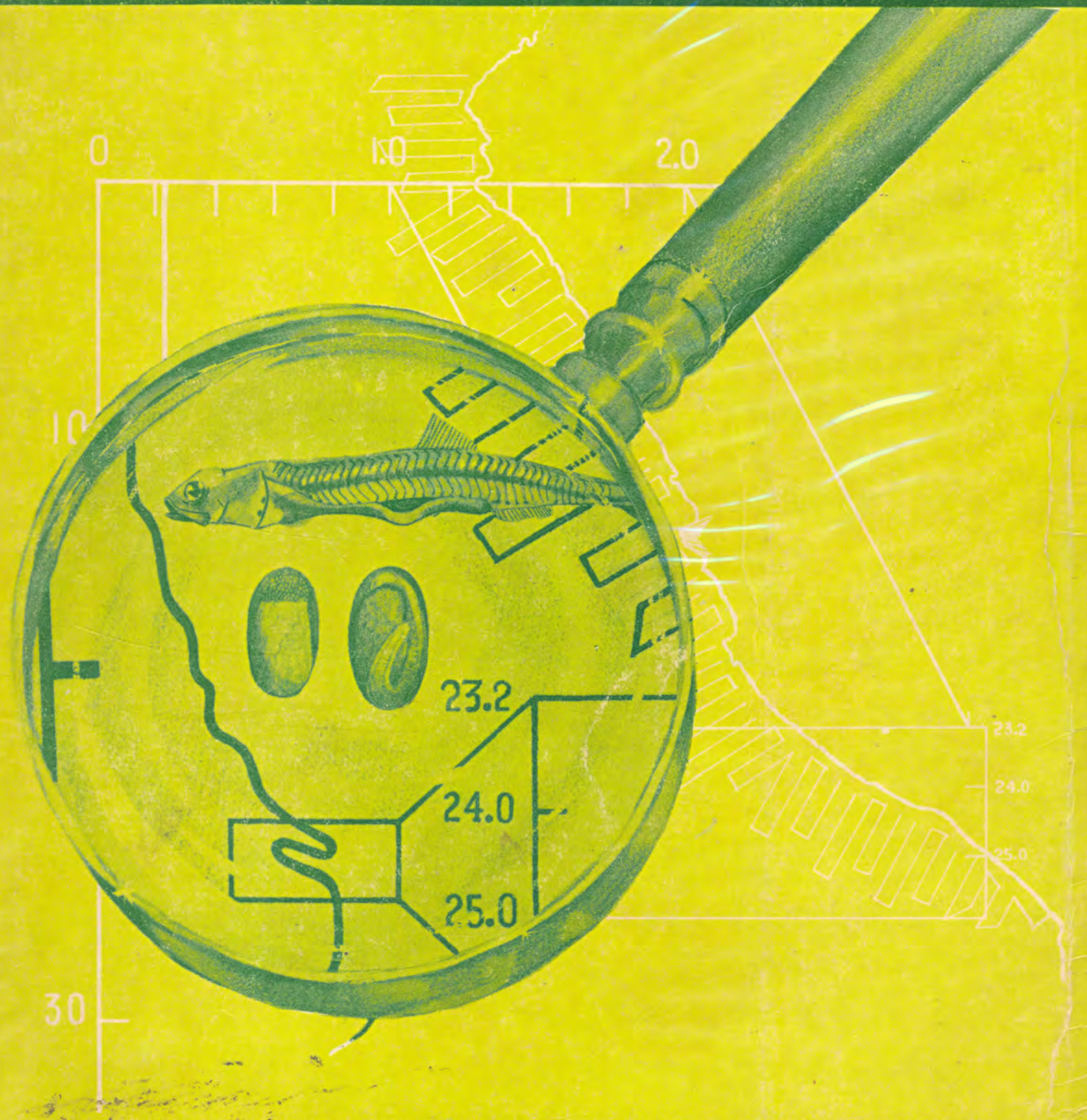
INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

ISSN - Q 378 - 7699
VOLUMEN EXTRAORDINARIO



INVESTIGACION COOPERATIVA DE LA ANCHOVETA Y SU ECOSISTEMA - ICANE - ENTRE PERU Y CANADA CALLAO 1981 PERU

© Instituto del Mar del Perú
Esquina Gamarra y General Valle s/n
Teléfono 297630
Apartado postal 22
Callao, PERU

Hecho el depósito de ley.
Reservados todos los derechos de reproducción total o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

Impreso en el Perú
Servicios Editoriales EDISERT E.I.R.L.
Precursores 958 Maranga, Lima
Teléfonos: 524315, 515871

Conducción editorial y traducciones: Dr. Antonio Landa Cannon, Editor Científico.

La publicación de este volumen es el paso final del convenio ICANE.

INVESTIGACION COOPERATIVA DE LA ANCHOVETA Y SU ECOSISTEMA (ICANE) ENTRE PERU Y CANADA

INFORME SUMARIO

por

L.M. Dickie[1] y J. E. Valdivia G.[2]

[1] Bedford Institute of Oceanography
Darmouth, Nova Scotia, Canada

[2] Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú.

INTRODUCCION

Es bien conocido que una de las mayores dificultades para el inicio ordenado de una pesquería es la falta de estudios previos sobre unidades poblacionales, estimaciones confiables de biomasa, características biológicas y de comportamiento del recurso que se va a explotar. En esta realidad, si los primeros resultados económicos de las inversiones hechas son halagadores, inevitablemente se genera un "boom" que hace crecer rápida y tremendamente el esfuerzo de pesca el cual después de algunas temporadas es casi imposible controlarlo, lo cual trae dañinas consecuencias para el recurso. El caso de la pesquería de anchoveta en el ecosistema costero frente al Perú no escapó a este fenómeno ya que de varios cientos de miles de toneladas de pesca anual a fines de la década de los cincuenta se llegó a varios millones de toneladas por temporada en los primeros años de los sesenta. En este lapso recién se comenzaron a recolectar y analizar los datos de captura y esfuerzo y a conocer algunas características de la población, estudios que por su naturaleza toman tiempo mientras que la construcción de embarcaciones se multiplicaba. En efecto, en 1965 la flota estuvo constituida por 1000 embarcaciones eficientemente equipadas, mientras que los trabajos de investigación sólo lograron la adopción de un modelo para estimar la captura máxima sostenida asumiendo condiciones ambientales y reclutamiento constantes.

En 1965, coincidente con una ocurrencia del evento climático conocido como El Niño, el cual determina grandes cambios en el ambiente biológico y físico de la anchoveta, el organismo peruano encargado de las investigaciones pesqueras del Perú, IMARPE, se pronunció para detener el crecimiento del esfuerzo de pesca ya que el existente ponía en riesgo la existencia misma del recurso proponiendo una veda como medida indirecta de contener el esfuerzo; sin embargo, en los años posteriores el poder de pesca siguió creciendo hasta llegar a 1970 cuando se capturó 12.5 millones de toneladas con una flota potencialmente capaz de capturar 1-1/2 veces la producción mundial de peces.

La explotación excesiva aunada a la ocurrencia de un muy severo fenómeno El Niño determinaron que en 1972 las existencias de anchoveta disminuyeran drásticamente lo que se reflejó en los montos de captura a partir de 1973, los cuales en el mejor de los casos sólo alcanzaron los 4 millones de toneladas en 1975 y 1976.

Por otra parte, por la especial naturaleza de este notable sistema, la administración de su pesquería, a cargo del gobierno peruano, se ha realizado a la luz intensa del interés de la comunidad pesquera mundial. Muchos países por sí mismos, y colectivamente a través de FAO, han ofrecido ayuda que el gobierno peruano ha aceptado para usarla en interés de la nación así también como muestra de su sentido de responsabilidad y participación en la comunidad mundial. Ha sido claro a todas luces que las cuestiones de la mayor importancia, tanto para esta pesquería como para las de todo el mundo, son una evaluación del cambio en el ecosistema de la anchoveta, y hasta qué punto podría haber llegado la influencia de la manipulación de la pesquería.

