

5
AÑO DEL LIBERTADOR MARISCAL CASTILLA

BOLETIN



*de
la*

Compañía Administradora del Guano

La Expedición a Sudamérica de Yale: Estudios Oceanográficos

Por: Gerald S. Posner

Osborn Zoological and Bingham Oceanographic Laboratory Universidad de Yale

Una pregunta que a menudo nos hicieron los peruanos fué el por qué de nuestra venida al Perú. En esa época estábamos generalmente tan ocupados que nunca fuimos capaces de dar una respuesta completa a pregunta tan importante. Es indudable que hubo una poderosa razón para que permaneciéramos tres meses en un país situado a 4,000 millas del nuestro y para que trajéramos embarcaciones y tanto equipo científico.

La respuesta, por supuesto, estriba en las singulares propiedades físicas y biológicas de la Corriente del Perú.

Para tener un claro entendimiento de las cualidades únicas de las aguas costaneras peruanas y para comprender por qué son tan interesantes e importantes a todo ser, tanto como a los peruanos, debemos primero fijarnos en algunos conceptos fundamentales.

Uno de ellos es el ciclo alimenticio. En el mar, como en tierra la conversión del bióxido de carbono y agua en materia orgánica, en presencia de la luz y sales nutritivas* puede ser efectuada solamente por plantas que contienen clorofila. Este proceso, llamado fotosíntesis, es la parte básica del ciclo alimenticio y es efectuado en el mar casi exclusivamente por el fitoplancton (i. e. las plantas diminutas flotantes, principalmente algas unicelulares); una porción de este fitoplancton es consumido por el zooplancton (i. e. los animales pequeños flotantes) y por otros herbívoros.

El zooplancton es devorado por algunos peces carnívoros los que a su vez, son depredados por otros carnívoros tales como las aves.

Si ocurre la muerte en algún eslabón de la cadena alimenticia antes de que el organismo sea devorado, éste puede hundirse hasta el fondo en donde los animales que viven en ese medio, tales como los gusanos y cangrejos, los consumen. Por acción bacterial los fosfatos, nitratos y otras sales nutritivas retornan al agua en forma de substancias solubles inorgánicas. Si estas sales nutritivas llegan a las zonas superiores en donde haya suficiente luz y esté presente el fitoplancton, puede producirse más fotosíntesis.

Sin embargo, hay dos maneras de contemplar el ciclo alimenticio. Si se considera los organismos por cantidad de peces, cantidad de aves, cantidad de plantas, etc. se estaría estudiando las **poblaciones**, i. e., el número de organismos presentes en un tiempo dado. Si, por otra parte, se contempla el ciclo alimenticio como la formación de materia viviente en un período definido de tiempo, se está considerando la **productividad**. Quizás una ilustración casera aclarará estas apreciaciones. Un dueño de tienda se preocupa del total de artículos existentes en sus andanios y mostradores (i. e. población) o puede pensar en términos de la cantidad de mercadería que debe añadir a sus existencias para reemplazar lo vendido. A pesar de que debe conocer su inventario, el conocimiento de los artículos solicitados para reemplazar los vendidos le enseñará mucho más acerca del éxito de su negocio. Similarmente, el biólogo marino moderno se preocupa más por la cantidad de materia viviente producida por unidad de tiempo (la productividad) que por el número de organismos presentes en cualquier tiempo dado

* Tales como nitratos, fosfatos, etc. N. del T.

(la población). En resumen, la oceanografía biológica moderna se preocupa más por la dinámica (o cambios) de la flora y fauna que por sus condiciones estáticas. Lógicamente, pues, los estudios de productividad pueden decirnos la cantidad de alimentos que el hombre puede esperar del océano —problema de importancia mundial. Ellos pueden también decirnos, por ejemplo, cuántos peces se requieren para el sostenimiento de las aves guaneras. Es claro que el estudio de productividad puede suministrar nos mucha información básica valiosa.

