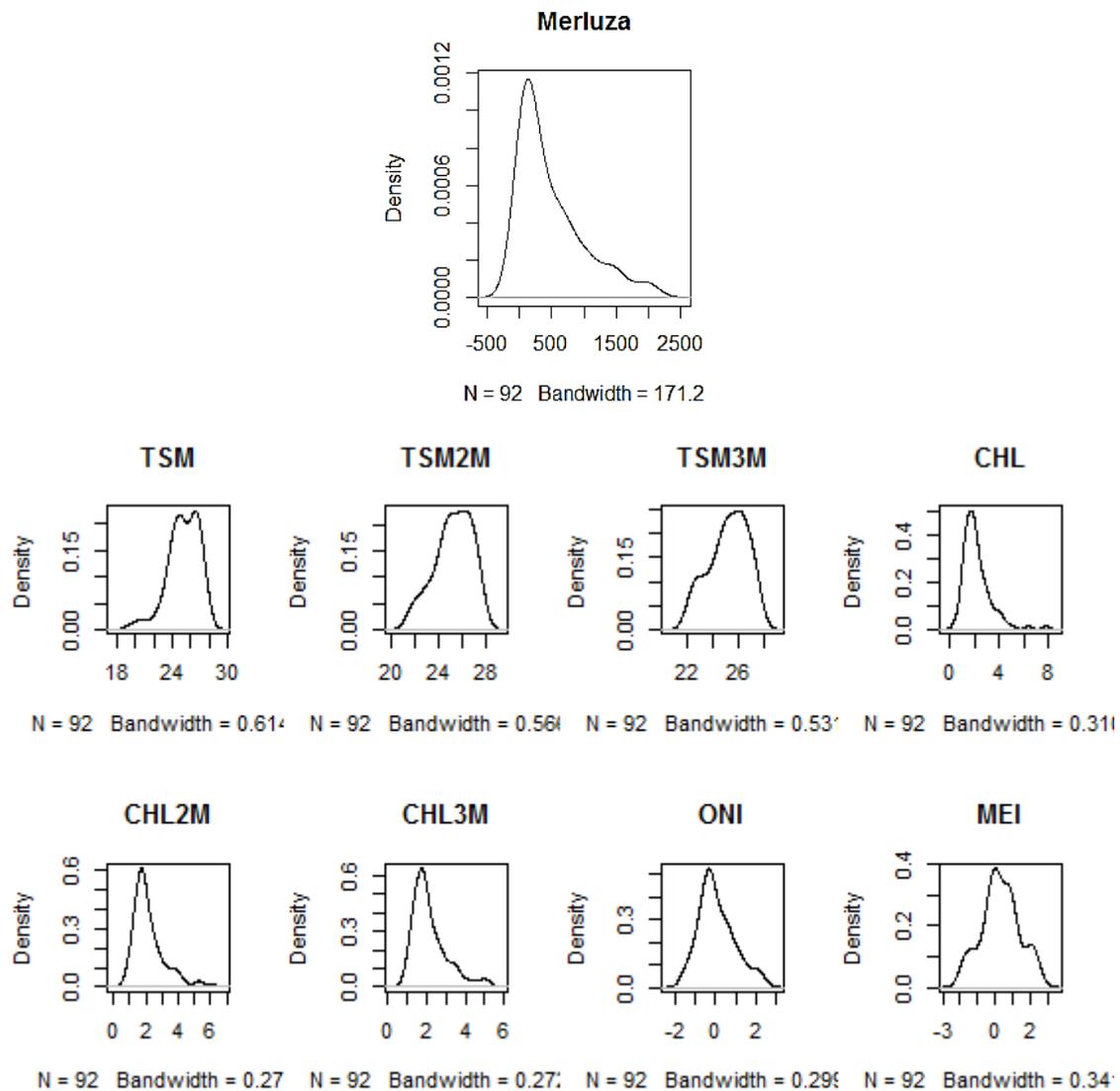
VARIABLES	TSM	TSM2m	TSM3m	CHL	CHL2m	CHL3m	ONI	MEI
<b>R<sup>2</sup></b>	-0.16	-0.20	-0.22	0.17	0.15	0.12	-0.03	0.03
<b>P - VALUE</b>	0.12	0.05	0.03	0.09	0.16	0.26	0.74	0.77

Para el análisis de regresión, se utilizaron Diagramas de Dispersión y cálculo del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) con el objetivo de determinar el tipo de relación y visualizar el comportamiento de los datos entre las variables independientes (TSM, CHLa, ONI y MEI) con la variable dependiente (Volumen Merluza Exportada), pero que cuantificar esta relación tiene una limitación, que el factor de correlación es bajo, dado que existen otras que no han sido consideradas como captura de merluza, esfuerzo de pesca y nutrientes. El análisis se limita a relaciones bivariadas cuando pueden existir sinergias entre las diferentes variables y esto no permite que la relación cumpla con linealidad.

De la fig.4a se observa una relación inversa entre la temperatura superficial del mar y los volúmenes de exportación de merluza. Y los coeficientes de determinación son -0.16, -0.20 y -0.22 con P-Values de 0.12, 0.05 y 0.03 para la temperatura superficial del mar y sus medias corridas de 2 y 3 meses respectivamente con 95% de confianza.

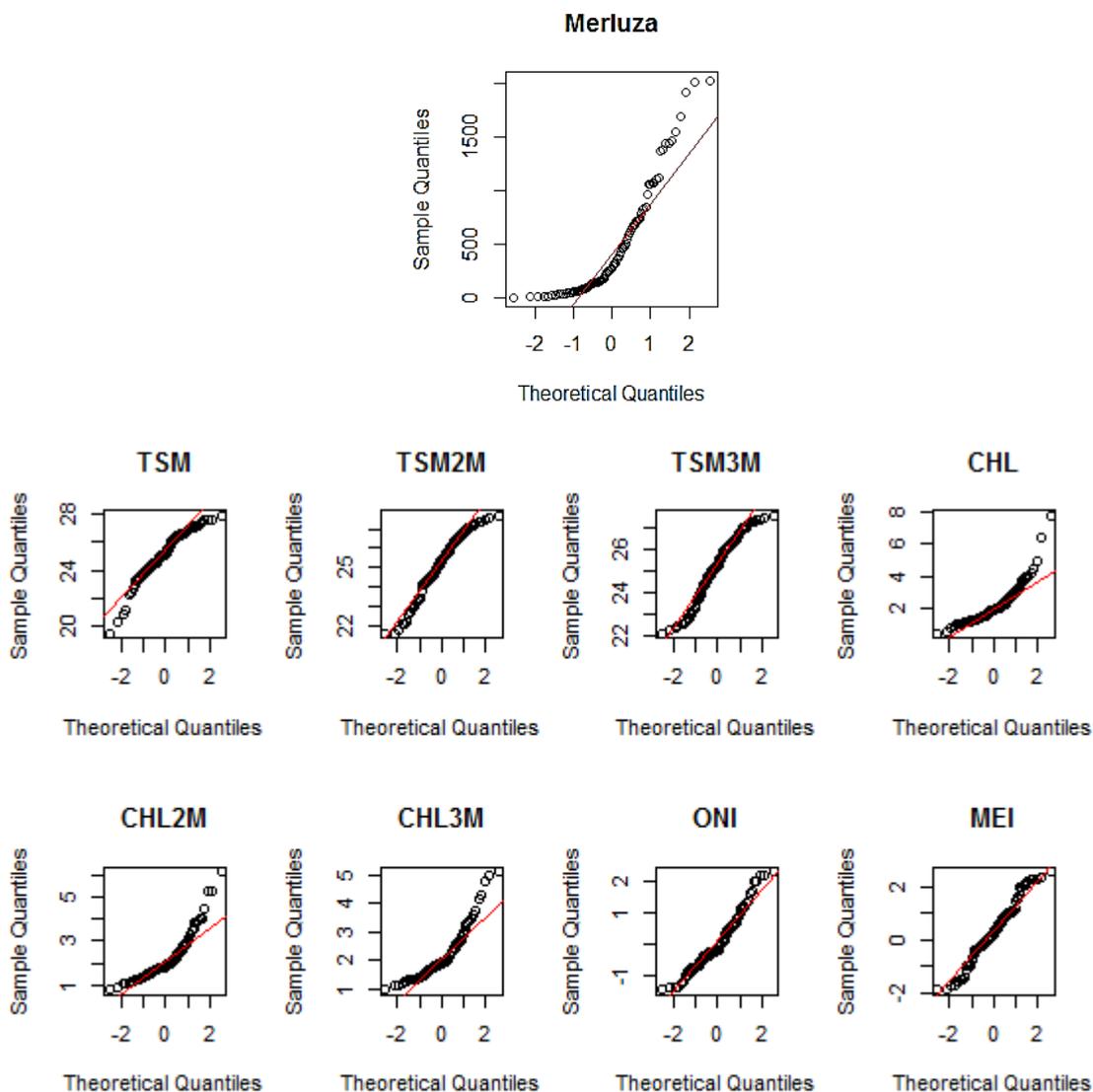
En la fig.4b se observa la relación directa entre clorofila-a y los volúmenes de exportación de merluza. Los coeficientes de determinación son 0.17, 0.15 y 0.12 con P-Values de 0.09, 0.16 y 0.26 para clorofila-a y sus medias corridas de 2 y mes meses respectivamente.

En la fig.4c se relacionan los Índices ONI y MEI con los datos de exportación de merluza. Los coeficientes de determinación son -0.03 y 0.03 con P-Value 0.74 y 0.77.



**Figura 5.** Curvas de densidad (Estimador Kernel) para las variables independientes (TSM, TSM2m, TSM3m, CHL, CHL2m, CHL3m, ONI y MEI) y la variable dependiente (Merluza Exportada). Métodos gráficos para determinar si el conjunto de datos corresponde a una distribución normal.

Con el objetivo de determinar si las variables tienen una distribución normal (Con forma de campana, tiene simetría con respecto a la media ( $\mu$ ) donde coinciden la mediana y la moda, asintótica con el eje x o abscisa) se emplearon las funciones de densidad, basado en el estimador de kernell. Según las gráficas, la media corrida de 2 y 3 meses de la TSM se acercan a una distribución normal, al igual que ONI y MEI. La distribución de los datos de las variables no corresponde a una distribución Normal.



**Figura 7.** Gráfico Q-Q o cuantil-cuantil, para las variables independientes (TSM, TSM2m, TSM3m, CHL, CHL2m, CHL3m, ONI y MEI) y la variable dependiente (Merluza Exportada). Métodos gráficos para determinar si el conjunto de datos corresponde a una distribución normal.

De la misma manera, para observar normalidad en los datos se aplicaron gráficos Q-Q que contrastan los valores reales con los valores que deberían presentarse si la distribución fuera normal. En estos se observa que la variable MEI es la más cercana a una distribución normal. En la media corrida de dos meses de TSM a valores mayores de 25°C, se pierde paralelismo con la recta. En este grafico la variable ONI dista más de la normalidad.

