

Compañía Administradora  
del Guano

**BOLETIN CIENTIFICO**

VOLUMEN I

NUMERO 2

SETIEMBRE 1954

Lima - Perú

---

Dirección Postal: Casilla No. 2147. — Lima, Perú

# Biología Pesquera - Teoría y Métodos

Por: JAMES E. MORROW

*Bingham Oceanographic Laboratory, Yale University*

(Traductor: Enrique Avila).

La oceanografía moderna abarca un campo de estudios tan amplio que nadie puede aspirar a convertirse en un experto en todos sus aspectos. Cada una de sus divisiones principales: la biológica, la química y la física (junto con sus numerosas sub-divisiones), pueden proporcionar materia de estudio a muchas personas durante toda una vida, y las inter-relaciones entre estas divisiones son tan complejas que en vano se trataría de buscar entre ellas fronteras precisas. Por lo mismo, resulta sorprendente que una ciencia tan joven sea al mismo tiempo, dentro de las empresas científicas en general, tan promisoras.

La oceanografía, tal como la conocemos en la actualidad, puede decirse que se inició con el periplo de la embarcación H. M. S. "Challenger", efectuado entre 1872 y 1876, esto es hace cosa de 77 años. Anteriormente a este viaje, la oceanografía era algo así como la hijastra de las ciencias. Aún por el año 1846, la biología marina y la oceanografía eran tan poco favorecidas que a la embarcación británica "Rattlesnake", no se le proporcionó el equipo de investigación necesario, pese a que el naturalista que en ella viajaba habría de efectuar trabajos ecológicos.

La ausencia de interés por la biología marina en aquel entonces puede atribuirse directamente a la creencia (tan difundida al comienzo del siglo XIX) de que no podía existir organismos vivientes a profundidades mayores que 550 metros.

Sin embargo, esta creencia en una zona azoica en las profundidades del mar fué considerablemente desacreditada con el resultado de los viajes del "Lightning" en 1868 y el "Porcupine" en 1869 y 1870. En efecto, el "Lightning" pudo traer a la superficie animales capturados a una profundidad de 1,190 metros, y el "Porcupine", que era una embarcación más grande y más

fuerte, dragó organismos vivientes desde profundidades tan grandes como 4,450 metros. Unos años más tarde, el viaje de H. M. S. "Challenger" propinó el golpe mortal a la teoría que sustentaba que las grandes profundidades del océano estaban totalmente desposeídas de vida. Naturalmente, estos resultados tuvieron la virtud de despertar el interés por la biología marina, tanto entre los hombres de ciencia como entre los profanos, en todo el mundo. Al percatarse el hombre de que no existían obstáculos insuperables en el estudio del mar, surgió en él el deseo de utilizar en forma práctica el conocimiento que pudiera ganar con dichos estudios. La meteorología, las pesquerías, la navegación, la radio-comunicación y una pléyade más de campos prácticos se vieron, en efecto, considerablemente beneficiados directa e indirectamente con el material aportado por los estudios oceanográficos.

A su vez, la biología pesquera marina recibió un enorme impulso con los progresos realizados en la oceanografía. En tiempos pasados se creyó universalmente que el sólo factor que debía tenerse en cuenta en la administración de una pesquería era el relativo a la limitación de las pescas a fin de asegurar la existencia permanente y la reproducción de un buen "stock" de peces.

Aún ahora, en pleno siglo XX, se oyen todavía opiniones similares, pero los biólogos pesqueros saben ya que hay muchos otros factores que deben ser considerados. Por ejemplo, saben que los cambios climáticos de larga duración alteran el carácter del mar y cambian la composición especiológica de la ictiofauna correspondiente (HUBBS, 1948). Esto queda especialmente ilustrado por lo ocurrido al bacalao del Atlántico Nor Oriental. En efecto, esta especie fué anteriormente abundante en la vecindad de las Islas Británicas, pero, en los 50 últimos años o algo así, el centro de la gravitación de esta población se ha trasladado muy hacia el norte, como que ahora los bancos de pesca de la especie se encuentran en la vecindad de la Bear Island, es decir, unas mil millas al norte, en el borde occidental del mar de Barents. Este desplazamiento fué causado por un pequeño calentamiento de las aguas del mar, pero tan sostenido que los peces tuvieron que trasladarse cada vez más hacia el norte, para encontrar las temperaturas frías que son propicias a su normal desarrollo.

También sabemos que factores tales como la salinidad total, concentración de sales nutritivas, temperatura, densidad, etc., pueden tener efectos profundos sobre las poblaciones ictiológicas. El estudio de tales factores, cabe decir, el análisis del efecto que tienen sobre las comunidades de peces y sus inter-relaciones con la explotación de que són susceptibles, pertenece a la jurisdicción del biólogo pesquero, ayudado, desde luego, por el oceanógrafo físico. Es a estos hombres de ciencia a quienes debe confiarse la formulación de pautas racionales para la explotación de las pesquerías del mundo.

Ahora debemos preguntarnos cómo habrá de proceder el biólogo pes-

quero en sus estudios. Con frecuencia, se espera que él restrinja sus actividades a un sólo aspecto del problema, por la insuficiente razón de que las otras fases no reclaman la atención de las entidades o individuos interesados. Tal manera de encarar el problema es dictada de ordinario por intereses políticos expeditivos, y no por la libre elección del biólogo mismo. Se podrían citar ejemplos de casos ocurridos en diversas partes del mundo, porque la presión de la civilización contemporánea a menudo forzó a los hombres de ciencia a adoptar vías expeditivas que de antemano sabían que eran insatisfactorias. Esta situación fue brillantemente resumida por el Doctor Lionel A. Walford (1948), jefe de la Rama de Biología Pesquera del U.S.A. Fish and Wildlife Service, en los siguientes términos:

“He aquí una sucesión de circunstancias que se han repetido en varias localidades y que tuvieron como objetivo resolver problemas especiales dentro de nuestras investigaciones de biología pesquera: a) se presenta una situación anómala (en este caso una disminución del “stock” de peces por debajo del nivel que se recuerda que la especie tuvo en otros tiempos); b) un grupo especial de personas interesadas solicita que la situación sea investigada; c) tras un procedimiento legislativo de costumbre, se encomienda el problema a algunos biólogos; d) para comprender las causas de la situación bajo estudio, los biólogos comisionados tratan primeramente de descubrir cuáles eran las condiciones que prevalecían en los tiempos normales, pero, debido a que los registros hechos son casi siempre fragmentarios o de hecho no existen, este esfuerzo resulta infructuoso. Pero, como quiera que ellos deben ofrecer, dentro de un limitado período de tiempo, recomendaciones tendientes a remediar la situación, se ven obligados a hacer deducciones y formular las recomendaciones a base de los pocos datos que les fué posible conseguir. Una investigación de esa naturaleza, es evidente que no permitirá descubrir mucho respecto a la situación normal porque son varias las limitaciones que gravitan sobre ella. Una de estas proviene del hecho de que la situación que se quiere remediar cubre un período de tiempo no mayor que el abarcado por la memoria que de ella tenga la generación en cuya época se hacen los estudios, y, a veces el período es mucho más restringido. Además, el problema también queda limitado ecológicamente, pues, sólo se involucran en él las especies de mayor valor económico.

