

## en pesquería

### Evaluación de poblaciones de peces y rendimiento máximo sostenible

#### IDEAS FUERZA

- La sostenibilidad de un recurso pesquero es el objetivo de un adecuado manejo de una pesquería. Se dice que se encuentra en ese nivel cuando la población de la especie y las capturas que se obtienen se estabilizan en un punto que permite a la población una efectiva capacidad de renovación manteniéndola en un nivel de equilibrio armónico con el ecosistema.
- Para determinar el máximo rendimiento sostenible resulta de singular importancia estimar el tamaño de la población y su estructura, y proyectarlas en función a diferentes escenarios de pesca que no afecten su sostenibilidad.
- Para la medición de las biomásas existen los métodos directos e indirectos. Los directos consisten en la observación de manera directa del estado del recurso existente, por ejemplo, a través de la estimación acústica submarina. Mientras que los métodos indirectos son mediciones sustentadas en información histórica a la que se aplican modelos matemáticos y estadísticos con los que se estiman abundancia, biomasa y reclutamiento.
- La evaluación acústica es la principal herramienta utilizada por el IMARPE, método directo usado para estimar la biomasa de la anchoveta y de otras especies. Permite hacer una cuantificación a partir del rebote de sonido en los cardúmenes de peces.
- La eficacia del método acústico pasa por la agregación de los peces en cardúmenes (y no dispersión), así como por la adecuada evaluación del área de distribución de los peces. Cuando hay calentamiento, son comunes las concentraciones de anchoveta cerca de la costa, las cuales escapan de la medición acústica con la tecnología estándar. En atención a ello, documentos técnicos como Simmonds et al. (2009) se refieren a los resultados de los métodos acústicos como “biomasa observada”, y plantean un conjunto de recomendaciones –en especial para condiciones anómalas de temperatura y salinidad-, a fin de que la “biomasa observada” refleje mejor la “biomasa real”.
- Por su parte, el método indirecto denominado Análisis de Población Virtual (APV) es empleado universalmente en diferentes países y Comisiones Internacionales de Pesca y ha sido adaptado por IMARPE como el método del Balance Poblacional. Consiste en la proyección de la composición por tallas del stock y su biomasa correspondiente, desde el momento de la evaluación hasta concluida la temporada de pesca correspondiente, cuando se iniciaría el periodo reproductivo.
- Es importante ser conscientes de las limitaciones de los métodos a fin de no caer en error. Un ejemplo de ello fue el 2012 en que frente a una biomasa observada de 5,23 millones de TM en el crucero de invierno no solo se optó por una bajísima cuota de pesca, sino que se fustigó a la industria señalando que se había depredado el recurso. Pocos meses después, la medición del crucero del verano 2013 mostró una biomasa saludable de 12 millones de TM.
- IMARPE ha elaborado un protocolo de Estimación de la captura total permisible del stock norte centro de la anchoveta peruana que consiste en i) estimar la estructura por tallas del stock en la fecha actual; ii) proyectar las estructuras por tallas bajo diferentes escenarios; y iii) elaborar la tabla

de decisión con un horizonte temporal asociado a la duración de la temporada de pesca y hasta el proceso reproductivo inmediato posterior.

- Es importante destacar que de conformidad a lo establecido en el protocolo, el procedimiento no se queda en el paso 1 determinando el stock hoy, sino que define distintos escenarios para que al término de la temporada de pesca, **momento en que se produce el siguiente proceso reproductivo, se cuente con un nivel de biomasa media desovante de 5 (cinco) millones de toneladas que garanticen la adecuada renovación del stock.**