**Tabla 2. Valor de P-Value aplicando la prueba de Shapiro – Wilk para determinar si los datos de las diferentes variables tienen una distribución Normal**

Prueba Shapiro - Wilk									
Variable	MERLUZA	SST	CHL	SST2m	SST3m	CHL2m	CHL3m	ONI	MEI
p-value	8.08E-09	3.96E-04	9.71E-09	5.60E-03	4.03E-03	5.65E-08	1.74E-07	4.64E-03	1.16E-01

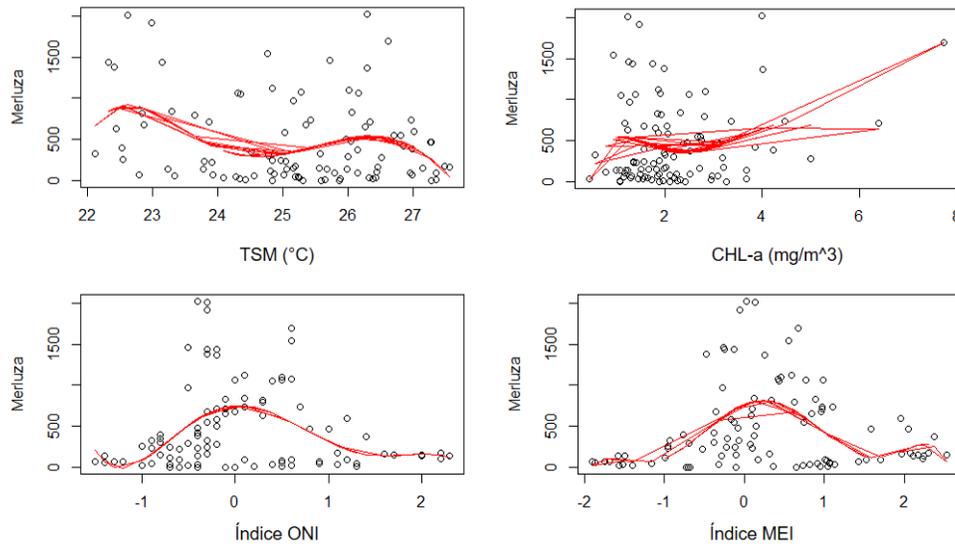
La última prueba realizada para contrastar la normalidad en la distribución de los datos es el Test Shapiro – Wilk, en la que se asume como Hipótesis Nula que los datos tienen una distribución Normal y como Hipótesis Alternativa que no tienen poseen Normalidad. Se rechaza la hipótesis nula cuando el P-value es mayor al alfa (nivel de confianza). Al realizar la prueba Shapiro – Wilk se obtuvo que la variable MEI con P-value de 0.012 y 95% de confianza es la única que cumple con una distribución Gaussiana (Normal).

Como la regresión lineal no se ajusta bondadosamente a la nube de puntos entre las variables independientes con la dependiente, lo que no permite determinar en qué grado las variables predicen el comportamiento de la exportación de merluza, se aplicaron 4 funciones, las cuales son polinómica de 6to y 10mo orden, exponencial y logarítmica, esta última no aplica para ONI y MEI debido a que la composición de los datos puede tomar valores de cero.

Se asume como hipótesis nula que la variable independiente no predice los volúmenes de exportación de merluza. Y la hipótesis alternativa afirma que, si predice, con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto, para rechazar la hipótesis nula P-Value debe ser menor a 0.05.

### Ajuste Polinómico de Orden 6

$$y(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4 + b_5x^5 + b_6x^6$$



**Figura 8.** Gráfico de dispersión y función polinómica de grado 6 (regresión no lineal) con su respectiva curva de ajuste de las variables predictoras (TSM3m, CHLa, ONI y MEI) con relación a la variable dependiente (merluza) con datos desde el 2009 hasta 2016.

**Tabla 3. Coeficientes de determinación y P-Value para ajuste polinómico de orden 6**

VARIABLES	TSM3m	CHL	ONI	MEI
R <sup>2</sup>	0.1372	0.1032	0.2099	0.2558
P - VALUE	0.0191	0.1286	0.0015	0.00015

En la Fig.8a, la función ajusta en un 13.72% pero P-value es 0.0191 lo cual es mayor a 0.05 por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula.

En el diagrama de dispersión se observa que entre 22°C-23°C y 25°C-26°C hay picos en la exportación de merluza

En la Fig.8b, la clorofila-a se observa una gran variabilidad en torno a concentraciones menores a 2 mg/m<sup>3</sup>, hay picos de exportación entre 1-2 mg/m<sup>3</sup> y entre 4-5 mg/m<sup>3</sup>. La función ajusta en un 10.32% pero la incertidumbre de esta predicción tiene una banda de confianza menos amplia. Por lo que, con base en lo planteado no se puede rechazar la hipótesis nula.

En la Fig.8c, el Índice ONI se ajusta en un 20.99% con una confianza del 95%, Podemos rechazar la hipótesis nula dado que P-Value es 0.0015 y menor a 0.05.

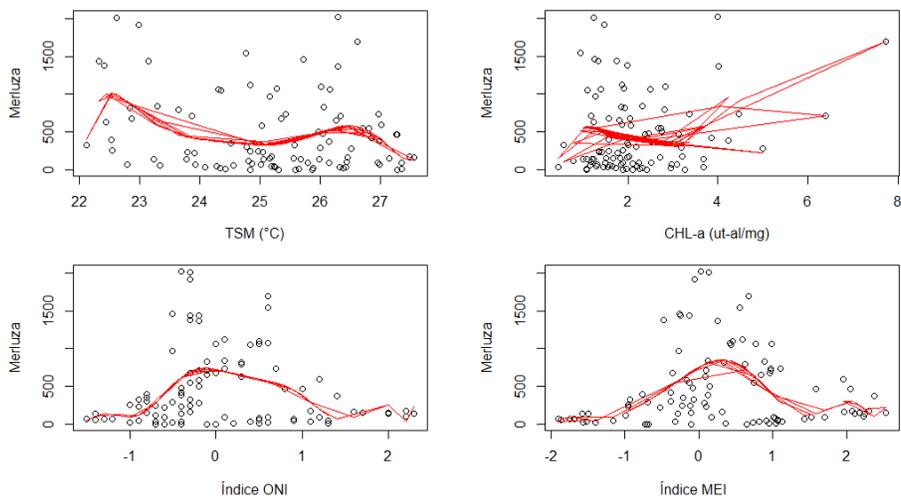
Se puede observar que en valores menores a 0.5, las exportaciones de merluza incrementan en comparación a valores mayores de 0.5.

En la Fig.8d, el Índice MEI se ajusta con un 25.58% con una confianza del 95%, Dado que P-Value es 0.00015 y evidentemente menor a 0.05, podemos rechazar la hipótesis nula.

Entre valores de 0.6 y -0.5 las exportaciones de merluza incrementan.

### Ajuste Polinómico de Orden 10

$$y(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4 + b_5x^5 + b_6x^6 + b_7x^7 + b_8x^8 + b_9x^9 + b_{10}x^{10}$$



**Figura 9.** Gráfico de dispersión y función polinómica de grado 10 (regresión no lineal) con su respectiva curva de ajuste de las variables predictoras (TSM, CHLa, ONI y MEI) con relación a la variable dependiente (merluza) con datos desde el 2009 hasta 2016.

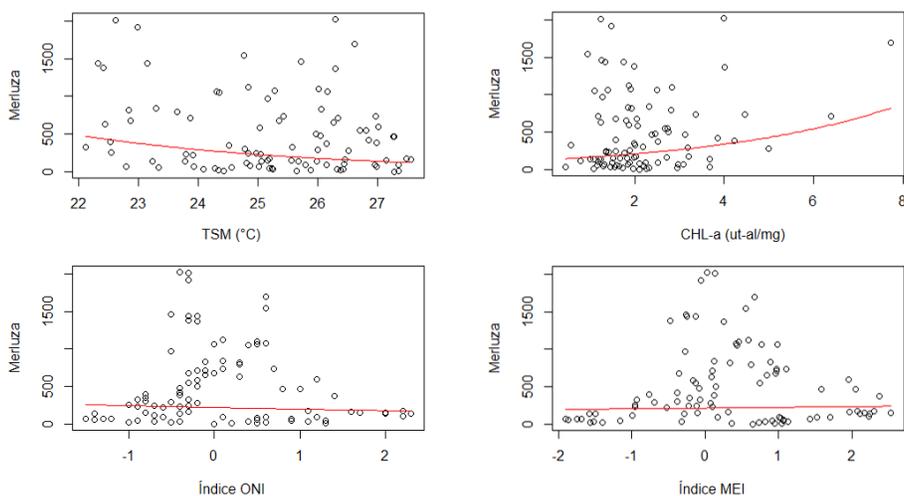
**Tabla 4.** Coeficientes de determinación y P-Value para ajuste polinómico de orden 10

VARIABLES	TSM3m	CHL	ONI	MEI
R <sup>2</sup>	0.1491	0.1299	0.2217	0.2641
P - VALUE	0.04148	0.2608	0.0013	0.0024

Cuando se aplica la función polinómica de orden 10, las variables que se ajustan son la media corrida de 3 meses de la TSM, ONI y MEI con 14.91%, 22.17%, 26.41% con P-values de 0.04, 0.0013 y 0.0024 respectivamente, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula. Clorofila-a tiene un coeficiente de determinación igual 0.13 pero el rango de incertidumbre es mayor y en base al planteamiento no se puede rechazar la hipótesis nula.

### Ajuste Exponencial

$$y(x) = b_0 * e^{b_1 * x} \quad \text{ó} \quad \ln y = \ln b_0 + b_1 * x$$



**Figura 10.** Gráfico de dispersión y función Exponencial (regresión no lineal) con su respectiva curva de ajuste de las variables predictoras (TSM, CHLa, ONI y MEI) con relación a la variable dependiente (merluza) con datos desde el 2009 hasta 2016.

**Tabla 5. Coeficientes de determinación y P-Value para ajuste Exponencial**

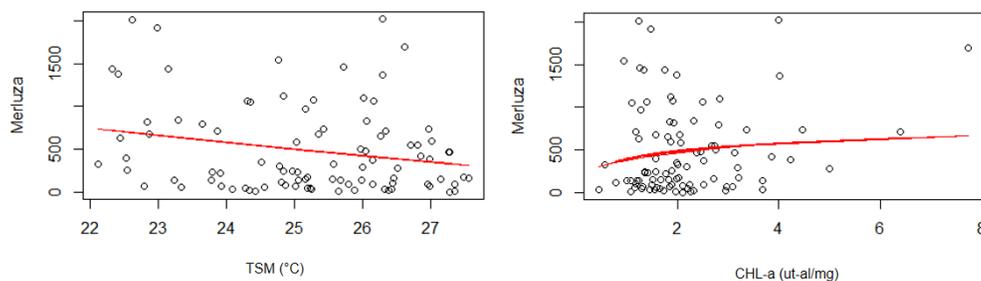
VARIABLES	TSM3m	CHL	ONI	MEI
<b>R<sup>2</sup></b>	0.0438	0.0255	0.0028	0.00072
<b>P - VALUE</b>	0.0453	0.1286	0.6146	0.8002

En cuanto a la bondad del ajuste, se obtuvieron coeficientes de determinación bajos: 0.0438, 0.0255, 0.0028, 0.0007, para TSM3m, CHL, ONI y MEI respectivamente.

La incertidumbre es amplia, especialmente para ONI y MEI con valores de P-Value igual a 0.61 y 0.80. Por lo que no se puede ajustar las variables independientes con la dependiente.

### Ajuste Logarítmico

$$y(x) = b_0 + b_1 * \ln x$$



**Figura 11.** Gráfico de dispersión y función Logarítmica (regresión no lineal) con su respectiva curva de ajuste de las variables predictoras (TSM, CHLa, ONI y MEI) con relación a la variable dependiente (merluza) con datos desde el 2009 hasta 2016.

**Tabla 5. Coeficientes de determinación y P-Value para ajuste Logarítmico**

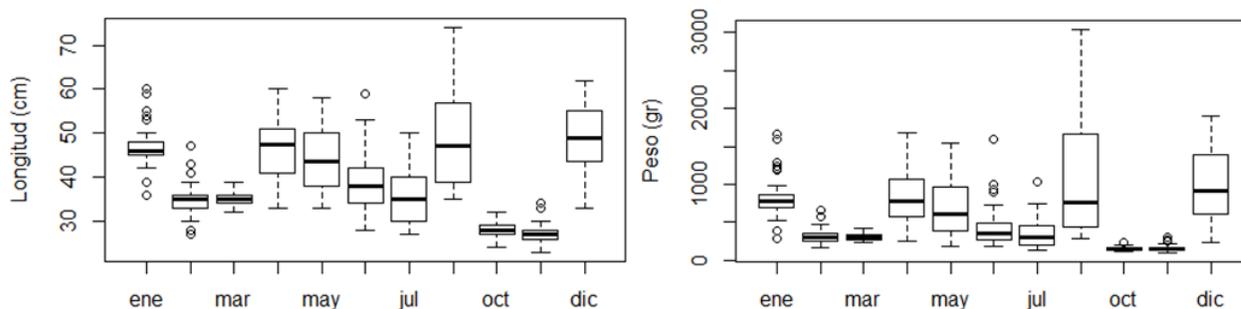
VARIABLES	TSM3m	CHL
R <sup>2</sup>	0.0146	0.0492
P - VALUE	0.0037	0.3355

El ajuste logarítmico sólo se aplicó a la media corrida de 3 meses de la TSM y a Clorofila-a dado que los Índices ONI y MEI pueden tomar valores iguales a cero, lo que es una inconsistencia para este tipo de función.

