

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Determinación de la proporción potencial de desove
basada en longitudes para *Cheilodactylus variegatus*
(Valenciennes, 1833) “pintadilla” en la localidad de
Ancón**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en
Hidrobiología y Pesquería

AUTOR

Angelo Crisóstomo AGUILAR CHAGUA

ASESOR

Silvia Ysabel AGUILAR LUNA

Lima - Perú

2017

DEDICATORIA

A toda mi familia en especial a mis padres, Crisóstomo y Nancy por su apoyo incondicional, por esforzarse para darme una educación de calidad y poder así alcanzar mis objetivos trazados, por brindarme aliento y confianza pero sobre todo por no permitir que me dé por vencido.

A los verdaderos amigos que supieron orientarme, aconsejarme y brindarme su apoyo durante este largo pero gratificante proceso.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas y/o entidades que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a la ONG The Nature Conservancy (TNC) por asignarme la ejecución del proyecto “Evaluación pesquera de *Cheilodactylus variegatus* VALENCIENNES (1883) - Pintadilla - mediante el método del potencial de desove basado en longitudes para las zonas de pesca de Ancón”, lo cual hizo posible la colecta de información para la elaboración de la presente tesis. Especial reconocimiento merece mi amigo y especialista pesquero del Proyecto Corriente de Humboldt Matías Caillaux por darse el tiempo de contribuir con sus valiosos consejos, comentarios y revisiones continuas a la presente tesis, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo del proceso.

A mi profesora y asesora Bióloga Silvia Aguilar por la orientación, el seguimiento y la supervisión durante el desarrollo de la tesis.

Al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), por recibirme amablemente durante sus cursos-talleres en pesquerías y por darme la oportunidad de capacitarme en la toma de datos biológicos. En especial a Marco Tayco, por guiarme y enseñarme amablemente en este proceso.

Al biólogo, profesor y gran amigo José Zavala Huambachano, por introducirme al complejo pero apasionante sector de las pesquerías artesanales. Por enseñarme nuevas herramientas de evaluación de recursos y procesamiento en SIG, por guiarme generosamente en todo momento. Por su amistad y confianza que depositó en mi desde el principio.

Al Ph.D. Dan Ovando por compartir bibliografía de gran utilidad, por tomarse unas horas de su descanso para poder guiarme personalmente en el análisis de los datos y enseñarme nuevos métodos estadísticos que permitieron reforzar los resultados de la presente tesis.

Al Dr. Jeremy Prince, por sus valiosos comentarios y enseñanzas durante el curso-taller de "Evaluación Pesquera con Datos limitados" realizado en Valparaíso, Chile. Por darse el tiempo de leer el presente trabajo y dar grandes aportes al mismo. Por compartir bibliografía y enseñarme nuevas formas de optimizar mis resultados.

A Jono Wilson, Brandon Chasco y Ricardo Amoroso, por atenderme cordialmente ante cualquier duda presentada en el desarrollo de la tesis. Por compartir sus experiencias durante los talleres de pesquerías con datos limitados realizados en el IMARPE, que enriquecieron grandemente el contenido de este trabajo.

A mis profesores-revisores Marco Espino, Carmen Yamashiro y Max Hidalgo, por sus correcciones y sugerencias realizadas en la presente investigación. Así mismo, por las gratas enseñanzas a lo largo de toda mi etapa universitaria.

A todos mis amigos, aquellos que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte de la realización y desarrollo de esta tesis, gracias a aquellos que con respeto y decencia realizaron aportes a esta, gracias a todos. En especial a Diego Campos, Rosa María L. Cañedo y María Fernanda Chávez por brindarme sus valiosos apoyos durante los muestreos biológicos y biométricos en campo, por hacer de este proceso mucho más sencillo, entretenido y enriquecedor. A Sarah Calhoun y Alexis Nakandakari, compañeros y buenos amigos de trabajo, por sus oportunos consejos durante la etapa de redacción, por las divertidas conversaciones y viajes que ayudaron a reconfortarme durante todo este agotador proceso. Al Ingeniero Pesquero Amado Che Cruz García, por sus valiosos

consejos y recomendaciones durante toda la etapa de campo, por hacer mucho más sencilla la integración a la comunidad pesquera de Ancón, por su gran amistad y confianza otorgada desde el primer instante.

A todos los trabajadores y pescadores del molo muelle Ancón, en especial a la Asociación de Extractores de Mariscos y Pesca Sub-Acuática (AEMAPSA) y a la Asociación Denominada Frente de Defensa de Pescadores Artesanales de Ancón (Pinteros), que sin su apoyo, no hubiese sido posible la realización del presente trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ¿PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE O DESOVE POR RECLUTA (SPR)?	6
2.2. PUNTOS DE REFERENCIA BIOLÓGICOS BASADOS EN LA PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE COMO GUÍA PARA EL MANEJO DE UNA PESQUERÍA	7
2.2.1. Puntos de referencias objetivos y puntos de referencia límites.....	8
2.2.2. Puntos de referencia biológicos basados en el SPR	9
2.2.2.1. Punto de referencia biológico independientemente del grupo taxonómico.....	9
2.2.2.2. Punto de referencia para el orden Perciformes.....	10
2.3. PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE BASADO EN LONGITUDES (LB-SPR).....	11
2.4. ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO.....	14
III. HIPÓTESIS.....	17
IV. OBJETIVOS	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	19
5.2. COLECTA DE DATOS EN CAMPO.....	19
5.2.1. Datos biométricos.....	19
5.2.2. Datos biológicos	20
5.3. PARÁMETROS BIOLÓGICO-PESQUEROS.....	20
5.3.1. Estimación de Mortalidad Natural (M).....	21
5.3.2. Longitud-Peso observada (estimación de a y b)	22
5.3.3. Curva de madurez gonadal (L50% y L95%).....	22
5.4. PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE BASADO EN LONGITUDES (LB-SPR).....	24
5.4.1. Longitud-Edad relativa.....	24
5.4.2. Incorporación de variación en la longitud-edad.....	26
5.4.3. Madurez-Edad	27
5.4.4. Selectividad-Edad.....	28
5.4.5. Estimación F/M y Selectividad (LS50% y LS95%)	29
5.4.6. Población no explotada (NnoF).....	29
5.4.7. Población Explotada (Nft)	30
5.4.8. Longitud-Peso	31
5.4.9. Proporción Potencial De Desove (SPR).....	31
VI. RESULTADOS	33
6.1. BIOMÉTRICO	33
6.2. BIOLÓGICO.....	35

6.2.1. Muestreo biológico	35
6.3. PARÁMETROS BIOLÓGICO-PESQUEROS	36
6.3.1. Estimación de M.....	37
6.3.2. Longitud-Peso observada (estimación de a y b)	39
6.3.3. Curva de madurez (L50% y L95%)	40
6.4. LB-SPR.....	41
VII. DISCUSIÓN	44
7.1. COLECTA DE DATOS Y TAMAÑO DE MUESTRA	45
7.2. PARÁMETROS BIOLÓGICO-POBLACIONALES.....	46
7.3. PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE BASADO EN LONGITUDES (LB-SPR)	47
7.3.1 Puntos biológicos de referencia basados en el SPR.....	48
7.3.2 Comparación de valores de SPR obtenidos al emplear diferentes parámetros pesqueros disponibles en la literatura	49
7.3.3 Sensibilidad del LB-SPR	50
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXO I	65
ANEXO II	68
ANEXO III	71
ANEXO IV	72

RESUMEN

El impacto de la pesca sobre el reclutamiento de las especies puede generar daños irreversibles en los ecosistemas marinos. Medir este impacto a través de métodos tradicionales de evaluación de stocks - en un ámbito de datos limitados - lo hace prácticamente imposible, razón por la cual más del 80% de las pesquerías mundiales no se encuentran evaluadas formalmente. Un reciente enfoque denominado Proporción Potencial de Desove Basado en Longitudes (LB-SPR) se ha ido desarrollando y aplicando a nivel mundial para hacer frente a este problema. El presente trabajo tuvo por objetivo realizar uno de los primeros esfuerzos de aplicar esta metodología con un enfoque integral entre pescador-científico a la pesquería de "pintadilla" en la localidad de Ancón, Lima-Perú. Un total de 16633 mediciones biométricas fueron registrados *in situ* a lo largo del año 2016 acompañado de estudios de madurez gonadal a 1684 ejemplares para determinar la talla al 50% y 95% de madurez ($L_{50\%}$ y $L_{95\%}$). La talla al 50% y 95% de madurez gonadal se obtuvo del ajuste de una curva logística, resultando valores de 19 y 26 cm de longitud total. El valor de SPR resultante fue de 0.21, valor considerado por debajo del nivel promedio del SPR de recambio para el orden Perciformes ($SPR_{22\%}$), orden al que pertenece la pintadilla, sugiriendo así que la producción de huevos por los desovantes no logran reemplazar a la población que perece (decrecimiento poblacional). La relativa sencillez en la recolección de información, permitió que algunos pescadores como vendedores se vieran involucrados en el proceso de toma de información biométrica y biológica lo que conduciría a una rápida aceptación de futuras medidas de gestiones derivadas del estudio.

Palabras claves: Proporción Potencial de Desove, madurez, estructura de tallas, proporciones históricas de vida, crecimiento de peces, parámetros biológico-pesqueros.

ABSTRACT

The impact of fisheries on the recruitment of targeted species may deteriorate fish stocks and marine ecosystems. Measuring this impact through traditional stock assessment methods - in a context of limited data and resources - makes it a complex task, which is a key reason why more than 80% of the world's fisheries are not formally assessed. A relatively new assessment method called Length based Spawning Potential Ratio (LB-SPR) has been developed and applied in different parts of the world to improve such situation. The purpose of this work was to conduct one of the first efforts to apply this methodology with an integrated and participatory fishers-scientist approach to the "pintadilla" fishery in Ancon, (Peru). A total of 16633 biometric measurements were recorded in situ throughout 2016. In addition, 1684 specimens were sampled to determine the size at 50% (Lm_{50}) and 95% maturity (Lm_{95}). Lm_{50} and Lm_{95} was obtained by adjusting a logistic curve, resulting values of 19 cm and 26 cm of total length, respectively. The resulting SPR value was 0.21, a value considered below the average SPR replacement ($SPR_{22\%}$) for Perciforms, which is the order of the "pintadilla", thus suggesting that egg production by spawners is insufficient to maintain or improve the "pintadilla" stock if fishing practices as usual continues. The relative simplicity in the collection of information allowed some fishermen and middlemen to be involved in the process of measuring biometric and biological information which could lead to a rapid acceptance of the results of the study.

Keywords: Spawning potential ratio, maturity, size structure, life-history ratios, fish growth, fishery-biology parameters.

I. INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la dinámica poblacional de los recursos marinos para el establecimiento de medidas de ordenamiento están basadas en diversas ecuaciones matemáticas y técnicas estadísticas que para muchos resulta complicado entender y aplicar (Cotter et al., 2004; Hilborn, 2003). El uso de estas ecuaciones a menudo requiere:

- a) Estimar una gran cantidad de parámetros, b) Amplia experiencia técnica-profesional y
- c) Gran cantidad de información biológica-pesquera. Obtener la información requerida y analizarla puede resultar costoso (Berkes et al., 2001), motivo por el cual más del 80% de las pesquerías a nivel mundial no se encuentran evaluadas formalmente (Costello et al., 2012). Dentro de estas pesquerías un gran porcentaje corresponde a la pesca artesanal las cuales indudablemente realizan contribuciones importantes a la economía regional y nacional así como también a la seguridad alimentaria y el desarrollo de millones de personas (Pomeroy and Andrew 2011). En este contexto, es altamente prioritario, desarrollar métodos que permitan evaluar stocks pesqueros a un costo razonable, que no requieran emplear grandes cantidades de series de datos en el tiempo (Información limitada o “Data Poor”) como la abundancia, captura, captura por unidad de esfuerzo – CPUE-, etc , y que además sean comprensibles para la gran mayoría de las personas involucradas en el sector pesquero (investigadores, tomadores de decisiones, industrias pesqueras, etc.).

En el Perú, la pesquería artesanal constituye una de las principales fuentes de alimento y empleo para las comunidades costeras, sin embargo, la percepción actual que se tiene del bienestar de los recursos pesqueros no es halagadora. Las experiencias empíricas que han ido observando los pescadores artesanales a través del tiempo indican una constante disminución de las tallas en las principales especies objetivo. El continuo

incremento del esfuerzo de pesca (flotas pesqueras, pescadores) ha generado preocupación en la sostenibilidad de los recursos (Alfaro-Shigueto et al., 2010), lo que sumado a la limitada información cuantitativa (Galarza y Kámiche, 2015) dificultan realizar estudios en temas de dinámica poblacional para los recursos hidrobiológicos de este sector, por lo que catalogar el bienestar de sus poblaciones en breves periodos de tiempo resulta una tarea difícil de lograr. Adicionalmente, las complejas condiciones socio-económicas de las comunidades involucradas en el sector, que muestran un alto nivel de necesidades básicas insatisfechas (Galarza y Kámiche, 2015), hacen que las escasas medidas de ordenamiento pesquero decretadas por el Estado no sean debidamente cumplidas. Todos estos factores pueden estar generando daños permanentes en la perpetuación de las diversas poblaciones de peces e invertebrados presentes en el Mar Peruano, por lo que desarrollar nuevos enfoques de evaluación de stock con principios pesqueros básicos puede ayudar a un mejor entendimiento y manejo de los recursos.

Cheilodactylus variegatus VALENCIENNES 1833 “Pintadilla” es una especie demersal que habita en aguas costeras, rocosas y arenosas desde Paita (Norte del Perú) a Talcahuano (Centro-Sur de Chile), siendo uno de los principales recursos extraídos por la flota artesanal de la zona centro-sur del país cuyo destino final es el consumo humano directo. Las estadísticas que muestra el PRODUCE al año 2015 dan a conocer desembarques que fluctúan entre los 250 y 350 toneladas, con excepción de los años 2007 y 2014, durante los cuales se reportan desembarques de 889 y 951 toneladas respectivamente. Los fluctuantes desembarques del recurso sumadas a la preocupación de algunos grupos de pescadores que reportan ejemplares de pintadilla cada vez de menor tamaño, sugieren la necesidad de evaluar su pesquería.

La localidad de Ancón, ubicada en el kilómetro 43 al norte de Lima-Perú es principalmente conocida por su actividad turística, sin embargo la pesca artesanal desempeña un rol

importante en su cultura y economía (Zavala, 2014), la cual se caracteriza principalmente por la extracción de mariscos y peces demersales mediante el buceo y la pinta. Sus principales productos desembarcados son: caracol común (*Thaisella chocolata*), cangrejos (*Cancer porteri*, *Romaleon polyodon*, *Paraxanthus barbiger*), pulpo (*Octopus mimus*), chanque (*Concholepas concholepas*) y diversas especies de pescado como “Pintadilla” (*Cheilodactylus variegatus*), “lenguado” (*Paralichthys adspersus*), “tramboyo” (*Labrisomus philippii*), “chita” (*Anisotremus scapularis*), etc. (Nakandakari 2015), los cuales son comercializados in situ a restaurantes, distribuidores y público en general.

En los últimos años los pescadores de Ancón han mostrado cierta preocupación sobre el efecto que la excesiva presión pesquera está generando en sus recursos. En ese sentido, uno de los recursos que genera mayor preocupación es la “pintadilla”, recurso explotado de forma regular por buzos, pinteros y –en menor proporción- rederos, y que viene presentando tallas cada vez menores (Com. Pers. Pescadores locales). La excesiva presión pesquera, sumada a prácticas de pesca no responsables (extracción de ejemplares pequeños) y la falta de medidas de ordenamiento para la especie puede conllevar a disminuir significativamente el stock e influenciar negativamente sobre otras especies relacionadas a los ecosistemas de fondos someros. Como una muestra de esta preocupación, la Asociación de Extractores de Mariscos y Pesca Sub-Acuática (AEMAPSA) de Ancón ha dado la iniciativa a una autogestión para el recurso, llegando a un acuerdo de extraer individuos de tamaño superior a una “cuarta” – medida equivalente a 21 cm longitud total, aproximadamente – basados en su conocimiento empírico. Sin embargo, estos acuerdos en muchas ocasiones pueden ser cuestionados por los mismos pescadores al no tener sustento científico o algún sistema que permita evaluar la eficacia de las medidas tomadas. En este contexto y en el marco del proyecto piloto que se viene realizando en Ancón, The Nature Conservancy (TNC) en estrecha colaboración con la

comunidad pesquera de la localidad, implementó un programa de monitoreo para coleccionar información biológico-pesquera que permita evaluar la condición del stock de pintadilla para la localidad, siendo la finalidad del presente estudio el evaluar el potencial desovante de *C.variegatus* mediante la Proporción Potencial de Desove Basada en Longitudes (LB-SPR) para la localidad de Ancón en estrecha colaboración con los pescadores artesanales, además de sus posibles implicancias en el manejo del recurso.

II. MARCO TEÓRICO

La gran cantidad de información biológico-pesquera que se requieren para estimar un sin número de parámetros pesqueros que son empleados por los modelos tradicionales de evaluación de stock, junto con una amplia experiencia técnica-profesional requerida para su aplicabilidad y gran inversión económica, son algunos de los principales problemas de estas metodologías de evaluación. Desde hace algunos años para hacer frente a esta problemática que presentan los métodos tradicionales de evaluación de stock, investigadores de diversas partes del mundo han venido desarrollando nuevas técnicas para evaluar pesquerías con datos limitados (Kelly y Codling 2006; Klaer et al., 2012; MacCall 2009; Wayte y Klaer 2010); sin embargo, muchos de estos métodos aun requieren considerables cantidades de información en aspectos biológicos o pesqueros de la especie en estudio incluyendo serie de capturas en el tiempo, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) o información de la estructura de edades del stock, todos los cuales son complicados de obtener en un ámbito de pesquerías con información limitada.