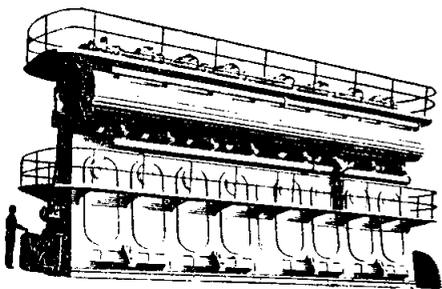
Estando de acuerdo en que la productividad es importante, ¿cómo se la mide? Los métodos actualmente en uso para medir la productividad son generalmente crudos pero pasables. Para medir el régimen fotosintético se puede emplear el método de las botellas oscuras y claras o el más reciente método de NIELSEN (1952) del carbón isotópico. El primer método, que fué el usado por el autor, depende de la comparación del contenido del oxígeno disuelto de dos botellas que contienen muestras comparables de agua de mar. Una botella se mantiene en la obscuridad y la otra en la luz para cada par de observaciones; los pares de botellas pueden ser suspendidas por una cuerda e introducidos en el mar para obtener la medida del régimen fotosintético a varias profundidades y temperaturas. En las botellas oscuras no puede producirse fotosíntesis. Luego, cualquier cambio en el contenido del oxígeno en las botellas oscuras es la pérdida debida a la respiración. Este valor es luego sumado al cambio en el contenido de oxígeno de la botella clara para llegar al cambio total en el contenido de oxígeno debido a la fotosíntesis.

Aplicando una constante, este valor en unidades de ml de oxígeno por litro puede ser convertido a unidades de materia orgánica tal como gramos de carbono. El método de isótopos mide el C14 consumido por el fitoplancton y convierte esto en gramos de carbono. Otras determinaciones de productividad suponen mediciones de los cambios del contenido de sales nutritivas del agua; estudio de las recolecciones de plancton y examen del contenido estomacal de diversas especies predatoras.

Sabemos ya por qué y cómo se mide la productividad. El próximo problema es: ¿Qué factores regulan la productividad? Desde que la productividad, como se demostró anteriormente, está tan íntimamente asociada con el ciclo alimenticio y como este ciclo depende de modo fundamental del fitoplancton, cualquier causa que afecte la producción de fitoplancton (o la fotosíntesis) afectará la productividad. La insuficiencia de luz o de sales nutritivas reducirá la fotosíntesis. La Temperatura puede tener efectos directos e indirectos. Afectará directamente al régimen fotosintético. Sin embargo, un aumento de temperatura aumentará también el régimen metabólico del zooplancton, haciendo que se incremente su consumo de fitoplancton. El régimen fotosintético no puede ser más elevado que el límite impuesto por el factor presente en cantidades mínimas. Este es el concepto de factor limitante.

La turbulencia del agua es otro factor que regula la productividad. Se mencionó anteriormente que la descomposición de organismos muertos genera substancias nutritivas que pueden llegar a las capas superficiales para ser usadas en la fotosíntesis. La turbulencia vertical de la columna de agua, puede producir esto. Sin embargo, si la turbulencia se

MOTORES MARINOS "SULZER"