El resultado neto de todo esto es que no se le da a la investigación la latitud necesaria, ni se hace un progreso rápido... ¿Qué es lo que se debiera hacer entonces para acelerar el progreso? Porque se puede estar seguro de que los acontecimientos biológicos dramáticos, las situaciones que requieren enmendarse, las anomalías, continuarán generando ayuda pública para que se lleven a cabo investigaciones especiales, investigaciones que habrá que realizarlas. ¿Qué es pues lo que se debiera hacer? Se deberá procurar obtener, por todos los medios posibles, un mayor amparo para los estudios biológicos en épocas en que todavía prevalecen las condiciones normales,

estudios que aun cuando menos espectaculares, proporcionarán a la larga los conocimientos que son indispensables para encarar con mayor acierto y efectividad las situaciones anormales que pudieran presentarse”.

Es casi seguro que de tiempo en tiempo ocurrirán anomalías catastróficas que demandarán atención inmediata. La historia ha demostrado que las poblaciones ictiológicas que constituyen la base de las pesquerías del mundo entero, parecen sufrir, casi sin excepción, lenta pero constante disminución en su abundancia. Para evitar explotaciones indebidas, irracionales, especialmente cuando las poblaciones están en un nivel bajo, es evidente que se requerirá algunas pautas. Pero para hacer que los rendimientos de una pesquería tengan el carácter de producción óptima, sostenida, se requiere poseer información adecuada y precisa, no sólo de las especies directamente explotadas, sino también de aquellas con quienes éstas comparten su hábitat; de sus relaciones ecológicas; de los progresos de la pesquería; de la física y la química del medio ambiente, etc. Y bien se ve que esta clase de información no puede ser obtenida al momento, pues, para conseguirla se necesitan tiempo y esfuerzo. Por lo mismo es ilógico aguardar a que la pesquería se empobrezca, o que de hecho se instale el desastre, para recién comenzar a hacer los estudios del caso.

¿Cómo, entonces, se habrán de evitar estos errores del pasado?. En breve, instituyendo y conduciendo un programa de investigaciones básicas compuesto de dos partes principales. Una de ellas debiera encaminarse hacia los estudios del ciclo vital de las especies ictiológicas principales del área respectiva. (Esta fase del trabajo debería incluir también los varios problemas biológicos especiales que pudieran presentarse de tiempo en tiempo). La otra parte debería estar encaminada hacia la recolección diaria de los datos sobre la cantidad de las pescas en los principales puertos del área bajo estudio, y los registros deberían abarcar los siguientes rubros:

- 1.—Desembarques totales, en peso;
- 2.—Desembarques por especies, en peso;
- 3.—Áreas en las que tuvieron lugar las pescas;
- 4.—Esfuerzo empleado en la pesca, y
- 5.—Condiciones del mercado (tales como precios, abastecimiento, demanda, etc.).

Las pesquerías y los biólogos pesqueros del Perú se encuentran en una situación afortunada, pues, con la posible excepción de uno o dos casos, las poblaciones ictiológicas no han sido aún objeto de una explotación desmedida por el hombre, por lo que, al estudiar los “stocks” de peces los biólogos se abocarán al examen de poblaciones que se encuentran esencialmente en una condición normal— esto es, que no han sido afectadas profundamente por la explotación humana. Aun cuando puede que sea necesario comenzar desde

la recolección de los datos referentes a la cantidad de los desembarques de pescados, es probable que esta situación entrañe más bien ventajas. El sistema de recolección de datos puede ser de tal naturaleza que permita obtener una estadística completa que satisfaga el bosquejo presentado líneas arriba. Desde luego, si surgieran nuevas necesidades, los métodos de recolección y compilación de datos podrán ser modificados, pero, cuidando de que siempre que se introduzcan alteraciones metodológicas se consignen minuciosamente los cambios hechos. Uno de los errores en que cayó la estadística pesquera de los EE. UU. y de otros países, fué precisamente el de no indicar detalladamente las modificaciones que se hacían en los métodos de recolección y de compilación de datos, lo cual es causa de que ahora sea prácticamente imposible comparar eficientemente los datos publicados antes y después de los cambios.

Hay dos factores relativos a la recolección de datos de desembarques de pesca que son de capital importancia cuando se quiere conseguir un registro fidedigno de pescas, y, sin embargo, dichos factores son a menudo descuidados. El primero de ellos se refiere a que el pescador informante debe contar con la absoluta seguridad de que los datos que proporciona al biólogo serán considerados confidenciales, y que, en consecuencia, serán usados únicamente con fines de estudio, quedando, además, garantizado el anonimato del informante. La razón de este requisito estriba en que la mayor parte de los pescadores tienen, áreas o métodos de pesca que ellos consideran como de su exclusiva propiedad, y que, en tal virtud, no proporcionarán datos exactos si descubren que pueden pasar a ser del conocimiento de los otros miembros de su gremio.

El segundo factor importante es el que se refiere a la independencia total que debe existir entre la recolección de los datos y los medios legales para hacer respetar las leyes que regulen el ejercicio de la pesca. Inevitablemente los pescadores comerciales, y de modo especial aquellos que usan aparejos de pesca no-selectivos, como las redes, infringirán las leyes sin el menor deseo de hacerlo. Por lo tanto si el pescador sabe que la persona a quien está suministrando los datos es alguien que puede arrestarlo, multarlo, etc. por sus infracciones, se cuidará de no hablar de ellas —y sin embargo, son los informes a este respecto los que a menudo tienen especial importancia para los estudios. En resumen, entonces, será menester que se guarden en el mayor secreto los informes relativos a las áreas de donde proceden las pescas, y que la obtención de los datos pertinentes sea totalmente independiente del control legal de las actividades piscatorias.