Una pesquería con información limitada o “Data Poor Fisheries”, son aquellas donde la información colectada es insuficiente para poder estimar apropiados puntos de referencia y el estado relativo de la población. Éstas a menudo suelen estar limitadas por una carencia de experiencia técnica y a los elevados costos que se requiere invertir para el levantamiento de información necesaria para tales objetivos, que es principalmente orientado a la colecta de datos de edades (Pilling et al, 2008; Hordyk et al., 2014b).

Recientemente, nuevos enfoques y metodologías de evaluación pesquera para pesquerías con datos limitados se han venido desarrollando (Fujita et al., 2013; Dowling et al., 2014). Uno de ellos y que se viene aplicando a nivel mundial, es la Proporción Potencial de Desove basado en Longitudes (LB-SPR, por sus siglas en inglés).

La Proporción Potencial de Desove basado en Longitudes es un método que estima la Proporción Potencial de Desove por recluta (SPR) comparando la estructura de tallas observadas en una población explotada con la estructura de tallas esperada de la misma población en condiciones no explotadas. Este nuevo enfoque emplea las denominadas proporciones de historia de vida invariantes de Beverton-Holt (Beverton-Holt Life History Invariants o BH-LHIs por sus siglas en inglés) descritos en Prince et al., (2014), facilitando la obtención de la información biológico-pesquera. La cantidad mínima de datos requeridos por LB-SPR, relativa simplicidad (conceptos pesqueros básicos), bajo costo y el enfoque integral del pescador-científico hacen del modelo una herramienta potencial para la evaluación de pesquerías con datos limitados (Hordyk et al., 2014 a,b).

2.1. ¿PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE O DESOVE POR RECLUTA (SPR)?

El acrónimo SPR generalmente ha sido empleado para representar los términos de Proporción Potencial de Desove y Desove por Recluta. El primero es una medida relativa entre la producción de Desovantes por Recluta (SPR) de una población explotada en relación a una no explotada. Por el contrario, el Desove Por Recluta es una medida absoluta (expresada usualmente en unidades de peso o número de huevos, Biomasa Desovante Por Recluta-SSBR) empleada para determinar la Proporción Potencial de Desove (SPR). El resultado se expresa como porcentaje y su representación abreviada es %SPR (South Atlantic Fishery Management Council 2000).

La Proporción Potencial de Desove al ser una medida relativa, posee una escala de valores entre 0 y 1, mientras que, para los valores de Desove Por Recluta, la escala es porcentual. El SPR tiene un valor máximo de 100% que por definición corresponde a una población no explotada y va disminuyendo conforme el esfuerzo de pesca se incrementa.

Un SPR de 0% corresponde a una población sin desovantes que puede ser producto de la extracción de todos los peces maduros o que todos los peces hembras hayan sido capturados.

En general, el SPR se define como la producción total de huevos de una población (EP) en equilibrio sometida a un cierto nivel de explotación pesquera dividido entre el total de huevos producidos por la misma población, si no se encontrara sometido a ningún tipo de explotación (Goodyear, 1993; Mace y Sissenwine, 1993; Walters y Martell, 2004; Maceina y Pereira, 2007).

$$SPR = EP_{\text{explotada}}/EP_{\text{no explotada}}$$

Esta unidad métrica es usualmente referido como SPR estático o de equilibrio (Slipke et al., 2002) y representa el SPR en equilibrio esperado si a un stock se le aplicara indefinidamente una tasa de mortalidad pesquera y reclutamiento constante.

2.2. PUNTOS DE REFERENCIA BIOLÓGICOS BASADOS EN LA PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE COMO GUÍA PARA EL MANEJO DE UNA PESQUERÍA

Para lograr la sostenibilidad de un recurso a largo plazo es necesario establecer objetivos que permitan ir evaluando la efectividad de las medidas tomadas. Estos, a menudo derivan de las investigaciones pesqueras y estudios de dinámica poblacional del recurso. En la búsqueda de proponer estos objetivos debe considerarse esencialmente los niveles de pesca que permitan las mayores capturas de peso garantizando la conservación de los stocks, ya que valores extremos de biomasa o de nivel de pesca pueden afectar gravemente la capacidad de auto renovación de los stocks. Así mismo, conocer cuánto de su capacidad reproductiva es necesaria para producir y mantener los niveles de máxima

productividad sin alterar la perpetuación de la misma, es de gran importancia. Estos valores de niveles de pesca, biomasa, captura o potencial de desove (capacidad reproductiva) son conocidos como Puntos de Referencia Biológica (PRB).

Los Puntos de Referencias Biológicas son definidos por Caddy y Mahon (1996) como “*un valor convencional, derivado del análisis técnico, que representa el estado de la pesquería o de la población y cuyas características se cree que puedan ser útiles para la ordenación de la unidad poblacional*”. En la actualidad, es común que los puntos de referencia en la evaluación de stock para pesquerías con pocos datos estén basados en la intensidad de pesca (F) ya que requieren menos datos que los basados en la estimación de la biomasa (B). Los puntos de referencia basados en F, incluyen el F que reduce la pendiente de la curva de rendimiento por recluta al 10% de lo que era en el origen ($F_{0.1}$), el F que produce el máximo rendimiento sostenible (F_{max}), o la relación entre F y M (Mortalidad Natural) y el SPR (Restrepo y Powers, 1999). Estudios de meta-análisis realizados para los teleósteos por Zhou et al. (2012) muestra que un valor de $\frac{F}{M} = 0.87$ proporciona un valor aproximado al nivel de presión pesquera que resultará en el máximo rendimiento sostenible de un stock. Sin embargo, para el caso de la pesquería de *C. variegatus* la métrica SPR puede resultar más sencilla ya que el potencial reproductivo y el rendimiento de las poblaciones pueden controlarse cambiando la selectividad del tamaño de pesca, en comparación de querer cambiar el esfuerzo pesquero (controlar el número de pescadores, botes, tiempo de pesca, etc.) que en ocasiones puede parecer extremadamente difícil.

2.2.1. Puntos de referencias objetivos y puntos de referencia límites

Los Puntos de Referencia Objetivos (PROs) indican un estado de la población y/o recurso que se considera deseable, y que con ayuda de las acciones de ordenamiento pesquero permiten alcanzarlo; por el contrario, los Puntos de Referencias Límites (PRLs), indican

un estado indeseable y que las acciones de ordenamiento deben evitar. Para una pesquería bien estudiada, y con una significativa cantidad de datos históricos, posiblemente podemos encontrar un PRO y varias PRLs, sin embargo, para pesquerías poco estudiadas, posiblemente se requiera adoptar PROs y PRLs derivado de experiencias en pesquerías similares o de estudios de meta-análisis sobre varias pesquerías, tales como los valores porcentuales de desove por recluta mostrado en Mace y Sissenwine (1993).

2.2.2. Puntos de referencia biológicos basados en el SPR

El SPR *“provee una base para evaluar la condición de una población reproductora y el establecimiento de criterios para gestionar el potencial de desove de la población”* (Goodyear, 1989), debido a que es una medida del impacto de la presión pesquera en el potencial reproductivo del stock.

2.2.2.1. Punto de referencia biológico independientemente del grupo taxonómico

Los puntos de referencia empleados comúnmente para el SPR fueron desarrollados en base a estudios de meta-análisis para la evaluación de stocks de peces teleósteos por Mace y Sissenwine (1993). Estos autores recomendaron inicialmente un $F_{20\%}$ ó $SPR_{20\%}$ como punto límite (PRLs) para evitar la sobrepesca del reclutamiento para poblaciones con resiliencia o productividad media. Posteriormente notaron que este punto de referencia puede estar por debajo de lo que se consideraría para catalogar una población como segura de la sobrepesca del reclutamiento por lo que podría conducir a una disminución del stock a largo plazo. Un ejemplo que gráfica esto se da en el caso de elasmobranquios (tiburones, rayas) que al ser individuos con baja productividad necesitan un mayor valor de SPR. Un estudio posterior de Mace (1994) amplió el análisis anterior y

sugirió valores de F40% o SPR40% como puntos de referencias (PROs) en stocks donde la relación stock-reclutamiento sean desconocida.

Por otra parte, en una revisión general de los primeros análisis de Clark (1991, 1993) también se recomiendan valores de F40% o SPR40% como puntos de referencia objetivo. Estudios posteriores de Clark (2002) dan a conocer que los valores de SPR>40% debería satisfacer las necesidades actuales de manejo, pero señaló que para especies con baja productividad, valores de F60% Y F70% pueden ser apropiados. Esto se debe a que los principios de sostenibilidad biológica para definir niveles de SPR deben estar relacionados con la productividad de la especie que se maneja, lo cual está relacionado con la pendiente de la relación stock-reclutamiento, por ejemplo: cuántos juveniles puede producir un adulto, etc. Especies con baja productividad y baja pendiente en general requieren PROs SPR y biomasa más conservadores.

En resumen, para pesquerías donde no se cuente con información de la curva stock-reclutamiento, por convención se ha establecido un nivel de SPR 40% como punto de referencia objetivo.

2.2.2.2. Punto de referencia para el orden Perciformes

Estudios detallados para diversos grupos taxonómicos de peces teleósteos mostrados en Mace y Sissenwine (1993) concluyen que para el orden Perciformes, orden al que pertenece la pintadilla, se debe asegurar como punto de referencia límite un valor de SPR de 22% del SPR no explotado (Nivel de recambio). Un nivel de SPR recomendable (PROs) para este orden taxonómico es de 36% del SPR no explotado, también denominado SPR precautorio o $SPR_{F0.1}$. En otras palabras, el PROs se alcanza cuando el SPR ha sido reducido al 64% debido a la pesca. Este valor puede expresarse también como la tasa de mortalidad por pesca asociada con ese nivel de agotamiento de SPR, por

ejemplo $F_{36\%}$, el cual es interpretado como “La tasa de mortalidad pesquera que produce un potencial de desove equivalente al 36% del nivel no explotado”.



2.3. PROPORCIÓN POTENCIAL DE DESOVE BASADO EN LONGITUDES (LB-SPR)

En un análisis convencional para determinar el SPR se requiere la estimación de la mortalidad por pesca (F), mortalidad natural (M), fecundidad y selectividad a una edad determinada (Walters y Martell, 2004). La estimación individual de F y M requiere a menudo de una gran cantidad de datos dificultando su estimación en un entorno de datos limitados. Sin embargo, con algunos supuestos como los empleados en los modelos planteados por Hordyk y colaboradores, el SPR puede ser determinado desde una muestra representativa de tallas del stock junto con las estimaciones de la proporción entre la Mortalidad Natural y el Coeficiente de Crecimiento (M/k), Longitud Asintótica (L_{∞}), una medida de la variabilidad en longitud-edad ($CV_{L_{\infty}}$) y estimaciones de talla de madurez (Hordyk et al., 2014 a, b). Además, a partir de la extensión de la teoría de los Parámetros Históricos de Vida Invariantes de Beverton-Holt (Beverton y Holt, 1959; Charnov, 1993) los parámetros biológico-pesquero requeridos por el modelo para una especie objetivo pueden ser tomados “prestados” de otras especies taxonómicamente relacionadas al

recurso evaluado, si no se contaran con estudios previos de la misma, ya que estas proporciones (M/k) son menos variantes que estimar los parámetros individualmente. (Prince et al., 2014). Esto le da un gran potencial al LB-SPR permitiendo evaluar especies muy poco estudiadas

La evaluación mediante el LB-SPR se basa en el hecho de que la estructura en talla y el SPR de una población explotada se encuentran en función de la proporción entre mortalidad por pesca y mortalidad natural (F/M), y las proporciones históricas de vida M/k y L_m/L_∞ , donde M es la tasa de mortalidad natural, k es el parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy, L_m es la talla de madurez y L_∞ es la longitud asintótica (Hordyk et al., 2014 a).

Los parámetros de ingreso para el modelo son: 1) M/k , 2) L_∞ , 3) CV_{L_∞} , coeficiente de variabilidad entre longitud y edad, el cual resulta ser difícil de estimar si no se cuentan con datos confiables de tallas y edad, normalmente se asume en 10% y 4) una descripción de la talla de madurez en términos de $L_{50\%}$ y $L_{95\%}$, la talla en la cual el 50% y 95% de la población se encuentra madura respectivamente. En un contexto de datos limitados (muchas de las pesquerías artesanales del Perú), L_∞ es un valor desconocido y su estimación puede resultar complicado, sin embargo, a partir de la proporción histórica de vida L_m/L_∞ , combinado con la estimación del $L_{50\%}$, puede resultar más sencillo de estimar L_∞ (Prince et al., 2014). Ingresando los valores encontrados, para los parámetros M/k y L_∞ y la composición de estructura de tallas de una población explotada, el modelo LB-SPR utiliza el método de la máxima verosimilitud para simultáneamente estimar la ojiva de selectividad, el cual se asume que es una curva logística definida por la longitud de selectividad al 50% y 95% ($S_{L_{50\%}}$, $S_{L_{95}}$) y la relación F/M , valores que serán usados para estimar el SPR (Hordyk et al., 2014 a,b).

La estimación del LB-SPR se determina principalmente por las tallas de los peces en una muestra, la talla de madurez y la longitud asintótica, es así que si la mayor cantidad de tallas se encuentran cercanos al L_{∞} , se obtendrá un valor elevado de SPR, mientras que si encontramos pocas tallas por encima de la talla de madurez generarán valores bajos de SPR.

Al igual que muchos métodos basados en longitudes, el LB-SPR es un modelo basado en el equilibrio y se basa en ciertos supuestos:

- a) La selectividad es asintótica y basado en la edad.
- b) El crecimiento es adecuadamente descrito por la ecuación de Von Bertalanffy,
- c) Una curva de crecimiento puede ser usada para describir ambos sexos, los cuales tienen igual capturabilidad.
- d) La longitud-edad presenta una distribución normal,
- e) La tasa de mortalidad natural es constante en todas las clases de edad adultas.
- f) El crecimiento se mantiene constante a través de cohortes dentro de un stock.

La utilidad de esta metodología fue evaluada por Hordyk et al. (2014 a, b) empleando la data recopilada en el meta-análisis de Prince et al. (2014) para 123 especies marinas. Ese mismo estudio concluyó que el LB-SPR tiene potencial para ser una herramienta en la evaluación de pesquerías con datos limitados. Además, Hordyk et al. (2015) demostró que mediante una combinación entre el uso del LB-SPR y reglas de control de captura basada en el esfuerzo pueden retornar exitosamente una población sobreexplotada hasta niveles sostenibles o pescar una población sin sobrepasarse significativamente del SPR objetivo. El primer caso práctico en emplear esta metodología fue realizado por Prince et al. (2015) para 12 de las especies de peces de arrecife más importantes del Indo Pacífico,

en Palau, donde se logró evaluar 12 de las 15 especies de peces de arrecifes más importantes en tan solo 2 años de colecta de información.

2.4. ASPECTOS GENERALES DEL RECURSO

Cheilodactylus variegatus VALENCIENNES 1833 “Pintadilla” es una especie demersal que habita en fondos someros en áreas rocosas, arenosas y principalmente con fuerte oleaje (Chirichigno y Cornejo, 2001). Su distribución está comprendida desde Paita, Perú, hasta Talcahuano, Chile (Chirichigno y Cornejo, 2001), sin embargo Vargas y Pequeño (2001) amplían su distribución austral hasta la bahía Metri (41°36’S, 72°43’W), en las cercanías del Puerto Montt, Valdivia, Chile.

Según Chirichigno (1998), la clasificación taxonómica de *Cheilodactylus variegatus* es:



Fuente de Imagen: Alberto Gonzales, 2012

PHYLLUM	Chordata
CLASE	Osteichthyes (Nelson, 2016)
ORDEN	Perciformes
FAMILIA	Cheilodactylidae
GÉNERO	<i>Cheilodactylus</i>
ESPECIE	<i>Cheilodactylus variegatus</i> VALENCIENNES 1833

En 1946, Hildebrant reportó una nueva especie del género *Cheilodactylus* en el Norte del Perú, *Cheilodactylus elongatus* para lo cual se creía que existían dos especies este género, *Cheilodactylus elongatus* y *Cheilodactylus variegatus*, sin embargo, estudios posteriores de Nielsen sugiere que la especie reportada por Hildebrant debe considerarse como sinónimo de *Cheilodactylus variegatus* debido a que no existen suficientes diferencias para distinguirlos (Nielsen, 1963).

Respecto a su fenotipo, se conoce que la coloración varía en especímenes de estadio post larva y juvenil (Nielsen, 1963). El ejemplar adulto presenta una coloración críptica disruptiva (borde posterior de las aletas pectorales, pélvicas, anal y caudal de coloración anaranjado, con franjas verticales de tonalidad gris) y una morfología caracterizada por presentar el cuerpo oblongo, comprimido y de dorso elevado (Moreno y Flores, 2002).