El adecuado manejo de una pesquería implica una gestión que permite un **rendimiento máximo sostenible** (RMS). Este se da cuando existe equilibrio en una población en la que el tamaño y sus capturas totales se mantienen estables. Este concepto de rendimiento máximo sostenible se basa en un modelo, conocido como modelo de dinámica de biomasa, que asume que el crecimiento anual neto en la abundancia y la biomasa de una población aumenta conforme la biomasa de la población aumenta, hasta llegar a una cierta biomasa en la cual este crecimiento neto, o exceso de producción, alcanza un máximo (el RMS). Cuando la biomasa aumenta por encima de la biomasa RMS, factores dependientes de la densidad (denso dependientes), tales como la competencia por el alimento y el canibalismo sobre individuos pequeños, bloquean el crecimiento de la población hasta que llega a cero, manteniendo el equilibrio entre la población y la capacidad de carga del ecosistema<sup>1</sup>. Eso afectará, asimismo, los reclutamientos, en la medida que por saturación, su incorporación será compensada por la mortalidad natural denso-dependiente, poniendo en peligro el futuro de la población. Así, queda claro que menos pesca no redundará en una población de mayor tamaño, sino todo lo contrario.

La evaluación de poblaciones de peces busca determinar la explotación óptima del recurso para garantizar a largo plazo la sostenibilidad del recurso.

Para la evaluación de poblaciones de peces existen dos tipos de métodos: directos e indirectos. En este documento explicaremos en qué consisten, así como sus bondades y limitaciones.

### 1. Dinámica poblacional

Conocer la dinámica de una población de peces implica conocer el tamaño (abundancia y biomasa) y la estructura (grupos de edades y estructura de tallas) de la población, así como la forma y la intensidad en que ésta cambia y se renueva (FAO, 2010).

Existe un modelo que resume el concepto general de la dinámica de poblaciones y es a través de la siguiente ecuación (Russell, 1931):

$$S_2 = S_1 - (C+M) + (G+R)$$

**S1 y S2:** biomasa total de la población existente al inicio y al final de un periodo de tiempo, que en este caso corresponde a una temporada de pesca.

**C:** peces muertos por la pesca

**M:** peces muertos por causas naturales

**G:** crecimiento en peso de los sobrevivientes a la mortalidad por pesca y natural

**R:** cantidad de reclutas (nuevos individuos adultos que forman parte de la población)

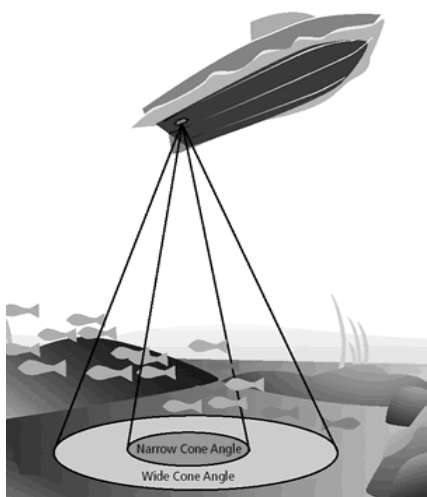
---

<sup>1</sup> FAO: Guía del Administrador Pesquero: <http://www.fao.org/docrep/008/y3427s/y3427s07.htm>

De acuerdo a este modelo, la población se mantiene en equilibrio en tanto el incremento natural de la población (G+R) se mantenga igual al decremento (C+M) producido por la pesca y por las muertes naturales.

## 2. Métodos directos

Por métodos directos de evaluación de la biomasa se entienden los que permiten la observación directa del estado del recurso existente. La estimación acústica de la



abundancia de peces es un método directo que permite hacer una cuantificación a partir del rebote de sonido en los cardúmenes de peces.

La estimación acústica es la principal herramienta utilizada por el IMARPE para

determinar la biomasa, la abundancia y distribución de los principales recursos, principalmente de la anchoveta. Sus resultados son de especial relevancia para establecer las pautas de desarrollo de las temporadas de pesca.

El fundamento de este método consiste en que si se conoce la cantidad de energía sónica que es emitida, se le puede comparar con la que se recibe como eco o retrodispersión, y atribuir la diferencia a la cantidad de dispersores presentes en el agua. Si se conoce la energía que un solo pez es capaz de reflejar, entonces la relación entre esas dos cantidades nos dará el número de peces presentes en el agua.

Los datos acústicos colectados durante los cruceros corresponden a intervalos similares de muestreo a lo largo de transectos que pueden ser paralelos o perpendiculares a la costa.