Dicho lo que antecede, ya estamos en condiciones de examinar los medios de que uno se puede valer para llegar a comprender la biología de las poblaciones de peces bajo estudio.

Debiera ser obvio que la estadística de pesca fidedigna refleja dos factores. Uno de ellos se refiere al grado de abundancia o escasez de una espe-

cie; el otro a la industriosisdad de los pescadores. Por lo general, es difícil o imposible separar un factor del otro cuando sólo se dispone de los datos relativos al monto de los desembarques de pescado. En efecto, si los peces son abundantes, los desembarques pueden ser grandes, aun cuando el esfuerzo de pesca haya sido relativamente pequeño. De otro lado, cuando la cantidad de peces susceptibles de ser pescados es menor, un esfuerzo de pesca intenso puede producir desembarques tan elevados como los del caso anterior. Por lo tanto, para que la estadística pesquera sea útil, se debe incorporar a ella los datos referentes al esfuerzo que haya desplegado el pescador para obtener la cantidad de pescado que desembarque. Este tipo de información se designa generalmente como "pesca por unidad de esfuerzo", pudiendo elegirse como "unidad de esfuerzo, 60 minutos de pesca con cedal o una "redada" o cualquier otra que se juzgue apropiada.

Los datos de los desembarques de pesca, deben, por supuesto, descomponerse por especies. Si no se hiciera así, es obvio que un total de pescas más o menos uniforme, podría muy bien encubrir fluctuaciones enormes de la cantidad de las pescas por especies, y, en consecuencia, no se podría formular juicio respecto a lo que está aconteciendo a la composición espe-ciológica de la pesca total.

Hay otro factor que puede tener un gran efecto en la estadística de la pesca comercial. Tal es la situación del mercado, esto es, la inter-relación entre el precio, el abastecimiento, y la demanda. Se puede afirmar que cuando el abastecimiento es limitado y la demanda grande, el precio será elevado. En tales condiciones el pescador se esforzará por hacer la mayor pesca posible para aprovechar los altos precios del momento. Sin embargo, a medida que el abastecimiento aumente, por lo general el precio habrá de caer, y el pescador se verá ante la siguiente disyuntiva: o se dedica a pescar otras especies hasta que el precio de la primera mejore, o continúa pescando la especie desvalorada, pero esta vez en mucha mayor cantidad a fin de compensar con el gran volumen de sus pescas lo que pierde por la caída en el precio unitario— aun cuando claramente se comprende que el precio puede bajar tanto que el pescador, por mucho que pesque, ya no podrá hacer negocio, y, en consecuencia se verá obligado a dejar de pescar la especie en cuestión hasta que su precio mejore. De esto se sigue, que la condición del mercado es factor que hay que tomarlo muy en cuenta al hacer la interpretación del monto de los desembarques de pesca.

También se debe incluir en la estadística pesquera ciertas informaciones referentes a los lugares de pesca, porque si un determinado lugar A rinde, de ordinario, más que otro B, puede inferirse que la especie pescada es más abundante en A que en B. Del mismo modo, si un área dada acusa rendimientos cada vez menores, el hecho puede interpretarse como indicativo de que el área en cuestión está siendo objeto de pesca desmedida, haciéndose, por lo tanto, necesaria la adopción de medidas tendientes a restablecer su pro-

ductividad. En el caso de que el gran total de la pesca efectuada en un conjunto de lugares permanezca estable, su desdoblamiento según áreas de pesca puede proporcionar valiosas indicaciones respecto a los lugares en los cuales el "stock" de peces es abundante, o las regiones que están siendo super-explotadas, etc. Un ejemplo paradigmático a este respecto es el referente a la pesca del róbalo (haddock) del Georges Bank y Nueva Escocia, frente a la región central de la costa oriental de Norte América. En 1929, por los puertos de Nueva Inglaterra se desembarcaron más de 250'000,000 de libras de esta especie. Aproximadamente, 223'000.000 de ellas procedieron de Georges Bank y el resto de Nueva Escocia. En 1934, el gran total de pesca para los dos lugares en conjunto fué de unos 170'000,000 de libras, lo cual representaba una caída del 32% con respecto al gran total de pesca de 1929, pero, mientras que en 1934 las pescas en Georges Bank habían disminuído enormemente a tal punto que ese año sólo se pescaron 60'000,000 de libras, las pescas de Nueva Escocia habían realmente aumentado cuatro veces. Estos cambios en la productividad de las dos regiones habrían pasado totalmente desapercibidos si no se hubiera descompuesto por lugares el gran total de las pescas.

No es necesario decir que los datos estadísticos de pesca deben ser recolectados regular y sistemáticamente si han de ser de utilidad al investigador. Los datos parciales o aquellos que cubren lapsos de tiempo muy limitados, dicen poco o nada de las tendencias de larga duración, cuyo conocimiento es, por otra parte, de tanta importancia en la administración racional de un recurso biótico.

La investigación del ciclo vital de una especie es un proceso largo y complicado, que a menudo deviene por demás tedioso. Sin embargo, no se puede prescindir de los estudios relativos al ciclo vital de una especie si se la quiere explotar y administrar según las normas de la ecología aplicada. Pero es absurdo pensar que los biólogos puedan hacer los estudios del caso en 1 o 2 años, y aún si tal cosa fuera factible los estudios realizados tendrían poco valor, porque las investigaciones biológicas muestran, como es natural, las reacciones de los organismos implicados a las condiciones del medio ambiente durante el período abarcado por los estudios. Con el transcurso del tiempo, dichas condiciones pueden mudar y los organismos reaccionarán de modo diferente; por eso, ninguna investigación breve proporcionará los conocimientos necesarios. Lo que se necesita es un programa de unos 10, 20 ó 50 años si fuere menester, que sea conducido —hasta donde sea posible— por el mismo personal.

