



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS

UDELAR fcien.edu.uy

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Proyecto de Tesis

Efecto de la variabilidad climática sobre las pesquerías de grandes peces pelágicos en el Atlántico Sudoccidental



Rodrigo Forselledo Cladera

Orientador: Dr. Leonardo Ortega

Tribunal: Dra. Carolina Crisci, Dr. Néstor Mazzeo, Dr. Walter Norbis

Julio 2014

EFFECTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA SOBRE LAS PESQUERÍAS DE GRANDES PECES PELÁGICOS EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL

RESUMEN

Los procesos climáticos tienen efectos importantes sobre el funcionamiento de los ecosistemas marinos en un amplio rango de escalas temporales y espaciales. Variables climáticas oceánicas, tales como cambios en la temperatura del mar o en la circulación oceánica, causan efectos directos e indirectos sobre las poblaciones de peces. Se ha demostrado que las especies pelágicas se encuentran estrechamente relacionadas con las variaciones en las condiciones oceánicas, resultando en cambios en la fenología, las migraciones y principalmente en la distribución de estas especies. Los resultados indican que cambios en la distribución hacia los polos y por lo tanto una ampliación en el rango de distribución de estas especies, se dan a una tasa de cambio mayor a la observada en sistemas terrestres. La región del Atlántico Sudoccidental (ASO) se caracteriza por una alta productividad biológica producto de la Confluencia Brasil – Malvinas. Debido a esto, la región sustenta un gran número de flotas pesqueras, entre las cuales se encuentra la flota uruguaya de palangre pelágico que dirige su esfuerzo a la captura de grandes recursos pelágicos como son el pez espada y varias especies de atunes. En el ASO, variaciones climáticas oceánicas relacionadas con procesos de variación interanual afectan los ecosistemas, incluyendo las pesquerías. Se propone analizar la distribución y la abundancia de las especies objetivo de la flota uruguaya en la región del ASO y su relación con la variabilidad climática con el fin de aportar información relevante para una mejor comprensión y administración sustentable de estos recursos.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el producto de las capturas en pesquerías y la acuicultura alcanzaron en el año 2010 los 148,5 millones de toneladas, con un valor total de 217,5 mil millones de dólares. Del total producido, 128,3 millones de toneladas fueron destinadas al consumo humano. Para aproximadamente tres mil millones de personas, el pescado es una importante fuente de alimento ya que representa el 20% de las proteínas animales de su alimentación. Además, las pesquerías y la acuicultura son la fuente de trabajo para aproximadamente 54,8 millones de personas del sector primario, y tomando en cuenta todas las actividades involucradas, se estima que dan trabajo a cerca del 12% de la población mundial (FAO, 2012).

En el año 2010, las pesquerías representaron el 60% y la acuicultura el 40% del total producido. De las pesquerías, el 87% (77,4 millones de toneladas) corresponde a pesquerías marinas. En los últimos años las capturas marinas se han mantenido, pero los bajos niveles de rendimiento se deben principalmente a la sobrepesca. Se estima que a nivel mundial el 57% de los stocks¹ pesqueros se encuentran plenamente explotados y no soportan mayores capturas, y el 30% se encuentran sobreexplotados por lo que se deberían implementar medidas de manejo para su recuperación (FAO, 2012).

Efectos de la variabilidad climática

La sobrepesca no es la única causante de los bajos rendimientos pesqueros, sino que también son afectados por la contaminación y destrucción de hábitats y zonas de alimentación, reproducción y cría, introducción de especies invasoras, así como por el efecto de la

¹ Existen varias definiciones para este término. En general, un stock constituye una unidad biológica de una especie que forma un grupo de características ecológicas similares y, como unidad, es el sujeto de la evaluación y de la ordenación. Sin embargo, hay muchas incertidumbres a la hora de definir los límites geográficos espaciales y temporales de tales unidades biológicas que son 100% compatibles con la recolección de datos establecida y los sistemas geopolíticos. Por este motivo, y en particular en este estudio, el término stock es frecuentemente sinónimo de unidad de evaluación/gestión, incluso si se produce una migración de la misma especie hacia y desde zonas adyacentes.