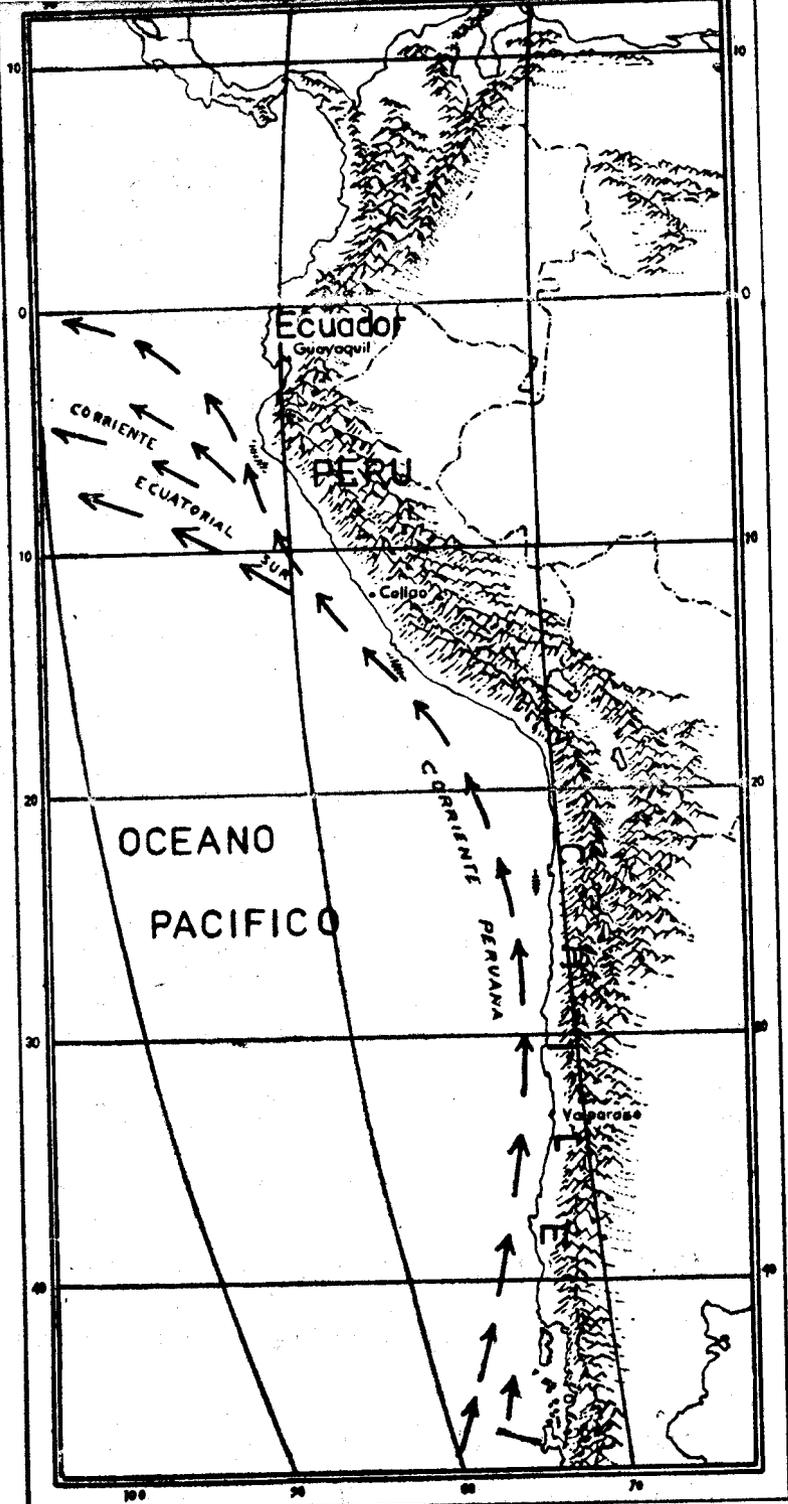
INFORMES, PLANOS Y PRESUPUESTOS

Custer & Thommen, S. A.

INGENIEROS - MAQUINARIAS

TELEFONO 70330

EDIFICIO BOZA - CASILLA 725



El curso normal de la Corriente del Perú es de S. a N., a lo largo de la costa occidental de Sudamérica. Luego se inflexiona al W., hasta convertirse en la Corriente Ecuatorial del Sur. Las 3 zonas de afloramiento están marcadas con trazos horizontales..

vuelve lo suficientemente vigorosa para producir un movimiento descendente apreciable, el fitoplancton sería llevado a regiones demasiado oscuras para que haya fotosíntesis, reduciendo así la productividad del fitoplancton. Es a un tipo de movimiento vertical del agua, llamado afloramiento o surgencia, y causado por los vientos prevalentes, al que se cree responsable de la alta productividad de la Corriente del Perú. El afloramiento trae a la superficie agua sub-superficial rica en materias fertilizantes.

Hay, pues, varios factores que controlan la productividad y se presume que si esos factores son ponderables y susceptibles de involucrarlos en una ecuación general en términos de fitoplancton, podría hacerse predicciones de la productividad. Tal ecuación ha sido derivada y aplicada a algunas áreas en particular del océano con excelentes resultados por el Dr. RILEY del Laboratorio Oceanográfico de Bingham de la Universidad de Yale (Riley et. al, 1949).

En adición al afloramiento hay otro fenómeno físico en las aguas costaneras peruanas llamado "El Niño".

Para nuestros propósitos "El Niño" puede ser definido como la presencia de aguas de alta temperatura y baja salinidad frente a la costa del Perú. El Niño puede ser catastrófico porque algunas veces mata o desaloja a la comúnmente abundante flora y fauna de las aguas litorales.

Para sumarizar la respuesta anterior a la pregunta del por qué de la venida al Perú de la Expedición a Sudamérica de YALE, se podría decir que la alta productividad y singularidad física de la Corriente del Perú es de importancia mundial.