No es recomendable la política de hacer que los biólogos pasen con frecuencia del estudio de un problema a otro. Cuando a una persona se le encomienda alguna investigación, necesita tiempo para orientarse respecto al problema en sí, examinar el trabajo que ya se haya hecho y elaborar un

plan de investigación futura. Cada investigador tiene sus propios métodos y sus personales maneras de enfocar el problema. Si se le encomienda pronto otro problema, no sólo se perderá tiempo, sino que se afectará la moral del investigador, aparte de que la variedad de métodos y actitudes adoptadas no generará otra cosa que una mezcla de datos inconexos. De esto se desprende que es absolutamente esencial que las investigaciones de biología pesquera sean acometidas con un claro concepto del valor que tiene el no restringirlas en su duración, ni introducir cambios caprichosos en el personal.

¿Y cuáles son exactamente las informaciones requeridas? ¿Cómo pueden ser obtenidas? y ¿Qué usos pueden tener ellas?

Uno de los primeros puntos a estudiarse es el relativo a la composición racial de la especie problema. Esto es, hay que determinar si la especie bajo estudio está compuesta, en toda su área de dispersión, por una sola población homogénea, o si, por el contrario, por dos o más grupos raciales. Se comprende que si una especie está integrada por, digamos, una población del norte y otra del sur que no se mezclan, entonces, lo que hagamos con la del norte tendrá poco o ningún efecto sobre la del sur. Por el contrario, si la especie está compuesta de una sola población, deberemos proceder con singular cautela, ya que el impacto de la explotación o las medidas conservacionistas instituidas en el norte pueden repercutir en el sur, o viceversa.

La detección de grupos raciales no es siempre un asunto fácil, como que se requiere del análisis estadístico de un gran número de datos. Estos datos pueden ser los correspondientes al número de vértebras, de radios de las aletas, de medidas proporcionales del cuerpo, etc. Los elementos anatómicos más frecuentemente usados son las vértebras, pero, en estudios recientes, las medidas proporcionales del cuerpo, que permiten estudiar los crecimientos diferenciales, han demostrado ser de especial ayuda.

Quizá si la información más valiosa está representada por la relativa a la edad y el índice de crecimiento. Es fundamental conocer cuánto tiempo ha de transcurrir hasta que un pez alcance el tamaño comercial. Además, en el vasto campo de la dinámica de las poblaciones, la composición por edades juega un papel importante. Generalmente, la edad de los peces se determina por medio del examen de algunas estructuras duras presentes en el cuerpo de los mismos. Los elementos anatómicos que más se usan son indudablemente las escamas, aún cuando también se pueden emplear con ese propósito los otolitos, (que son concreciones calcáreas situadas en el oído interno); también se usan los cuerpos vertebrales y las apófisis espinosas de los mismos; los radios de las aletas; los opérculos, etc. La metodología de la determinación de la edad en los peces es fundamentalmente similar a la que usan los madereros en la determinación de la edad de los árboles. En efecto, en la mayor parte de los peces óseos, algunas o todas las estructuras acabadas de mencio-

nar muestran marcas "circulares" concéntricas, y como quiera que en un número apreciable de especies, particularmente aquellas que viven en las regiones frías y templadas del globo, se ha encontrado que estas marcas son anuales, es costumbre llamarlas *annuli* o marcas de invierno. El espacio entre dos marcas consecutivas se llama, por lo general, zona anual. Las complicaciones comienzan cuando se trata de peces de la región tropical, porque ellos no forman con regularidad *annuli* o pueden producir marcas que probablemente no son anuales. Por lo tanto, claramente se comprende que para cada especie hay que hacer primero un análisis completo de las características de la formación de estas marcas anuales, (a fin de asegurarse de que son verdaderamente anuales). Se ha encontrado que el ancho de la zona anual guarda una relación definida con el crecimiento de todo el pez dentro del mismo período. Esta relación permite calcular el tamaño que tuvo el pez en diferentes edades, y así determinar su índice de crecimiento. Empero el cálculo de la edad e índice de crecimiento no constituye tarea fácil, porque presupone el examen y medición de cientos o miles de escamas (o de cualquier otra estructura que se haya elegido) a fin de lograr resultados fidedignos.

El descubrimiento de este método se atribuye generalmente al investigador noruego Einer Lea, cuyo informe sobre la forma cómo lo usó en sus investigaciones del arenque fué publicado en 1910, 1911 y 1913. Desde ese entonces a esta parte, el método ha sufrido, naturalmente, numerosas modificaciones y adaptaciones. Un sumario de las varias técnicas, acompañado de una bibliografía selecta, ha sido ofrecido por Lagler (1952), y una crítica exhaustiva del método se puede leer en un artículo de Van Oosten (1929).

Además de proveer información respecto al índice de crecimiento, la determinación de la edad puede proporcionar datos sobre la estructura de la población en cuanto a la edad se refiere, es decir, la distribución y abundancia relativa de los diferentes grupos de edades. Una población ictiológica que no ha sido todavía explotada por el hombre, está integrada principalmente por individuos que pertenecen a los grupos de edades más avanzadas, es decir, por adultos. En una población así, la supervivencia de los elementos jóvenes es de ordinario baja, porque los individuos de mayor edad pueden competir con más éxito, que los peces jóvenes, por el espacio, alimento y otras cosas esenciales a la vida. La explotación de los adultos pondrá en libertad parte del medio ambiente, parte que podrá ser utilizada por los peces jóvenes, mejorándose así su supervivencia y su índice de crecimiento.

Por el contrario, si una población está compuesta de individuos jóvenes, ese hecho puede ser indicativo de que la especie está siendo objeto de predación intensiva, ya sea por el hombre o por sus enemigos naturales. En tales circunstancias no sería recomendable aumentar el ritmo de la explotación sin antes haber verificado un examen minucioso de todos los factores que

entran en juego. Por lo tanto, el conocimiento de la estructura de una población en lo que atañe a la edad de los individuos que la integran, es uno de los pasos fundamentales para poder determinar con propiedad la manera y ritmo más adecuados de su explotación.

A menudo es importante estudiar los hábitos alimenticios de los peces para determinar la forma racional de la explotación. Los estudios de los hábitos alimenticios, además de proporcionar una respuesta a la pregunta de "¿Qué come este pez?", pueden también ser usados en conexión con las investigaciones referentes a la competencia inter e intra-específica, estudios faunísticos, productividad, etc. Es fácil comprender que si algún factor del medio ambiente afecta la disponibilidad de alimento de una especie, también afectará, aunque indirectamente, a la especie misma. De este modo, si un cambio en el medio ambiente determina un aumento en el alimento disponible, se esperará también que la especie que consume ese alimento aumente su población. (\*). Por otra parte si se determina que dos especies consumen diferentes clases de alimento, se puede estar seguro de que los cambios en el nivel de la población de una especie no repercutirán en los de la otra, por lo menos entanto que estos cambios sean afectados por la disponibilidad alimenticia.