variabilidad climática². Los procesos climáticos tienen efectos importantes sobre el funcionamiento de los ecosistemas marinos en un amplio rango de escalas temporales y espaciales (Rouyer *et al.* 2008; IPCC, 2013). Variables climáticas oceánicas, tales como cambios en la temperatura del mar o en la circulación oceánica, causan efectos directos e indirectos sobre los organismos. Los efectos directos actúan sobre la fisiología, el comportamiento, alteran el crecimiento, la capacidad reproductiva, la mortalidad, la distribución y los patrones migratorios. Los efectos indirectos alteran la productividad, la estructura y la composición de los ecosistemas marinos de los cuales los peces dependen. Por lo que es de esperar que estos cambios afecten la productividad y la capacidad de recuperación de los stocks pesqueros marinos (Brander, 2007; Brander, 2010; Cheung *et al.* 2010; Miller *et al.* 2010; Sumaila *et al.* 2011).

Cambios producidos en las condiciones oceanográficas también provocan variaciones sobre la productividad primaria. En latitudes medias, debido principalmente al aumento de la temperatura del agua y a variaciones en los regímenes de vientos, se espera que la capa de mezcla alcance profundidades menores, lo que provocará una disminución en el aporte de nutrientes, llevando a una disminución de la productividad primaria (Hollowed *et al.* 2013). Zonas de alta productividad primaria son utilizadas como áreas de reclutamiento y alimentación por varias especies, por lo que la disminución de la productividad puede tener consecuencias sobre el reclutamiento de los stocks.

Uno de los principales efectos de la variabilidad climática en los ecosistemas marinos es el cambio en la distribución espacial de las especies. Las especies tienden a abarcar todo el rango de temperaturas que fisiológicamente pueden tolerar, y en general en los océanos su distribución se encuentra muy cerca de los límites de estas temperaturas (Sunday *et al.* 2012). Por lo tanto, es esperable que el aumento de temperatura en los océanos lleve a un cambio en la composición de las especies en algunas regiones, reemplazando especies de aguas más frías

² Variabilidad climática refiere a las variaciones en la media del clima en todas las escalas temporales y más allá de todos los eventos climáticos puntuales. La variabilidad puede deberse a procesos climáticos naturales, así como a fuerzas externas causadas naturalmente o por efectos antropogénicos (IPCC, 2013).

por especies de aguas más cálidas (Payne, 2013). Este efecto en la composición de las comunidades de peces debido al aumento de la temperatura del agua ya ha sido observado en ecosistemas tropicales, templados y polares (MacNeil *et al.* 2010). En el Atlántico Sudoccidental, también se han registrado aumentos en el rango de distribución de algunas especies de peces asociados a aguas tropicales y subtropicales (e.g. Segura *et al.* 2009; Izzo *et al.* 2010; Milessi *et al.* 2012) donde debido a la variabilidad climática se observó una mayor influencia de aguas cálidas.

Observaciones recientes han demostrado que las especies pelágicas, al igual que otras especies marinas, se encuentran estrechamente relacionadas con las variaciones en las condiciones oceánicas producidas a diferentes escalas por diferentes fenómenos, como por ejemplo El Niño Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) o la Oscilación Decadal del Pacífico (Lehodey & Maury, 2010). El efecto de estas variaciones climáticas en especies pelágicas resulta principalmente en cambios en la distribución (Hobday *et al.* 2007; Sunday *et al.* 2012). En base a datos pesqueros, Dufour y colaboradores (2010) observaron las primeras evidencias de cambios en la fenología, en las migraciones y la distribución espacial en dos especies de atunes (*Thunnus thynnus* y *T. alalunga*) en el Golfo de Vizcaya. Estos autores, también observaron para *T. alalunga* un cambio en la distribución de la especie con tendencia hacia latitudes mayores. Hobday (2010) analizó, en base a múltiples modelos climáticos que relacionan la temperatura superficial del mar (TSM) con la distribución de la captura, los potenciales cambios en la distribución de 14 especies de grandes pelágicos capturados en pesquerías de palangre en Australia. Los resultados indican un cambio en la distribución hacia los polos y por lo tanto una ampliación en el rango de distribución de estas especies, a una tasa de cambio mayor a la observada en sistemas terrestres (Hobday, 2010).