El bondad de ajuste aplicando esta función es de 0.0146 para TSM3m y 0.0037 para CHLa con P-Value de 0.0492 y 0.3355 respectivamente. No es un buen ajuste para la predicción de exportación de merluza.

## Análisis de Variables Biológicas

Los datos tomados para los siguientes análisis fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca y corresponde a muestreos aleatorios de individuos de merluza en los puertos de Anconcito, Posorja y Santa Rosa de flotas artesanales e industriales capturados durante el año 2014.



**Figura 12.** Diagrama de cajas para los datos mensuales de peso (gramos) y longitud (centímetros) de merluza con muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Datos: INP. (2017)

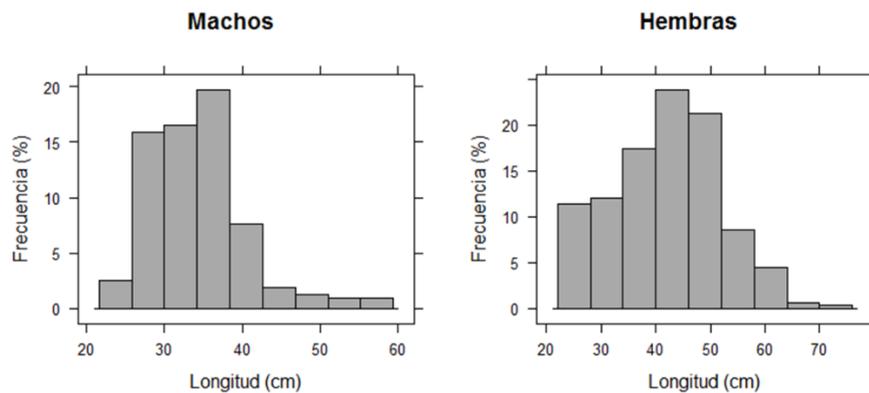
**Tabla 6. Medidas de tendencia central de la variable longitud y peso de merluza, año 2014.**

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	sep	oct	nov	dic
<b>Min.</b>	36.00	27.00	32.00	33.00	33.00	28.00	27.00	35.00	24.00	23.00	33.00
<b>1erQ</b>	45.00	33.00	34.00	41.25	38.00	34.00	30.25	39.00	27.00	26.00	43.75
<b>Mediana</b>	46.00	35.00	35.00	47.50	43.50	38.00	35.00	47.00	28.00	27.00	49.00
<b>Mean</b>	46.82	35.02	35.04	46.48	43.86	38.78	35.58	48.54	27.96	26.98	48.78
<b>3erQ</b>	48.00	36.00	36.00	50.75	50.00	42.00	40.00	56.75	29.00	28.00	55.00
<b>Max.</b>	60.00	47.00	39.00	60.00	58.00	59.00	50.00	74.00	32.00	34.00	62.00

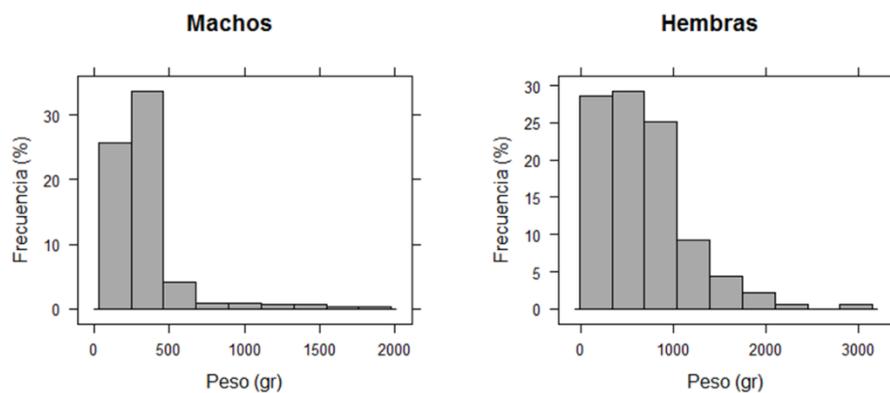
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	sep	oct	nov	dic
<b>Min.</b>	290.00	167.00	229.00	240.00	172.00	173.00	130.00	283.00	104.00	100.00	227.00
<b>1erQ</b>	690.00	247.20	259.00	569.00	376.00	270.00	198.00	432.20	132.50	126.00	623.80
<b>Mediana</b>	780.00	299.50	295.00	778.00	605.50	350.00	303.50	761.00	143.00	142.00	908.00
<b>Mean</b>	810.90	306.30	301.80	816.70	689.40	425.10	343.50	1029.00	148.90	150.60	999.80
<b>3erQ</b>	859.80	339.50	334.00	1070.00	955.20	480.00	444.80	1630.00	163.80	165.00	1373.00
<b>Max</b>	1661.00	663.00	412.00	1678.00	1543.00	1590.00	1035.00	3040.00	239.00	292.00	1906.00

De manera general, la fig.12 describe la variación en los tamaños y pesos de merluza, se observa que en el mes de diciembre, la longitud y peso promedio de los ejemplares es mayor, con una media de 48.78 cm y 999.80 gr. Seguido del mes de septiembre con valores medios de 48.5 cm y 1029 gramos. El valor máximo se registra en septiembre con un individuo de 74 cm y 3040 gramos, este último valor produce un desfase entre la media y la mediana en este mes. En diciembre podemos encontrar un ejemplar de longitud máximo 62 cm y peso máximo de 1906 gr.

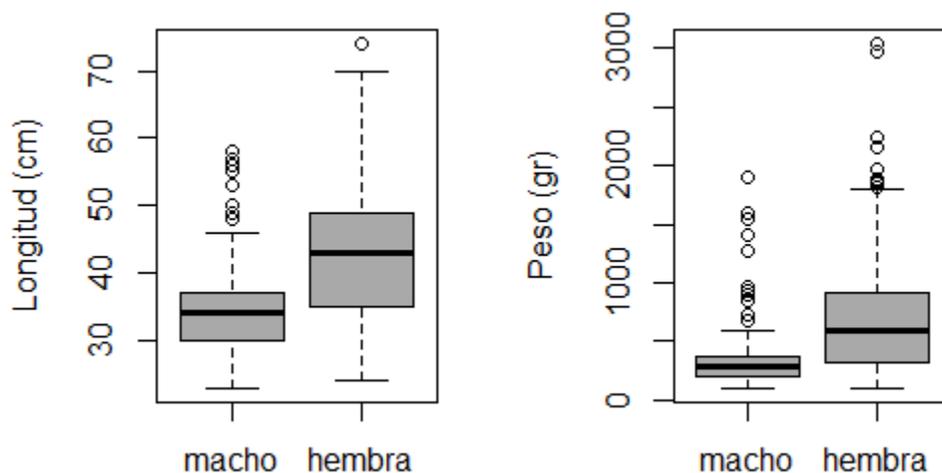
Contrario a esto, los meses que presentan individuos de menores dimensiones longitudinales son octubre y noviembre, con longitudes medias de 28 y 27 cm, y pesos de 149 y 151 gramos, respectivamente.



**Figura 13.** Histogramas para los datos mensuales de longitud (centímetros) de merluzas machos y hembras con muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Datos: INP. (2017)

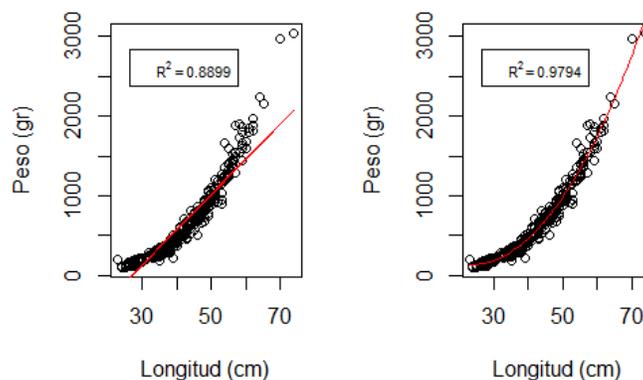


**Figura 14.** Histogramas para los datos mensuales de peso (gramos) de merluzas machos y hembras con muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Datos: INP. (2017)



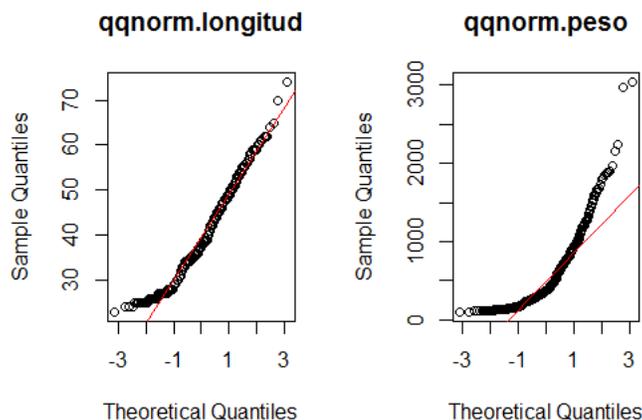
**Figura 15.** Diagramas de Cajas para los datos mensuales de longitud (centímetros) y peso (gramos) de merluzas machos y hembras con muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Datos: INP. (2017)

En las fig.14, Fig.15 y Fig.16 se puede observar el dimorfismo sexual presente en la especie *Merluccius gayi*, donde las hembras son más grandes que los machos. La media de longitud de las hembras se encuentra alrededor de los 55 cm, mientras que la longitud media de los machos es en torno a 45 cm y un peso medio de 600 gr y 300 gr respectivamente. Se han encontrado especímenes hembras con una longitud mayor a los 75 cm y en machos de 60 cm. Un individuo hembra puede llegar a pesar más de 3000 gramos mientras que los machos pueden a alcanzar los 2000 gramos.