La mejor manera para estudiar los hábitos alimenticios, y en realidad la única que puede reputarse cuantitativa, es examinar el contenido estomacal de los peces. Al hacer estos estudios, sin embargo, es indispensable efectuar las recolecciones a intervalos frecuentes, por lo menos durante un año. Los hábitos alimenticios muestran a menudo cambios estacionales que parecen depender no sólo de la disponibilidad alimenticia sino también de las condiciones físicas y químicas del medio ambiente y del estado fisiológico del pez. Igualmente es aconsejable hacer recolecciones a diferentes horas del día porque muchos peces parecen alimentarse a ritmos diferentes, y, a veces, de recursos distintos, según las horas del día o de la noche.

Intimamente asociados con los estudios de la edad y el crecimiento está el asunto relativo a los hábitos reproductivos y a la edad a la que alcanza el pez su madurez. La importancia de la época y el lugar del desove es grande, como se demostrará enseguida. Para descubrir la época del desove y la edad del pez cuando desova, se acostumbra recolectar especímenes a intervalos regulares durante un año o más, determinando enseguida la edad de los ejemplares recolectados y examinando cortes histológicos de sus gonadas. Estos exámenes de las gonadas mostrarán un cambio progresivo desde el estado de involución o reposo hasta el de plena madurez de los huevos y zoospermos, pasando por todos los estados intermedios. Con el desove se inicia otra vez el ciclo. El examen de las gonadas, en conjunción con el co-

---

(\*) Sin duda el autor se refiere a los aumentos considerables y sostenidos, porque los de pequeña magnitud y transitorios no tendrían efecto perceptible. N. del T.

nocimiento de la edad de los individuos examinados, le dicen al biólogo hasta qué edad el pez es juvenil y a qué edad se hace adulto. Con estas y otras informaciones, es posible deducir cuáles son los grupos de edad que debieran ser pescados con más intensidad a fin de lograr la máxima explotación sostenida con el menor perjuicio de la población.

Montajes histológicos especiales de las gonadas, le permiten al investigador examinar los cromosomas. El número y forma de estos, que son más o menos diferentes en cada especie, pueden servir para determinar si una especie dada está compuesta de una o más poblaciones.

El estudio de los hábitos reproductivos y de los gonadas han mostrado que las poblaciones ictiológicas pueden dividirse, *grosso modo*, en dos categorías que dependen del número de huevos puestos por las hembras. Pertenecen a la primera categoría los peces que depositan un gran número de huevos, que puede ser de varios miles (por ejemplo el salmón) hasta unos 9'000,000 (por ejemplo el bacalao). Es obvio que en las poblaciones de este tipo, que poseen lo que se llama un "alto potencial reproductivo", un número pequeño de adultos puede, teóricamente, producir un suficiente número de descendientes para mantener la población en un alto nivel de abundancia. Por ejemplo, una caballa hembra desova 500,000 huevos por año. Sette (1943) estimó la magnitud de cierta población de caballas en cerca de 300'000,000 de individuos. Ahora bien, es fácil calcular que si sobrevivieran todos los huevos no se necesitaría sino 600 hembras para duplicar la población entera. Pero, por supuesto, en la realidad la supervivencia de los huevos es muy baja. Sette encontró que durante los tres primeros meses de vida, la tasa de supervivencia de 1932 (año que fué anormal) fué solamente de 0.0004 % y estimó la supervivencia normal desde el estado huevo hasta el de adulto en 0.0002 %. La reproducción en las poblaciones de este tipo se dice que es "independiente de su densidad", porque los factores del medio ambiente juegan un rol más importante en el mantenimiento del nivel de la población que el número de adultos procreantes.

El segundo tipo de población, con un "bajo potencial reproductivo", es aquel en el que las hembras producen solamente un número muy limitado de huevos. Ejemplos típicos de este grupo son los tiburones y bagres, especies en las cuales las hembras producen tan sólo pocas decenas de descendientes, por lo que la tasa de supervivencia debe ser mucho más alta para poder mantener la población en un nivel normal. Por ejemplo, la hembra del bagre marino, produce alrededor de 30 huevos por año; por lo tanto, para que su población se conserve en un nivel constante, dos de estos huevos deben evolucionar hasta el estado adulto. (Desde luego, lo mismo es cierto cualquiera que sea el número de huevos puestos por esta especie). Esto representa una tasa de supervivencia de  $2/30$  o sea 6.67%, es decir aproximadamente 24.000 veces mayor que la que Sette calculara para la caballa. Cuando se tiene en cuenta que tasas de supervivencia de este orden dependen considerablemente

del alto grado de cuidado que los padres prodigan a sus descendientes, la íntima correlación entre el número de adultos y el número de descendientes viables resulta aún más obvia. Poblaciones de esta clase son denominadas "dependientes de su densidad", porque el número de descendientes es función directa del número de adultos procreantes. La importancia de toda esta información puede ser ilustrada con un simple ejemplo. Consideremos una población que posea las siguientes características: 1) los individuos devienen adultos y desovan por primera vez en su quinto año de vida; 2) los individuos comienzan a ser pescados, esto es alcanzan el tamaño que los hace susceptibles de ser aprovechados por la pesquería, en su tercer año; después del cual todos los grupos de edades son igualmente accesibles a la pesquería; 3) la tasa de mortalidad *natural* anual es de 50% y la tasa de mortalidad anual por *pesca* es también de 50%, de donde resulta que la tasa de mortalidad anual *total* es de 75%. (La tasa de mortalidad natural anual,  $m$ , es el porcentaje que de la población morirá durante el año por cualquier causa menos la de la pesca, *siempre que* durante dicho período no se hayan verificado pescas. La tasa de mortalidad anual por pesca,  $n$ , representa el porcentaje que de la población morirá por concepto de pesca. La tasa de mortalidad anual total,  $a$ , es el porcentaje que de la población morirá por todas las causas, esto es por la pesca y por otros factores naturales. El índice de mortalidad total viene dado por la ecuación:  $a = m + n - mn$ . Es necesario restar  $mn$  porque algunos de los peces que mueren por razón de la pesca habrían muerto por causas naturales si no hubieran sido pescados. En el ejemplo que estamos considerando tendríamos:  $a = 0,5 + 0,5 - 0,5 \times 0,5 = 0,75$ ) (*Ver Methods of Estimating Vital Statistics of Fish Populations* por Willam E. Ricker, Indiana University Publications, 1948, para una información completa sobre estadística vital de las poblaciones ictiológicas o "Conceptos Básicos de Interpretación de Curvas de Pesca" por Antonio Landa, Bolet. Cía. Admora del Guano, Enero—Marzo, 1952, artículo éste que es una traducción de algunas partes de las primeras páginas del trabajo de Ricker).