La magnitud de los cambios ocurridos en la década de los setenta puede apreciarse sólo retrospectivamente puesto que no pudieron ser completamente apreciados cuando sucedieron. Sin embargo es evidente que ya para 1976 fueron muy extensos (Valvidia, 1978) y muy importantes económicamente, cuando el Gobierno del Perú se dirigió al del Canadá con la idea de explorar la forma en qué nuevos métodos oceanográficos y de investigación pesquera de corriente desarrollo en diversas partes del mundo podrían ser aplicados a la situación peruana. El objetivo en mente fue ayudar al grupo científico para aumentar su capacidad de interpretar y predecir los eventos del sistema en escalas de tiempo compatibles con la administración de la pesquería.

Este volumen contiene los resultados de muchos de los proyectos emprendidos por la comunidad científica con el apoyo de los dos gobiernos. Constituye un testimonio fácilmente entendible de la variedad y complejidad técnica de las operaciones que se llevaron a cabo. Para aquellos que están familiarizados con los problemas técnicos será también evidente que en un tiempo muy corto salió a luz gran cantidad de información nueva, y un nuevo entendimiento, como resultado del dedicado y concertado esfuerzo individual de los científicos.

Lo que tal vez es digno de especial mención desde el punto de vista de un ejercicio científico es que se obtuvieron resultados concretos en beneficio de la administración pesquera. En términos de resultados positivos a corto plazo, la investigación científica es por naturaleza una inversión de riesgos muy altos. Es en parte por este motivo que los planificadores científicos tratan de apoyar una amplia gama de proyectos individuales. Muchas técnicas y proyectos nuevos, experimentales y de muestreo, se iniciaron en este ejercicio de ICANE. Pero por lo general la comunidad científica concentra su atención en los beneficios más seguros a largo plazo. Debe por consiguiente considerarse como una sorpresa especialmente satisfactoria que la combinación de resultados a corto plazo en este caso haya a su vez resultado en un nuevo entendimiento de la importancia relativa de los mecanismos que controlan los cambios de población. Estos resultados permiten la modificación inmediata de los modelos de administración para mejorar su precisión y aumentar su conformación a la realidad.

Esperamos que este informe introductorio y sumario ayudará al lector proporcionándole una visión de las nuevas potencialidades que se derivan de la totalidad del proyecto.

LOS OBJETIVOS Y EL PLAN OPERACIONAL

El proyecto ICANE, que el Gobierno del Perú solicitó a través del Instituto del Mar del Perú, tuvo como base el concepto de que el mejor asesoramiento de la administración de la pesquería depende de un buen entendimiento científico de los mecanismos que determinan la dinámica de las poblaciones de peces. Al tiempo de la iniciación del proyecto ya se veía claramente que el stock de anchoveta pasaba por un estado sin precedentes y por este motivo se consideró insoslayable la rápida expansión de las observaciones de la población de anchoveta y de su ecosistema. El propósito de tal expansión era el hallazgo de métodos capaces de medir la importancia relativa de las influencias del ambiente y de la pesquería en el reclutamiento de la población pescable. Se consideró también necesaria la exploración de técnicas capaces de permitir una evaluación del grado de estabilidad del nuevo nivel del stock.

Aparecía muy clara la importancia de tal información si en la nueva situación queríamos estar en capacidad de juzgar la utilidad de las técnicas de administración pesquera para crear y mantener cualquier estado de la población deseable como nivel de recurso.

Luego del acuerdo formal del proyecto entre los Gobiernos del Perú y el Canadá a fines de 1976, el Gobierno del Canadá a través de la Canadian International Development Agency (CIDA) encargó a la Universidad de Dalhousie de Halifax, N.S. y al Bedford Institute of Oceanography de Darmouth, N.S. el desarrollo y la ejecución de las obligaciones de responsabilidad canadiense en el programa. Luego de consultas entre los directores de los laboratorios encargados en Perú y Canadá se conformó un comité científico consultor con científicos mayores de las tres instituciones: El Institute of Oceanography, Dalhousie (IODAL); el Bedford Institute of Oceanography (BIO) y, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE). La tarea de este comité fue la formulación del programa de operaciones.

Desde un comienzo el comité apuntó a un programa que abarcase por lo menos observaciones exploratorias de un amplio rango de fenómenos considerados predictores potenciales del ecosistema. La experiencia de los científicos peruanos determinó que gran parte del esfuerzo necesitaría ser dirigido hacia un programa de campo basado en el uso de equipo nuevo y a veces técnicamente sofisticado. Lo más urgente pareció ser el examen de varios fenómenos físicos y biológicos a escalas de tiempo y espacio mucho más pequeñas que las hasta entonces usadas en los programas de IMARPE. Parámetros relacionados con algunos de estos fenómenos habían sido ya utilizados por IMARPE en su labor de asesoramiento de la administración pesquera. Era de esperarse que las observaciones a una escala menor pudieran suministrar información sobre los mecanismos incursos.

Los programas anteriores del IMARPE habían también establecido que la mayor parte de la producción comercial de anchoveta se daba consistentemente en la parte norte de la costa, la misma que era sin dudas el área más importante y regular para la producción de huevos y para el crecimiento de las larvas. Por consiguiente, se acordó que las operaciones de campo se concentracen en el área de afloramiento frente a Chimbote donde la plataforma continental alcanza su mayor anchura.

Fue también claro que una explicación del estado dinámico de los stocks de anchoveta requeriría una extensa información acerca de la ecología fisiológica y del flujo de energía en los diferentes estadíos del ciclo vital de la anchoveta y otras especies asociadas. Muy pocas facilidades existían en el Perú para esta clase de trabajo. Así pues se requería un considerable esfuerzo para desarrollar esas facilidades y también las correspondientes técnicas de laboratorio necesarias para producir tal información.

Dentro de este marco el comité científico invitó a los científicos de las tres instituciones a presentar propuestas específicas de trabajo experimental sobre la productividad del ecosistema de la anchoveta. El comité seleccionó un conjunto de propuestas que prometía nuevas visiones de la estructura básica del ecosistema, de las cadenas alimentarias que operan dentro de él, y de la dinámica de los procesos que entrelazan sus elementos estructurales. En algunos casos las propuestas iniciales fueron modificadas por los científicos a la luz de las discusiones durante la planificación. En unos pocos casos las propuestas de los tres institutos dejaban todavía considerables vacíos de información necesaria. En tales casos se invitó a participar a algunos científicos de otros laboratorios, principalmente del Canadá y de los Estados Unidos de Norte América. El comité se vio necesariamente obligado a limitar el número de participantes de acuerdo al presupuesto disponible. Pero dentro de estos límites los científicos fueron estimulados para desarrollar sus proposiciones en toda su amplitud, con especial énfasis en la conformación de proyectos de conjunto entre peruanos y canadienses.

El número de tales proyectos conjuntos en el programa final ha justificado las expectativas del comité acerca de la complementaridad de las educaciones científicas individuales de los componentes de los varios laboratorios.

Finalmente, a medio verano de 1977 (hemisferio Norte), cuando los principales elementos del programa estaban ya identificados, se organizó un seminario científico introductorio en la Universidad de Dalhousie. Para entonces ya habían comenzado las preparaciones del barco e igualmente se comenzó el proceso de diseño, construcción o compra del equipo científico requerido. Durante este seminario algunos de los principales participantes del proyecto expusieron los lineamientos racionales sustentatorios de sus programas. Un elemento importante en estas exposiciones fue la participación, tanto en forma de presentaciones como de discusiones, de científicos de los Estados Unidos que habían trabajado en el programa Coastal Upwelling Ecosystems Analysis (CUEA) costeado por la National Science Foundation de los Estados Unidos. La experiencia que estos científicos adquirieron en la zona de afloramiento de San Juan en el sur del Perú resultó ser para varios participantes de ICANE su primera oportunidad de aprender detalladamente lo referente a la escala de los fenóemnos ambientales y acerca de los problemas prácticos asociados con su medición. Los resultados de este seminario fueron tomados en cuenta por el comité para la revisión final de las propuestas individuales y para la consolidación del plan e itinerario.