**Figura 16.** Diagrama de dispersión entre la variable longitud (independiente) y peso (dependiente) de muestras de merluza (año 2014, excepto agosto), con ajuste del modelo lineal y polinómica de segundo orden (cuadrático) con sus respectivas líneas de bondad del ajuste y coeficientes de determinación. Datos: INP. (2014)

La relación Longitud-Peso se ajustó a un análisis de regresión lineal y cuadrática, donde se obtuvieron los siguientes valores:  $R^2$  igual a 0.89 con P-value de  $2.26 \cdot 10^{-16}$  para la lineal y  $R^2$  igual a 0.97 con P-value de  $2.26 \cdot 10^{-16}$  para la cuadrática, con 95% de confianza, por lo que podemos afirmar que 97% del peso de la merluza se encuentra explicado por la longitud del individuo. La ecuación de ajuste cuadrático es:  $f(x) = 819.2 - 58x + 1.22x^2$

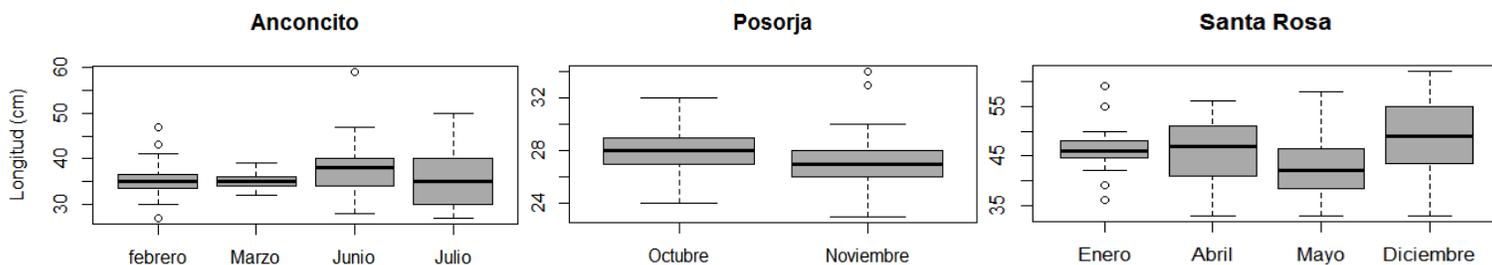


**Figura 17.** Gráfico Q-Q o cuantil-cuantil, para datos de longitud (cm) y peso (gr) de muestras de merluza, muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Método gráfico para determinar si el conjunto de datos obedece a una distribución normal. Datos: INP. (2017)

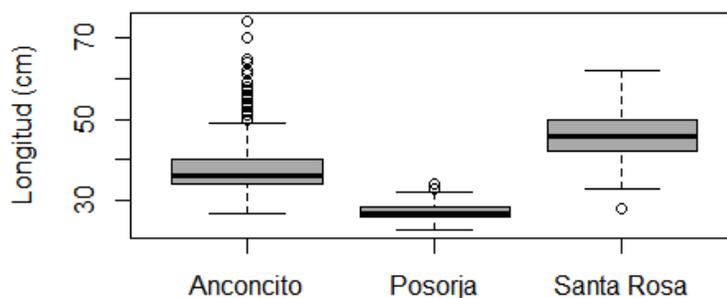
**Tabla 7. Valor de P-Value aplicando la prueba de Shapiro – Wilk para determinar si los datos de las diferentes variables de longitud y peso tienen una distribución Normal**

Prueba Shapiro - Wilk		
Variable	Longitud	Peso
p-value	4.811E-10	2.2E-06

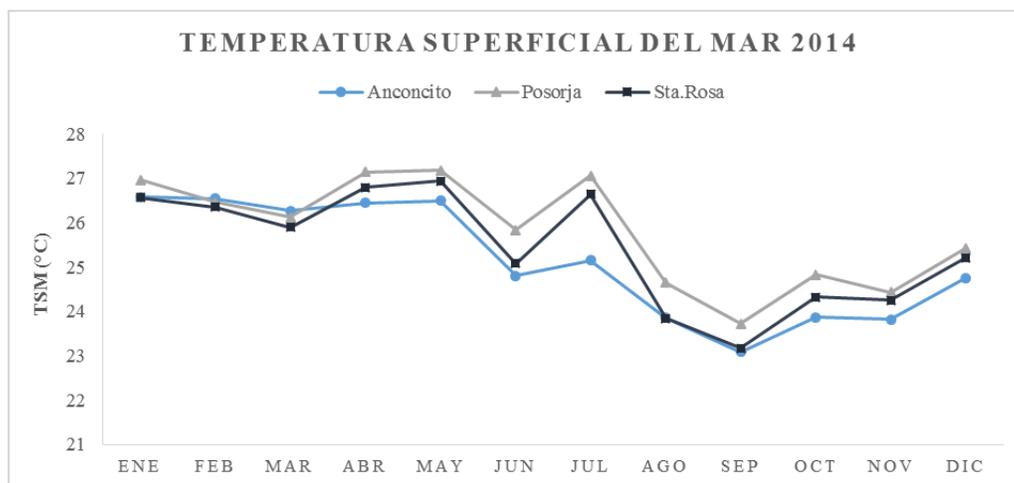
En la fig. 18 se puede observar que los datos de longitud y peso no obedecen a una distribución normal, puesto que la nube de puntos no se ajusta a la línea normal. Para confirmar este resultado, se realiza el Test Shapiro – Wilk (Tabla.7), en la que se asume como Hipótesis Nula que los datos tienen una distribución Normal y como Hipótesis Alternativa que no tienen poseen Normalidad. Se rechaza la hipótesis nula cuando el P-value es mayor al alfa (nivel de confianza, en este caso 0.05). Al realizar la prueba Shapiro – Wilk se obtuvo P-Value igual a 4.811E-10 para longitud y 2.2E-06 para peso. Por lo que no cumplen con una distribución Gaussiana (Normal).



**Figura 18.** Diagramas de Cajas para los datos mensuales de longitud (centímetros) de merluza por zona con muestras tomadas durante el año 2014, excepto el mes de agosto. Datos: INP. (2017)



**Figura 19.** Diagramas de Cajas para los datos mensuales de longitud (centímetros) de merluzas en Anconcito (febrero, marzo, junio, julio), Posorja (octubre, noviembre) y Santa Rosa (enero, abril, mayo, diciembre) con muestras tomadas durante el año 2014 en estos puertos. Datos: INP (2017)

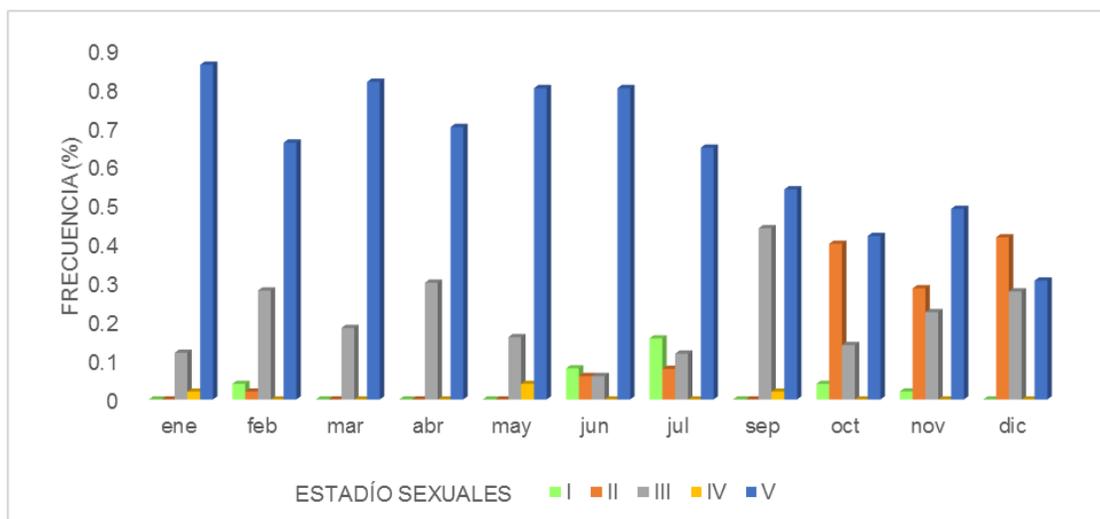


**Figura 20.** Serie de tiempo de Temperatura Superficial del Mar para Anconcito, Posorja y Santa Rosa durante el año 2014. Datos: NOAA (2017)

En los diagramas de cajas (Fig.18) la variación de las longitudes de merluza por puerto, (Anconcito, Posorja y Santa Rosa), y se compara con la temperatura superficial del mar en cada una de esas zonas (Fig.20) y se puede observar que en Posorja la media de las longitudes es 28 y 26 cm durante los meses de octubre y noviembre, y la TSM promedio en estos meses

es de 25°C y 24°C respectivamente. En Anconcito, las tallas medias de los individuos es 35cm en los meses de febrero y marzo, aumenta a 40cm en junio y regresa a 35cm en julio. La TSM promedio de los meses señalados son 26.5°C, 26°C, 25°C y 25.5°C respectivamente. En el mes de julio se observa un rango más amplio de longitudes.

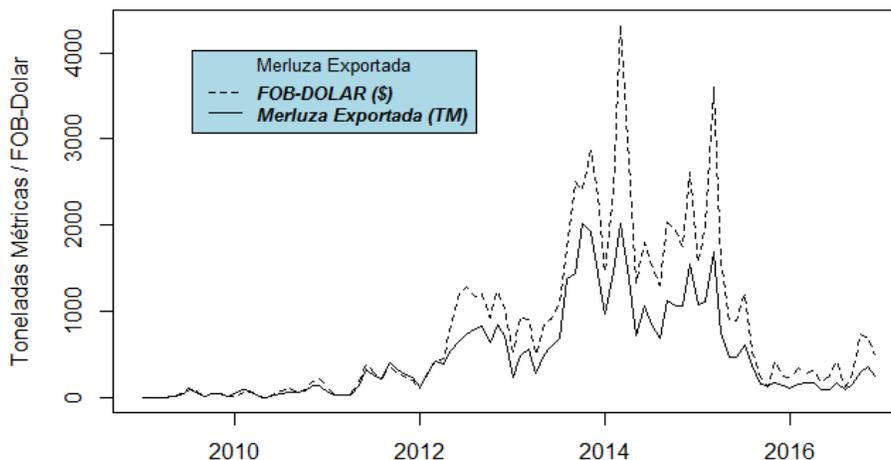
En Santa Rosa, la longitud promedio en enero es 45cm, en abril 48cm, en mayo 40 cm y en diciembre 50 cm. La TSM en estos meses es 26.5°C para enero y abril, 27°C en mayo y 25.5° en diciembre. Se observa un rango más amplio de longitudes en diciembre.



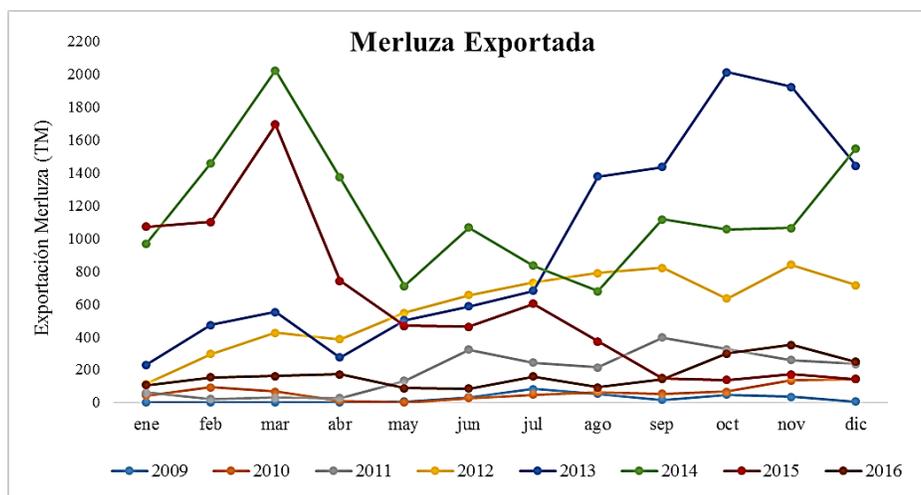
**Figura 21.** Gráfico de barras para los diferentes estadios de madurez sexual para la merluza (*Merluccius gayi*) según la escala macroscópica de Perea et. al 1998 durante los meses del año 2014, excepto agosto. Datos: INP. (2014)

Se puede observar que el estadio de madurez sexual que predomina durante todo el año es el V (En recuperación), especialmente en los meses de enero a julio donde supera el 70% de la muestra. El estadio que le sigue en frecuencia es III (Maduro) presente en los individuos durante todo el año, pero en abril y septiembre se encuentra entre 30% y 50% de la muestra. El II (En madurez) tiene mayor frecuencia en los meses de octubre a diciembre, entre 45% y 30% respectivamente. El estadio I (En reposo) se registra en junio el 10% y julio el 20%. Del estadio IV (Desovante) los registros son bajos y aparece en el mes de enero, mayo y septiembre con el 5% en los tres meses.