Ahora bien, supongamos que esta población es del primer tipo, esto es que su potencial reproductivo es alto y que el nivel de su población no depende de su densidad. En una situación semejante la población se reducirá en 7 años, aproximadamente, a 67% de su nivel de abundancia original (*Ver Cuadro I*). Y mientras las condiciones postuladas permanezcan las mismas, este nuevo nivel quedará estabilizado y la población ictiológica no seguirá reduciéndose más. La razón de que ocurra esto es que el número de descendientes es independiente del número de adultos desovantes y que la magnitud de la población de peces de 3 años que devienen aprovechables por las pesquerías anualmente, permanece estable.

Consideremos ahora una población en la que todas las condiciones anteriores permanecen iguales, sólo que esta vez el número de descendientes

dependa directamente del número de adultas desovantes. El efecto que la pesca tiene en una población de este tipo se muestra en el Cuadro II. Hacia el comienzo del quinto año de pescas, esta población habrá sido reducida hasta convertirse en 1% de su abundancia original, siendo de notar que seguirá disminuyendo a medida que avance el tiempo. Una población ictiológica de este tipo, podría ser fácilmente llevada a su extinción por una pesca desmedida.

Desde luego, los dos ejemplos que anteceden han sido super-simplificados exprofesamente. Infortunadamente, situaciones tan simples como éstas nunca se dan en la naturaleza. Pero ellas han servido para ilustrar el uso de los estudios referentes a la edad, crecimiento, hábitos reproductivos, y dinámica de las poblaciones. Resulta de inmediato evidente que un biólogo debe conocer algo respecto del potencial reproductivo de la población con la que está trabajando. Si dicha población es dependiente de su propia densidad, el biólogo debe vivir atento a cualquier manifestación anormal, listo para introducir medidas restauradoras al primer signo de super-explotación. Por el contrario, si la reproducción no depende de la densidad de la población, el biólogo deberá interesarse más por los cambios que se operen en el medio ambiente, puesto que pequeñas variaciones en la física y la química del océano son de la mayor importancia en el resultado de la reproducción de las poblaciones de este tipo.

Ejemplos clásicos de pesquerías que dependen principalmente del medio ambiente se pueden encontrar en el arenque de la Europa Septentrional y la caballa del Nor-Oriente de los EE.UU. El área de desove más importante de la caballa está constituida por la región, relativamente pequeña, situada entre Cape Hatteras y New York. Los huevos pelágicos de esta especie son transportados pasivamente por los cuerpos de agua en que han sido depositados. Parece que los factores que controlan la viabilidad de estos huevos están representados por reducidas amplitudes de variación térmica y salina. En los estados post-larvales, probablemente la supervivencia depende de la disponibilidad alimenticia. Sette (1943) encontró que los huevos puestos por la caballa en 1932 sufrieron los efectos de vientos anormales que los transportaron lejos de sus "nursерías". De este modo, no solamente ocurrió que los primeros estadios del desarrollo sufrieron el impacto de condiciones físicas y químicas anormales, sino que incluso los estados post-larvales (listos para alimentarse), se encontraron lejos de sus nursерías, es decir, en regiones de bajo abastecimiento alimenticio. Todos estos factores se sumaron y dieron por resultado una "clase anual" pobre — esto es, pocos fueron los huevos que evolucionaron hasta convertirse en especímenes adultos.

A diferencia de la caballa, el arenque desova en aguas someras y los huevos se hunden lentamente para concluir su desarrollo en el fondo. Si la deriva no es la que conviene y las larvas son transportadas lejos de las aguas relativamente someras que yacen sobre la plataforma continental, los alevi-

nos morirán por falta de alimentación adecuada, resultando de ello una "clase anual" pobre. Por el contrario cuando las condiciones son óptimas, puede tener lugar una supervivencia extraordinariamente alta, que dá por resultado una "clase anual dominante". Esto fué lo que ocurrió con la "clase anual" de 1904 del arenque. La supervivencia del desove en dicho año fué tan elevada que los adultos resultantes de los huevos que eclosionaron en 1904 predominaron en las pescas que tuvieron lugar entre 1908 y 1919. De hecho, desde 1910 hasta 1915, esta sola "clase anual" constituyó más de la mitad de la pesca total, sobrepasando numéricamente a todas las otras "clases anuales" tomadas en conjunto.

Es obvio que el nivel de las poblaciones de este tipo dependerá más de las condiciones del medio ambiente que de la actividad humana. Pero, el biólogo pesquero puede utilizar este hecho ventajosamente, tanto en lo que se refiere a los estudios biológicos en sí como en lo que concierne al beneficio práctico inmediato que pueden derivar las pesquerías comerciales. Cincuenta años de estudios cuidadosos de las relaciones entre las condiciones oceanográficas y la supervivencia del arenque (y otras especies), han mostrado que el éxito de un desove, y por ende el de la pesquería años después, puede ser previsto con considerable aproximación. El valor de tales predicciones para la industria pesquera es indudablemente enorme.