Estos resultados reflejan el tipo de impacto que se puede esperar de la adaptación de las especies al cambio climático, en particular al aumento de la temperatura del mar. A pesar de que en la última década el modelo de manejo ecosistémico de las pesquerías se ha vuelto el nuevo paradigma de las ciencias pesqueras, los grandes recursos pelágicos continúan siendo manejados sobre la base de análisis monoespecíficos, y en la mayoría de los casos sin

considerar el efecto de la variabilidad climática oceánica. De acuerdo a ello y con la creciente disponibilidad de modelos climáticos es posible y necesario profundizar en los esfuerzos de investigación sobre el impacto potencial de la variabilidad climática sobre estas especies con el fin de lograr mejores planes de manejo (Lehodey & Maury, 2010).

Características de la región y la pesquería

Una de las principales características de la región del Atlántico Sudoccidental es la confluencia de la Corriente de Brasil (aguas cálida y relativamente oligotrófica que fluyen hacia el Sur paralelas al talud) y la Corriente de Malvinas (aguas frías y ricas en nutrientes que fluyen hacia el norte a lo largo de la costa de Sudamérica) (Confluencia Brasil – Malvinas: CBM) (Acha *et al.* 2004). La mezcla de ambas corrientes genera otras masas de agua como el Agua Central del Atlántico Sur (aguas Subtropicales (Sverdrup *et al.* 1942). La CBM genera numerosos frentes superficiales y sub-superficiales (Saraceno *et al.* 2004). Es sabido que las regiones frontales como esta, debido a su compleja hidrografía y a la existencia de fuertes gradientes horizontales y verticales, juegan un rol fundamental en los procesos ecológicos de los océanos. Se caracterizan por una alta productividad biológica y una gran biomasa fitoplanctónica (Acha *et al.* 2004; Martínez & Ortega, 2007). La zona entre los 30°S y 40°S (frente a Uruguay, al Norte de Argentina y al Sur de Brasil) representa un ecotono de alta diversidad biológica (Calliari *et al.* 2003). A su vez, el frente del talud que se extiende desde los Burdwood Bank a lo largo de las Malvinas y el talud argentino hasta la CBM, frente a Uruguay, forma uno de los principales sistemas frontales de Sudamérica (Acha *et al.* 2004). Debido a esto, la región sustenta un gran número de flotas pesqueras, que si bien las mismas se distribuyen ampliamente en el Atlántico Sudoccidental, acumulan su mayor esfuerzo de pesca en la región de la CBM. Entre estas pesquerías se encuentran aquellas que se concentran en la explotación de grandes recursos pelágicos como son el pez espada (*Xiphias gladius*), varias especies de atunes (*T. obesus*, *T. albacares* y *T. alalunga*) y algunas de tiburones, principalmente tiburón azul (*Prionace glauca*) (Tuck *et al.* 2003; Hazin *et al.* 2008).

La flota uruguaya de palangre pelágico de deriva que opera en el Atlántico Sudoccidental comenzó su actividad en 1981, y hasta 1991 estuvo constituida principalmente por buques que dirigían su esfuerzo a la captura de atún ojo grande (*T. obesus*). A partir de 1992 la mayoría de estos barcos fueron sustituidos por buques dirigidos principalmente a la captura de pez espada (Domingo *et al.* 2008; Pons & Domingo, 2011). En 1998, el Instituto Nacional de Pesca, ahora Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA), dio comienzo a las actividades del Programa Nacional de Observadores a bordo de la Flota Atunera (PNOFA) de Uruguay, embarcando observadores científicos en barcos atuneros de bandera uruguaya. Uno de los objetivos principales del PNOFA es determinar la captura total por especie y las variables que determinan dicha captura, con el fin de generar información que ayude en la implementación de planes de manejo (Mora & Domingo, 2006).