El plan final consideraba la participación de unos 80 trabajadores científicos, tres barcos de investigación (el Canadian Scientific Ship "BAFFIN" y los barcos de investigación peruanos "SNP-1" y "UNANUE"), una bolichera comercial y un laboratorio en tierra temporalmente acondicionado en la Bahía de Samanco, inmediatamente al sur de Chimbote. Se ensambló además una serie de equipos especiales para el trabajo de campo y de laboratorio, y también se construyó varios instrumentos especiales para su instalación permanente en IMARPE Callao, incluyendo un "aquatron" especial (un sistema para albergar peces en agua de mar de circulación abierta y controlada) para que los científicos de IMARPE puedan continuar los experimentos iniciados en el programa. Más detalles de las operaciones de campo y laboratorio, que se iniciaron con la salida del CSS "BAFFIN" del Bedford Institute of Oceanography el 17 de octubre de 1977, han sido dados en el informe de operaciones compilado por el director del crucero y en los informes individuales adjuntos al mismo (Doe, 1978).

A la iniciación de las operaciones de campo y laboratorio siguió un período de intercambio de personal científico entre el Perú y Canadá. Estos intercambios tenían el propósito de revisar los resultados de las operaciones iniciales, establecer nuevos experimentos cooperativos si así se requiriese, revisar y en algunos casos aprender nuevas técnicas experimentales o de análisis de datos, modificar y reparar equipos y, especialmente, preparar los informes de los resultados científicos.

Esta fase analítica del proyecto culminó en una reunión de trabajo en IMARPE del 19 al 23 de noviembre de 1979. En esta reunión, los encargados de los diversos ejercicios de investigación informaron acerca de su progreso y cuando tal cosa era posible también presentaron sus conclusiones basadas en los datos a su disposición. Como un resultado de las discusiones que siguieron algunos de los científicos han emprendido la revisión o nuevos análisis de sus trabajos. Algunos de estos han sido presentados como trabajos e informes científicos a un pequeño comité editorial científico designado en la reunión. A los editores se les ha dado junto con la usual responsabilidad editorial la responsabilidad de revisar

los trabajos y asegurar también su revisión por otros colegas. Algunos de los proyectos han resultado de interés científico general y han sido presentados o publicados en revistas científicas periódicas.

El presente volumen, que es el evento final del proyecto ICANE, pretende presentar una colección de informes de los más importantes proyectos científicos emprendidos. La primera sección consta de los informes originales de los trabajos considerados por los editores de primordial relevancia respecto a los objetivos del proyecto. También se incluye reimpresiones de algunos trabajos científicos aparecidos en otras publicaciones pero que, considerados de suficiente importancia para el programa, han justificado que se consiga el permiso para reimprimirlos acá. En esta introducción sumaria tratamos de interpretar compiladamente los resultados para presentarlos a una audiencia general no científica, como una evaluación de su importancia en función de los objetivos del proyecto.

RESULTADOS

Los resultados del proyecto ICANE son debidamente considerados en cuatro partes separadas. El propósito principal del trabajo fue profundizar la comprensión científica de los mecanismos en que se basa la producción de anchoveta y así poder mejorar las recomendaciones sobre la administración del recurso. En este informe por consiguiente se da el primer lugar a los avances en la compilación de nuevos modelos del ecosistema de la anchoveta y a la medición de la fuerza predictiva de los mecanismos que en ellos intervienen. En segundo lugar, consideramos el mejoramiento en cuanto a precisión y practicabilidad de varias técnicas de muestreo necesarias para la estimación de parámetros de los predictores en los modelos. En tercer lugar, nos ocupamos de los problemas de transferencia de tecnología asociados con las nuevas técnicas de análisis y de muestreo. Finalmente, consideramos el impacto de esta combinación de factores en los futuros programas de investigación del IMARPE.

(A) DESARROLLO DE MODELOS

(1) Producción y Cosecha de Anchoveta:

Puesto que el propósito principal de la investigación fue ahondar el conocimiento para asesorar más apropiadamente a la administración pesquera, es necesario comenzar con una discusión de modelos de stock de anchoveta. La cuestión queda enfocada en los informes de Csirke y de Ware et al. Csirke ha mostrado como los primeros modelos generales de la pesquería, que proporcionaron la estructura básica de fondo para el asesoramiento de la administración, fallaron después de 1972 debido a cambios bruscos del estado de los stocks. Csirke propuso que la información sobre el ambiente, que estaba excluida en los modelos generales, podría proporcionar la clave principal para su mejoramiento. Sus análisis, que fueron hechos paralelamente con el desarrollo de ICANE, sugerían que una reformulación apropiada usando una combinación de índices de la pesquería y del ambiente podría explicar hasta más del 80o/o de la variación total del reclutamiento entre 1961 y 1976, esto es, incluyendo el período del cambio drático en el tamaño del stock. Una precisión de tal nivel restablecería claramente un modelo útil para la administración, a condición de que la confiabilidad del sistema de correlación pudiera ser puesta a prueba. Desafortunadamente la serie de datos en que se basa el índice ambiental no es disponible después de 1976.

El trabajo de ICANE por Ware y sus asociados de IMARPE contribuye considerablemente a reforzar la creencia de que el sistema de predicción de Csirke podría ser probabo y mejorado. En el primer paso de este proceso Ware y Tsukayama proponen la aplicación de un modelo desarrollado por Ware y que se basa en su experiencia con las pesquerías de la costa oriental del Canadá. En este modelo, el proceso de producción que va del stock adulto al subsecuente reclutamiento se divide en dos partes principales: (1) stock de anchoveta adulta a producción de huevos, y (2) huevos a reclutas. La primera parte de este sistema puede ser investigada mediante una combinación de observaciones de la abundancia de huevos y del tamaño del stock en el mar conjuntamente con estudios de laboratorio sobre la fecundidad y el flujo de energía en la alimentación y el crecimiento. Trabajos preliminares de este tipo incluyendo datos comparativos sobre anchoveta y sardina se comenzaron en Samanco y fueron presentados en la reunión de trabajo por Tsukayama, Villavicencio y asociados y Sánchez. Los primeros cálculos de Ware usando los datos obtenidos sugieren que los fenómenos asociados con la producción de huevos y el stock desovante dan cuenta de algo menos que la mitad de la variación observada en las relaciones stock-reclutamiento.

La segunda fase de este modelo concierne a la sobrevivencia de los huevos hasta llegar a reclutas, pero, particularmente, la sobrevivencia de los estadíos larvales intermedios, puesto que ha habido abundante evidencia de varias poblaciones de peces en el mundo según la cual las mortalidades más altas se dan en los estadíos larvales. Se considera con frecuencia que el factor más importante para la sobrevivencia de las larvas es la disponibilidad de alimento al tiempo de la primera alimentación, aunque también se ha especulado mucho con la idea que una deriva hacia regiones "inapropiadas" o la predación de varios predadores, incluyendo en este caso a la anchoveta adulta, pueden ser de igual importancia.