La Corriente del Perú ha sido visitada por varias expediciones. Sin embargo, a parte de unas pocas estaciones cercanas a la costa hechas por el WILLIAM SCORESBY y el HORIZON; las breves observaciones de la Dra. Mary Sears (que serán publicadas en breve); y aquellas de la Armada Peruana, no se han hecho substantivas determinaciones cuantitativas sub-superficiales en las aguas de la costa peruana hasta que se comenzó este trabajo. El estudio de la oceanografía biológica requiere investigaciones sub-superficiales. Intentar un claro entendimiento de la Corriente del Perú sin muestreos debajo de la superficie es lo mismo que tratar de identificar una torta probando su baño de azúcar.

De la discusión de los factores que regulan la productividad se desprende que los aspectos físicos y químicos del medio no son menos importantes que los biológicos al evaluar la productividad así, durante nuestra Expedición los contenidos totales de sal, oxígeno, fosfatos, hierro y manganeso del mar fueron determinados para 5 profundidades diferentes en cada una de casi 50 estaciones oceanográficas ocupadas por nosotros.

En otras 100 estaciones solamente se midió la temperatura de la columna de agua usando los termómetros reversibles y el bati-termógrafo: un instrumento que registra en forma continua la temperatura con la profundidad. Se midió la temperatura del agua, generalmente desde la superficie hasta los 100 metros.

A nuestro arribo a aguas peruanas se encontró que El Niño estaba presente. Por consiguiente nuestra Expedición estuvo en posición de hacer la primera investigación sub-superficial extensiva del Niño.

Banco Internacional del Perú

ESTABLECIDO EN 1898

Capital y Reservas: S/. 56'810,961.58

TODA CLASE DE OPERACIONES BANCARIAS

OFICINA PRINCIPAL

PLAZA DE LA MERCED - JIRON DE LA UNION - LIMA

En este artículo los resultados de nuestras observaciones (conducidas desde el 10 de Marzo de 1953 hasta el 25 de Mayo del mismo año) sólo habrán de ser discutidos en los términos más generales porque queda por hacer muchos análisis.

Una de las principales "herramientas" de la oceanografía física es el diagrama T-S, así llamado por ser un gráfico de temperaturas vs. salinidad; Hellen-Hansen (1916) fué el primero que demostró el valor de este diagrama que es ahora ampliamente usado.

En términos generales el agua con salinidad de 34.8‰ ó más pertenece a la Corriente del Perú; y con menos de 34.5‰ pertenece a la Contra-corriente Ecuatorial.

Cuando para la primavera de 1953 se hacen los diagramas T-S con los datos de las estaciones de la región situada entre Cabo Blanco y Punta Aguja, se verá claramente que el agua sub-superficial era del tipo correspondiente al agua de la Corriente del Perú definida por Gunther (1936). Sin embargo, los datos muestran inequívocamente que en los 25 metros superiores el agua no pertenecía al tipo de agua de la Corriente del Perú y que puede solamente considerarse como agua de la Contra-corriente Ecuatorial, algo modificada por lluvias o descarga de ríos. Las aguas superficiales a menudo muestran temperaturas tan altas como 25.0°C y salinidades tan bajas como 32‰. La máxima temperatura alcanzada fué alrededor de 28.5°C. Las temperaturas del agua en la región de Cabo Blanco a Punta Aguja son de gran interés. Cuando se distribuyen las temperaturas superficiales en un mapa grande, se nota que caen en dos grupos distintos, sin tener en cuenta su situación. Estos grupos pueden ser designados como "series altas" en donde las temperaturas superficiales fueron altas y "series bajas" en donde las temperaturas superficiales fueron bajas.

A partir del 10 de Marzo, fecha en que comenzaron las investigaciones oceanográficas las series altas persistieron por 10 días, y fueron seguidas por una serie de bajas de 12 días. Luego ocurrió una serie alta por segunda y última vez y que duró 13 días. Así, no solamente se encontró que una serie alta de temperatura superficial se reproduce después del establecimiento de una serie baja, sino que parece haber una regularidad asociada con ambas series. Por consiguiente, si nosotros consideramos las series bajas como normales, y esto parece lo correcto, debemos considerar