## Análisis Económico



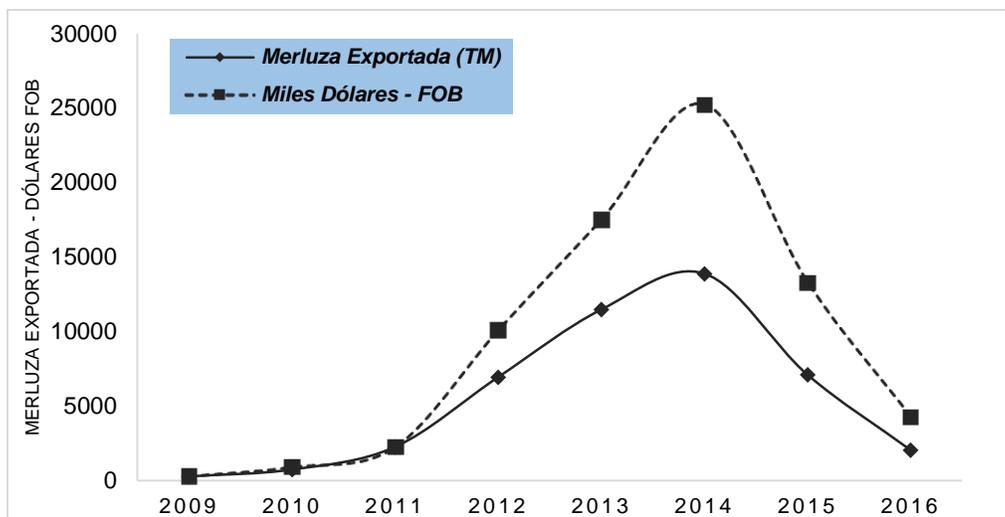
**Figura 22.** Serie de tiempo mensual de volúmenes de merluza exportada en toneladas métricas y el precio de exportación x 1000 (FOB-DÓLAR) desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)



**Figura 23.** Serie de tiempo mensual de volúmenes de merluza exportada en toneladas desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)

En la fig.22 se puede observar que las exportaciones de merluza incrementan de manera gradual en el 2011 y 2012. Durante los años 2013 y 2014 las exportaciones aumentan drásticamente (por encima de los 11 millones de toneladas por cada año). En los primeros meses de 2015 las exportaciones son altas y luego comienzan a caer y se mantienen ligeramente por encima de las dos mil toneladas y en 2016 siguen disminuyendo.

En la fig.23 se observa los meses que han registrado mayores exportaciones de merluza, 2011 junio y septiembre, 2012 septiembre y noviembre, 2013 octubre y noviembre, 2014 marzo y diciembre, 2015 marzo y comienza a caer y en 2016 el mes que registró mayor exportación fue noviembre con 352 toneladas.



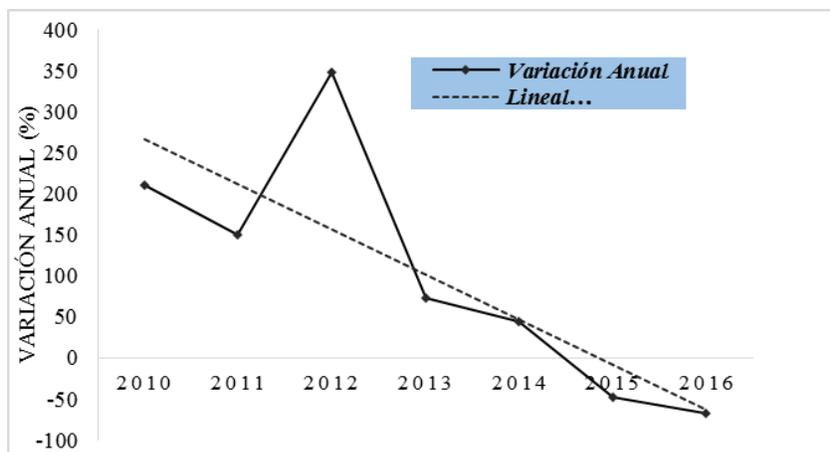
**Figura 24.** Serie de tiempo anual de volúmenes de merluza exportada en toneladas métricas y el precio de exportación x 1000 (FOB-DÓLAR) desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)

**Tabla 8.** Valores de exportación y FOB-DÓLAR durante los años 2009 hasta 2016

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Merluza Exportada (TON)</b>	276.64	738.10	2,260.31	6,945.28	11,480.00	13,887.50	7,102.80	2,047.30
<b>FOB - DÓLAR (\$)</b>	290,250	901,820	2'254,210	10'092,320	17'517,500	25'225,400	13'265,300	4'266.400

De acuerdo con los datos obtenidos de la página web del Banco Central del Ecuador, los volúmenes de exportación de merluza en 2009 fueron 276.6 toneladas; en 2010, 738 toneladas; en 2011, 2260 toneladas; en 2012, 6945 toneladas; 2013, 11480 toneladas; 2014, 13888 toneladas; en 2015, 7103 toneladas y en 2016, 2047 toneladas.

En cuanto a los ingresos generados por las exportaciones de merluza fueron USD 290 mil en 2009, USD 901 mil en 2010, USD 2.3 millones en 2011, USD 10 millones en 2012, USD 17.5 millones en 2013, USD 25.2 millones en 2014, USD 13.3 millones en 2015 y USD 4.3 millones en 2016.

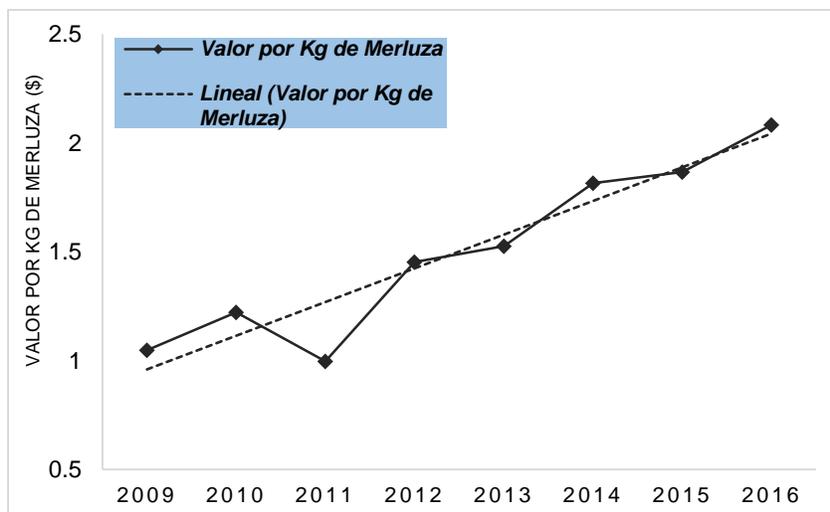


**Figura 25.** Variación anual en porcentaje de volúmenes de merluza exportada (toneladas métricas) desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)

**Tabla 9. Valores de exportación y FOB-DÓLAR y variación anual en porcentaje de volúmenes de merluza exportada desde 2009 hasta 2016**

FECHA	TONELADAS	USD	% VAR
2009	276.64	\$ 290.250	
2010	738.10	\$ 901.820	211
2011	2260.31	\$ 2,254.210	150
2012	6945.28	\$ 10,092.320	348
2013	11480.00	\$ 17,517.500	74
2014	13887.50	\$ 25,225.400	44
2015	7102.80	\$ 13,265.300	-47
2016	2047.30	\$ 4,266.400	-68

En cuanto a la variación anual, los porcentajes fueron 2009-2010, 211%; 2010-2011, 150%; 2011-2012, 348%; 2012-2013, 74%; 2013-2014, 44%, 2014-2015, -47%, 2015-2016, -68%.



**Figura 26.** Valor de exportación por kilogramo de merluza desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)

De acuerdo con los cálculos realizados con base en los datos proporcionados por el Banco Central del Ecuador, el valor por kilogramo de merluza fueron USD 1.05 en 2009, USD 1.22 en 2010, USD 1.00 en 2011, USD 1.45 en 2012, USD 1.53 en 2013, USD 1.82 en 2014, USD 1.87 en 2015 y USD 2.08 en 2016.

Respecto a la fig.27 y los principales países destinos de la merluza ecuatoriana desde el 2009 hasta el 2016 en Europa, Rusia, Rumania, Ucrania, Holanda y Lituania; en América, Colombia, Venezuela, República Dominicana, Brasil y Puerto Rico; en Asia, Vietnam, Israel, Jordania y Armenia; en África, Sudáfrica, Benín, Camerún, Argelia y Guinea.

Durante el 2009 los principales importadores de merluza fueron Ucrania con el 39.6%; Colombia, 20.9%; Rusia, 19.8% y Canadá, 19.8%. En el 2010, Rusia con el 31.5%; Lituania, 23.7%; Colombia, 21.8%; República Dominicana, 11.7% y España, 7.9%. En el 2011, Rusia con 35.7%; Holanda, 17.7%; Brasil, 10.6%; Jordania, 9.7% y Sudáfrica, 4.8%. En el 2012, Rusia con el 35.4%; Rumania, 8.7%; Ucrania, 6.3%; Venezuela, 5.6% y Brasil, 5.5%. En el 2013, Rusia con el 14.4%; Nigeria, 11.9%; Colombia, 5.9%; Ghana, 5.6% y Sudáfrica, 4.6%. En el 2014, Rusia con el 48.1%; Sudáfrica, 15.8%; Benín, 4.6%; Rumania, 4.2% y Camerún, 3.51%. En el 2015, Rusia con el 51.2%; Venezuela, 14.6%; Argelia, 4.8%; Albania, 4.42% y Sudáfrica, 4.19%. En el 2016, Rusia con el 35%; Puerto Rico, 23%; Rumania, 9.8%; Ucrania, 7.2% y Benín, 4.9%.

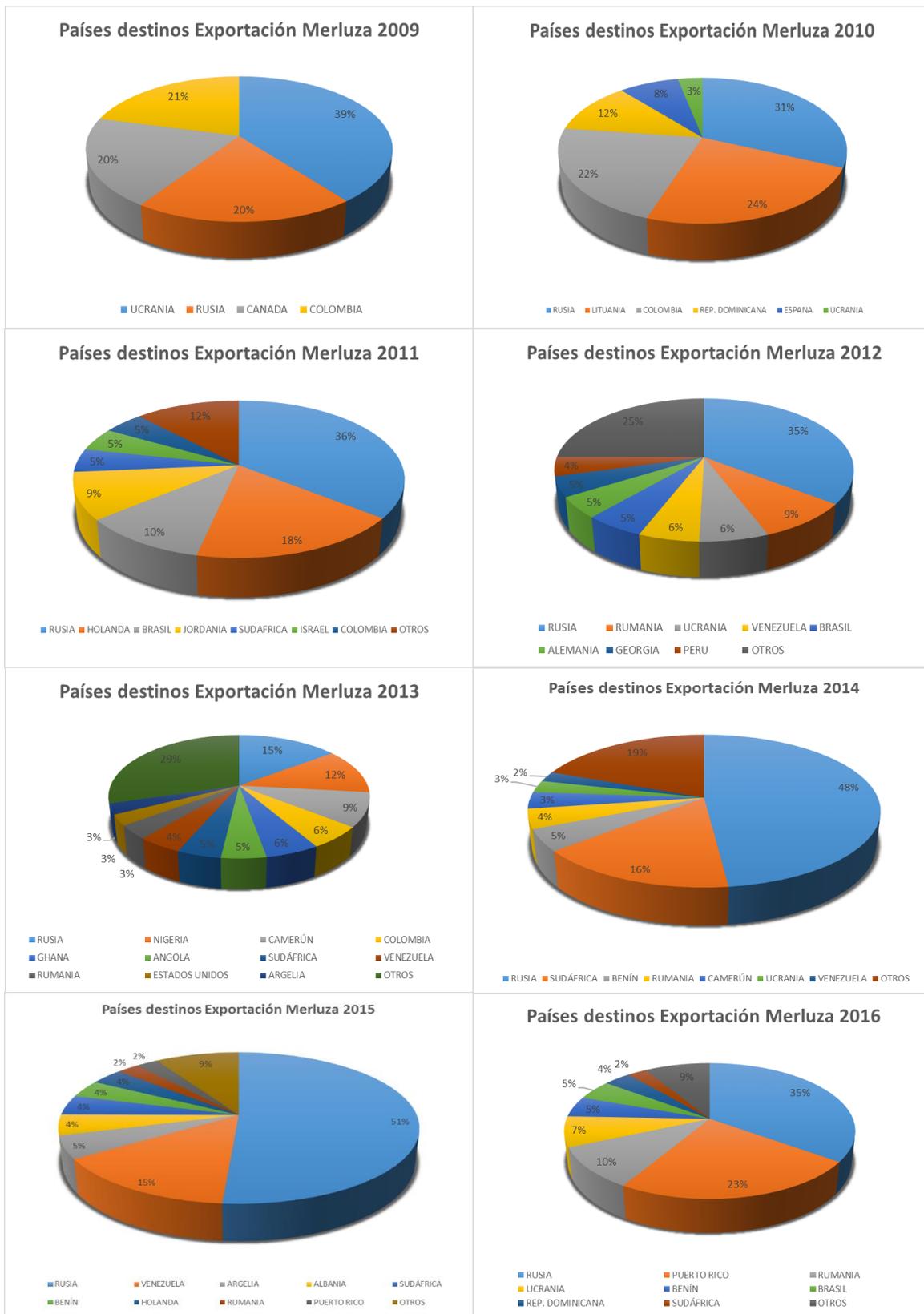


Figura 27. Países destinos de Exportación de Merluza desde 2009 hasta 2016. Datos: BCE. (2017)