Sobre su alimentación, la especie ha sido considerada como carnívora alimentándose de una gran variedad de invertebrados bentónicos (Palma y Ojeda, 2002). Su dieta principal consta de tres grandes grupos Mollusca, Polychaeta y Crustácea (Mendieta, 1975) destacando la predominancia de anfípodos, gasterópodos y porcelánidos (Vargas et al., 1999; Moreno y Flores, 2002; Medina et al., 2004; Palma y Ojeda, 2002).

Respecto a su biología reproductiva, Samamé et al. (1995) a través de estudios macroscópicos de madurez gonadal, generan una adaptación de la escala macroscópica de Johanssen (1924) para pintadilla, el cual consta de ocho estadios para hembras y machos. El estudio concluye que esta especie tiene una mayor actividad reproductiva durante los meses de mayo a julio con las más altas tasas de desove para el mes de julio. Gonzales (2012), mediante un estudio referido a la proporción de hembras desovantes en

el tiempo, llega a las mismas conclusiones. Se establece además que la talla de primera madurez gonadal se presenta a los 18 cm de longitud total.

Sobre aspectos biológico-pesqueros de esta especie, Samamé y Quiroz (1992), estimaron los primeros parámetros de crecimiento para la costa central del Perú (Huarney-Pisco) mediante lecturas de anillos en escamas. Reynaga (2002) realizó estudios sobre los aspectos biológico-pesqueros de las principales especies de la ictiofauna asociadas al litoral de la Bahía Independencia, en los cuales se da énfasis a *C. variegatus* por ser uno de los principales recursos locales. Mostacero et al. (2012) estimaron los parámetros de crecimiento de *C. variegatus* mediante lecturas de otolitos para el Callao, determinando un k de 0.2505 y L_{∞} de 42.43 cm Lt.

En lo que concierne a investigaciones de evaluación de stock del recurso, no se ha reportado ningún tipo de estudio, razón por el cual, actualmente no existen medidas de ordenamiento pesquero oficiales para el recurso.

III. HIPÓTESIS

- **Hipótesis Nula (H_0):** La proporción potencial de desove para *C. variegatus* en la localidad de Ancón se encuentra por debajo del 22%.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** La proporción potencial de desove para *C. variegatus* en la localidad de Ancón no se encuentra por debajo del 22%.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la proporción potencial de desove basado en longitudes de *C. variegatus* “Pintadilla” para la localidad de Ancón.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la estructura de tallas en el área y periodo de estudio.
- Identificar la relación longitud-peso para *C. variegatus*.
- Determinar la talla de primera madurez (Lm50%) para *C. variegatus*.
- Determinar la proporción potencial de desove para *C. variegatus* a partir de datos de frecuencia de tallas obtenidos durante el período 2016-2017 en el Molo Muelle Ancón.
- Determinar las fortalezas y debilidades de la metodología LB-SPR en el contexto de la pesquería de *C. variegatus*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

La elección del método LB-SPR derivó de un análisis previo con el sistema de soporte de decisiones FishPath, el cual permite caracterizar el tipo de pesquería en base a la información biológica-pesquera, socio-económica, operacional, y de gobernanza que se encuentre disponible para dirigir el método de monitoreo, evaluación y opciones de reglas de decisión a tomar más apropiados para pesquerías de pequeña escala (Dowling et al., 2013).

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la bahía de Ancón ubicada a $11^{\circ}46'21.96''S$ y $77^{\circ}10'35.54W$ la cual presenta dos grandes zonas de pesca denominada como Rivera e Islotes. Las zonas de pesca dentro de Rivera son diversas, llegándose a registrar 16 (“Los Mulatos”, “Las conchitas”, “Marina”, “Tortuga”, “Los Carros”, “Piedra Barco”, “Tierra Colorada”, “La Arenilla”, “Gigantón”, “El Jardín”, “Ballenas”, “La Negada”, “San Juan”, “Gallinazos”, “Bajada de Muertos” y “Pasamayo”), mientras Los Islotes Pescadores cuentan con Isla Grande, la Isleta, la Huaca, Los Lobos, Mal Nombre, Dos Hermanas, La Viuda, Pata de Cabra, Corral de Vaca, islas pertenecientes a la Reserva Nacional Sistema de Islas Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG) (**Ver Anexo I**).

5.2. COLECTA DE DATOS EN CAMPO

5.2.1. Datos biométricos

Los registros de tallas de los ejemplares de pintadilla se realizaron diariamente en base a la longitud total (Lt) medida con un ictiómetro de unidad mínima el medio centímetro (0.5 cm) modelo KH-PISCIS-70-22. Un total de 16633 ejemplares fueron medidos, de los

cuales 9791 individuos fueron extraídos por el aparejo de Pinta, 6428 con trinche (Buceo), 340 con enmalle y 74 no fueron identificados con qué tipo de arte fueron pescados. Se trató de medir todo el desembarque del recurso por día.

Además, para ver el comportamiento de la estructura de tallas reportadas, se realizó el seguimiento de sus modas a nivel mensual durante marzo 2016 a febrero 2017.

5.2.2. Datos biológicos

La obtención de datos biológicos se realizó a través de un muestreo al azar estratificado con 10 individuos por cada rango de talla encontrado en las capturas de cada mes (Espino et al., 1995).

La compra de ejemplares se realizó de las embarcaciones artesanales de la bahía de Ancón, cuyas capturas fueron realizadas con aparejos de pesca de pinta, buceo y enmalle, para todas las zonas de pesca registradas en Ancón.

Un total de 1684 ejemplares, los cuales incluye el muestreo biométrico, fueron además pesados (peso eviscerado y sin eviscerado) con una balanza electrónica de capacidad 0.1g hasta 5kg marca DAKOTA modelo 5000, sexados y catalogados por su estadio de madurez gonadal en el Molo muelle de Ancón. La catalogación se basó en la escala macroscópica de Johanssen adaptada para la pintadilla elaborada por Samamé et al. (1995), además de algunos criterios adicionales considerados por el IMARPE (color, vascularización, textura y pared de las gónadas).

5.3. PARÁMETROS BIOLÓGICO-PESQUEROS

Los parámetros de crecimiento L_{∞} , k y t_0 fueron obtenidos de la literatura disponible (Gonzales, 2012). En relación a estos parámetros, se procedió a determinar la Mortalidad

Natural (M) mediante diferentes métodos empíricos propuestos por Then et al. (2014). Los valores a y b de la relación longitud-peso, así como la talla de primera madurez fueron estimados localmente a partir de datos biométricos y biológicos registrados para *C. variegatus*.

5.3.1. Estimación de Mortalidad Natural (M)

Para determinar el valor de la mortalidad natural (M), se realizó una comparación entre los distintos métodos que permiten su estimación utilizando el aplicativo Shiny disponible en “<http://barefootecologist.com.au/apps>”. Una descripción de los métodos empleados se muestra en Then et al. (2014), donde se comparan el desempeño predictivo de varios estimadores empíricos de M. Los inputs solicitados en el aplicativo fueron obtenidos del informe de Gonzales (2012).

Las principales ecuaciones recomendadas por Then et al. (2014) para estimar la mortalidad natural son las siguientes:

Cuando se dispone de t_{max}

$$ThenAmax = 4.899t_{max}^{-0.916} \quad (1)$$

Cuando no se dispone de t_{max}

$$ThenVBGF = 4.118k^{0.73} \times L_{\infty}^{-0.33} \quad (2)$$

Por otro lado, la ecuación más empleada para la estimación de M es la ecuación de Pauly (1980)

$$M = 0.8 \times \exp(-0.0152 - 0.279 \times \ln(L_{\infty}) + 0.6543 \times \ln(k) + 0.463 \times \ln(T^{\circ})) \quad (3)$$

5.3.2. Longitud-Peso observada (estimación de a y b)

Los valores de los parámetros a y b definen la relación longitud-peso y fueron obtenidos a partir de una regresión potencial.

$$W = aL^b \quad (4)$$

En donde:

W = Peso total del pez (g)

L= Longitud total del pez (cm)

a y b = Parámetros de la ecuación

Se empleó el coeficiente de Pearson (R^2) para determinar el ajuste de la regresión. Valores cercanos a la unidad es un indicador de un buen ajuste de la regresión a los datos empíricos. Así mismo se empleó el coeficiente “b” de la regresión para determinar el tipo de crecimiento que presenta la especie. Especies con valores de “b” comprendidos entre 2.5 y 3.5 normalmente se consideran con un tipo de crecimiento isométrico, es decir que su crecimiento en tamaño es proporcional al cubo de su peso (Froese, 2006).

5.3.3. Curva de madurez gonadal ($L_{50\%}$ y $L_{95\%}$)

La madurez gonadal se determinó por observaciones macroscópicas teniendo como referencia la escala empírica de JOHANSEN (1924) adaptada para la pintadilla por Samamé et al. (1995) (**ver Anexo II**). Se consideraron los estadios I y II como inmaduros, III, IV y V madurantes, VI desovante, VII y VIII como post desovantes, siendo la misma clasificación reportada por Gonzáles (2012).

Para determinar la talla de primera madurez, se agruparon los datos de madurez gonadal en dos categorías: Inactivos reproductivamente y Activos reproductivamente. Se consideraron inactivos reproductivamente a aquellos que no presentaron indicios de un desove previo (estadíos I y II) y activos reproductivamente a los estadíos III al VIII. La proporción de individuos maduros se determinó por la relación:

$$P_i = \frac{\textit{Activos reproductivamente}}{\textit{Total}}$$

Posteriormente, para ajustar la proporción de individuos maduros (P_i) a una talla determinada ($L_{50\%}$ y $L_{95\%}$) en una función logística, de acuerdo a los criterios establecidos por Somerton (1980), Gaertner y Laloe (1986) y Sokal y Rohlf (1996), se empleó la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-(A+BX)}} \quad (5)$$

En donde:

P_i = Proporción de individuos maduros

X = Marca de clase de la longitud de referencia (cm)

A y B = Constantes del modelo

Los parámetros A y B se estimaron mediante la linealización de la ecuación anterior a través de una transformación logarítmica. La longitud a la cual el 50% de la población se encuentra sexualmente madura ($X_{0.5}$) está dado por:

$$X_{0.5} = \frac{A}{B}$$

5.4. Proporción Potencial De Desove Basado En Longitudes (LB-SPR)

La Proporción Potencial de Desove (SPR) fue determinada empleando el método de LB-SPR. Este método emplea los valores de L_{∞} , M/k , $L_{50\%}$, $L_{95\%}$ y pendiente de la curva de stock-reclutamiento o steepness (normalmente toma un valor de 0.7 cuando se desconoce su valor para la especie) para estimar la longitud de selectividad y la proporción F/M, los cuales son empleados para determinar el SPR. La steepness (h) se define como la fracción del reclutamiento virgen que se obtiene cuando la biomasa desovante es 20% de la biomasa desovante no explotada. Un steepness igual a 1 quiere decir que el reclutamiento es fijo independientemente del nivel de biomasa del stock. Para este estudio se asumió un h igual a 0.7.

Todos los análisis fueron realizados en el software de acceso libre R empleando el paquete "LB-SPR" disponible en CRAN. Este paquete permite escoger dos enfoques 1) El método basado en estructura de tallas mencionadas en Hordyk et al. (2016), el cual asume una selectividad en base a las tallas y 2) una versión estructurada de pseudo edades, el cual asume que la selectividad está en base a las edades (Hordyk et al., 2014 a, b). Para ambos métodos, el paquete "LB-SPR" estima valores ajustados de selectividad, F/M y SPR usando un filtro Kalman y la función de ajuste de Rauch-Tung-Striebel. En la presente investigación se optó por el segundo enfoque.

5.4.1. Longitud-Edad relativa

Las longitudes teóricas del pez a una edad t se determinó mediante la modificación de la ecuación de Von Bertalanffy (Hordyk et al., 2014 a), asumiendo un t_0 igual a 0. Los valores de los parámetros L_{∞} , k fueron tomados del informe de Gonzales (2012).

$$L_t = 1 - P^{x\left(\frac{k}{M}\right)} \times L_\infty \quad (6)$$

En donde:

L_t = Longitud teórica del pez a una edad determinada

P = Proporción de ejemplares que sobreviven a la edad máxima

x = Edad estandarizada a la edad máxima

k = Parámetro de crecimiento

M = Mortalidad Natural

L_∞ = Longitud asintótica

Para determinar el valor de “P” se empleó la forma despejada de la ecuación de Quinn y Derisso (1999):

$$P = e^{-M \times t_{max}} \quad (7)$$

En donde:

t_{max} = Edad máxima del pez

Los valores de M y t_{max} fueron estimados a partir de diversos métodos empíricos mostrados en Then et al. (2014) y de la ecuación de Von Bertalanffy respectivamente.

Se procedió a estandarizar las longitudes teóricas con respecto a L_∞

$$L_x = \frac{L_t}{L_\infty} = 1 - P^{x\left(\frac{k}{M}\right)} \quad (8)$$

5.4.2. Incorporación de variación en la longitud-edad

Si el crecimiento de un pez sigue la función de Von Bertalanffy, la variabilidad de la talla respecto a una edad para cada individuo está determinada por la variación de los parámetros L_{∞} , k y t_0 (Pilling et al., 2002). Por simplicidad se asumió que la variación longitud-edad sólo estuvo determinado por L_{∞} , manteniendo los valores de k y t_0 constantes. Además, a menudo se asume que los valores de longitud-edad siguen una distribución normal con un coeficiente de variación (CV) constante, aunque no siempre es el caso (Erzini, 1994; Bowker, 1995). Teniendo en cuenta estos supuestos se determinó la desviación estándar de la longitud-edad para cada individuo.

$$\sigma_{L_t} = CV_{L_{\infty}} \times (1 - P^{x(\frac{k}{M})}) \quad (9)$$

Determinar el valor de $CV_{L_{\infty}}$ puede resultar complicado si no se cuentan con datos confiables de tallas y edades, por lo que normalmente - para mantener una población en equilibrio - se asume un valor cercano al 10% (Prince et al., 2015).

Para determinar la probabilidad de que un pez de edad "t" alcance la longitud observada "i" se elaboró una matriz de transición edad-longitud (Hilborn y Walters, 1992).

$$P_{t,i} = \begin{cases} \Phi\left(\frac{l_{i+1}^{l_0} - L_t}{\sigma_{L_t}}\right) & \text{si } i = 1 \\ \Phi\left(\frac{l_{i+1}^{l_0} - L_t}{\sigma_{L_t}}\right) - \Phi\left(\frac{l_i^{l_0} - L_t}{\sigma_{L_t}}\right) & \text{si } 1 < i \leq I \\ 1 - \Phi\left(\frac{l_i^{l_0} - L_t}{\sigma_{L_t}}\right) & \text{si } i = I \end{cases} \quad (10)$$

En donde:

\emptyset = Distribución normal estándar acumulativa

l_i^{lo} = Límite superior de la clase de longitud a

I = Número total de longitud de clase

5.4.3. Madurez-Edad

Se determinó la madurez a una longitud "i" (Mat_i) mediante la ecuación (Haddon, 2011; Hordyk et al., 2014 b):

$$Mat_i = \frac{1}{1 + e^{-\ln(19)(i - L_{50}) / (L_{95} - L_{50})}} \quad (11)$$

En donde:

L_{50} = Longitud a la cual el 50% de individuos alcanzan la madurez sexual

L_{95} = Longitud a la cual el 95% de individuos alcanzan la madurez sexual

$\ln(19)$ = Constante para la función logística

i = longitud observada

La madurez a una longitud "i" fue convertida a madurez-edad (Mat_t)

$$Mat_{t,i} = Mat_i \times (P_{t,i})^T \quad (12)$$

En donde:

$(P_{t,i})^T$ = Transpuesta de la matriz de transición $P_{t,i}$

La probabilidad que un pez de edad "t" se encuentre maduro está determinado por:

$$Mat_t = \sum_t Mat_{t,i}$$

5.4.4. Selectividad-Edad

La selectividad fue asumida como asintótica y dependiente de la edad. El modelamiento se realizó reemplazando los valores de L_{50} y L_{95} de la ecuación 11 por los valores de L_{S50} y L_{S95} (Haddon, 2011; Hordyk et al., 2014 b):

$$Sel_i = \frac{1}{1+e^{-\ln(19)(i-L_{S50})/(L_{S95}-L_{S50})}} \quad (13)$$

En donde:

L_{S50} = Longitud en la cual el 50% de los individuos son vulnerables a la captura

L_{S95} = Longitud en la cual el 95% de los individuos son vulnerables a la captura

La selectividad a una longitud "i" fue convertida a selectividad-edad (Sel_t)

$$Sel_{t,i} = Sel_i \times (P_{t,i})^T \quad (14)$$

La probabilidad que un pez de edad "t" sea vulnerable a la pesca está determinado por:

$$Sel_t = \sum_t Sel_{t,i}$$

Posteriormente se determinó la selectividad media acumulada de un pez para una edad determinada (MS_x).