El plan ICANE incluyó una cantidad de proyectos dedicados a la distribución, alimentación, sobrevivencia y predación larval, tanto en el mar como en el laboratorio. Los informes de Ware, Mendiola, Newhouse y sus asociados muestran que las larvas de la anchoveta peruana son algo similares a las de la especies californiana pero las primeras parecen tener una myor plasticidad. Esta plasticidad haría que la anchoveta peruana fuese una especie mejor capacitada para adaptarse al rango de condiciones alimentarias presentes al momento del agotamiento de las reservas de alimento contenidas en el vitelio. Sin embargo las larvas pueden tener preferencias por particulares especies como alimento y por lo tanto pueden sobrevivir y crecer mejor en presencia de esas especies (Ochoa y Mendiola).

Los estudios de campo de Sameoto con el muestreador BIONESS han mostrado que las distribuciones de larvas de anchoveta y sardinas parecen indicar diferencias significantes en la distribución vertical. El trabajo de Herman con el muestreador "Batfish" y el de Mackas y asociados con la bomba vertical y el contador de plancton indican que los alimentos adecuados para las larvas estuvieron también fuertemente asociados con la termoclina. Es bastante interesante, sin embargo, que en esta misma profundidad se encuentra concentrado el zooplancton que en cierta medida compite por el mismo alimento con las larvas de peces. Esta fuerte conjunción de varias formas en la termoclina sobrepasa lo que anteriormente se esperaba y hace que la tarea de construir modelos predictivos para esta fase del ciclo vital de la anchoveta sea dependiente de mediciones adicionales. Pero de todos modos sugiere que los simples argumentos basados en canibalismo de huevos y larvas por peces adultos quedan cuestionados. No hay duda que la anchoveta adulta y probablemente las sardinas comen cantidades de larvas de anchoveta cuando estas están presentes, pero el trabajo de Alamo muestra que los adultos también consumen buenas cantidades de zooplancton que son competidores y predadores de las larvas. Desafortunadamente los intentos de ICANE para medir directamente las tasas de sobrevivencia larval se frustaron debido a la no esperada temprana terminación del desove de la anchoveta en noviembre de 1977 (Dickie).

Debe concluirse tentativamente que los datos no justifican funciones de mortalidad dependientes de la densidad más altas que las empleadas por Ware et al. en la segunda parte de su modelo. En el presente estudio Ware et al. han empleado el índice de Csirke para el cambio ambiental en la segunda parte del modelo, de lo cual parece que esta fase de la sobrevivencia larval es responsable de más de la mitad de la variación de año a año en el reclutamiento de la anchoveta. En resumen, hasta ahora los resultados sugieren que la información que tenemos proporciona la misma fuerza explicativa general permitida por el modelo de Csirke pero que, además, parece que explícitamente identifica los principales mecanismos que básicamente operan en las variaciones del reclutamiento. Esto es, se trata de un nuevo modelo que, empleando la corrección de Csirke, proporciona por lo menos un método para chequear los índices que usa la administración, derivados de los métodos existentes y que hasta puede ser una base para reemplazarlos.

Así pues los resultados de ICANE han confirmado ampliamente la hipótesis de Csirke respecto a la necesidad de incluir parámetros ambientales en los modelos usados por la administración. Ciertamente, en términos generales uno esperaría que mientras más extenso sea el lapso durante el cual se observa el ecosistema de un recurso natural como la anchoveta, mayor debe ser el "universo" a incluirse en el modelo que pretenda predecir el recurso. En el caso peruano lo significativo del aporte de Csirke fue su reconocimiento de que la incorporación de un parámetro que refleje el cambio ambiental mejoró sensiblemente la predicción de un cambio muy grande de la población, cambio que, en ese momento, casi todo el mundo en contacto con la administración de la pesquería estaba preparado para imputarlo a la pesquería. En perspectiva después de algunos años más parece que achacar el cambio solamente a la pesquería o a los efectos del ambiente es una actitud muy simplista. En el presente nivel de entendimiento claramente aparece la necesidad de combinar ambas causas. La cuestión para la administración resulta ser entonces: "¿Cuál es la importancia relativa de estas dos poderosas fuerzas?"

Para una evaluación del proyecto ICANE es de especial importancia que los modelos construidos y puestos a prueba durante su ejecución ofrezcan las primeras posibilidades de responder a esa pregunta fundamental. Las dos partes del modelo aplicado por Ware y Tsukayama tienen diferente sensibilidad respecto a estas dos influencias principales. El tamaño del stock se usa directamente en la primera parte de su modelo y está claramente influenciado por la pesquería. En contraste, las tasas de sobrevivencia de las larvas usadas en la segunda parte del modelo son, como una primera aproximación, independientes de la pesquería. Por supuesto que la primera parte del modelo también está sujeta a los efectos ambientales y que la independencia de la segunda tendrá que ser modificada ligeramente si se encuentra que el canibalismo es muy importante. Sin embargo, aún con estas reservas, podemos decir que la fuerza de la relación stock-producción de huevos se circunscribe a los efectos de primer orden de la pesquería. Por tanto queda abierto el camino para una evaluación de la sensibilidad de los modelos a los procedimientos de administración a través del tiempo.

Todavía no se ha intentado desarrollar el estudio del sistema hasta este punto. A nuestro modo de ver ésto debe todavía considerarse como objeto de ulteriores investigaciones en las cuales la nueva derivación de un índice del tipo propuesto por Csirke debe tener una alta prioridad. Sin embargo ahí está ahora la perspectiva de un estudio exitoso. Un modelo que nos permite examinar el efecto relativo de la

pesquería es claramente un paso clave hacia el entendimiento de la importancia del control de la pesquería como elemento de la administración total.

Para concluir este tema, es importante llamar la atención al poder predictivo global de estos modelos. Los parámetros hasta ahora identificados dejan sin explicar una pequeña pero no especificada parte de la variación total del reclutamiento. Pero aún este pequeño componente podría originar efectos muy importantes aunque sólo se manifiesten con poca frecuencia. Por ejemplo, los datos de campo reunidos por Santander y Sandoval sugieren que el reciente período 1975 a 1977 puede haber sido un período crítico nuevo en la historia de la pesquería. Un alentadoramente existoso desove en 1975 parece haber sido interrumpido por un El Niño en 1976. Lo cual parece haber sido seguido de una rápida intrusión de especies norteñas y tal vez especialmente de sardina a territorio anteriormente dominado por anchoveta. Para 1979 hubo un amplio desove de sardina sin precedentes junto con un confinamiento del desove de anchoveta a pequeñas localidades de la costa. Estos eventos fueron anunciados por algunos aspectos del muestreo de ICANE en noviembre de 1977, Santander.

Todavía es muy temprano para valorar el significado de estas observaciones, como se hará evidente después de las discusiones en las secciones que siguen. Es posible que si frente al Perú, como ha ocurrido en otras partes, se está dando un cambio de dominancia de especes a largo plazo entre anchoveta y sardina, entonces los modelos que estamos discutiendo serían insuficientes para explicarlo. De acuerdo a teorías del momento, el posible curso de tales cambios necesitaría incluir en los modelos algún mecanismo por medio del cual la biomasa de sardina y otras especies pelágicas afecte al reclutamiento de anchoveta. La predación y el canibalismo podrían proporcionar tal mecanismo, quedando abierto el camino para especular sobre posibles formulaciones del mismo. Lo que es aparente de la información disponible hasta ahora, sin embargo, es que cualquier relación de este tipo debe operar muy débilmente en el caso peruano. Los amplísimos cambios de condiciones que ya se han observado parecen proporcionar **a priori** grandes oportunidades para cambios profundos. La elasticidad histórica de la configuración básica de este sistema no ha proporcionado todavía fundamentos para rechazar la hipótesis de que se trata de un área natural de producción que tiene propiedades poco corrientes, sino únicas, que de alguna forma contribuyen a su estabilidad a largo plazo.

(2) Productividad General:

Al tratar de entender el cuadro general de la producción en la plataforma peruana se necesita identificar y medir los mecanismos que afectan todo el complejo de especies. Estos mecanismos pueden ser indexados por factores del sistema trófico o del ambiente. Una parte considerable del trabajo de campo del ICANE se dedicó al muestreo exploratorio de estas fases del sistema.