Antecedentes en la región

En el Atlántico Sudoccidental las variaciones climáticas oceánicas están relacionadas con procesos de variación interanual (como ENSO), así como con variaciones a gran escala que tienen un efecto sobre las corrientes y las propiedades de las masas de agua. Esta variabilidad atmosférica-oceánica multiescalar afecta los ecosistemas incluyendo las pesquerías (Montecino & Lange, 2009; Ortega *et al.* 2012). De acuerdo a Sumaila y colaboradores (2011), la región del Atlántico Sudoccidental, particularmente la zona de la Confluencia Brasil-Malvinas, es una en la cuales se han observado mayores variaciones en la temperatura superficial del mar (TSM), con un incremento de entre 1 – 2 °C comparando la TSM media de los años 1950-1969 con la TSM media de los años 2000-2007. A pesar de esto, hasta el momento son pocos los estudios que se han desarrollado en el área que consideren el efecto que puede estar representando esta variabilidad climática sobre las pesquerías (Sumaila *et al.* 2011).

El Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1995) hace referencia en su Artículo 7 a que los Estados deberían evaluar los efectos de los factores ambientales sobre las poblaciones que son objeto de pesca y las especies que pertenecen al mismo ecosistema o que están asociadas o dependen de dichas poblaciones y evaluar la relación entre las poblaciones dentro

del ecosistema. En este contexto y considerando que el producto de las pesquerías es una fuente importante de alimento y de sustento económico para la población mundial, sumado a los ya conocidos efectos de la variabilidad climática sobre las pesquerías y a la falta de información en la región, se propone analizar en base a datos pesqueros si existen en el Atlántico Sudoccidental cambios observables en la distribución y abundancia de las principales especies comerciales de grandes peces pelágicos, y si estos cambios pueden ser asociados a efectos de la variabilidad climática, y principalmente a variaciones en la temperatura superficial del mar.

OBJETIVO

Determinar la distribución espacial y la abundancia de las especies objetivo de la pesquería de palangre pelágico de Uruguay en la región del océano Atlántico Sudoccidental y su relación con la variabilidad climática durante el período 1981 – 2012.

HIPÓTESIS

La distribución espacial y la abundancia de las grandes especies de peces pelágicos son afectadas por la variabilidad climática causada por diferentes procesos atmosféricos y oceánicos. En particular, las variaciones espaciales de la abundancia y la distribución de estas especies están correlacionadas con el aumento de la temperatura superficial del mar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde al océano Atlántico Sudoccidental, incluyendo aguas de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Uruguay y aguas internacionales adyacentes. El área seleccionada

es en la que opera la flota atunera uruguaya, que principalmente incluye borde externo de la plataforma continental (i. e. entre isobata de 100 y 200 m), el talud (i. e. entre isobatas de 200 y 3000 m) y aguas profundas (i. e. a partir de isobata de 3000 m) (**Figura 1**).

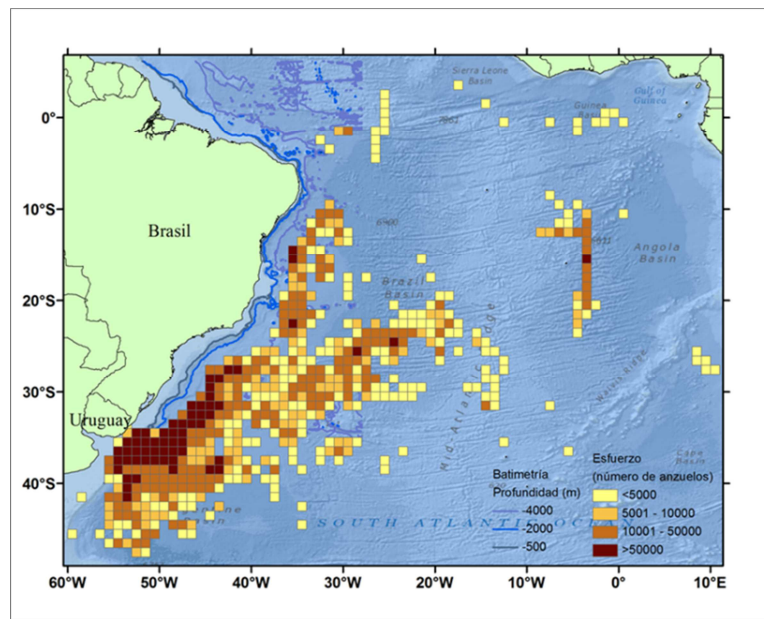


Figura 1. Área de estudio y distribución del esfuerzo pesquero, en número de anzuelos acumulado en cuadrículas de 1º de latitud por 1º de longitud, de la flota uruguaya de palangre pelágico de deriva entre 1981 y 2012.