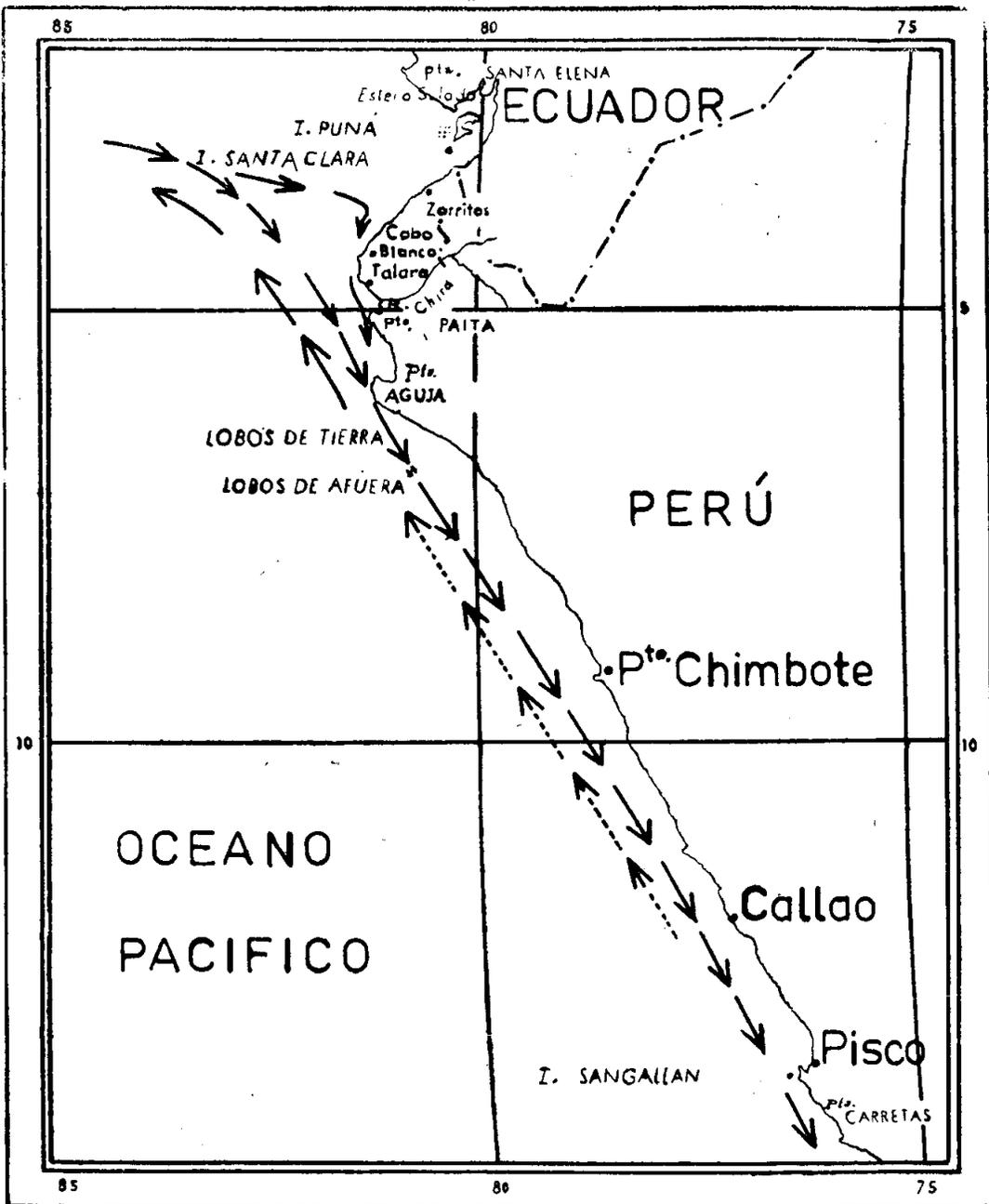
que el agua de alta temperatura y baja salinidad invadió el área dos veces, probablemente desde el norte, con una aparente regularidad.

Las condiciones meteorológicas estaban también correlacionadas con las series altas y bajas.

En el transcurso de las invasiones de altas temperaturas, se registraron vientos del norte por observaciones del buque en las regiones de Talara y Cabo Blanco. Tales vientos estuvieron ausentes durante las series bajas y las temperaturas del aire fueron también apreciablemente mayores (promedio 26.6° C) durante las series altas, no así durante las series bajas (promedio 24.8°C). Las consecuencias sub-superficiales de esas observaciones meteorológicas y oceanográficas no han sido todavía examinadas. Sin embargo, las observaciones sub-superficiales establecen claramente que el agua normal estaba más cerca de la superficie en Cabo Blanco que en Punta Aguja.