En función de lo señalado, la eficacia del método acústico pasa por la agregación de los peces en cardúmenes (y no dispersión), así como por la adecuada evaluación del área de distribución de los peces. Cuando hay calentamiento, son comunes las concentraciones de anchoveta cerca de la costa, las cuales escapan de la medición acústica con la tecnología estándar (Fish and Fisheries, 2004). En atención a ello, documentos técnicos como Simmonds et al. (2009) se refieren a los resultados de los métodos acústicos como “biomasa observada”, y plantean un conjunto de recomendaciones –en especial para condiciones anómalas de temperatura y salinidad–, a fin de que la “biomasa observada” refleje mejor la “biomasa real”. En estas condiciones, resultaría de particular relevancia un mayor

### Limitaciones de los Métodos Acústicos

La evaluación acústica puede subestimar la biomasa real por las siguientes razones:

- Zonas no prospectadas (muy cercanas al litoral o zonas alejadas).
- Transductor de la embarcación está –usualmente– a varios metros de la superficie.
- Primeros metros de transmisión (“campo cercano”) no son útiles.
- Zonas inmediatamente sobre el fondo no son observables (“campo muerto”).
- Exceso de alimento (zooplancton) favorece la dispersión de los cardúmenes, lo que dificulta detectarlos.
- Falta de zooplancton también provoca dispersión.
- Incremento de la temperatura –en general– repliega a los peces sobre la zona costera.
- Ondas Kelvin hacen que los peces se profundicen.
- Errores estadísticos en la estratificación de los datos, y en la identificación de los cardúmenes.
- Evitamiento o reacción de escape frente a los barcos, que es la principal fuente de error.

## Aportes al debate en pesquería

tamaño de muestra (menor espaciado entre transectos) y transectos paralelos a la costa que permitan medir adecuadamente el recurso costero.

Otro método directo de evaluación de poblaciones es el de producción de huevos (MPH), mediante el estimado de variables biológicas obtenidas a partir de colecciones de huevos y de adultos, según muestreo que se aplica al inicio del desove de las especies involucradas. Este método infiere la biomasa desovante de una población de peces a partir del promedio total del número de huevos desovados por día por unidad de población.

### 3. Métodos indirectos

Los métodos indirectos utilizan modelos matemáticos para la estimación de resultados del universo bajo estudio y emplean coeficientes determinados a través del análisis de información histórica.

Las primeras evaluaciones de anchoveta fueron a través de los métodos indirectos que se sustentan en el uso de modelos matemáticos y estadísticos para la estimación de abundancia, biomasa y reclutamiento. Existe el consenso entre los científicos de que la incorporación de nuevos modelos matemáticos ha permitido desarrollar técnicas más rápidas y precisas convirtiéndose en una de las herramientas más útiles para el manejo y evaluación de los recursos (Hilborn y Walters, 1992).

De los métodos indirectos destaca el Método de Análisis de Población Virtual (APV). En sus inicios este método fue redescubierto por Fry (1940) y luego modificado por Gulland (1965), posteriormente fue divulgado como una herramienta de análisis poblacional en los artículos de Pauly (1984) y Jones (1984), entre otros. Es empleado universalmente en diferentes países y Comisiones Internacionales de Pesca y ha sido adaptado por IMARPE como el método del Balance Poblacional.

Así, el Balance Poblacional es un método indirecto que consiste en la proyección de la composición por tallas del stock y su biomasa correspondiente, desde el momento de la evaluación hasta concluida la temporada de pesca correspondiente, cuando se iniciaría el periodo reproductivo. Este modelo se basa en someter a la población estimada en el crucero a las tasas de mortalidad natural y por pesca aceptable, a lo que se añade las tasas de incremento por el crecimiento individual que en suma representan el incremento en biomasa de la población. En resumen, lo resultante al final de la proyección es una estimación realista en la cual se consideran los factores incrementales y reductores de la población, de allí el nombre de Balance Poblacional.