Datos a ser utilizados

Se utilizará la información proveniente de los partes de pesca de la flota uruguaya de palangre pelágico de deriva entre 1981 y 2012. En la **Figura 1** se presenta, para el período mencionado, el área de operación de la flota y el esfuerzo en número de anzuelos acumulados en cuadrículas de 1º de latitud por 1º de longitud. Los partes de pesca son una declaración jurada del patrón de pesca, en donde se especifica el esfuerzo de pesca (en número de anzuelos), las áreas de operación (latitud y longitud), y la captura por lance de pesca³. De estos partes de pesca se utilizará la siguiente información de cada lance de pesca: fecha, posición geográfica (latitud y longitud), esfuerzo (en número de anzuelos calados) y peso vivo estimado (en kilogramos) o

³ Se define como lance de pesca a la maniobra que se realiza para la captura de peces. En particular para esta pesquería, se realiza un único lance de pesca por día el cual consta de entre 800 y 3.500 anzuelos.

número de individuos capturados de las especies objetivo de la pesquería (pez espada; atún ojo grande; atún aleta amarilla; atún albacora).

Como primer paso se hará una revisión y corrección de los datos con el fin de depurar la bases de datos de partes de pesca. En este proceso se eliminaran todos aquellos lances de pesca cuya información sea insuficiente para incluir en el análisis de los datos. Además, se espera con esta revisión de los datos poder determinar cuáles son las áreas más representadas en todo el período de estudio para ser incluidas en el análisis, ya que no todas las áreas están cubiertas en todos los años de operación de la flota o la ocurrencia de operación es muy poco frecuente. Esto permitirá acotar el área de estudio previo al comienzo de la revisión de los datos ambientales.

Para determinar la variabilidad de la TSM y su anomalía se utilizara la serie disponible en el Climate Data Library del International Research Institute (IRI/LDEO) (Reynolds *et al.* 2002). Esta serie, también llamada Serie de Reynolds, se encuentra disponible para todo el rango temporal y espacial que pretende abarcar este estudio. Se utilizará de esta serie la TSM media mensual en cuadrículas de 0.5º de latitud por 0.5º de longitud para toda el área de estudio.

Análisis de datos

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es comúnmente utilizada como un índice de abundancia relativo (Hilborn & Walters, 1992). En este caso, la CPUE se define como el número de individuos capturados cada 1.000 anzuelos. Este índice asume que la “capturabilidad” es constante bajo todas las condiciones de pesca. Sin embargo, este índice presenta cierto sesgo producido fundamentalmente por la variabilidad en las operativas pesqueras, diferencias en la eficiencia de los artes de pesca, la distribución espacial y temporal de los recursos, entre otros, generando que la “capturabilidad” no sea constante (Maunder & Punt, 2004). Por lo tanto, es importante que aquellas variables que estén influenciando a la CPUE, no relacionadas con la abundancia, sean removidas de dicho índice. Este procedimiento es conocido como

estandarización de la CPUE (Maunder & Punt, 2004) y los Modelos Lineales Generalizados (GLM) son la herramienta comúnmente utilizada para la mencionada estandarización.