## DISCUSIÓN

Cuando se realizó el análisis de correlación lineal, el resultado de los datos analizados ha mostrado que las variables de temperatura superficial, clorofila-a, Índice ONI y MEI no presentan una relación estadística concluyente con respecto a la exportación de merluza, dado que los coeficientes de determinación fueron -0.16, 0.17, -0.03 y 0.03 respectivamente pero el nivel de significancia obtenido no permite rechazar la hipótesis nula. Por lo que se procedió a realizar diferentes funciones de ajustes, como Polinómica de orden 6 y 10, exponencial y logarítmica. La función polinómica de orden 10 fue la que mejor ajustó y entregó resultados estadísticamente aceptables entre las variables y los volúmenes de exportación de merluza, para la media corrida de tres meses de la temperatura superficial del mar una relación del 15%, para ONI, 22% y MEI, 26%, en el caso de clorofila, no se ajustó a ningún modelo aplicado. Entre las posibles razones de las correlaciones bajas entre las variables predictoras y el volumen de merluza exportada se debe a las limitaciones por la falta de datos de captura, esfuerzo de pesca y nutrientes como nitrato, nitrito y fosfatos. Otro aspecto importante a considerar son los factores antropogénicos, medidos en número de embarcaciones merluceras que realizan las faenas de pesca y la captura por esfuerzo de pesquero, por lo que, las variaciones en las capturas y por ende en las exportaciones, no necesariamente reflejan la población de merluza disponible en el océano. Cabe recalcar que durante los años 2012 – 2014 la fase fría predominó frente a las costas ecuatorianas.

Al aplicar la prueba Shapiro-Wilk a las variables cuantitativas continuas de TSM, Chl-a, ONI y MEI, se obtuvo que únicamente el conjunto de datos del Índice MEI obedece a una distribución Normal o Gaussiana, por lo que los análisis estadísticos de las demás variables se ven reducidos en la precisión de su predicción. Uno de los mecanismos para solucionar esta limitación es transformar los datos hasta que alcance una distribución Normal o realizar pruebas estadísticas no paramétricas, un ejemplo de esto es Wilcoxon.

Con relación a las variables biológicas, el análisis de regresión cuadrático mostró que el 97% del peso de los ejemplares de merluza se encuentran explicados por el tamaño. La ecuación de ajuste es  $f(x) = 819.2 - 58x + 1.22x^2$ . En estudios posteriores, estas variables pueden ser usadas indistintamente. Los diagramas evidenciaron el dimorfismo sexual presente en la especie *Merluccius gayi*, donde las hembras son más grandes que los machos, con longitud media de 45cm y 35cm, respectivamente. En cuanto a las estaciones de muestras (puertos) se observa que Santa Rosa tiene ejemplares de mayores tamaños, al contrario, Posorja que registra individuos de menor longitud. Estos grupos diferenciados pueden explicarse en función de las condiciones oceanográficas de la zona, por lo que la especie migraría hacia zonas con condiciones más adecuadas para su alimentación y reproducción.

Con referencia al análisis comparativo entre los estadios de madurez sexual en las diferentes áreas de muestreo se puede observar que en los meses de febrero, junio y julio se ha iniciado la primera etapa del estadio de madurez sexual, luego en los meses de octubre, noviembre y diciembre, la etapa II predomina, esto como resultado de la etapa que empezó un par de meses atrás. Los meses de abril y septiembre la etapa de maduración (III) es la segunda predominante. El estadio Desovante (IV) aparece con poca frecuencia en los meses de mayo

y septiembre. Y durante todo el año se observan ejemplares en Recuperación (V). Con base a los datos analizados no se puede justificar con certeza que la fecha de veda establecidas en el Acuerdo Ministerial N°18 (abril y septiembre) garantice la reproducción de la merluza (Estadío IV), pero cabe recalcar que septiembre tiende a presentar mayor incidencia de individuos desovantes, seguido a este se encuentra el mes de mayo.

En cuanto a la exportación, uno de los principales compradores son Rusia, Colombia, Venezuela, República Dominicana, Brasil, Vietnam y Holanda. Aunque posee pocos clientes fijos y no goza de un Mercado Internacional estable. Durante el 2013 tuvo 53 compradores, en 2014, 36; en 2015, 22 y para el 2016 descendió a 14. Una de las posibles razones es que Ecuador es un exportador merlucero nuevo y podría carecer de políticas de exportación claras o que no haya cumplido con las normas de calidad exigidas por cada comprador.

Durante el año 2014 se registró un volumen de exportación igual a 13888 toneladas, lo que significó un ingreso de USD 25.2 millones al país, pero en el 2016, la cifra de exportación bajó a 2047 toneladas y USD 4.3 millones. Esta caída en los volúmenes de exportación se puede atribuir a la crisis económica y política por la que atraviesan los principales compradores como Rusia, Venezuela y Brasil lo que les resta poder adquisitivo. También podría ser un reflejo de la disminución en la disponibilidad del recurso en el océano. Con el transcurso de los años, el costo por kg de merluza ha subido, de USD 1.05 en 2009 a USD 2.1 en el 2016. Este aumento en el precio puede deberse a mejoras en el tratamiento de pescado al ser capturado, cumplimiento en las exigencias de los compradores o algún adicional que suma un valor agregado al producto. Cabe mencionar que este precio sigue estando por debajo de especies como *Merluccius hubbsi* que alcanza los USD 2.51 por kg de merluza, esta diferencia en el precio responde a características propias de la *Merluccius gayi* que disminuye su valor comercial como la coloración de su carne, que le resta atributo como “pescado blanco”, la textura es menos firme y tiene mayor presencia de parásitos.

Según los últimos datos del Banco Central del Ecuador, durante enero del 2017 se exportaron 760 toneladas de merluza, con un ingreso de USD 1.43 millones. Pero el precio por kg de merluza bajó a USD 0.53.

## CONCLUSIÓN

Cuando se aplicó la función polinómica de orden 10 para la media corrida de tres meses de la temperatura superficial del mar una relación del 15%, para ONI, 22% y MEI, 26%, fue la que mejor ajustó con relación a los volúmenes de exportación de merluza y entregó resultados estadísticamente aceptables, en el caso de clorofila, no se ajustó a ningún modelo aplicado. Los años 2013 y 2014 donde ocurrieron los focos de exportaciones están asociados con las condiciones frías del océano, donde la corriente de Humboldt y la subcorriente de Cromwell predominaban. Una de las principales limitaciones es la falta de datos de captura, esfuerzo de pesca y nutrientes.

De las variables consideradas en el presente estudio solo el Índice MEI obedece a una distribución normal, dado que este índice se calcula con las componentes principales de las seis variables combinadas.

En cuanto a los datos biológicos, las ejemplares hembras son más grandes que los machos, sus longitudes medias son 45cm y 35cm respectivamente. Los meses de enero, mayo y septiembre fueron los únicos que presentaron individuos desovantes. Para obtener resultados más significativos se recomienda realizar muestreos continuos en los diferentes puertos de desembarque de merluza que permita comparar los diferentes estadios y tallas por mes en las diferentes zonas.

Para alcanzar mayor competitividad en los mercados internacionales se deben destinar esfuerzos para mejorar el tratamiento de la merluza capturada desde las embarcaciones hasta que lleguen a los centros de acopio y procesado, así como establecer o mantener políticas claras de exportación que garanticen el interés y permanencia del producto ante los compradores.

## REFERENCIAS

- Aguayo, M., & Ojeda, V. (1987). Estudios de la edad y crecimiento de la merluza común (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848). *Investigaciones Pesqueras*, 34, 99-112.
- Alarcón, C., Cubillos, L., & Oyarzún, C. (2004). Influencia del tamaño de la hembra en laduración e intensidad de la actividad reproductiva de *Merluccius gayi gayi* en la zona centro-sur de Chile. *Investigaciones Marinas*, 32(2), 59-69.
- Allauca, S. (1990). Presencia de la corriente costanera ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 6(1), 1-8.
- Banco Central del Ecuador. (2017). *Estadística BCE Comercio Exterior*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/c-externior>
- Calderón, C., & Terranova, L. (2015). *Diseño de un Plan Estratégico para la comercialización de la Merluza Merluccius gayi y sus efectos económicos, en la población de la comunidad de Chanduy, en el Cantón y Provincia de Santa Elena*. Guayaquil.
- Centro de Desarrollo y Pesca Sustentable . (2015). *Informe sobre el estado actual de la población de la Merluza Peruana (Merluccius gayi peruanus) y proyección de la captura biológicamente aceptable en el año 2015*.
- Cerna, J., & Oyarzún, C. (1998). Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial de la merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. *Investigaciones Marinas*, 31-40.
- Cubillos, L., Alarcón, C., & Arancibia, H. (2007). Selectividad por tamaño de las presas en merluza común (*Merluccius gayi gayi*), zona centro-sur de Chile (1992-1997). *Investigaciones Marinas*, 35(1), 55-69.
- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2013). *Análisis del Sector Pesca*. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones.
- García, M. (2014). *Pesquería del recurso merluza (Merluccius gayi) en el Ecuador continental 2013*. Viceministerio de acuicultura y pesca, Subsecretaría de Recursos Pesqueros.
- Hernández, C., Galleguillos, R., & Oyarzún, C. (2000). Diferenciación genética de *Merluccius gayi gayi* y *Merluccius gayi peruanus* (Pisces, Merlucciidae) y antecedentes paleográficos de su área de dsitribución. *Revista Chilena de Historia Natural*, 23-29.
- Instituto del Mar del Perú. (2013). *Crucero de evaluación de la población de merluza y otros demersales en otoño de 2013, en el área comprendida entre puerto pizarro y chimaca*.
- Instituto Nacional de Pesca. (2016). *Informe de seguimiento del estado biológico actual de la Merluza (Merluccius gayi) - Julio de 2016*. Guayaquil.
- Lloris, D., Matallanas, J., & Oliver, P. (2003). *Merluzas del Mundo*. Roma: Editorial FAO.
- Lluch-Cota, D., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S., López, J., Nevárez, M., Ponce, G., . . . Morales, J. (s.f.). Las pesquerías y el Niño. 137-178.