En esencia la más amplia cuestión de predicción en todo el sistema de producción reclama cuestiones adicionales tales como "¿Porqué ha sido esta área una productora tan especial comparada con los sistemas de afloramiento de otras partes del mundo?" los trabajos de ICANE por Platt, Harrison, Pocklington, Sheldon y otros se ocupan de este asunto, en algunos casos por comparación directa con otras regiones. A partir de sus análisis es claro que la explicación se relaciona a la configuración física de la costa del Perú y el impacto que sobre ella tiene los eventos de la circulación atmosférica y la del agua a escala de semanas o tal vez de meses, estaciones y años. Es cierto que los índices de producción primaria desarrollados por Platt y Harrison muestran que las características de producción de los organismos en sí no son únicos. Pero si pueden serlo la estructuración vertical y horizontal de la columna de agua. Los resultados de Sheldom apoyan la existencia de una importante estructuración vertical observada por Herman. Las peculiaridades de las distribuciones horizontales y su relación con el afloramiento están ilustradas por Zuta y Guillén (1977, y comunicación personal) a base de intensos muestreos anteriores. No hay pues duda que la circulación horizontal y vertical que se dan a estas escalas tienen una repercusión importante en la distribución de huevos y larvas (Santander y Sameoto), del zooplancton (Santander, Boyd, Herman, y Owen) y de los mismos adultos (Canales).

Son los análisis de Towill, quien examinó los datos de oceanografía física disponibles, los que confirman nuestras expectativas de que los fenómenos que ocurren a escalas mayores pueden ser responsables por una fracción significativa de la variancia física observada en el tiempo. Estos resultados implican la presencia de funciones ambientales posiblemente remotas pero importantes que afectan todo el sistema. Desafortunadamente el plan de ICANE para recobrar un correntómetro de CUEA anclado un poco al sur del área de ICANE diez meses antes no tuvo éxito. Parecería que el anclaje se perdió o enredó o que el mecanismo de liberación no funcionó bien. De este modo se perdió una valiosa fuente de información acerca de la fuerza y periodicidad de los elementos de influencia ambiental mayores.

A pesar de estos inconvenientes con los registros de datos a escala mayor, la información que existe permite percibir cuales pueden ser los efectos importantes en el ambiente de los peces. Un modelo preliminar de tal tipo referente al sistema de producción primaria fue brevemente presentado en la reunión de trabajo de ICANE por Guillén. Haciendo asunciones provisionales acerca de los datos de producción primaria y de los requerimientos de alimento de los reclutas, encontró algunas indicaciones de que el ali-

mento disponible para los reclutas puede en sí mismo ser un factor limitante en algunos años. En particular, sus resultados sugieren que puede haber habido escasez de alimento para las larvas en el período que comenzó en 1971, antes de que la brusca caída de los stocks adultos fuera observada. Tales sugerencias serían de primera importancia cuando se trata de modelos predictivos amplios los que, provean o no predictores del sistema de pesquerías a corto plazo, permiten hacer inferencias, originadas en varias fuentes desde nutrientes hasta abundancia de peces, respecto a la existencia de un balance de producción interdependiente entre las diferentes fases de la estructura trófica.

La posibilidad de un balance poblacional entre varios stocks de peces, presumiblemente como resultado de sus complejas asociaciones tróficas, fue demostrada por Jordán en su resumen, durante la reunión de trabajo, de los recientes cambios de tipo compensatorio en los desembarques y en las biomasas estimadas de las especies de peces pelágicos sobre la plataforma. El intento de ICANE de comprobar estos cambios a través del tiempo mediante la colección y análisis de "cores" geológicos no prosperó. Se obtuvieron cinco cores en la plataforma, de los cuales uno sólo resultó completamente adecuado para el análisis y otros dos produjeron datos de utilidad cuestionable (Vilks, Rashid y Delgado). El core completo reveló que ha habido una extensiva reestructuración de los sedimentos **in situ**, algunas de ellas de proporciones catastróficas posiblemente relacionadas con terremotos. La comparación de los cores demuestra condiciones de sedimentación diferentes aún en muestras muy cercanas unas de otras. La importancia potencial de los registros dejados en los cores justifica nuevos esfuerzos para mejorar la información mediante el muestreo de otros sitios. Si bien las series de sedimentación extensas son difíciles de encontrar, las secuencias cortas ordenadas serían valiosas. En cuanto a índices de balance poblacional, sólo disponemos por el momento de cambios pesqueros y ambientales de historia relativamente corta y de comparaciones con otras áreas.

Otra área potencialmente importante en la que la variabilidad del ambiente es ampliamente demostrada es la de los estudios del zooplancton. Los informes de Alamo y de Ware y Mendiola confirman que hay organismos zooplanctónicos importantes como alimento en diversas etapas de la vida de los peces. Estudios anteriores en otras áreas han enseñado la existencia de estructuración vertical y horizontal en las concentraciones y en las comunidades de especies y de tamaños de individuos en el zooplancton de un sitio cualquiera. Los muestreos que en el ICANE realizaron Sameoto, Boyd, Herman, Santander y Dickie confirman esta estructuración distinguiendo al mismo tiempo patrones aparentemente significativos de carácter espacial, diurno y de más de un día. En algunos casos estos patrones están relacionados con aspectos saltantes del ambiente físico y del fitoplancton.

De particular interés para el proyecto ICANE es la aplicación hecha por Boyd y Smith de un modelo de producción de zooplancton desarrollado por Boyd y sus asociados a los datos de distribución del Perú. Los patrones que resultan permiten que por primera vez se aprecie el significado de los frentes oceanográficos evidentes en las distribuciones del zooplancton. Si bien la técnica está en sus primeras etapas de desarrollo, es interesante la sugestión de una coincidencia de alta producción secundaria con las áreas de deposición de huevos de anchoveta. La confirmación de este tipo de efectos robustecería la hipótesis que, de las características de las masas de agua, aquellas relacionadas con la capacidad para mantener el crecimiento son de primordial importancia para las poblaciones de peces, sobrepasando la importancia de los aspectos canibalísticos y de los competitivos del zooplancton.

Esta inferencia contribuye también a subrayar el probable significado de la heterogeneidad espacial del total del área productora de anchoveta y el posible significado de la topografía local en la determinación de rasgos importantes de la estructuración del ecosistema a lo largo de la costa. Esta estructuración espacial es con toda claridad una influencia determinante de importancia, hecho que ha sido ampliamente reconocido en los programas de exploración y muestreo de IMARPE y fue tomado en cuenta cuando se proyectó el trabajo de campo de ICANE para el área de Chimbote. La presencia de tal estructuración sugiere que un mayor entendimiento de los factores que operan a escalas menores en el control de la producción de peces puede ser impulsado en futuros programas mediante la deliberada adopción de diseños de muestreos y análisis de carácter ecológico comparativo entre sub-sistemas geográficos.

(B) EVALUACION DE LAS NUEVAS TECNICAS PUESTAS A PRUEBA EN ICANE

Los proyectos y resultados discutidos en la sección antecedente se ocupan de dos clases de procesos: los procesos distributivos que determinan la ocurrencia de propiedades físicas, químicas y biológicas en el espacio y tiempo que en general parecen darse a lo largo de la costa en sub-sistemas de masas de agua discretas pero más o menos acoplados; y los procesos continuos bioenergéticos que abarcan la dinámica entre subsistemas y que estarán incursos en cualquier medida del acoplamiento entre ellos. Generalmente los primeros procesos tienen que ser descritos mediante muestreos de campo. Los segundos son por lo general objetos de estudio de laboratorio y raramente pueden ser medidos satisfactoriamente si no se dispone de facilidades de laboratorio. El proyecto ICANE abarcó ambas clases de proyectos.