Los modelos de regresión lineal (ML) modelan una variable de respuesta continua como una combinación lineal de las variables explicativas. Los ML proporcionan estimadores con buenas propiedades estadísticas cuando las relaciones son realmente lineales y los errores siguen una distribución normal. Sin embargo, si la linealidad o la normalidad fallan, o la varianza de las observaciones no es constante, y las transformaciones sobre la variable respuesta y las variables explicativas no dan resultado se utilizan los GLM. Los GLM son una generalización de los ML clásicos y permiten analizar variables continuas o categóricas empleando un único método de estimación de parámetros y de inferencia estadística. Los GLM permiten relacionar la variable de respuesta a una función de enlace (*link*) y que la magnitud de la varianza de cada medida sea una función de su valor predicho. Todos los GLM tienen tres componentes: una componente aleatoria que identifica a la variable respuesta, la cual se asume que sigue una determinada distribución de probabilidad; una componente sistemática que especifica a las variables explicativas como una distribución de probabilidad proveniente de la familia exponencial y una relación funcional entre la parte sistemática y la media esperada de la parte aleatoria, la función de enlace "*link*" (McCullagh & Nelder, 1989).

Los datos serán estandarizados mediante GLM con el fin de remover el efecto que puedan tener en la CPUE otras variables tales como el tipo de arte de pesca utilizado (según sea palangre de monofilamento de tipo americano; palangre de multifilamento de tipo español; palangre de multifilamento tipo asiático), el tipo de carnada (calamar, caballa, sardina), el patrón de pesca o el barco.

Previo a esto, se realizará un análisis exploratorio de los datos, mediante el cálculo de los estadísticos básicos para describir la variable continua CPUE. Se calcularán las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y medidas de dispersión (varianza, desvío estándar y coeficiente de variación). La CPUE es una variable continua y por lo general presentan una fuerte asimetría hacia la izquierda, con muchos valores bajos de CPUE y algunos pocos valores extremos altos, por lo que es difícil encontrar que se ajusten a alguna distribución de

probabilidad conocida. En general los datos de CPUE, mediante una transformación logarítmica, se ajustan o se aproximan a una distribución Normal. Para comprobar si el Logaritmo de la CPUE ($\log CPUE$) se ajusta a una distribución Normal se aplicará un test de normalidad.

Mediante modelos GLM se analizará el efecto de las variables explicativas sobre la CPUE (variable respuesta). Las variables explicativas seleccionadas son las siguientes: *Año*: utilizado como una variable categórica con un total de 32 categorías desde 1981 hasta 2012; *Estación*: variable categórica, los meses serán agrupados en trimestres 1) Enero a Marzo (Verano), 2) Abril a Junio (Otoño), 3) Julio a Setiembre (Invierno) y 4) Octubre a Diciembre (Primavera); *Área*: variable categórica, se buscará determinar zonas en base a las características oceanográficas del área de estudio; *TSM*: variable continua que podrá también ser utilizada como categórica definiendo rangos de TSM en base a la presencia de diferentes masas de agua. Una vez iniciado el análisis de los datos se seleccionará la distribución que mejor ajuste a los datos de este estudio.

Alternativamente se podrán utilizar métodos basados en aprendizaje automático. Estos, métodos predicen el efecto de las variables y los resultados en base a que “aprenden” de una parte de los datos que se seleccionan para entrenar y construir el modelo predictivo y la otra parte de los datos se utiliza para comparar el resultado (Hastie *et al.* 2009). El uso de estos métodos en el análisis de pesquerías no es muy común, pero han sido utilizados en pesquerías de pez espada en el Mediterráneo (Tserpes *et al.* 2006), para analizar la CPUE de atún ojo grande en pesquerías japonesas (Watters & Deriso, 2000) y para evaluar la captura incidental de tortugas marinas en el Atlántico Sudoccidental (Pons *et al.* 2009).

RESULTADOS ESPERADOS

Con este trabajo se espera lograr una mayor comprensión de la dinámica de la pesquería de grandes peces pelágicos, y el efecto que tiene la variabilidad climática sobre la misma en el océano Atlántico Sudoccidental. En particular, se espera observar una correlación entre la TSM y la distribución y abundancia de las especies objetivo de esta pesquería, resultando en una

BIBLIOGRAFÍA

Acha, E.M.; Mianzan, H.; Guerrero, R.; Favero, M. and Bava, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. *J. Mar. Syst.* 44: 83 – 105.

Brander, K.M. 2007. Global fish production and climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 19709 – 19714.

Brander, K.M. 2010. Impacts of climate change on fisheries. *J. Mar. Syst.* 79: 389 – 402.