Durante el viaje hacia el Sur, de Talara al Callao, el agua presentaba generalmente un color azul claro. Las temperaturas superficiales eran de poco más de 24.0°C, estas condiciones eran en verdad generales, excepto en la región situada directamente al Sur de Chimbote, donde las temperaturas declinaban constantemente hacia el Callao, como normalmente se debería esperar. Por otra parte se presentó otra excepción inesperada. En la región situada en los 8°00' Lat. S. y extendiéndose hasta una distancia de 35 millas paralelamente a la costa, el agua tenía una temperatura superficial alrededor de 22°C, a pesar de que al norte y sur de ese paralelo tenía una temperatura de alrededor de 24°C. Esta lengua de agua fría probablemente no era un "eddy", * pues, su área era mucho más pequeña que la del agua que la rodeaba. Este parche de aguas frías está todavía bajo examen y sus causas por determinar. Sobre este conocimiento físico fundamental podemos ahora superponer los estudios biológicos y químicos. Como ya se mencionó, las sales nutritivas fueron cuidadosamente estudiadas. En general, en las capas superficiales el nitrato y el fosfato estuvieron presentes en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, mientras el nitrato se

(*) Circulación en remolino, generalmente de tipo anticiclónico, y de gran área cuya presencia en la Corriente del Perú se cree relacionada con ciclos de afloramiento. N. del T.



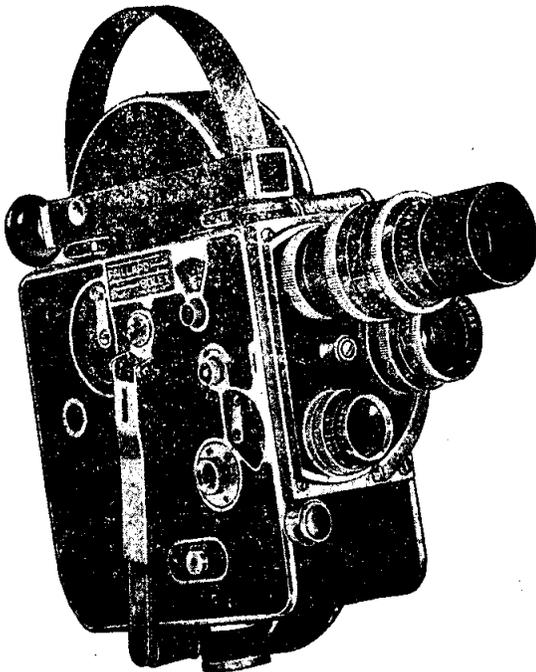
La Corriente anormal fué determinada por la E.Y., Las flechas punteadas indican el probable desplazamiento que sufrió la corriente del Perú, debido a la transgresión de la Contra-corriente Ecuatorial. Algunos piensan que la fuente de este flujo hacia el Sur está en el Estero Salado (Golfo de Guayaquil)

redujo a trazas, el fosfato apenas si fué limitante. Para probar esto se preparó un experimento exploratorio de esta situación. Se llenaron varias botellas con una muestra de agua de mar. En cada botella se añadió una o más sales nutritivas excepto en la botella testigo. Se mantuvo las botellas a la luz del día y se midió, comparándolas con la testigo, el cambio en contenido de oxígeno disuelto para tener la indicación del régimen fotosintético. De esta manera no sólo se probó el efecto del enriquecimiento con el fosfato y el nitrato, sino también el efecto del hierro y del manganeso, ambos separados y en la mayoría de sus posibles condiciones.

Los resultados dan una clara indicación que mientras el fosfato y el nitrato fueron limitantes, la adición de nitrato tuvo un efecto mucho más grande que la adición del fosfato. Ni el hierro ni el manganeso parecen tener efecto apreciable. Hablando en general la concentración de sustancias nutritivas aumentaba con la profundidad mientras que el fitoplancton (como fué indicado por los análisis de pigmentos) decrecía con la profun-

didad. Esto era de esperarse, pues solamente en las capas superiores hay suficiente luz para la fotosíntesis. Sin embargo, también aquí se pueden notar algunas excepciones. En una estación a la entrada del Boquerón (Bahía de Pisco) el agua de la superficie tenía, aproximadamente, cuatro veces la cantidad limitante de fosfato y nitrato. Tanto el zooplancton como el fitoplancton estaban presentes en pequeñas cantidades. La explicación podría ser que el agua de la superficie había sido enriquecida muy recientemente con sales traídas por afloramiento o mezcla vertical y que el fitoplancton no habría tenido tiempo para responder a este enriquecimiento. En resumen, podría indicar simplemente un restablecimiento incompleto de las condiciones normales. En otra estación (poco al Norte de la isla Chíncha N) el contenido de fosfato en los 25 metros superiores fué alto mientras que el de nitrato fué muy bajo. El fitoplancton en esta estación fué alto comparado con el de El Boquerón. En esta misma estación de Chíncha Norte el fosfato en la superficie fué más alto que en los niveles de 5 ó 10 mts.