- Meiners, C. (Marzo de 2007). Importancia de la Variabilidad climática en las pesquerías de merluza europea *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de la costa Noroccidental Africana. Cataluña.
- Minaya, P. (2001). *Breve Reseña de las Principales Especies de Merlúcidos a nivel mundial 1970 – 1998*. Obtenido de [http://www.imarpe.gob.pe/informes/info\\_merluza/merlucidos.html](http://www.imarpe.gob.pe/informes/info_merluza/merlucidos.html)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. (16 de Abril de 2013). Acuerdo Ministerial N°18. Manta, Manabí, Ecuador.
- Oré, D. (2011). Estructura Genética de la población de merluza peruana (*Merluccius Gayi Peruanus*) (Primavera, 2001) usando variantes de secuencia de la región de control Mitocondrial. 105. Lima, Perú.
- Ormaza, F. (2016). Gestión y Explotación de Pesquería: El caso de la Merluza entre la lógica binaria y la Lógica difusa. En D. Soto, & M. Palacios (Edits.), *Ecuador país marítimo: Ensayos sobre Recursos Naturales, Desarrollo y Gobernanza*. Quito: Editorial UPACIFICO.
- Perea, A., Sánchez, J., & Buitrón, B. (Enero-Diciembre de 2015). Escala de Madurez Gonadal de Merluza Peruana. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 30(1-2), 20-26.
- Perea, A., Sánchez, J., & Buitrón, B. (2015). Escala de madurez gonadal de Merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* (Ginsburg, 1954). *Boletín Instituto del Mar del Perú*(30), 20-28.
- Sectoralista de Pesca y Acuicultura. (2014). *Análisis Sectorial de Merluza*. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, Dirección de Promoción de Exportaciones.
- Subsecretaría de Pesca. (2008). *Merluza común Merluccius gayi gayi (Guichenot, 1848)*. Chile.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2012). *Cuota global anual de captura de merluza común (Merluccius gayi gayi)*. Valparaíso.
- Tello, J. (2014). Relación: Longitud vs. Edad de *Merluccius gayi* durante Octubre 2013 - Marzo 2014. La Libertad.
- Wostinza, C., & Guevara, R. (2000). Adaptive Response of Peruvian Hake to Overfishing. 23(1), 24-28.

## ANEXOS

```

library(lattice)
library(datasets)
setwd("F:/Materia Integradora")
datos<-read.csv("DATOS_MERLUZA_2014.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(datos)
par(mfrow=c(1,2))
hist( LONG,main="Frecuencia de tamaños (Merluza)",xlab="Longitud (cm)", ylab="Frecuencia",
col="5")
summary(LONG)
hist( PESO,main="Frecuencia de Pesos (Merluza)",xlab="Peso (gr)", ylab="Frecuencia", col="5")
summary(PESO)
boxplot(LONG, ylab="Longitud (cm)")
boxplot(PESO, ylab="Peso (gr)")
dev.off()
plot(LONG, PESO, xlab="Longitud (cm)", ylab="Peso (gr)", col="1")
lines(nitrogeno2,ganancia2,type="overplotted",pch=2,col="red")
datos2<-read.csv("DATOS_tsm_chl_captura.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(datos2)
datos2
plot(ONI, Captura)
plot(CHLa_L, Captura)
plot(TSM_L, Captura)

```

### #SERIE DE TIEMPO

```

datos4<-read.csv("meses.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(datos4)
plot(ene,feb,mar,abr,may,jun,jul,ago,sep,oct,nov,dic)
plot(ene, type="l")

```

### #ANALISIS DE VARIABLES OCEANOGRAFICAS

```

setwd("F:/Materia Integradora")
datos3<-read.csv("DATOS_F.csv",header=TRUE, sep=",")
A=lm(chl~tsm)
A$fitted.values
plot(tsm,A$fitted.values, type="p")
abline(lm(chl~tsm),type="p", col="blue")
library(timeSeries)
library(stats)
A=ts(chl,start = c(1,2010),frequency = 12)
B=stl(A,s.window = "period")
plot(B)

```

```
G=lm(chl~tsm)
B$time.series[, "trend"]
D=as.numeric(B$time.series[, "trend"])
H=round(summary(G)$r.squared,4)
plot(captura~chl,type="p")
abline(lm(captura~chl),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.0603)))
```

### **#TEMPERATURAS VS CAPTURAS**

```
par(mfrow=c(2,2))
plot(captura~tsm,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~tsm),col="blue")
summary(lm(captura~tsm))
legend("topright",c(expression(R^2==0.0001451)))
```

```
plot(captura~tsm1,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~tsm1),col="blue")
summary(lm(captura~tsm1))
legend("topright",c(expression(R^2==0.01202)))
```

```
plot(captura~tsm2,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~tsm2),col="blue")
summary(lm(captura~tsm2))
legend("topright",c(expression(R^2==0.03004)))
```

```
plot(captura~tsm3,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~tsm3),col="blue")
summary(lm(captura~tsm3))
legend("topright",c(expression(R^2==0.01989)))
```

### **#CHL VS CAPTURAS**

```
plot(captura~chl,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~chl),col="blue")
summary(lm(captura~chl))
legend("topright",c(expression(R^2==0.01168)))
```

```
plot(captura~chl1,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~chl1),col="blue")
summary(lm(captura~chl1))
legend("topright",c(expression(R^2==0.001518)))
```

```
plot(captura~chl2,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~chl2),col="blue")
summary(lm(captura~chl2))
```

```
legend("topright",c(expression(R^2==0.001933)))
```

```
plot(captura~chl3,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~chl3),col="blue")
summary(lm(captura~chl3))
legend("topright",c(expression(R^2==0.002399)))
```

### #ONI

```
plot(captura~oni,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~oni),col="blue")
summary(lm(captura~oni))
legend("topright",c(expression(R^2==0.001079)))
```

```
plot(captura~nitrito,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~nitrito),col="blue")
summary(lm(captura~nitrito))
legend("topright",c(expression(R^2==0.00159)))
```

```
plot(captura~nitrato,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~nittrato),col="blue")
summary(lm(captura~nittrato))
legend("topright",c(expression(R^2==0.001011)))
```

```
plot(captura~fosfato,type="p", ylab="Exportación")
abline(lm(captura~fosfato),col="blue")
summary(lm(captura~fosfato))
legend("topright",c(expression(R^2==0.00224)))
```

```
library(astsa)
library(stats)
acf2(chl)
H=data.frame(Meses=rep(1:12,6),chl=chl)
u=tapply(H$chl,H$Meses,mean)
desv=tapply(H$chl,H$Meses,sd)
anom=(H$chl-rep(u,12))/rep(desv,12)
ccf(anom,anom,lag.max = 24)
ccf(chl,chl,lag.max = 24)
```

```
attach(datos3)
plot(captura, main="Exportación Merluccius Gayi", ylab="Exportación (TM)", xlab = "Tiempo",
type = "l", axes=FALSE)
axis(2, 0:900, line = FALSE, lty = 1, lwd = 1, col = 1)
axis(1, 1:72, fecha[1:72])
```

```

plot(tsm, captura, ylab="Exportación (TM)", xlab = "Temperatura Superficial del Mar (°C)", type =
"p", axes=TRUE)
plot(tsm1, captura, ylab="Exportación (TM)", xlab = "Temperatura Superficial del Mar (°C)", type
= "p", axes=TRUE)
Rsquared=text(tsm1, captura, expression(p == over(1, 1+e^-(beta*x+alpha))))
text(tsm1, captura, as.expression(substitute(R^2==r, list(r=Rsquared))))
setwd("F:/Materia Integradora")
datos4<-read.csv("DATOS_F2.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(datos4)
pairs(datos4)
plot(xt)
plot(chl, captura, ylab="Exportación (TM)", xlab = "Temperatura Superficial del Mar (°C)", type =
"p", axes=TRUE)

```

### **#PESO LONGITUD**

```

setwd("F:/Materia Integradora")
macho<-read.csv("macho.csv",header=TRUE, sep=",")
par(mfrow=c(2,2))
attach(macho)
hist( lm1,main="Frecuencia de tamaños (Merluzas Macho)",xlab="Longitud (cm)",
ylab="Frecuencia", col="5")
hist( pm1,main="Frecuencia de Pesos (Merluzas Macho)",xlab="Peso (gr)", ylab="Frecuencia",
col="5")
hembra<-read.csv("hembra.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(hembra)
hist( lh1,main="Frecuencia de tamaños (Merluzas Hembra)",xlab="Longitud (cm)",
ylab="Frecuencia", col="5")
hist( ph1,main="Frecuencia de Pesos (Merluzas Hembra)",xlab="Peso (gr)", ylab="Frecuencia",
col="5")
dev.off()
par(mfrow=c(2,2))
boxplot( lm1,main="Tamaño Merluzas Macho", ylab="Longitud (cm)",col="5")
boxplot( pm1,main="Peso Merluzas Macho ",ylab="Peso (gr)", col="5")
hembra<-read.csv("hembra.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(hembra)
boxplot( lh1,main="Tamaño Merluzas Hembra",ylab="Longitud (cm)", col="5")
boxplot( ph1,main="Peso Merluzas Hembra",ylab="Peso (gr)", col="5")
dev.off()
par(mfrow=c(1,2))
plot(lm1,pm1, xlab="Tamaño (cm)", ylab="Peso (gr)", main="Tamaño vs Peso (Machos)" )
plot(lh1,ph1, xlab="Tamaño (cm)",ylab="Peso (gr)", main="Tamaño vs Peso (Hembras)" )

```

**#ANÁLISIS DE REGRESIÓN MULTIPLE**

```
setwd("F:/Materia Integradora")
datos3<-read.csv("DATOS_F.csv",header=TRUE, sep=",")
attach(datos3)
fit <- lm(captura ~ tsm2 + chl+fosfato+nitrato+nitrito+oni, data=datos3)
summary(fit)
```

**####Exportación vs Valor\$####**

```
plot(captura,precio, main="Exportación Merluccius Gayi", ylab="Exportación (TM)", xlab =
"Tiempo", type = "p", axes=T)
fit <- lm(captura ~ precio, data=datos3)
summary(fit)
```

```
axis(2, 0:2000, line = FALSE, lty = 1, lwd = 1, col = 1)
axis(1, 1:, fecha[1:72])
```

```
library(readxl)
library(stats)
library(ggplot2)
library(lattice)
library(mycor)
```

**#SERIE DE TIEMPO ONI**

```
setwd("F:/Materia Integradora")
BASE=read_excel("ONI0316.xlsx")
BASE2<-as.vector(t(BASE))
datos <- ts(BASE2, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datos, ylab="ANOMALIAS", xlab="TIEMPO", main="Indice ONI")
abline(h = 0, v = 0, col = "red")
abline(h = 0.5, v = 0, col = "red")
abline(h = -0.5, v = 0, col = "red")
oni_comp<-decompose(datos)
plot(oni_comp)
```

**#SERIE DE TIEMPO MEI**

```
BASE=read_excel("MEI.xlsx")
BASE2<-as.vector(t(BASE))
datos <- ts(BASE2, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datos, ylab="ANOMALIAS", xlab="TIEMPO", main="Indice MEI")
abline(h = 0, v = 0, col = "red")
```

```

setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export6.xlsx")
attach(BASE)
datosc <- ts(sst, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf<-ts(sst2m, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf2<-ts(sst3m, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datosc, lty=1, col="blue" ,ylab="TSM (°C)",xlab="Tiempo", main="TSM", lwd=1)
lines(datosf, col="black", lwd=2)
lines(datosf2, col="red", lwd=2)
legend("bottomright", inset=0.1, legend=c("TSM", "TSM2m", "TSM3m"),
      col=c("blue", "black", "red"), lty=1, cex=0.6)
datosc1 <- ts(chl, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datosc1, lty=1, col="black" ,ylab="CHLa (mg/m^3)",xlab="Tiempo", main="CHLa",lwd=1)

datosc <- ts(chl, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf<-ts(chl2m, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf2<-ts(chl3m, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datosc, lty=1, col="blue" ,ylab="CHLa (mg/m^3)",xlab="Tiempo", main="CHLa", lwd=1)
lines(datosf, col="black", lwd=2)
lines(datosf2, col="red", lwd=2)
legend("topleft", inset=0.1, legend=c("CHLa", "CHLa2m", "CHLa3m"),
      col=c("blue", "black", "red"), lty=1, cex=0.6)