El biólogo también deberá tomar en cuenta el efecto que la reducción numérica de una población puede tener sobre el alimento de la misma: sobre sus competidores, etc. Estos fenómenos pueden ser estudiados bajo el rubro general de dinámica de una población. Cuando una población es reducida por la pesca y otros agentes, más alimento, más espacio vital y otros factores del medio ambiente resultan aprovechables por los individuos que quedan de dicha población. Esto puede aumentar los índices de supervivencia y de crecimiento de sus alevinos. Si esto ocurre, el grado de la depleción puede que no sea tan grande como se preveyera, puesto que habría entrado en juego cierto grado de compensación por concepto de mejor supervivencia de los alevinos. Por otra parte, un mayor índice de crecimiento podría traer como consecuencia que los individuos jóvenes ingresaran a la pesquería a una edad menor, lo que bien podría originar un grado de depleción aún mayor. Además, las especies competidoras podrían estar en condiciones de utilizar parte o todo el medio ambiente puesto en libertad, incrementando de ese modo el grado de competencia inter-específica, lo que tendería a cancelar las ganancias que hubieran podido derivarse de la reducción de la competencia intra-específica. Para decirlo todo de una vez, el estudio de las poblaciones es un asunto sumamente complicado que demanda largos y cuidadosos análisis y observaciones.

La cuestión de las migraciones de los peces es también de mucha importancia en la biología pesquera. Muchos peces desovan dentro de áreas relativamente limitadas. Otros migran miles de millas con tal objeto. La anguila

corriente de Europa, por ejemplo, atraviesa todo el Océano Atlántico, para desovar en el Mar de los Sargazos. Otros muestran migraciones estacionales, según pautas definidas que son seguidas con fidelidad año tras año. Otras veces, estas "migraciones" son solamente desplazamientos pasivos con las corrientes o cualquier fenómeno de traslación de cuerpos de agua de mar. Algunas especies siguen las gradientes térmicas, ya sea porque su fisiología misma así lo reclame, o porque el alimento que consumen se encuentra en cuerpos de agua con temperaturas específicas. Hasta la fecha, no ha sido posible encontrar una técnica satisfactoria para estudiar las migraciones. El método generalmente usado es el de marcar a los individuos de alguna manera, restituirlos al mar y confiar en que se les recapturará en número apreciable. En el caso del salmón de la costa Pacífica de Norte América, los individuos son generalmente marcados cercenándoles una o más aletas. Otras veces se usan marcas plásticas que se pueden engrampar, acoplar o introducir en los peces objeto de estudio. (Rounsefell y Kask, 1945).

Además de suministrar informaciones respecto a las migraciones, el marcamiento de los peces proporciona también bases para hacer estimados de la intensidad de las pescas. Así por ejemplo, si de 10,000 peces marcados se recapturaran 5,000 al año siguiente, se puede suponer que la intensidad de pesca es del orden del 50% y que, en consecuencia, la pesquería está aprovechando cerca de la mitad de la población susceptible de ser pescada cada año. Infortunadamente, es difícil determinar el efecto que el marcamiento tiene sobre la susceptibilidad que muestra un pez de ser capturado. Algunas veces las marcas harán que el pez se torne más susceptible de ser capturado, o que disminuya su resistencia a las enfermedades, de modo que la mortalidad se hará mayor entre los individuos marcados que en el resto de la población. En este último caso, la mortalidad por pesca que se calculara sobre las bases de la recuperación de marcas sería muy baja, porque los peces marcados estarían muriendo en más cantidad por causas ajenas a la pesca de lo que ocurriría con otros peces, y, en consecuencia, se recuperaría un porcentaje de marcas inferior a lo que ocurriría normalmente. Algunas veces el marcamiento parece afectar el comportamiento de los peces. En cierto experimento un estanque recibió un número determinado de peces, la mitad de los cuales estaban marcados. Subsecuentemente pudo observarse que los peces marcados eran capturados aproximadamente 3 veces más a menudo que los no marcados. Un cambio psicológico de esta naturaleza introduciría errores serios en los cálculos basados en la recuperación de marcas. Sin embargo, apesar de estas limitaciones, el marcamiento y recaptura es todavía uno de los métodos más útiles en biología pesquera.

El comportamiento social y la psicología de los peces pueden ser de importancia tanto para el biólogo como para el pescador. Ya hemos mencionado algunos factores psíquicos que entran en juego cuando se marcan peces. En muchas pesquerías pelágicas el comportamiento de los cardúmenes es un

factor que controla el éxito o el fracaso de las pescas. Hay que imaginarse, por ejemplo, lo difícil que sería la pesca para los así llamados "tuna clippers", si estos tuvieran que buscar las presas individualmente. Se ha podido demostrar que el "cardumenaje" se basa en factores visuales — esto es los peces deben verse los unos a los otros para poder formar un cardumen. Si hay mucha obscuridad, los peces no formarán cardumen y si éste hubiera estado formado tenderá a disociarse. El comportamiento del cardumen parece que también está condicionado por el tamaño de los individuos que lo integran, ya que, por lo general, están compuestos de individuos que tienen poco más o menos el mismo tamaño. El "cardumenaje" y de hecho la mayor parte de los aspectos del comportamiento social de los peces, puede estar influenciado considerablemente por el medio ambiente. Así por ejemplo, hay ciertas especies de peces que forman cardúmenes cuando el agua es fría, pero no cuando el agua es relativamente caliente. Igualmente, los cambios en el pH, las variaciones en la salinidad, o de ciertas sustancias disueltas, pueden producir cambios radicales en muchos aspectos del comportamiento de los peces. Algunas especies, particularmente ciertas formas de agua dulce, desarrollan un comportamiento territorial muy marcado después del desove. Uno o ambos progenitores puede dedicarse a "patrullar" el sitio donde desovan, arremetiendo vigorosamente contra los intrusos. Estas especies son ordinariamente muy susceptibles de ser expoliadas por el hombre, mientras dura el comportamiento territorial. Sin embargo, poseyendo el conocimiento de dónde y cuándo desovan los miembros de la especie, se podrían instituir medidas eficientes para asegurar el desove y el ulterior desarrollo de las alevinos, tales como la creación de épocas de veda, o zonas en las cuales esté prohibida la pesca. El comportamiento de los peces, especialmente el referente a la formación de cardúmenes, es comentado en otro trabajo del autor (1943).