5.4.5. Estimación F/M y Selectividad ($L_{S50\%}$ y $L_{S95\%}$)

En relación a que la composición de tallas observadas y el SPR se encuentran en función de F/M, M/k y L_m/L_∞ , el modelo LB-SPR utiliza el método de mínimos cuadrados para encontrar valores de F/M y selectividad que minimicen la diferencia entre los valores de longitudes observadas y esperadas para posteriormente determinar el SPR (Hordyk et al., 2014 a, b).

$$\min \sum_{t=0}^{t=L_\infty} (\text{Longitud}_t^{\text{observado}} - \text{Longitud}_t^{\text{teórica}}) \quad (15)$$

5.4.6. Población no explotada (N_{noF})

En la curva de selectividad, no todos los individuos son capturados por el arte de pesca durante todas sus etapas de vida, sino que existe una etapa (principalmente durante los primeros estadíos) en la que el descenso de su población es únicamente afectado por la mortalidad natural. Esto comúnmente se expresa como (Hilborn y Walters, 1992):

$$N_{noF_{t+1}} = N_{noF_t} \times e^{-M} \quad (16)$$

En donde:

N_{noF_t} =Número de individuos a la edad t en condiciones de no pesca

M = Mortalidad natural

Modificando la ecuación 16 en base a lo propuesto por Hordyk et al. (2014 b), el número de individuos a una edad "t" en condiciones no explotadas esta dado mediante

$$N_{noF_t} = (1 - L_x)^{\frac{M}{k}} \quad (17)$$

En donde:

L_x = Longitud media estandarizada con respecto a L_∞

5.4.7. Población Explotada (N_{F_t})

Los factores que influyen en el descenso de una población explotada son: la mortalidad natural y la mortalidad por pesca. Comúnmente se expresa como (Hilborn y Walters, 1992):

$$N_{F_{t+1}} = N_{F_t} \times e^Z \quad (18)$$

En donde:

Z = Mortalidad total ($F + M$)

Realizando unos ajustes a la ecuación 18, podemos expresarla como:

$$N_{F_t} = (1 - L_x)^{\frac{M}{k} + (\frac{M}{k} \times \frac{F}{M}) \times MS_x} \quad (19)$$

En donde:

N_{F_t} = Número de ejemplares que tienen una edad relativa "t" en condiciones de pesca

MS_x = Selectividad media acumulada para una edad determinada

5.4.8. Longitud-Peso

Posteriormente se determinó el peso medio relativo a una edad "t" del pez mediante la relación (Froese, 2006):

$$W_t = a \times L_x^b \quad (20)$$

En donde:

a y b son parámetros estimados de la relación Longitud-Peso experimental

L_x = Longitud media estandarizada con respecto a L_∞

5.4.9. Proporción Potencial De Desove (SPR)

El SPR se define como (Prince et al., 2014):

$$SPR_t = \frac{\sum_{t=0}^t EP_t}{\sum_{t=0}^{tmax} EP_t} \quad (21)$$

En donde:

EP_t = Proporción del potencial de rendimiento reproductivo alcanzado a la edad t

Cuando los datos de fecundidad no se encuentran disponibles, el rendimiento reproductivo de una clase de edad madura se asume proporcional a la biomasa (Prince et al., 2014):

$$EP_t \propto N_t \times W_t \times Mat_t$$

En donde:

W_t = Peso medio a una edad t

$Mat_t =$ Probabilidad que un pez esté maduro a una edad t

Con los valores de N_t para condiciones de pesca y no pesca se procedió a estimar el SPR mediante la división de $EP_{t_{sinF}}$ y EP_{t_F} .

VI. RESULTADOS

6.1. BIOMÉTRICO

El rango de tallas de pintadilla en las capturas registradas en Ancón, de marzo 2016 a marzo 2017, estuvo comprendido entre 14cm y 53.5 cm longitud total (Lt), con una distribución unimodal en 22 cm y talla media de 23.5 (± 0.06) cm Lt (**Figura 1**). Se observó además que la pesquería de pintadilla se da principalmente durante el verano, teniendo una mayor repercusión para el aparejo de pinta. La pesquería de pintadilla para buzos es ocasional con excepción de algunos pocos.

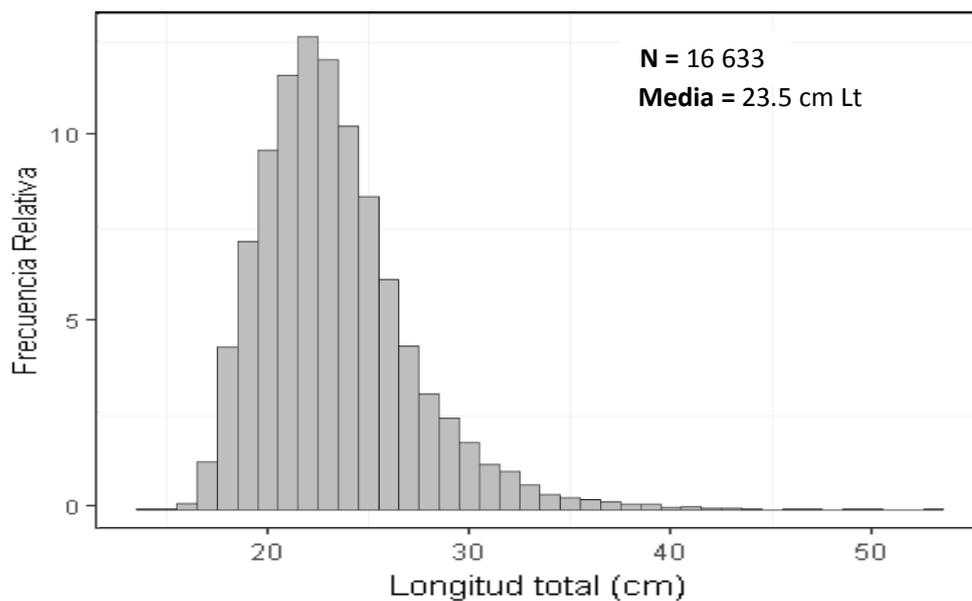


Figura 1. Frecuencia de tallas en la captura de *Cheilodactylus variegatus* en la bahía de Ancón, marzo 2016 – marzo 2017.

La distribución de tallas de pintadilla a nivel mensual, no mostró variaciones significativas, con modas de 21 a 23 cm Lt, con excepción de los meses de junio y octubre, donde se reportaron modas de 24 y 25 cm Lt respectivamente (**Figura 2**).

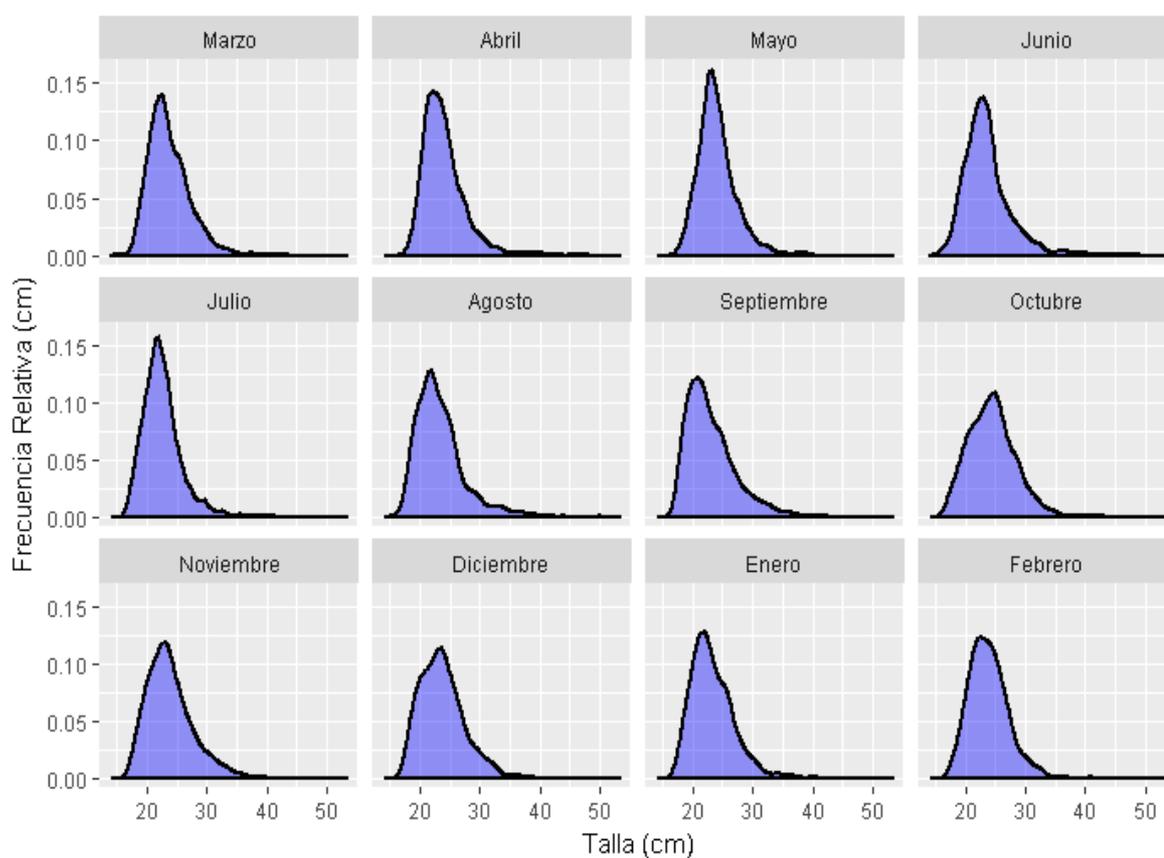


Figura 2. Distribución de tallas mensuales de *Cheilodactylus variegatus* en Ancón, desde Marzo 2016 a Febrero 2017.

6.2. BIOLÓGICO

6.2.1. Muestreo biológico

El rango de los ejemplares muestreados estuvo comprendido entre 15.5 y 46.5cm Lt, con una media de 24.02 (\pm 0.24) cm Lt. El total de ejemplares catalogados por estadio de madurez gonadal se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Frecuencia de estadios de madurez gonadal para ejemplares de *Cheilodactylus variegatus* en Ancón, abril 2016-marzo 2017.

ESTADIO	NUMERO DE EJEMPLARES
I	104
II	288
III	605
IV	403
V	160
VI	106
VII	11
VIII	7

6.3. Parámetros biológico-pesqueros

Los parámetros biológicos y poblacionales estimados y empleados en el modelo LB-SPR se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Lista de Parámetros Biológico-pesqueros usados para el análisis. Muchos de los parámetros estimados fueron obtenidos de la literatura disponible, mientras que otros fueron estimados, calculados o asumidos en el presente estudio.

Parámetro	Abrev.	Valor	Fuente
Coefficiente de crecimiento	k	0.2505	IMARPE (2012)
Longitud asintótica	L_{∞}	42.43	IMARPE (2012)
Edad del pez cuando su longitud es 0	t_0	-0.816	IMARPE (2012)
Edad máxima	t_{max}	13.3002	Calculado de VB
Parámetro de la relación longitud-peso	a	0.0121	ESTIMADO
Parámetro de la relación longitud-peso	b	3.0637	ESTIMADO
Peso infinito (g)	W_{∞}	1173.51	Calculado de VB,a,b
Mortalidad Natural	M	0.467	ESTIMADO
Longitud del 50% de madurez	$L_{50\%}$	19	ESTIMADO
Longitud del 95% de madurez	$L_{95\%}$	26	ESTIMADO
Edad al 50% de madurez	$t_{50\%}$	1.55	Calculado de VB

Edad al 95% de madurez	$t_{50\%}$	2.97	Calculado de VB
Relación entre la Mortalidad Natural y el coeficiente de Crecimiento	$\frac{M}{k}$	1.864	ESTIMADO
Coeficiente de variación de L_{∞}	$CV_{L_{\infty}}$	0.1	Asumido
Steepness	h	0.7	Asumido

6.3.1. Estimación de M

Se obtuvieron 3 principales estimaciones de M mostradas en la **Tabla 3**. A través de comunicación personal con Prince, se definió que el método más apropiado para estimar M fue el de Then_Amax1, por lo que el valor estimado por esta ecuación será incluido en los subsecuentes análisis.

La **Figura 3** muestra los valores de M estimados por diferentes métodos empíricos propuestos por Then et al. (2014).

Tabla 3. Principales estimaciones de mortalidad natural sugeridas para Pintadilla

Método	M	Inputs
Then_Amax 1	0.467	t_{max}
Then_VBGF	0.435	k, L_{∞}
Pauly	0.534	L_{∞}, k, T°

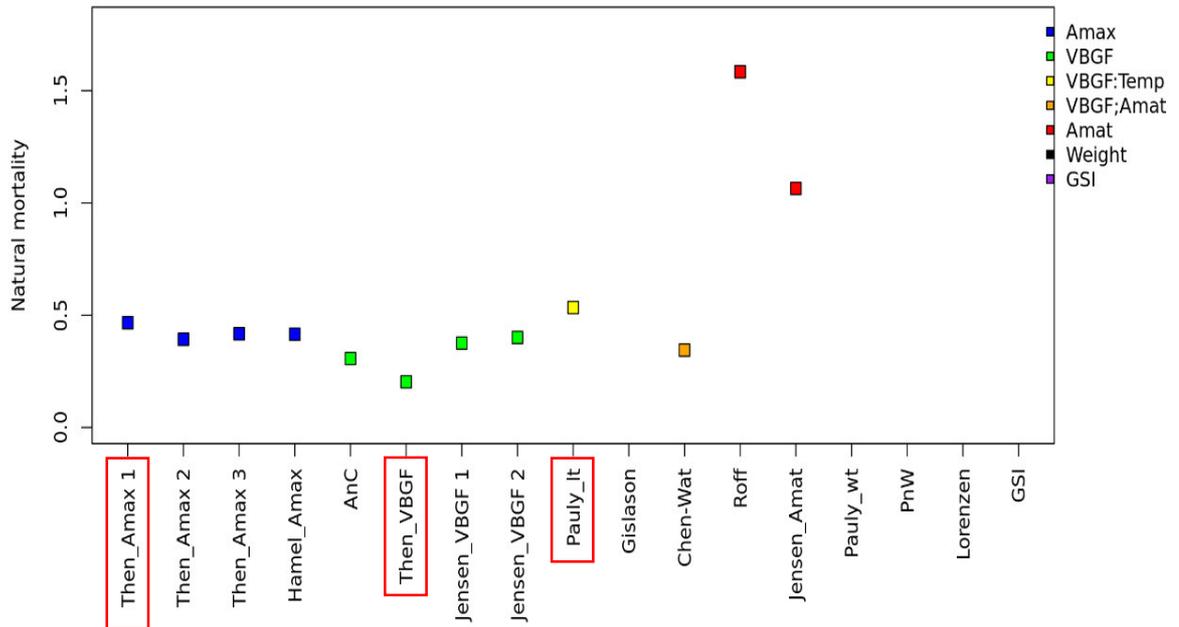


Figura 3. Estimación de la mortalidad natural para pintadilla empleando diferentes métodos empíricos propuestos en Then et al. (2014) en base a diferentes parámetros pesqueros disponibles. Los grupos de colores representan los parámetros de entrada utilizados para cada método.

6.3.2. Longitud-Peso observada (estimación de a y b)

Los valores a y b de la relación longitud-peso fueron 0.0121 y 3.0637 respectivamente (Ver tabla 1). El tipo de crecimiento que describe la pintadilla es de forma isométrica, es decir que su crecimiento en tamaño es proporcional al cubo de su peso.

El coeficiente de ajuste de la curva fue 0.9651 (Coeficiente de Pearson), el cual describe un buen ajuste al modelo potencial de longitud-peso (**Figura 4**).

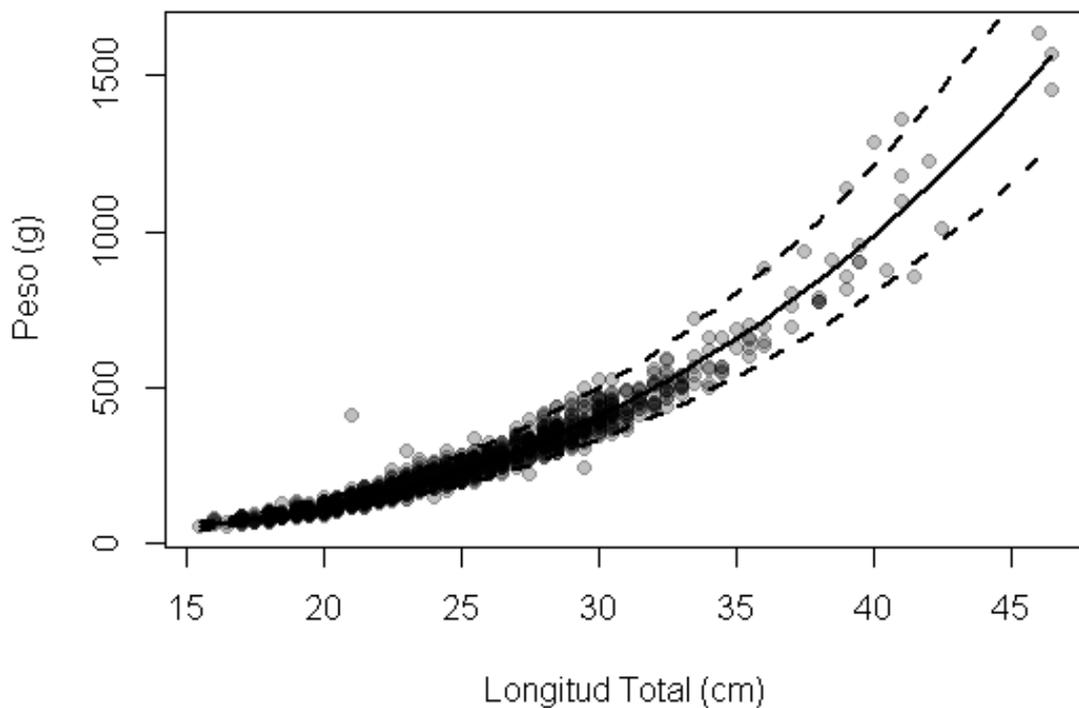


Figura 4. Relación longitud-peso de *Cheilodactylus variegatus* “Pintadilla” en la Bahía Ancón, Lima abril 2016 – marzo 2017 con el mejor ajuste del modelo (línea sólida) y el 95% de bandas de predicción (líneas punteadas) superpuestas.