```

### **#SERIE DE TIEMPO DATOS EXPORTACION MERLUZA POR MES**

```

setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export4.xlsx")
datosc <- ts(BASE$captura_ton, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf<-ts(BASE$fob_dolar, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datosf, lty=2, ylab="Toneladas Métricas / FOB-Dolar",xlab="Tiempo", lwd=1)
polygon(datosc, col="#A9A9A9")
lines(datosc, col="black", lwd=1.5)
legend("topleft", inset=0.1, legend=c("FOB-DOLAR ($)","Merluza Exportada (TM)"),
      col=c("black", "black"), lty=c(2,1), cex=0.5,
      title="Merluza Exportada", text.font=4, bg='lightblue')
datoscc<-ts(BASE$costo_kg, frequency=12, start=c(2009,1))
datosck<-ts(BASE$costo_lb, frequency=12, start=c(2009,1))
legend("topleft", inset=0.1, legend=c("Valor $ por Kg"),
      col="black", lty=1, cex=0.6,
      title="Merluza Exportada", text.font=4, bg='lightblue')

```

**#SERIE DE TIEMPO DATOS EXPORTACIONES MERLUZA POR AÑO**

```
setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export6.xlsx")
attach(BASE)
datosc1 <- ts(BASE$captura_ton1, frequency=12, start=c(2009,1))
datosf1<-ts(BASE$sst, frequency=12, start=c(2009,1))
plot.ts(datosf1, col="blue", lty=1,type="l", ylab="Variables",xlab="Tiempo", lwd=1)
lines(datosc1, col="black", type="l",lwd=1.5)
abline(h = 0, col = "red")
```

```
legend("topleft", inset=0.01, legend=c("Indice ONI", "Merluza (TM*1000)"),
      col=c("black", "blue"), lty=c(1,1), cex=0.8,
      title=NULL, text.font=4, bg='lightblue')
```

```
ts.plot(datosf1,datosc1, col=c("black","blue"))
legend("left", inset=0.05, legend=c("TSM2m", "Merluza Exportada (TM*100)"),
      col=c("black", "blue"), lty=c(1,1), cex=0.55,
      title="Merluza Exportada - TSM2m", text.font=4, bg='lightblue')
```

```
BASE=read_excel("merluza_export5.xlsx")
datosc1 <- ts(BASE$captura_ton, frequency=1, start=c(2009,1))
datosf1<-ts(BASE$fob_dolar, frequency=1, start=c(2009,1))
plot.ts(datosf1, lty=2,type="b", ylab="Toneladas Métricas / FOB-Dolar",xlab="Tiempo", lwd=1)
lines(datosc1, col="black", type="b",lwd=1.5)
legend("topleft", inset=0.1, legend=c("FOB-DOLAR ($) ", "Merluza Exportada (TM)"),
      col=c("black", "black"), lty=c(2,1), cex=0.5,
      title="Merluza Exportada", text.font=4, bg='lightblue')
```

```
datoscc<-ts(BASE$costo_kg, frequency=12, start=c(2009,1))
datosck<-ts(BASE$costo_lb, frequency=12, start=c(2009,1))
legend("topleft", inset=0.1, legend=c("Valor $ por Kg"),
      col="black", lty=1, cex=0.8,
      title="Merluza Exportada", text.font=4, bg='lightblue')
```

**#SERIE DE TIEMPO DATOS COMPLETOS**

```
setwd("E:/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export16.xlsx")
attach(BASE)
plot(BASE$captura_ton~BASE$oni)
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst2))
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst2+BASE$chl+BASE$oni))
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$oni))
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst1))
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$fob_dolar))
```

```
pairs(BASE$captura_ton~BASE$chl+BASE$chl1+BASE$chl2+BASE$chl3,na.action=na.omit)
pairs(captura_ton~chl+chl1+chl2+chl3,na.action=na.omit)
```

```
pairs(BASE$captura_ton~BASE$chl+BASE$chl1+BASE$chl2+BASE$chl3,diag.panel=panel.hist,
na.action=na.omit)
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl+BASE$chl1+BASE$chl2+BASE$chl3,type="p",
ylab="Exportación"))
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl),col="blue")
plot(captura~tsm1,type="p",ylab="Exportación")
abline(lm(captura~tsm1),col="blue")
summary(lm(captura~tsm1))
legend("topright",c(expression(R^2==0.01202)))
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl+BASE$chl1+BASE$chl2+BASE$chl3))
```

### **#SERIE DE TIEMPO DATOS EXPORTACION MERLUZA CON ANOMALIAS**

```
setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export14.xlsx")
attach(BASE)
datosc <- ts(BASE$captura_ton, frequency=12, start=c(2009,1))
datosc1 <- ts(BASE$captura_ton1, frequency=12, start=c(2009,1))
datos<-ts(BASE$sst, frequency=12, start=c(2014,1))
plot(datos)
datos1<-ts(BASE$oni, frequency=12, start=c(2009,1))
datos2<-ts(BASE$chl, frequency=12, start=c(2009,1))
datos3<-ts(BASE$nitri, frequency=12, start=c(2009,1))
datos4<-ts(BASE$fosf, frequency=12, start=c(2009,1))
datos5<-ts(BASE$sst2, frequency=12, start=c(2009,1))

plot.ts(datosc, lty=1, col="blue",ylab="Variables",xlab="Tiempo", lwd=1.8)
lines(datos4, col="black", lty=1)
abline(h = 0, v = 0, col = "red")
legend("topleft", inset=0.05, legend=c("Merluza Exportada (TM*1000)","Fosfato (ug-at/L)"),
col=c("blue","black"), lty=1, cex=0.65,
title="Merluza Exportada versus Fosfato ", text.font=4, bg='lightblue')
```

**#TEMPERATURAS VS EXPORTACION**

```

par(mfrow=c(2,2))
plot(BASE$captura_ton~BASE$sst,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.02472)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$sst1,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst1),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.04323)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$sst2,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst2),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.03257)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$sst3,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst3),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.06345)),cex=0.9)

```

**#CHL VS EXPORTACION**

```

par(mfrow=c(2,2))
plot(BASE$captura_ton~BASE$chl,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.03027)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$chl1,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl1),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.005654)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$chl2,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl2),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.0003524)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$chl3,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl3),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.004591)),cex=0.9)

```

**#NITRITO, NITRATO, FOSFATO VS EXPORTACION**

```

par(mfrow=c(2,2))
plot(BASE$captura_ton~BASE$nitri,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$nitri),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.04779)),cex=0.9)

plot(BASE$captura_ton~BASE$nitra,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$nitra),col="blue")

```

```
legend("topright",c(expression(R^2==0.008501)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$fosf,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$fosf),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.02482)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$oni,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$oni),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.001138)),cex=0.9)
```

### **#TEMPERATURAS VS EXPORTACION**

```
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst+BASE$chl+BASE$oni))
```

```
summary(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl3))
```

```
BASE2=read_excel("merluza_export16.xlsx")
```

### **#TEMPERATURAS VS EXPORTACION**

```
summary(lm(BASE2$captura_ton~BASE2$sst+BASE2$chl+BASE2$oni))
```

```
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst+BASE$chl+BASE$oni+BASE$nitri))
```

```
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.02472)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$sst1,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst1),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.04323)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$sst2,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst2),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.03257)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$sst3,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$sst3),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.06345)),cex=0.9)
```

### **#CHL VS EXPORTACION**

```
par(mfrow=c(2,2))
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$chl,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.03027)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$chl1,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl1),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.005654)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$chl2,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl2),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.0003524)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$chl3,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$chl3),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.004591)),cex=0.9)
```

### **#NITRITO, NITRATO, FOSFATO VS EXPORTACION**

```
par(mfrow=c(2,2))
plot(BASE$captura_ton~BASE$nitri,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$nitri),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.04779)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$nitra,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$nitra),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.008501)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$fosf,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$fosf),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.02482)),cex=0.9)
```

```
plot(BASE$captura_ton~BASE$oni,type="p", ylab="Merluza(TM)")
abline(lm(BASE$captura_ton~BASE$oni),col="blue")
legend("topright",c(expression(R^2==0.001138)),cex=0.9)
```

```
library(raster)
library(rasterVis)
library(lattice)
library(latticeExtra)
library(RColorBrewer)
library(rgl)
library(ggplot2)
library(ggplot)
library(colorRamps)
library(RColorBrewer)
library(readxl)
library(stats)
library(mycor)
library(nortest)
library(psych)
library(survival)
```

```

setwd("F:/Materia Integradora")
ene12<-raster("ene12.asc")
setwd("C:/Users/Usuario/Desktop/Materia Integradora")
BASE=read_excel("merluza_export6.xlsx")
d<-data.frame(BASE$sst, BASE$sst2m, BASE$sst3m, BASE$chl, BASE$chl2m, BASE$chl3m,
BASE$oni, BASE$mei,BASE$captura_ton)
d1<-cor(d, use = "complete.obs", method = "pearson")
write.csv2(d1, "file") #exporta los datos de cor
corr.test(d, use = "complete.obs", method = "pearson")
d2<-corr.test(d, use = "complete.obs", method = "pearson")
cor.test(BASE$oni, BASE$captura_ton, use = "complete.obs", method = "pearson")
x=BASE$sst^2
cor.test(captura_ton,oni)

```

### **#DISTRIBUCION DE LOS DATOS**

#Sirven para observar que variables están más relacionadas

```

BASE=read_excel("merluza_export1.xlsx")
distrib <-c("weibull", "exponential", "gaussian", "logistic",
           "lognormal", "t" )
distrib <-c("gaussian", "t", "logistic")
for( Dis in distrib){ tmpf <-extractAIC(survreg(Surv(BASE$mei)~1, dist=Dis))
  cat(Dis, ", AIC = ",tmpf[2], "\n")
}

```

### **#DENSITY DE LOS DATOS**

#Sirven para observar qué tipo de distribución tienen las variables

```

attach(BASE)
par(mfrow=c(1,2))
plot(density(captura_ton), main="Merluza")
plot(density(sst), main="TSM")
plot(density(sst2m), main="TSM2M")
plot(density(sst3m), main="TSM3M")
plot(density(chl), main="CHL")
plot(density(chl2m), main="CHL2M")
plot(density(chl3m), main="CHL3M")
plot(density(oni), main="ONI")
plot(density(mei), main="MEI")
dev.off()

```

**#QQNORM DE LOS DATOS**

#Sirven para observar el comportamiento de los valores reales al ser sometidos a una distribución normal

```
BASE=read_excel("merluza_export1.xlsx")
attach(BASE)
par(mfrow=c(2,4))
qqnorm(sst, main="TSM")
qqline(sst, main="TSM", col="red")
qqnorm(sst2m, main="TSM2M")
qqline(sst2m, main="TSM2M", col="red")
qqnorm(sst3m, main="TSM3M")
qqline(sst3m, main="TSM3M", col="red")
qqnorm(chl, main="CHL")
qqline(chl, main="CHL", col="red")
qqnorm(chl2m, main="CHL2M")
qqline(chl2m, main="CHL2M", col="red")
qqnorm(chl3m, main="CHL3M")
qqline(chl3m, main="CHL3M", col="red")
qqnorm(oni, main="ONI")
qqline(oni, main="ONI", col="red")
qqnorm(me, main="MEI")
qqline(me, main="MEI", col="red")
qqnorm(captura_ton, main="Merluza")
qqline(captura_ton, main="Merluza", col="red")
dev.off()
```

**#SHAPIRO TEST**

# Sirve para determinar si los datos tienen una distribución normal

```
shapiro.test(captura_ton)
shapiro.test(sst)
shapiro.test(sst2m)
shapiro.test(sst3m)
shapiro.test(chl)
shapiro.test(chl2m)
shapiro.test(chl3m)
shapiro.test(oni)
shapiro.test(me)
```