### 4. Manejo sostenible en el Perú

El IMARPE ha venido utilizando complementariamente los diferentes métodos con éxito. Muestra de ello son reconocimientos internacionales como el primer lugar concedido en 2008 al Perú, entre 53 países, en el Ranking de países marítimos de Sostenibilidad de sus Pesquerías<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Dicho estudio fue elaborado por el Fisheries Centre de la Universidad de British Columbia. Aquí el link que recoge la investigación al detalle: <http://www.searoundus.org/doc/publications/books-and-reports/2008/Alder-and-Pauly-comparative-assessment-of-biodiversity-fisheries-and-aquaculture-53-countries-EEZ.pdf>

### Sustainability Ranking of World Fisheries (2008)



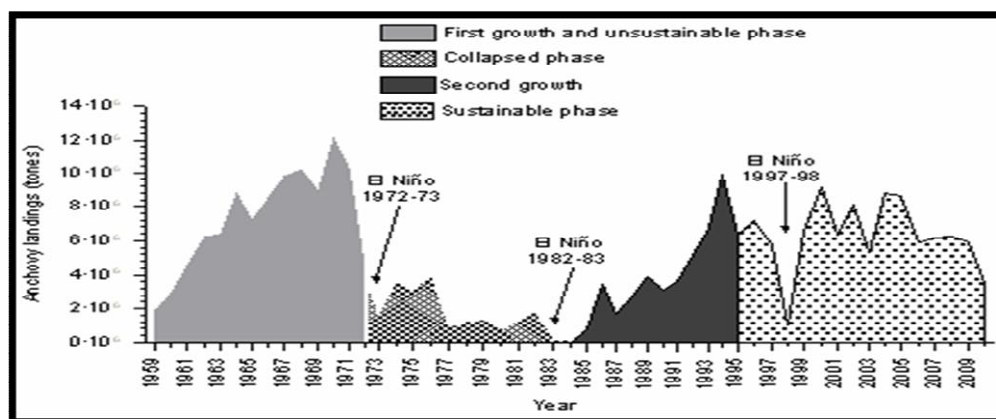
Country	Average score	Country	Average score
Peru	6.42	Sweden	3.82
Zimbabwe	5.15	Dominican	3.81
USA	5.10	Indonesia	3.80
Germany	4.90	India	3.78
Poland	4.82	Australia	3.78
Norway	4.71	Japan	3.77
Senegal	4.70	Italy	3.75
Chile	4.67	Canada	3.74
South Africa	4.64	USA (cont.)	3.70
Ghana	4.59	France	3.67
Netherlands	4.56	UK	3.60
New Zealand	4.54	Spain	3.58
Nigeria	4.45	China	3.57
UK	4.40	USA (cont.)	3.57
Malaysia	4.34	Mexico	3.56
South Korea	4.31	France	3.50
Latvia	4.30	Yemen	3.49
Philippines	4.28	North Korea	3.48
Angola	4.27	Portugal	3.46
Myanmar	4.25	Denmark	3.45
Canada	4.23	Brazil	3.44
Ireland	4.13	Iran	3.43
Italy	4.03	Ecuador	3.42
China	3.96	Bangladesh	3.41
Morocco	3.93	Argentina	3.40
Egypt	3.92	Faroes	3.39
Ukraine	3.90		



- Perú en primer lugar en ranking de 53 países en sostenibilidad de la pesquería.

<http://www.seaaroundus.org/researcher/dpauly/PDF/2008/Books&Chapters/RankingMaritimeCountriesByTheSustainabilityOfTheirFisheries.pdf>

Asimismo, un estudio del Centro Leibniz para Ecología Tropical Marina (Bremen, Alemania), que evaluó información hasta el año 2010, indicó que la pesquería de la anchoveta peruana ha sido calificada como una de las escasas pesquerías en el mundo considerada sostenible<sup>3</sup>.



Legenda: Resultados de Investigación de Centro Leibniz para Ecología Tropical Marina (2010).