Calliari, D., Defeo, O., Cervetto, G., Gómez, M., Giménez, L., Scarabino, F., Brazeiro, A., and Norbis, W. 2003. Marine Life of Uruguay: critical update and priorities for future research. *Gayana* 67, 341 – 370.

Cheung, W.W.L.; Lam, V.W.Y.; Sarmiento, J.L.; Kearney, K.; Watson, R.; Zeller, D. and Pauly, D. 2010. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Glob. Change Biol.* 16: 24 – 35.

Domingo, A.; Pons, M.; Miller, P.; Passadore, C.; Mora, O. and Pereyra, G. 2008. Estadísticas del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la pesquería de palangre pelágico de Uruguay (1981-2006). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 62(2): 495 - 511.

Dufour, F.; Arrizabalaga, H.; Irigoien, X. and Santiago, J. 2010. Climate impacts on albacore and bluefin tunas migrations phenology and spatial distribution. *Prog. Oceanogr.* 86: 283 – 290.

FAO. 1995. Código de Conducta para la Pesca Responsable. Rome. 46 pp.

FAO. 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome. 209 pp.

Hastie, T.J.; Tibshirani, R. and Friedman, J. 2009. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction (Second Edition). Springer. 739 pp.

Hazin, F.H.V.; Broadhurst, M.K.; Amorim, A.F.; Arfelli, C.A. and Domingo, A. 2008. Catches of pelagic sharks by subsurface longline fisheries in the South Atlantic Ocean during the last century: a review of available data with emphasis on Uruguay and Brazil. In: Camhi M, Pikitch E, Babcock E (eds) *Sharks of the Open Ocean*. Blackwell, New York.

Hilborn, R. and Walters, C.J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice: Dynamics and Uncertainty*. New York Chapman & Hall, New York.

Hobday, A.J.; Okey, T.A.; Poloczanska, E.S.; Kunz, T.J. and Richardson, A.J. 2007. Impacts of climate change on Australian marine life. CSIRO Marine and Atmospheric Research, Report to the Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia, September 2006.

Hobday, A.J. 2010. Ensemble analysis of the future distribution of large pelagic fishes off Australia. *Prog. Oceanogr.* 86: 291 – 301.

Hollowed, A.B.; Barange, M.; Beamish, R.J.; Brander, K.; Cochrane, K.; Drinkwater, K.; Foreman, M.G.G.; Hare, J.A.; Holt, J.; Ito, S.; Kim, S.; King, J.R.; Loeng, H.; MacKenzie, B.R.; Mueter, F.J.; Okey, T.A.; Peck, M.A.; Radchenko, V.I.; Rice, J.C.; Schirripa, M.J.; Yatsu, A. and Yamanaka, Y. 2013. Projected impacts of climate change on marine fish and fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 70(5): 1023 – 1037.

IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. and Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 pp.

Izzo, P.; Milessi, A.C.; Ortega, L. and Segura, A.M. 2010. First record of *Aluterus scriptus* (Monacanthidae) in Mar del Plata, Argentina. *Mar. Biodivers. Rec.* 3: e40.

Lehodey, P. and Maury, O. 2010. CLimate Impacts on Oceanic TOp Predators (CLIOTOP): Introduction to the Special Issue of the CLIOTOP International Symposium, La Paz, Mexico, 3-7 December 2007. *Prog. Oceanogr.* 86: 1 – 7.

Martínez, A. and Ortega, L. 2007. Seasonal trends in phytoplankton biomass over the Uruguayan Shelf. *Cont. Shelf Res.* 27: 1747 – 1758.

MacNeil, M.A.; Graham, N.A.J.; Cinner, J.E.; Dulvy, N.K.; Loring, P.A.; Jennings, S.; Polunin, N.V.C.; Fisk, A.T. and McClanahan, T.R. 2010. Transitional states in marine fisheries: adapting to predicted global change. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365: 3753 – 3763.

Maunder M. N. and Punt A. E. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.* 70, 141 – 159.

McCullagh, P. and Nelder J.A. 1989. Generalized Linear Models. Second Ed. Chapman & Hall, London.