PRESENTE



en todo momento para
tener presente el grato
momento

**BOLEX
PAILLARD**

**Sociedad Comercial
Suizo Peruana S. A.**

PASAJE ENCARNACION N.º. 131

TELEFONO 40223

Esto puede que sea tan sólo una consecuencia de la actividad biológica o puede ser una indicación de un reaprovisionamiento de fosfato en la superficie, presumiblemente por la defecación aviar.

En general, las poblaciones de fitoplancton y zooplancton fueron más pequeñas que la que se podría esperar en una área altamente productiva. Como el autor no tiene datos anuales de plancton, es imposible establecer ahora si esto fué debido a "El Niño" o simplemente a una modificación del ciclo estacional.

Durante esta disertación se ha intentado describir algunos de los resultados oceanográficos de la Expedición YALE a Sud América. Al tratar de hacerlo probablemente se han presentado más interrogantes que las que se han contestado. Se ha obtenido valiosa información sobre El Niño y sobre las condiciones químicas y biológicas que lo acompañaron. Sin embargo, la correcta comprensión de esta región, compleja y fascinante, requiere estudios a largo plazo, tanto de las tendencias estacionales normales como de las condiciones catastróficas ocasionales.

El estudio eficiente de la biología marina de la Corriente del Perú, demanda un co-

nocimiento básico de la oceanografía del área. Es bastante engañoso estudiar la biología de cualquier área sin tener idea de sus aspectos físicos y químicos. Por consiguiente, los estudios biológicos requieren la presencia de individuos con entrenamiento formal en biología marina y en oceanografía y el equipo necesario para investigaciones sub-superficiales. El costo de tal empresa podría probablemente ser financiado con la cooperación de aquellos grupos interesados en el mar como un medio para elevar la salud y bienestar del pueblo peruano. Se podría establecer un Instituto de Oceanografía que podría explorar los aspectos del mar de recíproco interés para sus sostenedores, y podría operar para la mutua ventaja de sus suscritores y sin menoscabo de sus individuales atribuciones. Los datos de la expedición YALE hacen bastante claro al autor que la Corriente del Perú no es tan simple como se creía. Por el contrario, es altamente compleja y apenas si ha tocado ahora algunas de sus muchas cuestiones fundamentales.

El autor desea expresar su gratitud por la ayuda recibida de numerosas personas en el Perú. Es imposible agradecer a todas ellas individualmente. Sin embargo, quisiera expresar mi reconocimiento al Dr. Ancieta de la Di-