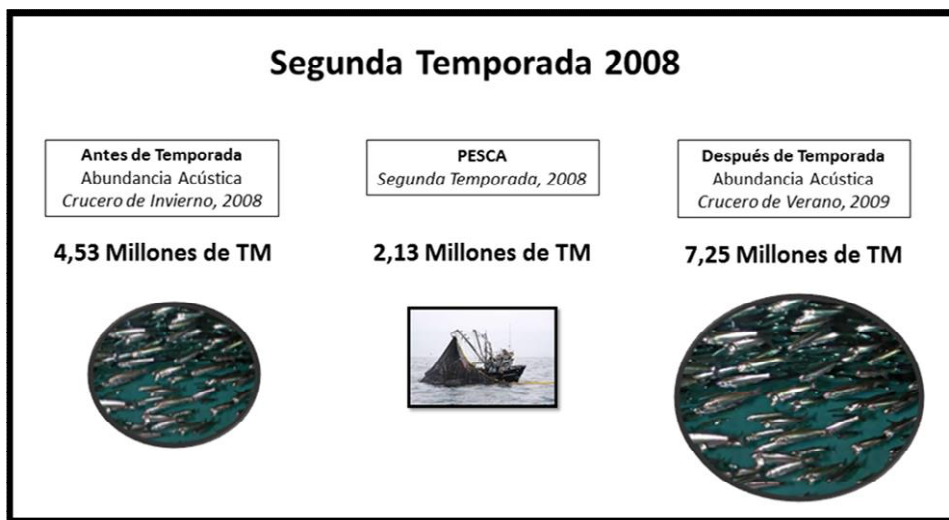
Al respecto, si bien el dato que más se maneja y conoce es la biomasa acústica, han sido diversas estimaciones las utilizadas para el buen manejo de la pesquería peruana de anchoveta.

Por ejemplo, en el 2008 se realizó un crucero en que la biomasa observada fue de 4,53 millones de TM. De manera complementaria se estimó la biomasa en función de un balance poblacional construido a partir del crucero de verano y del método de producción de huevos (MPH), que dieron una biomasa estimada de 6,3 millones (RM N°769-2008-PRODUCE). El uso de los distintos métodos permitió otorgar cuota y pesca, lo cual no hubiera sido posible solo en función de la biomasa observada por el crucero de invierno.

<sup>3</sup> Aquí puede ver el link de la investigación y el cuadro resumen de la data peruana: <http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss2/art12/>

### Aportes al debate en pesquería

Luego de la correspondiente cuota y pesca, el crucero de investigación realizado en verano de 2009 mostró una población de anchoveta saludable, bien desarrollada, confirmando la idoneidad del procedimiento empleado.



Es importante ser conscientes de las limitaciones de los métodos a fin de no caer en error. Un ejemplo de ello fue el 2012 en que frente a una biomasa observada de 5,23 millones de TM en el crucero de invierno no solo se optó por una bajísima cuota de pesca sino que se fustigó a la industria señalando que se había depredado el recurso. Pocos meses después, la medición del crucero del verano 2013 mostró una biomasa saludable de 12 millones de TM.



## 5. Protocolo de IMARPE de estimación de la captura total permisible del stock Norte-Centro de la Anchoqueta peruana.

A fin de dotar de mayor predictibilidad a la pesquería de anchoqueta, IMARPE ha definido un protocolo que consta de tres etapas<sup>4</sup>:

- a. Estimación de la biomasa y estructura por tallas del stock en la fecha actual.
- b. Proyección de las estructuras por tallas bajo diferentes escenarios, con “un horizonte temporal T asociado a la duración de la temporada de pesca y hasta el proceso reproductivo inmediato posterior” (sección 4.2 del Protocolo, párrafo introductorio).
- c. Elaboración de la tabla de decisión que contiene los resultados para cada escenario evaluado en términos de biomasa desovante remanente (BD), captura total (Q) y tasa de explotación (E).

Teniendo en cuenta el punto biológico de referencia (PBR) para anchoqueta se determina el escenario a aplicar.