6.3.3. Curva de madurez ($L_{50\%}$ y $L_{95\%}$)

La curva de madurez representa la proporción de individuos maduros para cada longitud, y se estimó en 19 cm la talla en la cual el 50% de la muestra se encontró en estadios madurantes ($L_{50\%}$), mientras que a los 26 cm, el 95% estuvo maduro ($L_{95\%}$) (**Figura 5**). Se asume que las longitudes por debajo del mínimo observado presentan una madurez igual a 0 y longitudes por encima del valor máximo observado de 1.

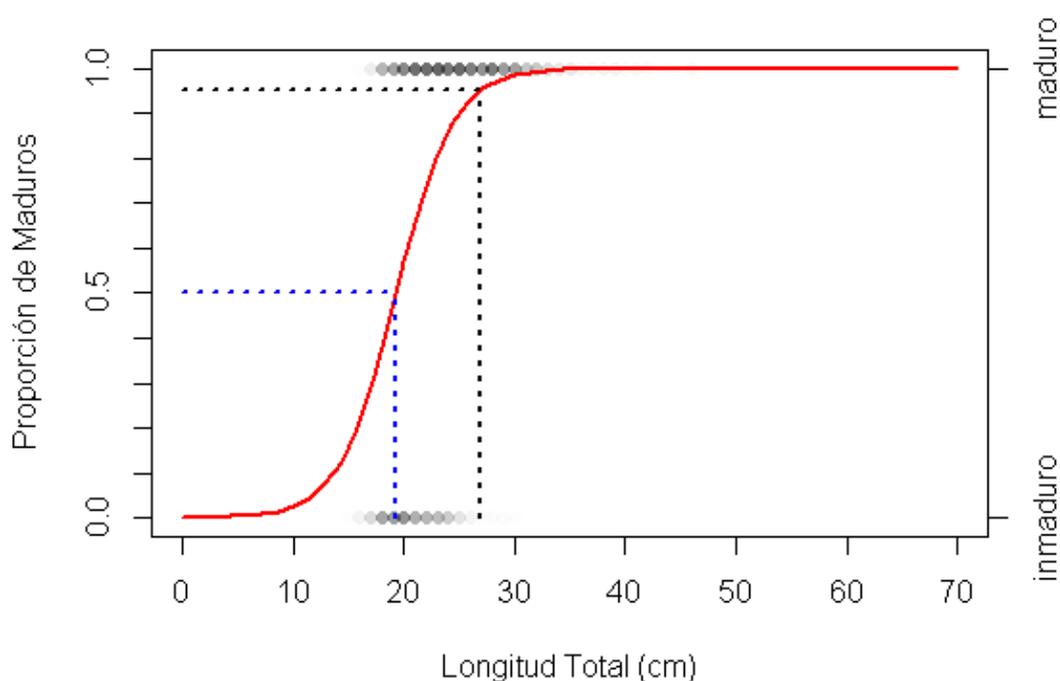


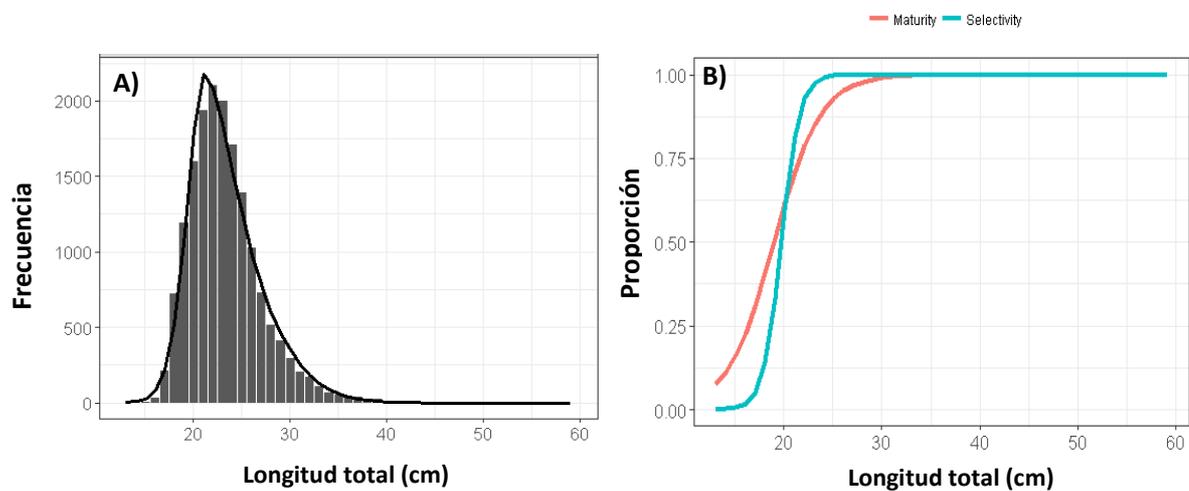
Figura 5. Curva de madurez de *Cheilodactylus variegatus* “Pintadilla” para la localidad de Ancón abril 2016 – marzo 2017. El punto de intersección de las líneas punteadas azules y negras indican el $L_{50\%}$ y $L_{95\%}$ respectivamente.

En relación a estas tallas estimadas (19 y 26 cm Lt), se observó que el 94.19% de las tallas registradas superaron la talla de primera madurez ($L_{50\%}$), mientras que el 22.51% superaron el $L_{95\%}$.

6.4. LB-SPR

Los valores de longitud asintótica (L_{∞}), mortalidad natural (M) y coeficiente de crecimiento (k) empleados en el modelo LB-SPR se muestran en la **Tabla 1**.

El modelo LB-SPR (basado en edades) estimó para *C. variegatus* un valor de F/M igual a 1.91 y tallas de selectividad al 50% - 95% de 19.73 cm y 22.41 cm de longitud total (Lt) respectivamente, además un SPR de 0.21 (**Figura 6**). La composición de tallas esperadas de una población no explotada (unfished) y explotada (fished) se muestra en la **Figura 7**. La diferencia de ambos histogramas representa el valor final de SPR.



c)	SL50	SL95	F/M	SPR	Metodología
	19.73	22.41	1.91	0.21	LB-SPR (Absel)

Figura 6. Ajuste de la estructura de tallas de *C. variegatus* en la bahía Ancón marzo 2016 – marzo 2017 con los parámetros empleados (línea sólida) **(A)** y estimaciones de la curva de madurez (línea roja) y selectividad (línea celeste) **(B)** mediante el método LB-SPR (ABSEL). **(C)** Resultados de la evaluación usando el método ABSEL.

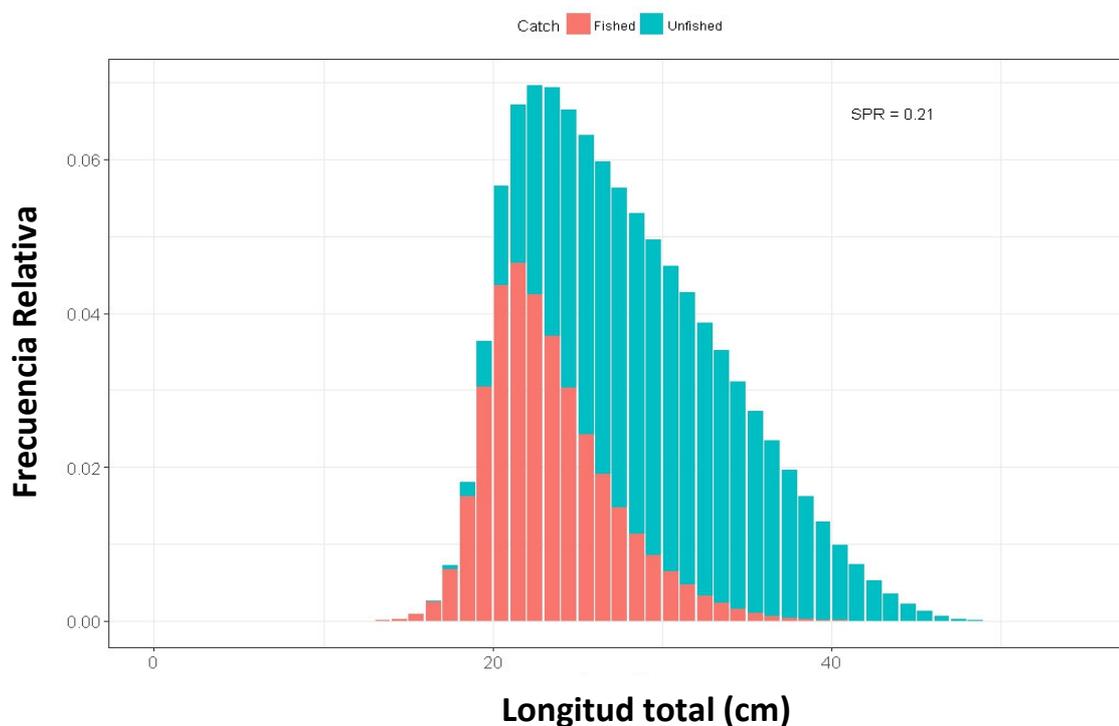


Figura 7. Composición de tallas esperadas en condiciones de pesca y no pesca mediante el método LB-SPR (ABSEL). La diferencia entre el histograma de tallas esperadas en condiciones de no pesca (unfished) y pesca (fished) representa el valor de SPR, es decir que a menor superposición de la población pescada en relación a la población no explotada el valor de SPR disminuye. Se observa lo contrario a mayor superposición.

Los valores resultantes de longitud-edad, longitud-peso, fecundidad-edad, madurez-edad, selectividad-edad, población no explotada ($N_{unfished}$) y población explotada (N_{fished}) se muestran en el **ANEXO IV**.

VII. DISCUSIÓN

El presente trabajo representa uno de los primeros esfuerzos para evaluar las pesquerías artesanales con datos limitados a través de modelos innovadores en el Perú. La Proporción Potencial de Desove basado en Longitudes (LB-SPR por sus siglas en inglés), es un modelo que se viene implementando, mejorando y como todo modelo presentan ciertas limitaciones, sin embargo, estudios elaborados por Hordyk et al. (2014b) prueban la utilidad y eficiencia del LB-SPR en la evaluación de pesquerías de pequeña escala. En un entorno de datos limitados, donde pueda disponerse - como mínimo - datos de frecuencia en tallas de la especie en estudio, LB-SPR puede ser una herramienta efectiva y económica para dar una aproximación del impacto de la pesquería sobre el reclutamiento de la población.

LB-SPR es un modelo que tiene como inputs fundamentales a los parámetros biológico poblacionales (M/k , L_m , L_∞) y estructura de tallas. La precisión de los resultados dependerá mucho de una estimación confiable de estos parámetros. Los métodos basados en edades son los más confiables para su estimación, sin embargo, en un contexto de datos limitados estudios de esta magnitud resultan complicados de realizar. Para hacer frente a esta problemática surgieron nuevos métodos empíricos (Mathews y Samuel, 1990; Froese y Binohlan, 2003) que permiten estimar algunos de estos parámetros a partir de datos en tallas. Estudios más recientes concluyeron que la relación M/k y L_m/L_∞ junto con F/M son las que definen la curva de composición de tallas y la proporción potencial de desove (SPR por sus siglas en inglés) de una población más que los valores independientes, como generalmente se asume (Prince et al., 2014). Así mismo, se demostró que la estimación de la relación M/k y $L_{50\%}/L_\infty$ entre especies

taxonómicamente relacionadas es menos variante que estimar los parámetros individuales (Prince et al., 2014; Hordyk et al., 2014a).

7.1. Colecta de datos y tamaño de muestra

El LB-SPR al ser un modelo basado en tallas, asume que las tallas registradas son representativas de la población. Hilborn y Walters (1992) están en contra del uso de frecuencia de tallas para las evaluaciones, debido a que éstas no expresan la estructura de tallas reales de la población total del stock. Muestras no representativas del stock pueden ocasionar sesgo en los resultados finales de la evaluación. Por ejemplo, si en una población de peces la muestra de individuos grandes es poca o nula, el modelo LB-SPR asume que éstos fueron pescados, resultando en una subestimación del SPR y sobre estimación del F/M (Hordyk et al., 2014b). Teniendo en cuenta estos riesgos, es importante asegurar una buena calidad de datos realizando protocolos rigurosos en la colecta de datos de forma temporal y espacial, además de considerar cualquier cambio en las gestiones de manejo del recurso que se puedan implementar durante el tiempo de la colecta de información (talla mínima, tamaño de malla, etc.). Por ello, el diseño de colecta de tallas en este trabajo fue de una frecuencia diaria por embarcación, y con una cobertura de aproximadamente el 85-90% de todo el desembarque del recurso en la bahía de Ancón.

El número de muestras a medir es también esencial. Hordyk et al. (2014b) demuestra que a un mayor número de ejemplares medidos, la exactitud en la estimación del SPR se incrementa y el error se reduce significativamente. Gerritsen y McGrath (2006) recomiendan que el tamaño mínimo de muestra medidas debería ser 10 veces el número de longitudes de clases encontradas en la muestra. El número total de clases de tallas

encontradas en la muestra es de 40. Considerando lo propuesto por éstos autores, el mínimo número de ejemplares a medir, en base a los datos encontrados, es de 400 individuos. En el presente estudio se midieron de marzo 2016 a febrero 2017 un total de 16633 individuos (**Figura 1**). Este valor es superior a lo que recomiendan los autores mencionados, además de ser el único estudio en el Perú en emplear un tamaño de muestra tan grande para una evaluación basada en tallas, por lo que se asume que el tamaño de muestra es representativo y que expresa la estructura de tallas de *Cheilodactylus variegatus* para la localidad de Ancón.

7.2. Parámetros Biológico-Poblacionales

Los parámetros poblacionales aplicados para la evaluación fueron derivados de estudios publicados por el IMARPE para la zona del Callao-Ilo (González, 2012). Debido a que las estimaciones de estos parámetros provienen de métodos de edades, uno de los más confiables, y por la cercanía del Puerto de Callao al Molo Muelle Ancón, se consideraron como los valores más apropiados. Para el caso de los parámetros biológicos, con el fin de disminuir el sesgo que se introduce al emplear parámetros biológicos de la misma especie, pero ubicada en zonas geográficamente distintas, se realizó un estudio de la biología reproductiva de la especie para estimar el $L_{50\%}$ y $L_{95\%}$, así como también los parámetros a y b de la relación longitud-peso. El $L_{50\%}$ estimado para la localidad de Ancón es de 19 cm Lt, valor que se encuentra entre los valores reportados por Gonzales (2012) y Samamé et al. (1995) de 18 cm Lt y 20 cm Lt respectivamente.

Respecto a la estimación de la mortalidad natural se optó por el método de Then et al. (2014) quienes sugieren principalmente estimar M empleando métodos que se basen en t_{max} , cuando se dispongan de estudios de edades, o métodos basados solo en k y L_{∞} , excluyendo la temperatura (T°). Griffiths y Harrod (2007) sugieren que la temperatura

cumple un rol determinante en la estimación de M para el Orden Perciformes, orden al que pertenece la pintadilla, por lo que sugieren aplicar la ecuación de Pauly (1980). Este método se basa en las correlaciones determinadas en base a los datos disponibles en FishBase; sin embargo, en esa base de datos no hay muchos tipos de peces relacionados a la especie estudio, además que esta especie está lejos de los valores promedios que se muestran en FishBase, por lo que no se consideró apropiado usar Pauly para estimar M .

7.3. Proporción Potencial de Desove Basado en Longitudes (LB-SPR)

LB-SPR es un modelo que asume una selectividad basada en la edad. La selectividad de los peces a menudo es dependiente del tamaño, lo que da lugar a que peces de la misma edad tengan diferentes tasas de mortalidad por pesca, efecto conocido como “Fenómeno de Lee”. Este efecto es a menudo ignorado en los modelos estructurados por edades, aunque se han implementado nuevas formas para considerarlo (Punt et al., 2002; Walters y Martell, 2004; McGarvey et al., 2007; Taylor y Methot, 2013) dentro de las cuales encontramos al Crecimiento Tipo Grupo de LB-SPR (GTG-LBSPR, por sus siglas en inglés), una mejora del modelo LB-SPR.

Los resultados estimados al emplear LB-SPR (basado en edades) para estimar F/M y SPR (1.91 y 0.21 respectivamente), pueden ser sobrestimado y subestimado respectivamente, en caso que la selectividad de la pesquería se encuentre basado en la talla. Esto se debe principalmente a que el LB-SPR (basado en edades) no considera el fenómeno de Lee (Hordyk et al., 2016). En general se cree que los procesos de selectividad en las pesquerías dependen principalmente del tamaño, pero hay escenarios donde posiblemente este supuesto se viole, por ejemplo en aquellas especies que presentan migración ontogénica, en el cual el modelo LB-SPR basado en edades puede

describir mejor el estado del recurso (Punt et al. 2013; Francis et al., 2015). Conocer el comportamiento biológico de la especie puede resultar de gran importancia en la elección del método a usar (LB-SPR o GTG LB-SPR); sin embargo, en situaciones de datos limitados y con el objetivo principal de determinar el SPR, como en el presente estudio, se optó preferir por la estimación más conservadora del modelo.