Las propiedades distributivas fueron el objeto de las investigaciones de los barcos en crucero. Algunos de los trabajos más sofisticados fueron posibles sólo por la disponibilidad del CSS BAFFIN. Si bien

es de escasa utilidad enumerar todas las operaciones, hay que indicar que el trabajo exploratorio del muestreo geológico, las operaciones del Batfish, del BIONESS, y del Guildline CTD dependieron del BAFFIN desde el aparejamiento para su manejo fuera de borda hasta el suministro de fuerza eléctrica para el registro y la computación. El hecho que una extraordinaria variedad de equipo haya funcionado sin dificultades y con eficiencia en aguas no familiares y lejos de su base es un mérito de la tripulación y del trabajo de los científicos en equipo. La medición de una larga serie de propiedades físicas, químicas y biológicas fueron hechas a una escala mucho más fina e intensa de lo que antes fue posible.

Tres de los equipos especiales que operaron en ICANE son de particular interés porque conciernen a los futuros programas de IMARPE. Un contador para el estudio de distribuciones verticales y horizontales de fitoplancton y zooplancton fue construido en IODAL para ser donado a IMARPE. Las fases de electrónica, registro y computación de este equipo funcionaron sin fallas durante el crucero. Pero desafortunadamente el aparejamiento provisional para el sistema de bombeo y recolección, nuevo dentro de la operación corriente del BAFFIN, no funcionó tan bien y la excelencia de los datos colectados se obtuvo a costa de considerables esfuerzos y trabajo fuera de hora de la tripulación. Este equipo ha sido instalado en forma más satisfactoria en el BIC "Humboldt" peruano.

Un segundo equipo sofisticado proporcionado por el Canadá fue la cámara de televisión submarina para usarse en conexión con las mediciones acústicas de la abundancia y comportamiento de los peces. Como no existían partes de consola adecuadas para este equipo, se construyeron y ensamblaron especialmente en Halifax. Este equipo también funcionó sin fallas durante las operaciones del SNP-1 y desde entonces ha sido usado con éxito por IMARPE como un sistema de registro en conexión con estudios de actividad de peces en laboratorio.

El tercer equipo fue un contador computarizado, el Echo Counting System (CECS), desarrollado en BIO y transportado por el BAFFIN para su operación a bordo del SNP-1 donde se usó con éxito durante dos seamanas en pruebas paralelas con el Sistema Eco Integrador regularmente usado en el Perú en los cruceros para determinar la abundancia de peces. Se realizó una serie de configuraciones de cruceros experimentales utilizando los dos sistemas conectados en diferentes formas. Desafortunadamente, los datos canadienses no pudieron ser procesados a tiempo para la reunión de trabajo. Los científicos han estado trabajando en estecha cooperación en la etapa de procesamiento de datos y continúan haciéndolo para identificar los problemas de análisis e interpretación que al momento causan inseguridades en la comparación directa. Se esperaba que la información del contador de ecos haría posible la intensamente deseada obtención directa de datos sobre la relación entre la recepción acústica y la abundancia real de peces bajo diferentes condiciones de longitud de pez, dentro de la densidad y profundidad de cardúmen dados. Información de esta clase podría ser particularmente útil para la ampliación de los cruceros acústicos de IMARPE a otras especies además de la anchoveta que ahora están apareciendo en abundancia a lo largo de la costa peruana. Existen sin embargo todavía problemas persistentes en la interpretación de los ecos de un sólo pez en contraste con la de ecos de varios peces. La continuación del procesamiento de datos se lleva a cabo sin costos adicionales para ICANE.

No todo el trabajo de campo se hizo con equipo sofisticado. Un simple muestreador de neuston (para muestrear organismos en una delgada capa junto a la superficie) se desarrolló en BIO y se probó en aguas peruanas en el crucero de ICANE. Su uso confirmó, de manera simple y práctica la distribución muy superficial de la anchoveta y sardina juveniles, colectando cantidades significativas. Este simple dispositivo ha sido reproducido por IMARPE para su posible uso rutinario en los cruceros llamados Eureka.

Además de estos equipos especiales, en el BAFFIN se usó con fines comparativos una variedad de dispositivos de muestreo que en el pasado han sido usados por IMARPE. Tomados en conjunto, los resultados muestran algunas diferencias en la eficiencia de ciertas artes para capturar diferentes tipos de organismos y gamas de tamaño. La comparación detallada de conjuntos de datos seguirán probablemente por un tiempo conforme se emprenda más y más análisis de información básica. Si bien los resultados obtenidos hasta ahora confirman en general que el equipo convencional opera bien bajo ciertas condiciones, es obvio que tales muestreadores no pueden ser usados en la medición de ciertas características finas de la estructura que pueden ser significativas en las investigaciones futuras. Volveremos a esto mismo en la última sección de este informe.

Tal vez el impacto más saltante del ejercicio ICANE en el desarrollo de nuevas técnicas ha sido en relación a la segunda clase de procesos que hemos llamado procesos continuos bioenergéticos. Durante el proyecto se diseñó un sistema para mantener peces en agua de mar corriente (aquatron) cuyas partes fueron construidas en la Universidad de Dalhousie. Las primeras partes fueron transportadas por el BAFFIN y las demás por transporte comercial al Perú. Todo el sistema fue ensamblado en IMARPE por personal de Dalhousie. Después de algunas dificultades iniciales relacionadas con condiciones desconocidas e inesperadas del agua, el sistema ha comenzado a trabajar muy satisfactoriamente. Parece que es imposible resolver algunos de los problemas originados por el bajo contenido de oxígeno o por los pequeños organismos causantes de aguajes que ocurren esporádicamente en verano, por la cual el mantenimiento de animales por largos períodos en este sistema es riesgoso. Sin embargo, los experi-

mentos previstos acerca de parámetros fisiológicos y energéticos de varias especies y diversas etapas de sus vidas son fácilmente modificables para evitar los efectos de estos inconvenientes. El trabajo que ya ha sido hecho en estas instalaciones, usando también otros equipos de laboratorio suministrados por el proyecto, es un buen paso hacia la justificación del esfuerzo empleado para ensamblarlas.

(C) TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

El Instituto del Mar se fundó en 1960 (como Instituto de Recursos Marinos) con el objetivo de que su función primaria sería la compilación de información referente a la pesquería a un nivel de detalle científico que hiciera posible proporcionar una firme base para la administración. Como hemos visto, en el transcurso del tiempo se han dado eventos que al afectar el sotck han conducido al entendimiento de que la base científica del asesoramiento debe ser ampliada respondiendo a la necesidad de realizar observaciones en una escala que no fue considerada necesaria hae 20 años. Este cambio de punto de vista en el caso de las pesquerías peruanas es paralelo a las experiencias de la administración pesquera en todo el mundo, pero aquí tal vez es más claro debido a los efectos catastróficos y violentos del fenómeno El Niño unidos a la ya pasada rigurosa dependencia de la pesquería en una sóla especie.

El ejercicio ICANE fue por consiguiente llevado a cabo en un sistema que ya era bien conocido, y que era objeto de activos y sofisticados estudios por bien entrenados y experimentados científicos. Debido a la pasada importancia de la pesquería peruana a nivel mundial, el IMARPE ha sido como una encrucijada para los científicos de muchos países y de las agencias internacionales interesadas en el estudio del sistema y en la promoción de su administración efectiva. La invitación del Perú al Canadá refleja el interés mutuo en la aplicación de técnicas avanzadas en el trabajo de campo y laboratorio en un esfuerzo para mejorar algo que ya se encontraba en un alto nivel de observación y entendimiento.

El éxito de ICANE es reconocido por todos los participantes precisamente porque con claridad este ejercicio ha resultado en un aumento importante de los conocimientos de los dos grupos principales de participantes. Esto a su vez ha resultado en un aumento global significativo en la apreciación de la importancia de los factores que afectan la pesquería y del conocimiento de los métodos para medirlos e indexarlos.