Milessi, A.C; Colonello, J.H.; Cortés, F.; Lasta, C.A.; Waessle, J.A. and Allega, L. 2012. Extensión del límite austral de distribución de tres especies de peces óseos tropicales en la costa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 40(4): 1061 – 1065.

Miller, K.; Charles, A.; Barange, M.; Brander, K.; Gallucci, V.F.; Gasalla, M.A.; Khan, A.; Munro, G.; Murtugudde, R.; Ommer, R.E. and Perry, R.I. 2010. Climate change, uncertainty, and resilient fisheries: Institutional responses through integrative science. *Prog. Oceanogr.* 87: 338 – 346.

Montecino, V. and Lange, C.B. 2009. The Humboldt Current System: ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Prog. Oceanogr.* 83: 65 – 79.

Mora, O. and Domingo, A. 2006. Informe del Programa de Observadores a bordo de la Flota Atunera uruguaya (1998-2004). *Collect. Vol. Sci. Pap.* ICCAT 59(2): 608 – 614.

Ortega, L.; Castilla, J.C.; Espino, M.; Yamashiro, C. and Defeo, O. 2012. Effects of fishing, market Price, and climate on two South American clam species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 469: 71 – 85.

Payne, M.R. 2013. Climate change at the dinner table. *Nature* 497: 320 – 321.

Pons, M.; Marroni, S.; Machado, I.; Ghattas, B. and Domingo, A. 2009. Machine learning procedures: An application to by-catch data on the marine turtles *Caretta caretta* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 64(7): 2443 – 2454.

Pons, M. and Domingo, A. 2011. Estandarización de la CPUE del atún ojo grande, *Thunnus obesus*, capturado por la flota de palangre pelágico de Uruguay entre 1981 y 2009. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 66(1): 308 – 322.

Reynolds, R.W.; Rayner, N.A.; Smith, T.M.; Stokes, D.C. and Wang, W. 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*. 15(13): 1609 – 1625.

Rouyer, T.; Fromentin, J.M.; Menard, F.; Cazelles, B.; Briand, K.; Pianet, R.; Planque, B. and Stenseth, N.C. 2008. Complex interplays among population dynamics, environmental forcing, and exploitation in fisheries. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105: 5420 – 5425.

Saraceno, M.; Provost, C.; Piola, A.R.; Bava, J. and Gagliardini, A. 2004. Brazil Malvinas Frontal System as seen from 9 years of advanced very high resolution radiometer data. *J. Geophys. Res.* 109, C05027.

Segura, A.M.; Carranza, A.; Rubio, L.E.; Ortega, L. and García, M. 2009. *Stellifer rastrifer* (Pisces: Sciaenidae): first Uruguayan records and a 1200 km range extension. *Mar. Biodivers. Rec.* 2: e67.

Sumaila, U.R.; Cheung, W.W.L.; Lam, V.W.Y.; Pauly, D. and Herrick, S. 2011. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nat. Clim. Chang.* DOI: 10.1038/NCLIMATE1301

Sunday, J.M.; Bates, A.E. and Dulvy, N.K. 2012. Thermal tolerance and the global redistribution of animals. *Nat. Clim. Chang.* 2: 686 – 690.

Sverdrup, H.U.; Johnson, M.V. and Fleming, R.H. 1942. The Oceans, Their Physical Chemistry and General Biology. Prentice-Hall, New York, p. 1087.

Tserpes, G.; Moutopoulos, D.K.; Peristeraki, P.; Katselis, G. and Koutsikopoulos, C. 2006. Study of swordfish fishing dynamics in the eastern Mediterranean by means of machine-learning approaches. *Fish. Res.* 78: 196–202.

Tuck, G.N.; Polacheck, T. and Bulman, C.M. 2003. Spatio-temporal trends of longline fishing effort in the Southern Ocean and implications for seabird bycatch. *Biol. Conserv.* 114: 1 – 27.

Watters, G. and Deriso, R. 2000. Catch per unit of effort of bigeye tuna: a new analysis with regression trees and simulated annealing. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* 21(8): 527–571.