7.3.1 Puntos biológicos de referencia basados en el SPR

Muchos estudios se han realizado para explorar un valor convencional de SPR para ser usado como puntos biológicos de referencia, y generalmente se ha aceptado que valores entre 35%-40% son niveles de sostenibilidad para la mayoría de las especies (Clark, 2002; 1993). Este valor, establecido como un punto de referencia biológico, se cree que considera la variabilidad ambiental u otros factores que puedan afectar el reclutamiento, además que toma en cuenta el riesgo que puede ocasionar su empleo en pesquerías con datos limitados, por lo que es considerado como un valor objetivo conservador. El resultado de SPR para la pintadilla muestra un valor de 0.21, el cual se encuentra por debajo del límite establecido. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el SPR 40% deriva de la generalización de los análisis de stock-reclutamiento de diversas pesquerías, que si bien es un valor que evita la incertidumbre sobre la forma y resiliencia de la relación desove-reclutamiento (Clark, 2002), puede resultar muy conservador para especies con alta resiliencia (Mace y Sissenwine, 1993) ocasionando pérdidas en el rendimiento. Estudios elaborados por Mace y Sissenwine (1993) determinaron en diversos grupos taxonómicos de peces, la fracción desovante necesaria para que las generaciones de peces futuras logren reemplazar a la población pescada. Uno de esos grupos incluye el Orden Perciformes, al cual pertenece la pintadilla. El valor de SPR precautorio

($SPR_{F_{0.1} \sim F_{40\%}}$) para el Orden Perciforme, estuvo comprendido entre 0.286 y 0.442, teniendo como media 0.36 (36%), mientras que el valor de SPR que permite únicamente el recambio de la población que parece (SPR_{rep}) estuvo comprendido entre 0.086 y 0.428, con media 0.224 (22.4%). En general, estos autores recomiendan, para este orden taxonómico, valores de SPR superiores o iguales a 0.36 (36%) para asegurar el crecimiento de la población. Emplear el rango de valores de SPR derivado para el orden Perciformes sobre el valor convencional establecido para el SPR (40%) puede generar una interpretación más precisa. El valor de SPR para *Cheilodactylus variegatus* derivado del modelo LB-SPR es de 0.21 (21%), valor inferior al nivel medio precautorio y al nivel medio de SPR_{rep} propuesto por Mace y Sissenwine. Este valor para la pintadilla es un indicador que el recurso está iniciando un proceso de decrecimiento poblacional. Incrementar el 21% de SPR encontrado al SPR precautorio sería lo ideal; sin embargo, esto implicaría un incremento radical en el tamaño de extracción del recurso, entendiendo que éste es un proceso bastante sensible para una comunidad pesquera, por lo que sería apropiado incrementar la talla paulatinamente de tal forma que en posteriores análisis, el valor de SPR encontrado se incremente a los niveles mínimos de recambio (SPR_{rep}) que permitiría estabilizar la población antes que ésta disminuya a niveles críticos.

7.3.2 Comparación de valores de SPR obtenidos al emplear diferentes parámetros pesqueros disponibles en la literatura

La presente investigación determina un valor de SPR igual a 0.21 (21%); sin embargo, empleando diferentes valores de parámetros pesqueros (M , k y L_{∞}) disponibles en la literatura el panorama cambia radicalmente. Samamé y Quiroz (1992) da a conocer los primeros parámetros pesqueros en base a lectura de anillos en escamas del recurso. Los valores reportados de k y L_{∞} por los autores fueron De 0.15 y 40.73 cm respectivamente.

Sin embargo estos valores no fueron evaluados debido a la gran incertidumbre que genera estimar estos parámetros en base a lectura de anillos en escamas. Reynaga (2002), en un estudio basado en la lectura de anillos de otolitos para determinar la edad y crecimiento del recurso en Bahía Independencia, da a conocer valores de k y L_{∞} iguales a 0.3423 y 46.8575 respectivamente. Por otro lado, Prince recomienda emplear valores de M , k , y L_{∞} de 0.27, 0.37, y 35 respectivamente debido a que los valores reportados por el IMARPE (Gonzales, 2012) no parecen ser típicos para esta especie, principalmente los valores de M y k (Com. Pers., 2017). Estimar estos parámetros pesqueros resulta complejo, más aún en aquellos donde los valores de unos dependen de la estimación del otro (k , t_0 y L_{∞}). Estudios de edad y crecimiento permiten estimar estos parámetros con mayor confiabilidad, sin embargo el uso y abuso de éstos métodos generan varias fuentes de errores, algunos de los cuales pueden tener serios efectos en las evaluaciones de stock estructuradas por edades (Campana, 2001).

Empleando los valores reportados por Reynaga (2002) y sugeridos por Prince, los nuevos valores de SPR fueron de 0.1 y 0.13, valores que indicarían un estado alarmante para el recurso. Estos resultados de SPR pueden dar indicios a la necesidad de reevaluar los parámetros pesqueros reportados hasta el momento.

7.3.3 Sensibilidad del LB-SPR

Pruebas de simulaciones del modelo han demostrado que LB-SPR es más sensible a la subestimación del parámetro L_{∞} y variaciones en el reclutamiento (Hordyk et al., 2014b). Una subestimación en L_{∞} puede generar sobrestimaciones en el valor de SPR, debido a que cuando los individuos de mayor tamaño empiezan a acercarse a las estimaciones de L_{∞} , el SPR se incrementa rápidamente. La dependencia que presenta estimar L_{∞} de los valores de los parámetros de edad y crecimiento (k y t_0), exigen una correcta estimación

de los mismos. Éstos fueron estimados a partir de la lectura de anillos de otolitos, sin embargo, las tallas de los peces de las cuales derivaron los otolitos tienen como talla máxima a un ejemplar de 39 cm de longitud total (Mostacero et al., 2012). Para la localidad de Ancón se ha reportado que el ejemplar de mayor tamaño fue de 53.5 cm de longitud total, lo que podría conllevar a una posible subestimación de L_{∞} , y como consecuencia a una variación en el valor final de SPR (**ver Anexo III**).

Desde hace años se puede ver el esfuerzo a través de diferentes investigaciones que se han realizado en busca de contribuir al conocimiento biológico y pesquero del recurso en el Perú (Nielsen, 1963; Mendieta, 1975; Samamé et al., 1992; Samamé et al., 1995; Reynaga, 2002; Mostacero et al. 2012, Gonzales et al., 2012). Todos estos estudios, directa o indirectamente, buscan generar conocimientos que permitan conocer a futuro la dinámica poblacional del recurso e identificar medidas de manejo para su explotación racional. Sin embargo, pese a la recopilación de información a través de los años, aún no se ha concretado ninguna evaluación formal que permita determinar el estado relativo del stock ni medidas de gestión que permitan su regulación.

En el presente trabajo, con tan solo un año de colecta de información de tallas y empleando parámetros disponibles en la literatura y otros estimados, permitió determinar el estado relativo del recurso, demostrando así que LB-SPR resulta ser una herramienta eficaz y económica que, pese a sus limitaciones, presenta grandes ventajas. Facilidad en la colecta de datos, reducción de costos y la integración de los pescadores a estudios científicos son algunas de ellas. El tercer punto es clave para lograr mejorar las gestiones de manejo en las pesquerías artesanales. Integrar a los pescadores, previamente capacitados en la colecta de datos biométricos y biológicos, les permitirá entender -

mediante la observación de procesos tan simples como la madurez gonadal y estructura de tallas - cómo su actividad, sin un buen manejo, puede generar impactos negativos en el recurso. Esto a su vez puede conllevar a una mayor y rápida aceptación de las futuras gestiones de manejo que puedan derivarse producto de dichos estudios. Un caso práctico ocurrió en la comunidad de Palau, una pequeña isla independiente en Micronesia, en donde las gestiones de manejo pesquero, derivados de aplicar LB-SPR con un enfoque de colecta de información pescador-científico, fueron aceptados exitosamente (Prince et al., 2015). Es importante hacer mención que el presente trabajo no propone reemplazar las metodologías tradicionales de evaluación de stocks, ya que se conoce que éstas son más precisas y de mayor confiabilidad; sin embargo, la aplicación de este tipo de aproximación se vuelve relevante en pesquerías donde no se cuenta con información suficiente y los métodos tradicionales se ven limitados. La importancia de LB-SPR radica en que conociendo la estructura de tallas de un recurso, es posible obtener un punto de referencia inicial acerca del bienestar de la población de dicho recurso, y sobre el cual poder plantear gestiones de manejo preliminares mientras se van realizando protocolos de colecta de datos, para posteriormente realizar una evaluación basada en métodos tradicionales.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ✓ La estructura de tallas estuvo principalmente representada por ejemplares de tallas medianas, con una media de 23.5 (± 0.06) cm Lt. No se observaron cambios significativos en la composición por tallas mensuales con modas comprendidas entre 21 y 23 cm Lt., con excepción de junio y octubre (24 y 25 cm Lt. respectivamente).
- ✓ La talla al 50 y 95% de madurez para la localidad de Ancón fueron de 19 y 26 cm Lt respectivamente. Se observó que más del 94% de la captura anual registrada superaron el $L_{50\%}$ mientras que más del 46%, superaron $L_{95\%}$.
- ✓ El valor de SPR para la pintadilla mediante LB-SPR basado en edades (0.21) indica que la producción de huevos generados por el recurso no es suficiente para la regeneración de la población.
- ✓ La talla de selectividad al 50% y 95% estimada por el LB-SPR basado en edades fue de 19.73 y 22.41, valores coherentes con lo que se observó en campo.
- ✓ El intenso esfuerzo en el protocolo de colecta de información ha permitido obtener buena calidad de datos en escala espacial-temporal, factores relevantes cuando la evaluación se basa en tallas.

Recomendaciones

- ✓ Orientar la colecta de otolitos a ejemplares de tamaños grandes (>30 cm Lt) con la finalidad de reevaluar las estimaciones de L_{∞} realizadas por el IMARPE en base a ejemplares de menores tamaños que los reportados para la localidad de Ancón.
- ✓ El mínimo número de ejemplares que puede considerarse apropiado para la estimación del SPR es de 1000, sin embargo se deben generar protocolos de colecta de datos que consideren cualquier cambio en las regulaciones pesqueras, principalmente las que involucren modificaciones en la selectividad de las tallas (talla mínima de captura, tamaño de enmalle, etc).
- ✓ Incrementar el SPR de 21% a niveles de SPR precautorios (36%) a fin de orientar la pesquería de pintadilla hacia un manejo sostenible.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro-Shigueto, Joanna et al. 2010.** "Where Small Can Have a Large Impact: Structure and Characterization of Small-Scale Fisheries in Peru." *Fisheries Research* 106(1):8–17. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2010.06.004>).
- Berkes F.; Mahon R.; McConney P.; Pollnac R. y Pomeroy R. (2001).** *Managing Small-Scale Fisheries: Alternative Directions and Methods*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Beverton R. y Holt S. (1959).** A review of the lifespans and mortality of fish in nature and the relation to growth and other physiological characteristics. *Ciba Foundation Colloquium on Ageing*, 5: 142–177.
- Bowker, D. (1995).** *Modelling the patterns of dispersion of length at age*.
- Caddy, J. y Mahon R. (1996).** *Puntos de referencia para la ordenación pesquera*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 347. Roma, FAO. 109pp.
- Campana S. (2001).** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59, 197-242. DOI: 10.1006/jfbi.2001.1668.
- Charnov E. (1993).** *Life History Invariants: Some Explorations of Symmetry in Evolutionary Ecology*. Oxford University Press, New York. 184 pp.
- Chirichigno N. y Cornejo R. (2001).** *Catálogo comentado de los peces marinos del Perú*. Pub. Esp. Inst. Mar Perú. 314pp.

- Chirichigno N. y Vélez J. (1998).** Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inst. Mar Perú, Publicación Especial, Callao, 503 pp.
- Clark W. (2002).** F35% Revisited Ten Years Later. *North American Journal of Fisheries Management* 22:251–257, 2002.
- Clark W. (1993).** The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. Pages 233–246 in G. Kruse, R. J. Marasco, C. Pautzke, and T. J. Quinn II, editors. *Proceedings of the international symposium on management strategies for exploited fish populations*. University of Alaska, Alaska Sea Grant College Program Report 93-02, Fairbanks.
- Clark W. (1991).** Groundfish exploitation rates based on life history parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:734–750.
- Costello C.; Ovando D.; Hilborn R.; Gaines S.; Deschenes O. y Lester S. (2012).** Status and solutions for the world's unassessed fisheries. *Science* 338, 517–520
- Cotter A.; Burt L.; Paxton C.; Fernandez C.; Buckland S. y Pan J. (2004).** Are stock assessment methods too complicated? *Fish Fish.* 5, 235–254.
- Dowling N.; Dichmont C.; Haddon M.; Smith D.; Smith A. y Sainsbury K. (2014).** Guidelines for developing formal harvest strategies for data-poor species and fisheries. *Fish. Res.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.013>
- Dowling N.; Wilson J.; Rudd M.; et. al. (2013).** FishPath: A decision support system for assessing and managing data and capacity limited fisheries. CSIRO Oceans and Atmosphere, GPO Box 1538, Hobart, Tasmania 7001, Australia.
- Erzini K. (1994).** An empirical study of variability in length-at-age of marine fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 10: 17–41.

- Espino M.; Yamashiro C.; Fernández F. y Cárdenas G. (1995).** Aspectos metodológicos con el análisis de las pesquerías y sus recursos (Guía para el seguimiento de las pesquerías). Inf. Inst. Mar Perú-Callao. 111: 3-34.
- Francis R. (2015).** Growth in age-structured stock assessment models. Fish. Res. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.fishres.2015.02.018.
- Froese R. (2006).** Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22:241-253.
- Froese R. y Binohlan C. (2003).** Simple methods to obtain preliminary growth estimates for fishes. Journal of Applied Ichthyology, 19(6), 376–379. <http://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2003.00490.x>
- Fujita R.; Karr K.; Battista W. y Douglas R. (2013).** Un Marco para el Desarrollo de la Dirección Gerencia Científica para la Pesca de Datos Limitados. Noviembre 4-8, 2013 Corpus Christi, Texas USA.
- Gaertner D. y Laloe F. (1986).** Etude biometrique de la taille a'premier maturité sexuelle de *Geryon maritae*, Maning et Holthuis, 1981 de Senegal. Oceanol. Acta, 9(4) :479-487.
- Galarza E. y Kámiche J. (2015).** Pesca Artesanal: Oportunidades Para El Desarrollo Regional. 1ra Edición. Lima: Universidad del Pacífico.
- Gerritsen H. y McGrath D. (2006).** Precision estimates and suggested sample sizes for length frequency data. Fishery Bulletin, 106: 116–120.
- González A. (2012).** Parámetros biológico-pesqueros y talla mínima de captura de *Cheilodactylus variegatus* VALENCIENNES. IMARPE, Vol.39 (1 y 2), Callao – Perú, ISSN 0378-7702.

- Goodyear C. (1993).** "Spawning Stock Biomass per Recruit in Fisheries Management: Foundation and Current Use." Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 67–82.
- Goodyear C. (1989).** Spawning stock biomass per recruit: the biological basis for a fisheries management tool. ICCAT Working Document SCRS/89/82. 10pp.
- Griffiths D. y Harrod C. (2007).** Natural mortality, growth parameters, and environmental temperature in fishes revisited. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64:249-255, DOI: 10.1139/F07-002.
- Haddon M. (2011).** Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Choice, Size-Based Models. Second Edition Chapman and Hall Book. New York (2001). 391 p.
- Hilborn R. (2003).** The state of the art in stock assessment: where we are and where we are going. *Sci. Mar.* 67, 15–20.
- Hilborn R. y Walters C. (1992).** Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall Press, New York, 1992. 570 p. ISBN.0-412-02271-0.
- Hildebrand S. (1946).** Descriptive catalog of the shores fishes of the Perú. *Smith. Inst. U. S. Nat. Mus. Washington* 189:326-331
- Hordyk A.; Ono K.; Prince J. y Walters C. (2016).** A simple length-structured model based on life history ratios and incorporating size-dependent selectivity: application to spawning potential ratios for data-poor stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 13: 1–13. DOI: 10.1139/cjfas-2015-0422.
- Hordyk A.; Loneragan N. y Prince J. (2015).** An evaluation of and iterative harvest strategy for data-poor fisheries using the length-based spawning potential ratio

assessment methodology. Fisheries Research. Elsevier DOI:
10.1016/j.fishres.2014.12.018

Hordyk A.; Ono K.; Sainsbury K.; Loneragan N. y Prince J. (2014a). Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. ICES J. Mar.Sci, DOI:10.1093/icesjms/fst235

Hordyk A.; Ono K.; Valencia S.; Loneragan N. y Prince J. (2014b). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data poor fisheries. ICES J. Mar.Sci, DOI:10.1093/icesjms/fsu004

Kelly C.; Codling E.; Kelly J. y Codling A. (2006). Cheap and dirty fisheries science and management in the North Atlantic. Fish. Res. 79, 233–238.

Klaer N.; Wayte S. y Fay G. (2012). An evaluation of the performance of a harvest strategy that uses an average-length-based assessment method. Fish. Res. 134–136, 42–51.

Koepcke H. y Koepcke M. (1952). División ecológica de la costa peruana. Ministerio de Agricultura, División de Pesquería y Caza, Lima, serie de divulgación científica. (3): 3-23

MacCall A. (2009). Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations. ICES J. Mar. Sci. 66, 2267–2271.