Es importante destacar que de conformidad a lo establecido en el protocolo, el procedimiento no se queda en el paso 1 determinando el stock hoy, sino que define distintos escenarios para que al término de la temporada de pesca, **momento en que se produce el siguiente proceso reproductivo, se cuente con un nivel de biomasa media desovante de 5 (cinco) millones de toneladas que garanticen la adecuada renovación del stock.**

El protocolo fue aplicado en el informe del crucero verano 2015 “Evaluación del Stock Norte-Centro de la Anchoqueta Peruana: Estado actual y recomendaciones de manejo para la primera temporada de pesca 2015”<sup>5</sup>, en que se puede ver de manera didáctica su aplicación. Según se señala:

La estimación de la Máxima Captura Total Permisible (MCTP) se realizó de acuerdo al protocolo de “Estimación de la captura total permisible para stock norte centro de la anchoqueta peruana” (Oliveros-Ramos y Díaz 2015), que consiste en proyectar la estructura por tallas recientemente estimada para el stock, bajo diferentes tasas de mortalidad por pesca, escenarios ambientales y de duración de la temporada, hasta el proceso reproductivo del invierno 2015.

En efecto, como se mencionó antes, el protocolo implica proyectar la biomasa hasta terminada la temporada de pesca. En el caso en cuestión, a inicios de 2015 se realizaron las proyecciones a invierno de 2015.

Con las proyecciones se elabora la tabla de decisión, en que se determina el escenario a elegir que permita que al término de la temporada –en este caso invierno 2015– se cuente con la biomasa media desovante remanente deseada (5 millones de toneladas).

Queda claro entonces que se trata de tres pasos a seguir para la aplicación del punto de referencia, y no de la biomasa al día de hoy (actual).

Así, de conformidad a la tabla elaborada con los escenarios que figuran a continuación, se optó en la primera temporada 2015 por una cuota de 2,58 millones de TM, para lograr la biomasa desovante remanente adecuada al término de la temporada de pesca.

---

<sup>4</sup> Estimación de la captura total permisible del stock norte centro de la anchoqueta peruana, [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/estim\\_cap\\_anch\\_abr2015\\_.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/estim_cap_anch_abr2015_.pdf)

<sup>5</sup> [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_public\\_evalanch\\_temp1\\_2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_public_evalanch_temp1_2015.pdf)

## Aportes al debate en pesquería

F	E	Cuota	BDR	riesgo_5	riesgo_4.5	riesgo_4
0.34	0.249	1.86	6.09	3	0	0
0.35	0.255	1.90	6.02	4	0	0
0.36	0.261	1.95	5.95	5	0	0
0.37	0.267	2.00	5.93	7	0	0
0.38	0.273	2.05	5.90	8	0	0
0.39	0.279	2.08	5.80	9	0	0
0.40	0.285	2.13	5.74	11	0	0
0.41	0.291	2.18	5.81	12	0	0
0.42	0.297	2.22	5.70	14	1	0
0.43	0.303	2.27	5.67	16	1	0
0.44	0.308	2.31	5.57	18	1	0
0.45	0.314	2.35	5.53	20	1	0
0.46	0.319	2.40	5.52	23	2	0
0.47	0.325	2.44	5.50	25	3	0
0.48	0.330	2.49	5.47	26	3	0
0.49	0.336	2.52	5.34	30	4	0
0.50	0.341	2.56	5.37	33	5	0
0.51	0.347	2.61	5.36	35	7	0
0.52	0.352	2.66	5.35	37	7	0

En el caso de la segunda temporada 2015, en los informes de sustento formulados por Imarpe se aprecia claramente que en el escenario de pesca de 1,11 millones de TM, se espera 5 millones de TM de biomasa desovante remanente a febrero de 2016. Es decir, teniendo en cuenta la situación actual, más crecimiento de peces, más nuevos reclutas, menos pesca y menos mortandad natural –y todo proyectado considerando las condiciones de El Niño–, se tendrán los 5 millones de biomasa desovante para que se reproduzcan en febrero de 2016 y garanticen la sostenibilidad de la especie. Obviamente, esta proyección es ultra conservadora debido a las condiciones de El Niño; de lo contrario, el estimado probablemente sería de 10 millones.

*Esperamos que la presente edición de Aportes al Debate en Pesquería sea de utilidad para un mejor entendimiento sobre la Evaluación de Peces y el Rendimiento Máximo Sostenible y sirva, por tanto, para entender y apreciar el trabajo científico de estimar biomasa y proyectar cuotas de pesca, de tal forma que se mantenga a la población en una efectiva capacidad de renovación en equilibrio armónico con el ecosistema.*