En la parte peruana por consiguiente el principal aspecto de transferencia de tecnología fue la adquisición de equipamiento y de la correspondiente instrucción para su uso cuando localmente no existía la capacidad para su diseño ni construcción. En todos los casos el equipo en cuestión fue donado a IMARPE y usado por personal de IMARPE durante el período principal de actividades a finales de 1977, o usado en reuniones especiales en el Callao y en Halifax/Dartmouth durante 1978.

Subsecuente a las operaciones con el equipo de campo y laboratorio se emprendió una serie de intercambios de personal en los cuales la principal actividad fue el análisis de los datos anteriores de IMARPE o de ICANE por científicos peruanos y canadienses en forma conjunta. En este proceso se trató de introducir nuevas técnicas de análisis dada vez que la naturaleza de los datos así lo requería o la oportunidad lo indicaba, lo cual en realidad sucedió en varios casos.

El alcance efectivo del experimento está dado por los resultados de la reunión de trabajo que demuestran considerable éxito en la aplicación de técnicas nuevas y en el valor particular de cada trabajo. Retrospectivamente parece cierto que las posibilidades de análisis en forma conjunta estuvieron lejos de ser agotadas. Queda poca duda de que el nivel de mutuo entendimiento alcanzado podría ser utilizado eficazmente más adelante en el proceso de construir un sistema de asesoramiento de la administración más preciso y confiable.

(D) IMPACTO EN LOS PROGRAMAS FUTUROS

En la teoría cualquier predictor de un sistema no sólo debe reunir ciertas características de precisión y confiabilidad sino que también debe basarse en menos datos que los que se requirieron originalmente para su formulación. Este proceso lógico es a menudo difícil observar cuando se trata de ecosistemas tal como se ilustra con el caso de la evolución del asesoramiento para la adminitración de la anchoveta peruana. La experiencia de los últimos años indica que la gama de variables que deben tomarse en cuenta es más amplia que la que la teoría pesquera de la década de los sesenta consideraba necesario. Consecuentemente los científicos peruanos de IMARPE han tenido que desarrollar desde 1971 una variedad de nuevos índices del estado de la población, incluso relativos a exploración acústica de stocks de adultos, y exploraciones de huevos y larvas y de reclutas. Los cuales son usados en una secuencia anual con la intención de mejorar la precisión de la medida del estado actual de los stocks como una base para establecer una "Captura Total Permisible" para la pesquería del próximo año.

En la década de los sesenta la extensión de la información obtenida por exploración que se juzgaba apropiada era pequeña puesto que los datos que se obtenían eran tomados como que reflejaban los parámetros de un modelo general que proporcionaría un índice de la dirección a largo plazo de los cambios en el stock y la pesquería. Las ocurrencias de 1972-73 y más recientemente de 1976-77 hicieron obsole-

to este marco de referencia e hicieron necesario un aumento considerable de la cantidad de datos de observación aún para el caso de evaluaciones a corto plazo. La preocupación por un nuevo modelo se mantuvo pues a la expectativa que el mismo haría posible una reducción del costo de monitoreo al mismo tiempo que rendía más confiabilidad y precisión.

El estado actual de nuestro conocimiento del ecosistema de la anchoveta no permite todavía una reducción confiada de la densidad o de la extensión de las exploraciones. Desde el punto de vista lógico, hay que reconocer que nuestras teorías actuales acerca de la dinámica de este sistema hacen uso de toda la información disponible y procesable por los participantes de ICANE. Es necesario verificar los modelos con otros datos. En este contexto lo importante sin embargo es que como resultado de los esfuerzos cooperativos ha emergido por lo menos un nuevo modelo del sistema mientras que otros están implícitos en los análisis. El modelo de Ware tiene sobre modelos anteriores la ventaja de que por la menos algunas de sus partes se pueden expresar explícitamente en términos de los mecanismos subyacentes en el modelo. Es por lo tanto suceptible de ser probado a un nivel inmediatamente más accesible que el caso de los que necesitan el largo proceso de validación mediante la adición de un punto anual en los diagramas de correlación.

Es en el sentido de verificación de mecanismos e identificación de las escalas en que operan, que los resultados de ICANE impactarán más inmediatamente los programas de IMARPE. Es claro, por ejemplo, que la operación del modelo implicaría cierta compensación fisiológica en las tasas de fecundidad. Para verificar esto sería necesario reforzar nuevas investigaciones especiales en vez de una reducción de lo que ya está hecho. En forma similar, los datos sobre hábitos y preferencias alimentarias de los adultos, especialmente en relación al canibalismo, son todavía muy raros y circunstanciales. Para verificar la importancia de este mecanismo se necesitará una combinación de observaciones de campo y de laboratorio. El modelo general de alimentación de Guillén depende fuertemente de estimaciones de las tasas de pastoreo de larvas y juveniles e informaciones similares sobre las tasas comparativas del pastoreo de anchoveta, sardina y otras especies en varias de sus etapas de vida serán necesarias para modelos más generales sobre la biomasa del sistema. Todos estos fenómenos requerirán más estudios.

Lo que antecede no implica, sin embargo, que un futuro predictor del ecosistema de la anchoveta, o aún de todo el ecosistema de las pesquería incluirá necesariamente el monitoreo de todos estos fenómenos. De hecho esto ya es aparente en la efectividad del índice de influencia ambiental de Csirke. Indice que fue desarrollado por él a partir de datos sobre los cambios estacionales en el éxito de la pesca y que parece indicar una concentración de los stocks desovantes en una pequeña parte del área costera potencialmente habitalbe. El índice parece medir una respuesta a la influencia del ambiente y su efectividad como un término de corrección en el modelo de Ware puede ser un resultado directo del efecto de la concentración del stock en el canibalismo o en la predación de larvas o de juveniles. La verificación del mecanismo puede entonces significar que el índice de Csirke, o algún sustituto basado en otros datos, proporcionará un parámetro predictivo barato y suficientemente preciso de un complejo mecanismo. Los anlisis de Ware llegan aún a sugerir que el índice de Csirke estuvo estrechamente correlacionado con desviaciones de la temperatura alrededor de una óptima para el desove, un parámetro que sería relativamente fácil de estimar. Es claro que cualquier esfuerzo dedicado a la exploración del índice de Csirke y al desarrollo de un sustituto (posiblemente basado en datos acústicos, por ejemplo) puede ser una de las formas más eficientes de usar el tiempo de investigación.

Los resultados de ICANE sugieren dos puntos adicionales que deben tenerse en cuenta en futuros programas. Claramente emana de los datos que el área de muestreo de ICANE correspondió solamente a uno de los varios sub-sistemas de producción que existen en relación a la geografía del afloramiento. Hay una fuerte probabilidad de que tales áreas operen en formas ligeramente diferentes y a diferentes tiempos. En particular, probablemente se diferencian unas de otras en cuanto a su sensibilidad a las perturbaciones ambientales. Los esfuerzos para determinar si estas áreas separadas de producción sostienen poblaciones de juveniles y adultos parcialmente separadas o no serían justificados. Si fuese medible el grado de interdependencia o de mezcla de los stocks de adultos desovantes, sería posible establecer pruebas de predictores separados para estos sub-sistemas acelerando así el proceso de verificación e implementación.