Mace P. y Sissenwine M. (1993). How much spawning per recruit is enough? p. 101-118. In S. J. Smith.

- Mace P. (1994).** Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 110-122.
- Maceina M. y Pereira D. (2007).** Recruitment p. 121-185. In *Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data* - Guy C. y M.L. Fishery Society, Bethesda, Maryland.
- Mathews C. y Samuel M. (1990).** The Relationship Between Maximum and Asymptotic Length in Fishes.
- McGarvey R.; Feenstra J. y Ye Q. (2007).** Modeling fish numbers dynamically by age and length: partitioning cohorts into “slices.” *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64: 1157–1173. doi: 10.1139/f07-080.
- Medina M.; Araya M. y Vega C. (2004).** Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 32(1): 33-47.
- Mendieta A. (1975).** Algunos aspectos del regimen alimenticio de la “pintadilla” *Cheilodactylus variegatus* VALENCIENNES 1833 del area del Callao. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Moreno M. y Flores H. (2002).** Contenido estomacal de *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes 1833, *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 y *Prolatilus jugularis* Valenciennes 1833 en Bahía de La Herradura, Coquimbo, durante primavera del 2001. *Gayana*, 66(2): 213-217.
- Mostacero J.; Goicochea C. y Moquillaza P. (2012).** Edad y Crecimiento de *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes en el Callao, 2005. *IMARPE*, Vol.39 (1 y 2), Callao – Perú, ISSN 0378-7702.

- Nakandakari A. (2015).** Conocimiento, Actitudes Y Prácticas de Los Extractores de Mariscos de Ancón. Reporte final para The Nature Conservancy.
- Nelson J.; Grande T. y Wilson M. (2016).** Fishes of the World, 5th Edition. Hoboken, New Jersey, USA : John Wiley & Sons.
- Nielsen J. (1963).** On the development of *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes, 1833 (Cheilodactylidae). Copeia, 1963(3): 528-533.
- Palma A. y Ojeda F. (2002).** Abundance, distribution, and feeding patterns of a temperate reef fish in subtidal environments of the Chilean coast: the importance of understory algal turf. Rev. Chil. Hist. Nat., 75: 189-200.
- Pauly D. (1983).** Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap., (234):52 p.
- Pauly D. (1980).** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer: 175-192.
- Pilling G.; Kirkwood G. y Walker S. (2002).** An improved method for estimating individual growth variability in fish, and the correlation between von Bertalanffy growth parameters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 59: 424–432.
- Pilling M.; Apostolaki P.; Failler P.; Floros C.; Large P.; Morales-Nin B.; Reglero P.; Stergiou KI y Tsikliras A. (2008).** Assessment and management of data-poor fisheries. In: A Payne, J Cotter, T Potter (eds) Advances in Fisheries science: 50 years on from Beverton and Holt, pp. 280-305. Blackwell Publishing, CEFAS
- Pomeroy R. y Andrew N. (2011).** Small-Scale Fisheries Compliance: Integrating Social Justice, Legitimacy and Deterrence

- Prince J.; Steven V.; Valentino K. y Hordyk A. (2015).** Length based SPR assessment of eleven Indo-Pacific coral reef fish population in Palau. *Fish. Res.* 171, 42-58. DOI: 10.1016/j.fishres.2015.06.008
- Prince J.; Hordyk A.; Valencia S.; Loneragan N. y Sainsbury K. (2014).** Revisiting the concept of Beverton-Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *fisheries.ICES J. Mar.Sci.*, doi:10.1093/icesjms/fsu011
- PRODUCE (2015).** Anuario estadístico pesquero y acuícola - 2015. Lima-Perú
- Punt A.; Huang T. y Maunder M. (2013).** Review of integrated size-structured models for stock assessment of hard-to-age crustacean and mollusc species. *ICES J. Mar. Sci.* 70: 16–33. doi: 10.1093/icesjms/fst048.
- Punt A.; Smith A. y Cui G. (2002).** Evaluation of management tools for Australia's South East Fishery 1. Modelling the South East Fishery taking account of technical interactions. *Mar. Freshw. Res.* 53: 615–629. doi: 10.1071/MF01007.
- Quinn T. y Derisso R. (1999).** Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, New York.
- Restrepo V. y Powers J. (1999).** Precautionary control rules in US fisheries management: specification and performance. *ICES Journal of marine Science.* 56: 846-852.
- Reynaga A. (2002).** Aspectos Biológico-Pesqueros de las principales especies de la ictiofauna asociadas al litoral de la bahía independencia. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero, UNALM. Lima-Perú 2002.
- Samamé M.; Quiroz R. y Tadanobu M. (1995).** Weight-length relationships and reproduction of the Peruvian pintadilla, *Cheilodactylus variegatus* V.

(Cheilodactylidae) from the Callao fishing zone, Perú. *Fisheries Research* 22 (1995) 279-291.

Samamé M. y Quiroz R. (1992). Edad y Crecimiento de la población de la pintadilla, *Cheilodactylus variegatus*, de la costa central del Perú (Huarney-Pisco). En *Resúmenes del Seminario-Taller sobre peces costeros de importancia económica*. 25 pp.

Slipke J.; Martin A.; Pitlo J. y Maceina M. (2002). Use of the Spawning Potential Ratio for the Upper Mississippi River Channel Catfish Fishery. *North American Journal Fisheries Management* 22:1295-1300

Sokal R. y Rohlf F. (1996). *Biometry*. Third Edition. W. H. Freeman and Co. New York. 887 pp.

Somerton D. (1980). A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Ca. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 37:1488-1494

South Atlantic Fishery Management Council (2000). Final Amendment 12 To The Fishery Management Plan For The Snapper Grouper Fishery Of The South Atlantic Region Including A Final Supplemental Environmental Impact Statement, Initial Regulatory Flexibility Analysis Regulatory Impact Review, And Social Impact Assessment Fishery Impact Statement.

Taylor I. y Methot R. (2013). Hiding or dead? A computationally efficient model of selective fisheries mortality. *Fish. Res.* 142: 75–85. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.fishres.2012.08.021.

Then A.; Hoenig J.; Norman G. y Hewitt D. (2014). Evaluating the Predictive Performance of Empirical Estimators of Natural Mortality Rate Using Information on

over 200 Fish Species. ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil, August 20, 2014, fsu136. doi:10.1093/icesjms/fsu136.

Vargas L. y Pequeño G. (2001). Hallazgo del bilagai (*Cheilodactylus variegatus* Valenciennes, 1833), en la Bahía Metri, Chile (Osteichthyes: Cheilodactylidae). Invest. Mar., Valparaíso, 29(2): 35-37.

Vargas M.; Fuentes P.; Hernáez P.; Olivares A. y Rojas P. (1999). Relaciones tróficas de cinco peces costeros comunes en el área submareal del norte de Chile (20°11', 20°20'S). Rev. Biol. Trop., 47(3): 601-604.

Walters C. y Martell S. (2004). Fisheries Ecology and Management. Princeton University Press, Princeton, USA.

Wayte S. y Klaer N. (2010). An effective harvest strategy using improved catch- curves. Fish. Res. 106, 310–320.

Zavala J. (2014). Desarrollo de un proceso sistemático de evaluación y selección de un sitio piloto para la implementación de derechos de uso territorial en pesquerías artesanales de la costa peruana. Informe interno de The Nature Conservancy (TNC)

Zhou S.; Yin S.; Thorson J.; Smith A. y Fuller M. (2012). Linking fishing mortality reference points to life history traits: an empirical study. Can. J. Fish, Aquat. Sci. 69: 1293-1301

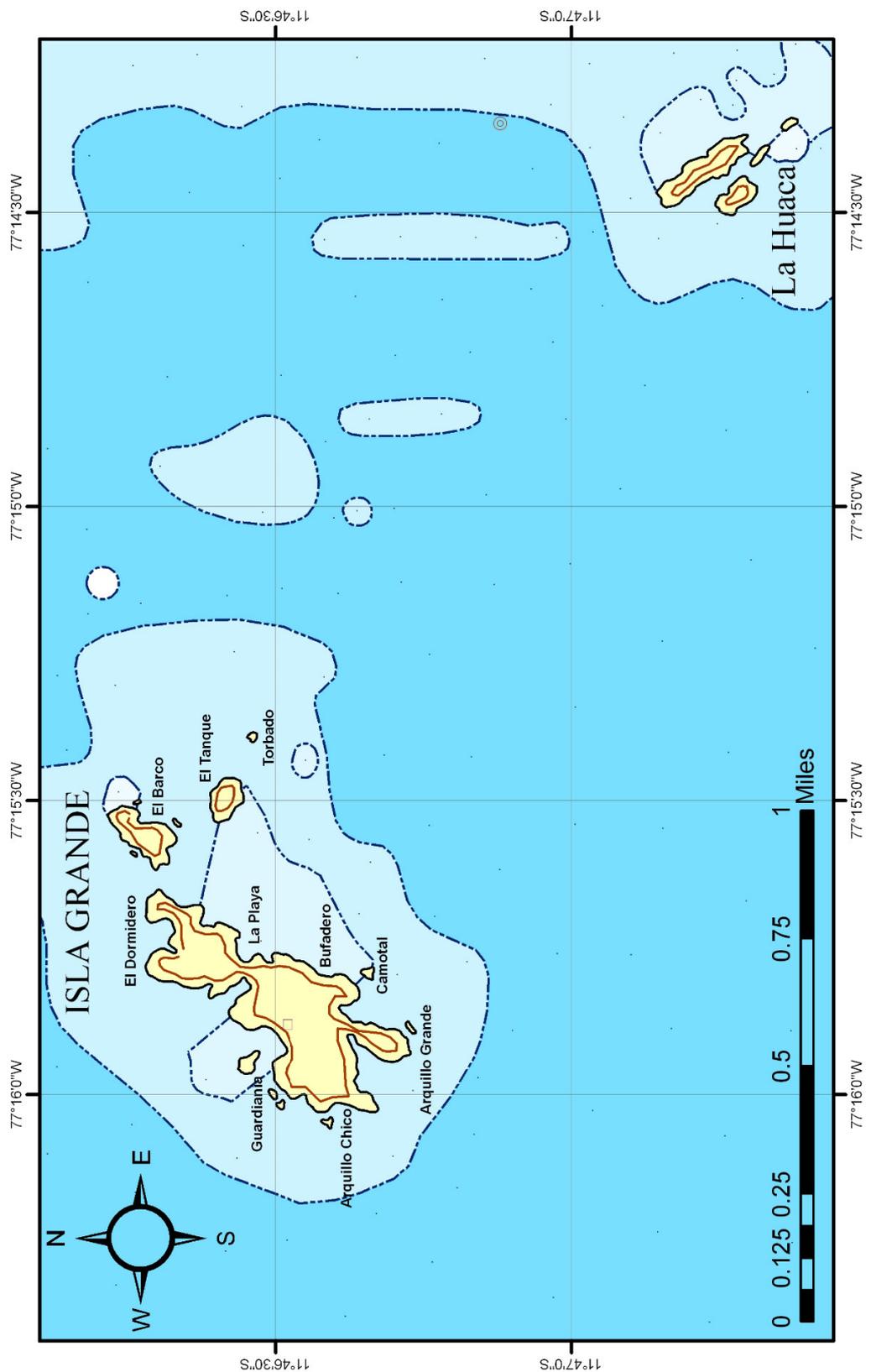
ANEXO I

PRINCIPALES ÁREAS DE PESCA ARTESANAL PARA LA ZONA DE RIVERA E ISLOTES PESCADORES, ISLAS PERTENECIENTES A LA RESERVA NACIONAL SISTEMA DE ISLAS, ISLOTES Y PUNTAS GUANERAS (RNSIIPG) - ANCÓN



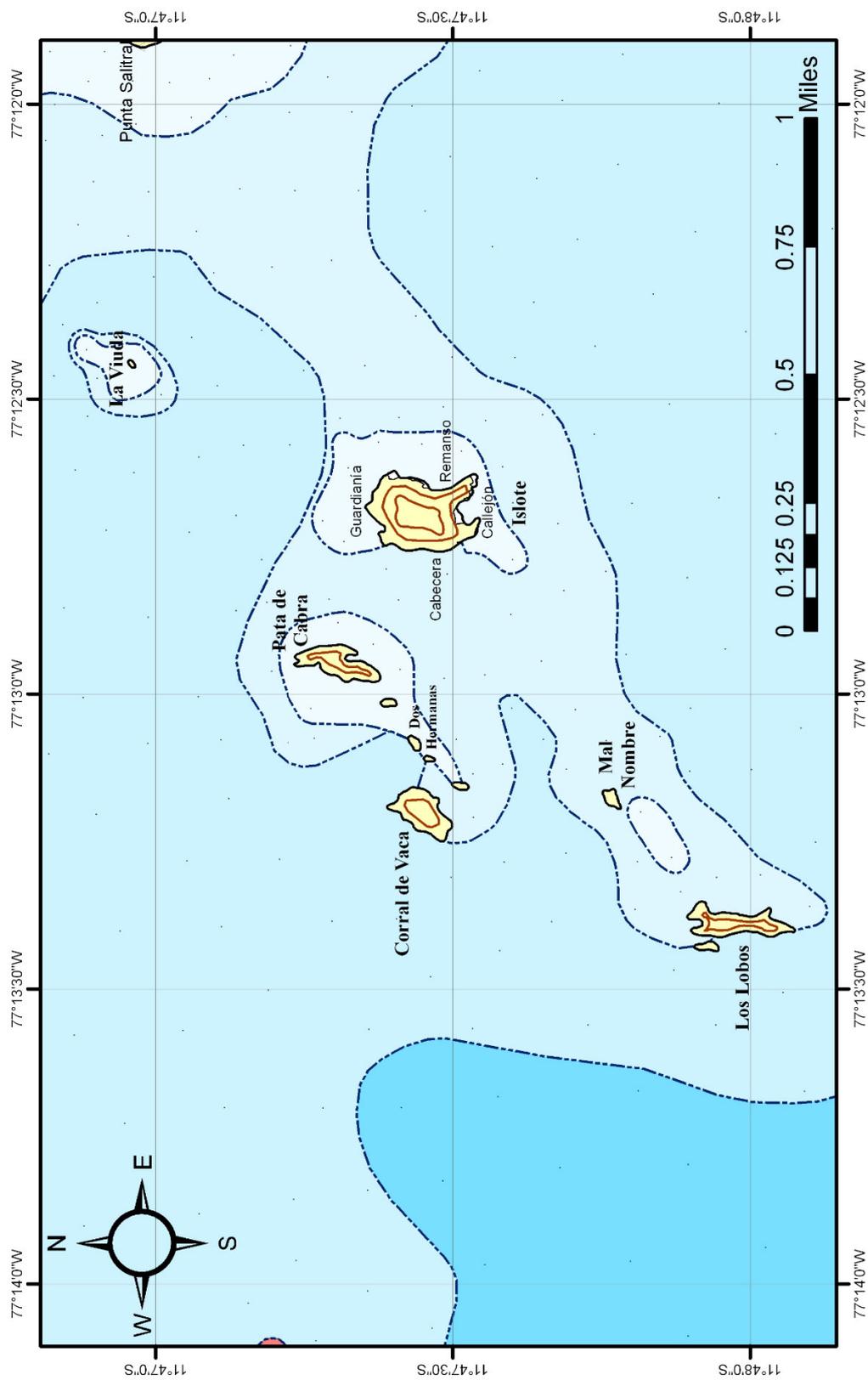
Principales áreas de pesca para la zona Rivera, Ancón-Lima, Perú.

Fuente: Elaboración Propia



Principales áreas de pesca para Isla Grande y La Huaca, islas perteneciente al conjunto de Los Islotes Pescadores que corresponden a la RNSIIPG, Ancón-Lima, Perú.

Fuente: The Nature Conservancy



Principales áreas de pesca para las islas Los Lobos, Mal Nombre, Corral de Vaca, Dos Hermanas, Pata de Cabra, La Viuda e Islote, islas perteneciente al conjunto de Los Islotes Pescadores que corresponden a la RNSIIPG, Ancón-Lima, Perú.

ANEXO II

ESCALA MACROSCÓPICA DE MADUREZ GONADAL ADAPTADA PARA LA PINTADILLA POR SAMAMÉ ET AL. (1995)

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS	
	Hembras	Machos
I Inmaduro	Ovarios color rosa pálido más cortos y ensanchados que los testículos.	Testículos filiformes transparentes, en peso no alcanza un gramo
II Juvenil	Ovarios se ensanchan, crecen en longitud unos pocos milímetros.	Testículos se ensanchan ligeramente y acortan en longitud, tornándose algo opacos.
III Madurante inicial	Ovarios aumentan en longitud, con granulaciones no definidas, color rosa naranja pálido.	Testículos aumentan en longitud, color blanquecino; más grandes que en el estadio II o turgentes que en VIII.
IV Madurante medio	Ovarios consistentes, incremento rápido en peso y longitud; color anaranjado, presentan ovocitos formados, pequeños y opacos, unidos firmemente por el tejido ovárico.	Testículos consistentes, incremento en peso y longitud, son cremosos, semen viscoso y en poca cantidad.
V Madurante avanzado	Ovarios turgentes, coloración anaranjado oscuro; presencia de ovocitos hidratados a simple vista. Óvulos se eliminados al presionar el vientre.	Testículos turgentes, color blanco lechoso; el semen fluye al presionar el vientre.
VI Desovante	Ovarios ligeramente flácidos, alcanzan su máximo crecimiento, color anaranjado y sanguíneo en su extremo posterior; ovocitos hidratados son liberados fácilmente.	Testículos ligeramente flácidos, color blanco lechoso y sanguinolento en el extremo posterior; el semen fluye con la leve presión del vientre.
VII Desovado	Ovarios flácidos, alargados semejantes a sacos vacíos, color anaranjado y rojo oscuro, se observan algunos ovocitos hidratados.	Testículos flácidos, alargados, color cremoso, presentan gran sanguinolencia por la ruptura de vasos y tejidos al evacuar los fluidos sexuales.