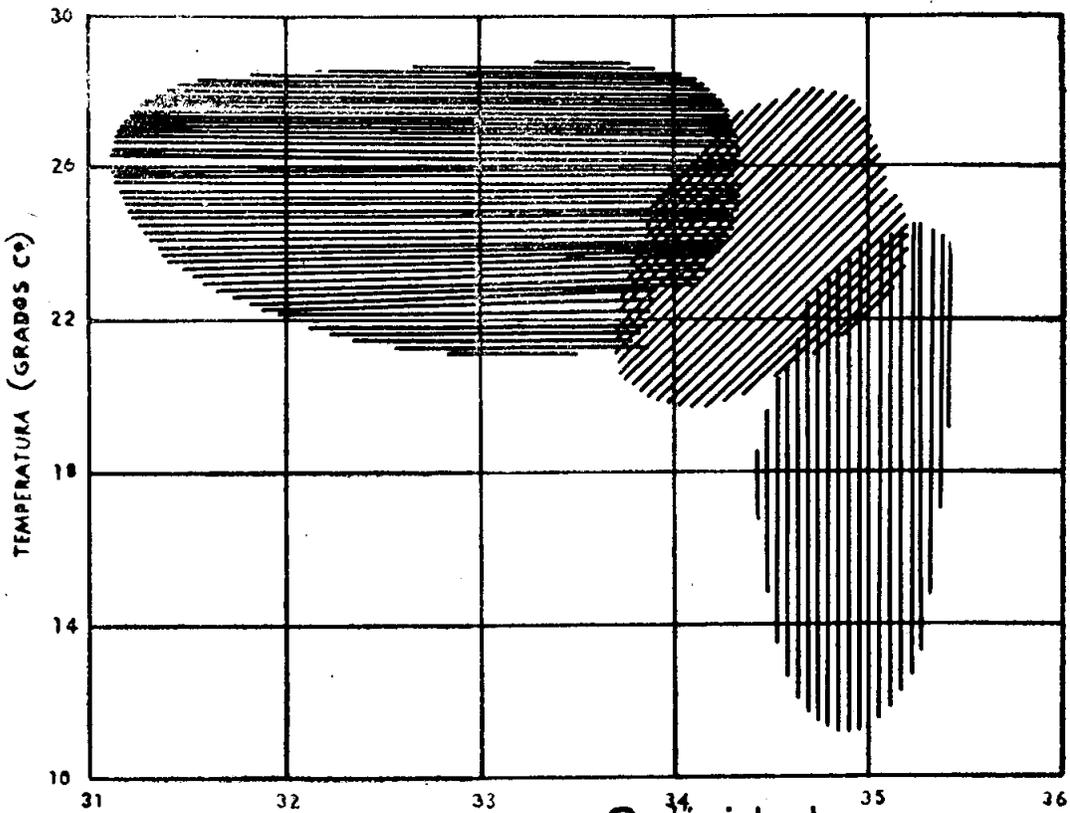
DESDE 1889

EL

Banco de Crédito del Perú

**Ofrece servicios bancarios completos
nacionales e internacionales**

CAPITAL Y RESERVAS: S/. 115'925,356.01



- Salinidad
-  Lluvia hacia Tierra y de deslaves
 -  Contra-corriente Ecuatorial
 -  Corriente Peruana

Las masas de Agua pueden distinguirse por sus características de temperatura y salinidad. Los datos ploteados a base de los resultados de varias expediciones entre Cabo Blanco y Punta Aguja, muestran la superposición de las aguas ecuatoriales y de deslave sobre la Corriente del Perú.

rección de Pesquería y Caza; al Dr. Schweiger, Ing^o Barreda, Sr. Landa de la Compañía Administradora del Guano y al Comandante Zimic, Jefe del Servicio Hidrográfico de la Armada Peruana, por su bondadosa ayuda. A Enrique Avila y al Comandante J. F. Barandiarán, éste último de la Armada Peruana (quien estuvo con nosotros durante todo el crucero), les debemos una especial expresión de agradecimiento por su particular esfuerzo en nuestro favor. Quisiera, asimismo, agradecer a mis colegas, Srta. Sarah B. Wheatland y Dr. James E. Morrow por sus consejos y ayuda. Finalmente, y no por ello menos efusivamente, el autor desea expresar su profunda apreciación por la oportunidad que se le brindó para exponer estos conceptos ante los ilustrados miembros de la Sociedad Geográfica de Lima.

BIBLIOGRAFIA

- Gunther, E. R. 1936. A report on oceanographical investigations in the Peru coastal current. *Discovery Reports*, **13**: 107-276.
- Helland-Hansen, B., 1916. Nogen Hydrografiske metoder. *Skand. Natur forsker mote*, Kristiania (Oslo).
- Nielsen, E. Steemann, 1952. The use of radioactive carbon for measuring organic production in the sea. *Journ. du Conseil pour la Exploration de la Mer*, **18** (2): 117-140.
- Riley, G. A.; H. Stommel, and D. Bumpus, 1949. Quantitative Ecology of the Western North Atlantic. *Bull. Bingham Oceanographic Collection*, **12** (2): 1-169.

TRACTOR



ULTIMO MODELO "JUBILEE — N. A. A."



31.5 HP

EN EXISTENCIA :

DISTRIBUIDORES

SOMERIN

SOCIEDAD MERCANTIL INTERNACIONAL S. A.

Antonio Miro Quesada 266 Lima - Perú

TRUJILLO — Mercantil Trujillo

PACASMAYO Y SAN PEDRO —

Mercantil Trujillo

LA MERCED — M. Miloslavich

CHIMBOTE — Luis Tanji

ICA — Ica Motors S. A.

CHICLAYO — Somerín Chiclayo S. A.

HUACAYO — Morán y López S. A.

AREQUIPA — Adolfo Marinetti

CUZCO — Eduardo Dondero

NAZCA — Ica Motors S. A.

CHINCHIA — Ica Motors S. A.