Finalmente debe señalarse que mientras debemos reconocer el punto de vista que el sistema biológico depende en última instancia del ambiente físico, tenemos poquísima información precisa acerca de las variaciones físicas o de los factores que las controlan en la plataforma peruana. La mayor parte de las pruebas biológicas mencionadas arriba asumen que las respuestas importantes de los organismos a los factores ambientales pueden ser descritas por medio de observaciones a pequeña escala. Pero existe una probabilidad significativa que rasgos importantes de perturbación y respuesta puedan darse fuera de esos marcos de referencia. La construcción de modelos que efectivamente abarquen el tamaño del sistema actualmente en operación requiere por lo menos un análisis expectral de los eventos ambientales desde el orden de días hasta eventualmente el de años pasando por el de meses. Un dispositivo poderoso para obtener esta información sería una serie de correntómetros anclados en localidades apropiadas a lo largo de la plataforma. Dados los datos este tipo se puede entonces extender el análisis a escalas ma-

yores mediante un juicioso uso de los registros de viento o de registros detallados de los niveles de marea en estaciones de la costa. Es esencial conocer a qué frecuencias se disipa la energía expresada en el total de la variancia. Parecería que esta clase de información debe ser considerada de alta prioridad en los programas dedicados a la administración de los recursos de la costa peruana. Tales datos serían especialmente importantes en los estudios dirigidos hacia un entendimiento de la estabilidad global del nuevo complejo de stocks.

Finalmente, volvemos al estudio geológico de los patrones de deposición en la plataforma continental del Perú. Aunque el primer intento de muestreo mostró un vigoroso reacondicionamiento de los sedimentos en algunas áreas, es probable que en otras, particularmente en las que son pobres de oxígeno, se encontrarán períodos de mayor estabilidad. Otros grupos también han tomado muestras en la plataforma continental y sus resultados sugieren la existencia de secuencias ordenadas del material depositado. Debería emprenderse nuevos intentos para identificar y muestrear tales localidades en la región del sistema productor de anchoveta. Esos datos proporcionarían el índice más inmediato de los patrones de productibidad y estabilidad a largo plazo.

CONCLUSIONES

Al proponer un proyecto tal como ICANE, que depende del desarrollo y aplicación del conocimiento científico a un problema práctico de gran magnitud, se encuentra inevitablemente un conjunto de imponderables. En primer lugar no se puede prever con confianza exactamente qué clase de observaciones serán necesarias, y solamente una idea muy general acerca de qué clase de información será producida por una técnica particular. En segundo lugar no podemos saber qué clase de cambios ocurrirán en el sistema. Finalmente, no podemos prever qué contribuciones científicas individuales podrán dar origen a nuevas síntesis de significación o relevancia para su aplicación.

El proyecto ICANE no es una excepción a estas generalizaciones. El comité científico, que escogió los programas detallados, operó necesariamente basándose en reglas muy generales para juzgar el mérito científico de las proposiciones y la capacidad del personal. Al comparar las proposiciones preliminares incluidas en el informe de progreso del administrador (Doe, 1978) con los resultados aquí descritos aparece claramente que no todos los proyectos han respondido a la expectación de sus autores. Otros que desde un punto de vista lógico eran efectivos, fueron luego encontrados sin relación inmediata con los objetivos principales del programa. Todavía otros pueden resultar relevantes cuando se emprenda análisis adicionales. Se puede reconocer que casi todos los casos ofrecen la posibilidad de reanalizarlos desde diferentes puntos de vista. En el transcurso de la reunión de trabajo se reconoció individualmente casi sin excepciones que aún cambios menores en los análisis previos podían conducir a clarificar la relación de sus resultados con los resultados de otros. La mayor parte de los informes presentados en este boletín han sido reescritos a consecuencia de las discusiones en la reunión de trabajo. Otros proyectos no rindieron la información que de ellos se esperaba porque el sistema en sí resultó ser diferente de lo imaginado.

Sin embargo, lo más importante para el proyecto ICANE fue precisamente el cambio del ecosistema de la anchoveta. Los términos de referencia originales del proyecto cooperativo enfatizaban la importancia central de la anchoveta, en parte porque la administración todavía esperaba una posible recuperación después de la caída de 1972-73, y en parte porque los sucesos de 1975-76 sugerían la posibilidad de que el sistema pudiera revertir a su primer estado como consecuencia de las restricciones impuestas a la pesca. Si bien todas las personas interesadas eran concientes de los remarcables cambios en la composición de especies en otros ecosistemas pelágicos de afloramiento en otras partes del mundo, la gran productividad de la costa peruana en la década de los setenta parecía colocar el sistema peruano aparte de los otros. No fue pues sino cuando se ensambló los datos de 1979 que comenzó a apreciarse la verdadera extensión del cambio. Así es que ahora las cuestiones de mayor importancia son las de la estabilidad o transitoriedad de la nueva configuración.

Es probable que si hubiese existido un conocimiento anticipado de la posible extensión de los cambios en el sistema peruano la forma de ataque de los problemas encontrados por ICANE hubiese sido algo diferente. En particular, los ptrones de muestreo podrían haber sido distribuidos más ampliamente y una mayor proporción del trabajo de campo se hubiera realizado fuera de la costa. Pero está en la naturaleza del trabajo científico el comenzar por una descripción del sistema-objeto y proceder luego hacia una generalización que recién puede enfocarse en el caso particular. En este caso debe reconocerse que los modelos aplicados a la anchoveta se desarrollaron primero en otros contextos y se les generalizó hasta una forma que permitiese su aplicación a parámetros específicos de la anchoveta. Este proceso implica algunos ajustes y correcciones. En cuanto a los resultados discutidos aquí, por ejemplo, el modelo básico de la pesquería podría muy bien aplicarse a la sardina o al jurel, pero nuestro muestreo indica una distribución de los huevos y larvas de sardina ligeramente diferente. Es entonces posible que el índice ambiental de Csirke desarrollado a partir de las observaciones de distribución de la anchoveta no opere en la misma forma para la sardina. Esto quiere decir que el trabajo acerca de la anchoveta y su ecosistema es de tanta utilidad para analizar las poblaciones de ésta como para las de sardina, pero

es necesario tener en mente la posibilidad de que el cambio de aplicación puede necesitar algo más que una simple sustitución de valores de parámetros de una a otra especie. La principal diferencia entre un proyecto planeado en 1976 y otro en 1979 consistiría probablemente en la amplitud de los ángulos de ataque. Al presente la preocupación es alrededor de la interacción de las dos especies y no alrededor de cada una por separado. Con seguridad esta diferencia se reflejará en cualquier futuro trabajo sobre estos grupos.

Lo que lo anterior implica es que uno de los principales frutos de esta clase de ejercicio debe ser el desarrollo de la capacidad de los grupos asesores de la administración para adaptarse a problemas y condiciones cambiantes dentro de lo que llamamos el "mundo real". Un predictor perfecto pero sólo para el sistema de la anchoveta sería de un valor práctico limitado en las circunstancias actuales.

Desde este punto de vista quedan pocas dudas acerca del éxito y el significado del proyecto ICANE. En otras palabras, además de los resultados específicos, ha contribuido a crear la capacidad de entender un sistema dinámico más amplio y más específico que el que existía anteriormente. Aunque esto será completamente demostrable solamente en el futuro asesoramiento de la administración, fue claramente evidente en las amplias discusiones de la reunión de trabajo y también lo será para el lector de los informes analíticos que se incluyen en este boletín.

REFERENCIAS

DOE, L. 1978. Project ICANE. A progress and data report on a Canada Peru study of the Peruvian anchovy and its ecosystem. Bedford Institute of Oceanography, Report Series BI-R-78-6

GUILLEN, O., R. CALIENES y R. RODAN. 1977. Medio ambiente y producción primaria frente al área Pimentel-Chimbote. **Bol. Inst. Mar. Perú Callao.** 3: 107-159.

VALDIVIA, J. 1978. The anchoveta and El Niño. Rapp. et Proc verb., Con. Int. Exp. Mer. 173: 196-202.

ZUTA. S., T. RIVERA and A. BUSTAMANTE. 1978. Hydrologic aspects of the main upwelling areas off Peru. **in** Upwelling Ecosystems; **edited** by R. Boje and M. Tomczak. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1978. 235-257.