VIII Recuperación	Ovarios alargados, ligeramente consistentes, color amarillento.	Testículos alargados, ligeramente consistentes, color blanco cremoso.
------------------------------	---	---

BIOLÓGICO

Estadíos de madurez gonadal de la PINTADILLA *Cheilodactylus Variegatus*
Macho y hembras

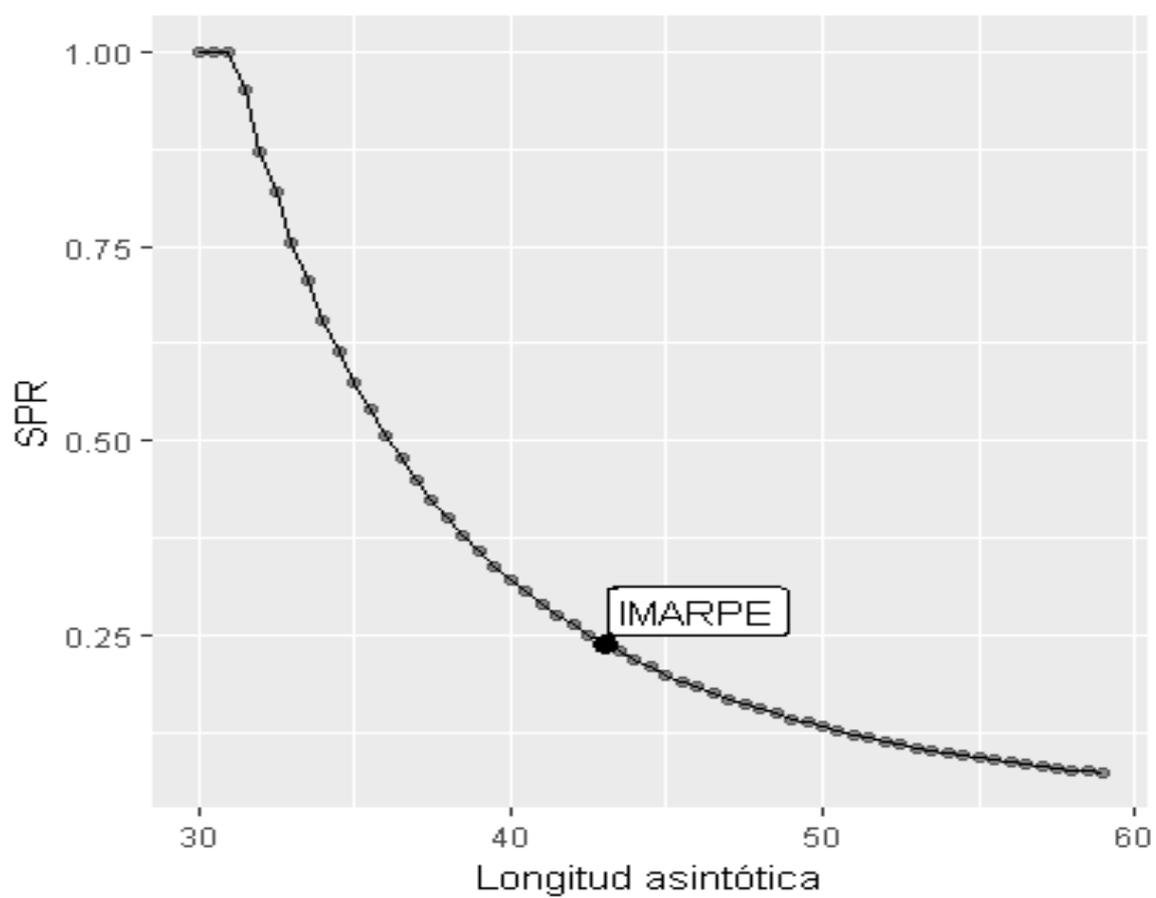
ESTADIO DE MADUREZ	MACHO	HEMBRA
ESTADIO I		
ESTADIO II		
ESTADIO III		

ESTADIO IV		
ESTADIO V		
ESTADIO VI		
ESTADIO VII		

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO III

Sensibilidad del LB-SPR a L_{∞}



ANEXO IV

TABLA DE VALORES OBTENIDOS PARA CALCULAR EL SPR

EDAD/MES	TALLA	FECUNDIDAD	MADUREZ	N con pesca	N sin pesca	Selectividad
0	0.00	0.000000	0.108789	1.000000	1.000000	0.001885
1.01	0.90	0.000008	0.108789	0.960560	0.960699	0.001885
2.01	1.79	0.000061	0.108789	0.922676	0.922942	0.001885
3.02	2.65	0.000204	0.108789	0.886286	0.886670	0.001885
4.03	3.50	0.000478	0.108789	0.851331	0.851823	0.001885
5.03	4.33	0.000916	0.108789	0.817755	0.818345	0.001885
6.04	5.14	0.001551	0.108789	0.785503	0.786183	0.001885
7.05	5.93	0.002408	0.108789	0.754523	0.755285	0.001885
8.05	6.71	0.003511	0.108789	0.724764	0.725602	0.001885
9.06	7.47	0.004879	0.108789	0.696180	0.697085	0.001885
10.06	8.21	0.006527	0.108789	0.668723	0.669689	0.001885
11.07	8.94	0.008467	0.108789	0.642348	0.643369	0.001885
12.08	9.65	0.010710	0.108789	0.617014	0.618084	0.001885
13.08	10.35	0.013262	0.108789	0.592679	0.593793	0.001885
14.09	11.03	0.016129	0.000000	0.569381	0.570456	0.000000
15.1	11.70	0.019313	0.108529	0.546925	0.548036	0.001880
16.1	12.35	0.022814	0.107040	0.525356	0.526498	0.001855
17.11	12.99	0.026632	0.110107	0.504630	0.505806	0.002055
18.12	13.62	0.030764	0.117374	0.484696	0.485927	0.002797
19.12	14.23	0.035206	0.130648	0.465482	0.466830	0.004778
20.13	14.83	0.039953	0.145267	0.446942	0.448483	0.007420
21.14	15.42	0.045000	0.173279	0.428891	0.430857	0.015398
22.14	15.99	0.050338	0.207185	0.411109	0.413924	0.030590
23.15	16.56	0.055961	0.236697	0.393590	0.397656	0.046897
24.15	17.11	0.061860	0.281557	0.375780	0.382028	0.084238
25.16	17.65	0.068024	0.321150	0.357455	0.367014	0.134085
26.17	18.17	0.074446	0.361151	0.338813	0.352590	0.182097
27.17	18.69	0.081115	0.414344	0.319393	0.338732	0.255606
28.18	19.19	0.088021	0.459806	0.299353	0.325420	0.333123
29.19	19.69	0.095153	0.500083	0.279142	0.312631	0.401319
30.19	20.17	0.102500	0.541700	0.258727	0.300344	0.482111
31.2	20.65	0.110052	0.578136	0.238666	0.288540	0.545337
32.21	21.11	0.117798	0.625924	0.218940	0.277200	0.619303
33.21	21.56	0.125726	0.644822	0.200100	0.266306	0.668204

34.22	22.01	0.133826	0.689528	0.182037	0.255840	0.729484
35.23	22.44	0.142088	0.713373	0.165146	0.245785	0.765699
36.23	22.87	0.150499	0.739779	0.149325	0.236125	0.809364
37.24	23.28	0.159051	0.760099	0.134764	0.226845	0.833698
38.25	23.69	0.167731	0.794216	0.121286	0.217930	0.870088
39.25	24.09	0.176531	0.794623	0.109101	0.209365	0.875832
40.26	24.48	0.185439	0.825886	0.097922	0.201137	0.904828
41.26	24.86	0.194446	0.838211	0.087824	0.193232	0.913868
42.27	25.24	0.203542	0.846541	0.078730	0.185638	0.919360
43.28	25.60	0.212718	0.858400	0.070534	0.178342	0.926899
44.28	25.96	0.221965	0.881308	0.063101	0.171333	0.945449
45.29	26.31	0.231274	0.869052	0.056531	0.164599	0.925809
46.3	26.65	0.240635	0.877084	0.050627	0.158130	0.930041
47.3	26.99	0.250042	0.899349	0.045274	0.151916	0.948634
48.31	27.32	0.259485	0.904507	0.040481	0.145945	0.950176
49.32	27.64	0.268957	0.901633	0.036221	0.140209	0.940153
50.32	27.95	0.278450	0.908435	0.032399	0.134699	0.944321
51.33	28.26	0.287957	0.912238	0.028976	0.129405	0.945586
52.34	28.56	0.297472	0.929508	0.025884	0.124319	0.960466
53.34	28.86	0.306987	0.910958	0.023164	0.119434	0.936399
54.35	29.15	0.316496	0.914479	0.020726	0.114740	0.938263
55.35	29.43	0.325992	0.931839	0.018522	0.110230	0.954056
56.36	29.71	0.335471	0.934294	0.016551	0.105898	0.955008
57.37	29.98	0.344926	0.934870	0.014791	0.101736	0.954164
58.37	30.24	0.354352	0.929744	0.013226	0.097738	0.945524
59.38	30.50	0.363744	0.932759	0.011824	0.093897	0.947582
60.39	30.75	0.373098	0.934093	0.010570	0.090206	0.948003
61.39	31.00	0.382407	0.948350	0.009440	0.086661	0.961403
62.4	31.25	0.391669	0.949475	0.008430	0.083255	0.961713
63.41	31.48	0.400879	0.929940	0.007540	0.079983	0.939916
64.41	31.72	0.410034	0.943938	0.006738	0.076840	0.953371
65.42	31.95	0.419129	0.946051	0.006020	0.073820	0.954963
66.43	32.17	0.428161	0.947095	0.005378	0.070919	0.955511
67.43	32.39	0.437126	0.947120	0.004804	0.068132	0.955068
68.44	32.60	0.446023	0.938999	0.004295	0.065454	0.945457
69.45	32.81	0.454848	0.941321	0.003839	0.062882	0.947466
70.45	33.01	0.463598	0.942711	0.003432	0.060410	0.948557
71.46	33.21	0.472271	0.943220	0.003067	0.058036	0.948780
72.46	33.41	0.480865	0.955627	0.002739	0.055755	0.960917
73.47	33.60	0.489377	0.956387	0.002445	0.053564	0.961419
74.48	33.79	0.497806	0.936165	0.002187	0.051459	0.940256

75.48	33.97	0.506150	0.937418	0.001956	0.049436	0.941336
76.49	34.15	0.514406	0.937945	0.001749	0.047493	0.941697
77.5	34.33	0.522575	0.951064	0.001562	0.045627	0.954658
78.5	34.50	0.530654	0.951923	0.001395	0.043834	0.955366
79.51	34.67	0.538642	0.952261	0.001246	0.042111	0.955559
80.52	34.84	0.546538	0.952104	0.001113	0.040456	0.955265
81.52	35.00	0.554341	0.951479	0.000995	0.038866	0.954508
82.53	35.16	0.562051	0.944710	0.000889	0.037339	0.947195
83.54	35.31	0.569666	0.945932	0.000794	0.035871	0.948327
84.54	35.46	0.577186	0.946714	0.000710	0.034461	0.949023
85.55	35.61	0.584611	0.947079	0.000634	0.033107	0.949306
86.55	35.76	0.591940	0.947052	0.000567	0.031806	0.949200
87.56	35.90	0.599172	0.958587	0.000506	0.030556	0.960660
88.57	36.04	0.606308	0.959006	0.000452	0.029355	0.961007
89.57	36.17	0.613347	0.959141	0.000403	0.028201	0.961072
90.58	36.31	0.620290	0.940174	0.000361	0.027093	0.941759
91.59	36.44	0.627136	0.940847	0.000322	0.026028	0.942385
92.59	36.56	0.633885	0.941205	0.000288	0.025005	0.942697
93.6	36.69	0.640539	0.952658	0.000258	0.024022	0.954108
94.61	36.81	0.647095	0.953399	0.000230	0.023078	0.954806
95.61	36.93	0.653556	0.953905	0.000205	0.022171	0.955272
96.62	37.05	0.659922	0.954191	0.000183	0.021300	0.955518
97.63	37.16	0.666192	0.954269	0.000164	0.020463	0.955559
98.63	37.27	0.672368	0.954150	0.000146	0.019659	0.955403
99.64	37.38	0.678449	0.953845	0.000131	0.018886	0.955064
100.65	37.49	0.684437	0.953365	0.000117	0.018144	0.954551
101.65	37.60	0.690332	0.946645	0.000104	0.017431	0.947625
102.66	37.70	0.696135	0.947420	0.000093	0.016746	0.948376
103.66	37.80	0.701845	0.948019	0.000083	0.016088	0.948954
104.67	37.90	0.707465	0.948454	0.000074	0.015455	0.949367
105.68	37.99	0.712994	0.948733	0.000067	0.014848	0.949625
106.68	38.09	0.718434	0.948866	0.000059	0.014264	0.949738
107.69	38.18	0.723785	0.948860	0.000053	0.013704	0.949713
108.7	38.27	0.729048	0.948724	0.000047	0.013165	0.949558
109.7	38.36	0.734224	0.959520	0.000042	0.012648	0.960336
110.71	38.45	0.739314	0.959771	0.000038	0.012151	0.960570
111.72	38.53	0.744319	0.959923	0.000034	0.011673	0.960705
112.72	38.61	0.749239	0.959982	0.000030	0.011214	0.960748
113.73	38.70	0.754076	0.959952	0.000027	0.010774	0.960703
114.74	38.78	0.758830	0.942131	0.000024	0.010350	0.942752
115.74	38.85	0.763502	0.942506	0.000021	0.009943	0.943116

116.75	38.93	0.768094	0.942780	0.000019	0.009553	0.943380
117.75	39.00	0.772606	0.942959	0.000017	0.009177	0.943549
118.76	39.08	0.777039	0.943049	0.000015	0.008817	0.943628
119.77	39.15	0.781394	0.943054	0.000014	0.008470	0.943624
120.77	39.22	0.785673	0.954019	0.000012	0.008137	0.954580
121.78	39.29	0.789876	0.954347	0.000011	0.007817	0.954899
122.79	39.35	0.794004	0.954608	0.000010	0.007510	0.955151
123.79	39.42	0.798058	0.954806	0.000009	0.007215	0.955341
124.8	39.48	0.802040	0.954945	0.000008	0.006931	0.955471
125.81	39.55	0.805949	0.955028	0.000007	0.006659	0.955546
126.81	39.61	0.809788	0.955057	0.000006	0.006397	0.955568
127.82	39.67	0.813558	0.955038	0.000006	0.006146	0.955541
128.83	39.73	0.817258	0.954971	0.000005	0.005904	0.955467
129.83	39.78	0.820891	0.954861	0.000004	0.005672	0.955349
130.84	39.84	0.824456	0.954709	0.000004	0.005449	0.955191
131.85	39.89	0.827957	0.954519	0.000004	0.005235	0.954994
132.85	39.95	0.831392	0.954292	0.000003	0.005029	0.954761
133.86	40.00	0.834763	0.947335	0.000003	0.004832	0.947725
134.86	40.05	0.838072	0.947738	0.000003	0.004642	0.948123
135.87	40.10	0.841319	0.948097	0.000002	0.004459	0.948478
136.88	40.15	0.844505	0.948415	0.000002	0.004284	0.948792
137.88	40.20	0.847631	0.948694	0.000002	0.004116	0.949067
138.89	40.25	0.850698	0.948937	0.000002	0.003954	0.949306
139.9	40.30	0.853707	0.949145	0.000001	0.003799	0.949509
140.9	40.34	0.856659	0.949319	0.000001	0.003649	0.949680
141.91	40.38	0.859554	0.949463	0.000001	0.003506	0.949820
142.92	40.43	0.862395	0.949578	0.000001	0.003368	0.949931
143.92	40.47	0.865181	0.949665	0.000001	0.003236	0.950015
144.93	40.51	0.867914	0.949726	0.000001	0.003109	0.950073
145.94	40.55	0.870594	0.949763	0.000001	0.002986	0.950106
146.94	40.59	0.873223	0.949777	0.000001	0.002869	0.950117
147.95	40.63	0.875801	0.949769	0.000001	0.002756	0.950106
148.95	40.67	0.878328	0.949741	0.000001	0.002648	0.950075
149.96	40.71	0.880807	0.949694	0.000000	0.002544	0.950025
150.97	40.74	0.883238	0.949630	0.000000	0.002444	0.949958
151.97	40.78	0.885622	0.949548	0.000000	0.002348	0.949874
152.98	40.82	0.887958	0.949451	0.000000	0.002256	0.949774
153.99	40.85	0.890250	0.959808	0.000000	0.002167	0.960128
154.99	40.88	0.892496	0.959896	0.000000	0.002082	0.960213
156.00	40.92	0.894698	0.959969	0.000000	0.002000	0.960283