Debiera ser evidente ahora que la biología pesquera no es una disciplina sencilla, porque aparte de abarcar asuntos de naturaleza estrictamente biológica, incluye también ciertos aspectos de la oceanografía, de la dinámica de las poblaciones, del comportamiento animal, de la física y la química, etc. Esperar que un biólogo pesquero no haga uso de estas otras ciencias, esto es, esperar que restrinja sus actividades al campo de la biología pesquera pura, es semejante a querer conducir un automóvil con las gomas desinfladas. Por supuesto, esto puede hacerse, pero se puede estar seguro de que ni el carro ni el biólogo irán muy lejos. Por lo tanto si la investigación en biología pesquera ha de hacer un progreso adecuado, los estudios respectivos no debieran constreñirse demasiado porque cuando una investigación pierde en latitud y duración, sólo genera respuestas parciales a las preguntas principales. Y aún estas respuestas parciales no tienen sino una validez transitoria, porque, a medida que las condiciones cambian los problemas también cambian. La respuesta correcta de

hoy día puede ser completamente errónea mañana. En los actuales momentos existe una necesidad imperiosa por encontrar respuestas correctas a los muchos asuntos relacionados con la utilización racional de los recursos naturales. La población del mundo está aumentando rápidamente y se necesita más alimento que nunca para satisfacer las crecientes demandas de la misma. Esto significa que sobre nuestros recursos gravitan en la actualidad poderosas demandas. Y a medida que corre el tiempo se pondrá más y más énfasis en la explotación inmediata, descuidándose la utilización de los recursos de tal manera que sus producciones sean óptimas y sostenidas. Por eso, a medida que la presión de la explotación deviene más grande, debiéramos comprender que es sumamente importante que aprendamos a usar nuestros recursos con sabiduría. Para estar seguros de que tenemos las respuestas correctas, de que nuestros conocimientos no se estagnan, debemos emprender programas de investigación de larga duración, que abarquen el mayor campo posible. Programas de esta clase, que se alzan sobre las bases sólidas que le prestan una debida latitud de miras y continuidad de propósitos, no solamente proveen métodos eficientes para resolver problemas de interés inmediato, sino que, además, constituyen los únicos medios por los cuales seremos capaces de resolver los problemas trascendentales de una racional utilización de nuestros recursos pesqueros.

CUADRO I

Año de pesca	Grupos de edades								Total
	4	5	6	7	8	9	10		
1	128	32	16	8	4	2	1	255	
2	128	32	16	8	4	2	1	191.5	
3	128	32	8	4	2	1	0.5	175.75	
4	128	32	8	2	1	0.5	0.25	171.88	
5	128	32	8	2	0.5	0.25	0.125	170.93	
6	128	32	8	2	0.5	0.125	0.06	170.71	
7	128	32	8	2	0.5	0.125	0.03	170.67	
8	128	32	8	2	0.5	0.125	0.03	170.63	
9	128	32	8	2	0.5	0.125	0.03	170.63	
10	128	32	8	2	0.5	0.125	0.03	170.63	

CUADRO II

1	128	64	32	16	8	4	2	1	255
2	128	32	16	8	4	2	1	0.5	191.5
3	128	32	8	4	2	1	0.5	0.25	175.75
4	64	32	8	2	1	0.5	0.25	0.125	107.88
5	32	16	8	2	0.5	0.25	0.125	0.06	58.93
6	16	8	4	2	0.5	0.125	0.06	0.03	30.72
7	8	4	2	1	0.5	0.125	0.03	0.015	15.67
8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.03	0.008	7.92
9	2	1	0.5	0.25	0.125	0.06	0.03	0.008	3.98
10	1	0.5	0.25	0.125	0.06	0.03	0.015	0.008	1.99

Los números en columna son los índices de la abundancia relativa de cada grupo de edad al comienzo de cada año de pesca. Estos cuadros muestran el cambio que se opera en la abundancia de cada grupo de edad y del total de la población susceptible de ser pescada, cuando la tasa de mortalidad natural es de 50% y la correspondiente a la pesca es también de 50%. El cuadro muestra el efecto que estos índices tendrían sobre una población cuya reproducción no depende de su propia densidad. El Cuadro II muestra el efecto que estos índices tendrían sobre una población cuya reproducción depende del número de adultos procreantes. Ver el texto para mayores datos.

IMARPE  
INVENTARIO  
2013

IMARPE  
INVENTARIO  
2014  
IMARPE  
INVENTARIO  
2015

IMARPE  
INVENTARIO  
2012

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

**INVENTARIO 2008**

INDEP PERU

07999

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU  
CONTROL PATRIMONIAL

5403200217



BOLETIN CIENTIFICO

9022

# Bibliografía

- Baird, Spencer F. 1873. Report of the Commissioner. Report on the condition of the sea fisheries of the south coast of New England in 1871 and 1872. U. S. Comm. Fish. 1871—1872 (1873): VII-XL.
- Hubbs, Charles L. 1948. Changes in the fish fauna of western North America correlated with changes in ocean temperature. Jour. Mar. Res. 7 (3): 459—482.
- Lagler, Karl F. 1952. Freshwater fishery biology. Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa, U.S.A. 360 pp.
- Lea, Einar. 1910. On the methods used in the herring - investigations. Publ. Circon. Cons. Explor. Mer, No. 53: 7-25.
- 1911. Report on the international herring-investigations during the year 1910. III. A study on the growth of herrings. Publ. Circon. Explor. Cons. Mer, No. 61: 35—48.
- 1913. Further studies concerning the method of calculating the growth of herrings Publ. Circon. Cons. Explor. Mer, No. 66: 1—36.
- Morrow, James E. 1948. Schooling behavior in fishes. Quart. Rev. Biol 23: 27—38.
- Ricker, William E. 1948. Methods of estimating vital statistics of fish populations. Indiana Univ. Publ., Sci. Ser. No. 15, Indiana University, Bloomington, Indiana, U. S. A., 101 pp.
- Rounsefell, George A. y J. L. Kask. 1945. How to mark fish. Trans. Amer. Fish. Soc. 1943 (1945) 73: 320—363.
- Sette, Oscar E. 1943. Biology of the Atlantic macnerel (*Scomber scombrus*) of North America. Part I. Early life history, including the growth, drift and mortality of the egg and larval populations. Fish Bull. U. S. Fish Wildlife Ser. 50: 149—237.
- Thomson, C. Wyville. 1873. The depths of the sea. Macmillan and Co., London. XX + 527 pp.
- Van Oosten, John. 1929. Life history of the lake herring (*Leucichthys arctedi* Le Sueur) of Lake Huron as revealed by scales, with a critique of the scale method. Bull. U. S. Bur. Fish. 44: 265—428.
- Walford, Lionel A. 1948. The case for studying normal patterns in fishery biology. Jour. Mar. Res. 7 (3): 506 — 510.