



informe progresivo

nº
44

Noviembre
1996

**Valores críticos en ovarios desovantes y en recuperación de
anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*)
en las épocas de desove**

Angel Perea M., Betsy Buitrón D. 3

Mareas rojas en el área del Callao (12° S) 1980-1995.

Sonia Sánchez , Elcira Delgado 19

DGIRH - 30
DGIO - 18

El Informe Progresivo es una serie de distribución nacional, que contiene artículos científicos y tecnológicos, con información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas marítimos .

Podrá ser citado como Inf. Prog. Inst. Mar Perú - Callao (mimeo)

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE)
Esq. Gamarra y Gral. Valle, Chucuito - Callao.
Apartado 22, Callao - Perú.
Tel. 4297630 - 4299811 Fax. 4656023
E - mail: imarpe + @amauta.rcp.net.pe

MAREAS ROJAS EN EL AREA DEL CALLAO (12° S) 1980-1995.

Sonia Sánchez Elcira Delgado
Area de Fitoplancton y Producción Primaria.
Dirección de Oceanografía Biológica. DGIO.

CONTENIDO

Resumen	19
Abstract	20
I. Introducción	20
II. Antecedentes	21
III. Area de estudio	21
3.1. Características físico-químicas de la Playa La Arenilla, Bahía de Miraflores.	22
3.2. Características físico-químicas de la Playa Cantolao, Bahía Callao.	22
3.3. Sistema de Corrientes.	23
IV. Material y métodos	24
V. Resultados	24
5.1. Bahía de Miraflores, Playa La Arenilla.	25
5.2. Bahía del Callao, Playa Cantolao.	25
VI. Discusión	25
6.1. Mecanismos de iniciación de la marea roja	25
6.2. Fenómeno «El Niño».	26
6.3. Eutroficación.	27
VII. Conclusiones	28
VIII. Agradecimientos	28
IX. Referencias	29
Tablas	31
Figuras	34

RESUMEN

Se da a conocer los registros de mareas rojas observadas en el área del Callao (12° S), durante los últimos 15 años (1980-1995) y los posibles mecanismos causantes de su formación, duración y dispersión.

Se han registrado principalmente en verano y primavera más de 150 casos de mareas rojas, produciendo coloraciones que van desde el rojo oscuro, pardo o marrón, al verde blanquecino. A partir de 1987 se observa una intensificación en la frecuencia de estos fenómenos, como posibles efectos de los procesos de eutroficación o eventos «El Niño» (ENSO).

Un total de 15 especies fueron causantes de estos eventos, todas ellas presentes normalmente en la comunidad fitoplanctónica del área. Los dinoflagelados fueron predominantes en un 53 %, fitoflagelados en un 13 %, diatomeas en un 20 % y el 14 % restante correspondió por igual a los silicoflagelados y ciliados. Entre las especies más frecuentes destacaron *Alexandrium peruvianum* y *Gymnodinium splendens* en la Bahía del Callao, Playa Cantolao; *Olisthodiscus luteus* y *Prorocentrum micans* en la Bahía Miraflores, Playa La Arenilla.

ABSTRACT

Different red tides measurements have been reported in Callao area (12° S) during the last 15 years (1980-1995). Possible mechanisms responsible for their formation, duration and dispersal are discussed.

Approximately 150 red tide cases have been recorded mainly during Summer and Spring. These phenomenons produce sea water colorations in red, brown, green and white. An intensification of the events have ocured since 1987, as possible effects due to eutrophication and «El Niño» events (ENSO).

The red tides were caused for a total of 15 species. The dinoflagellates were predominant with 53%, the phytoflagellates with 13%, the diatoms with 20% and silicoflagellates and ciliates with 14%. *Alexandrium peruvianum* and *Gymnodinium splendens* were species more frequent in Callao Bay, Playa Cantolao; *Olisthodiscus luteus* and *Prorocentrum micans* in Miraflores Bay, Playa La Arenilla.

I. INTRODUCCION

Las mareas rojas han sido observadas y descritas en diferentes países del mundo, caracterizándose por ser coloraciones en el mar, comúnmente llamadas «aguajes, hemotalasia o purgas de mar». Estos cambios en la coloración del mar son producidos por el crecimiento mono-específico de poblaciones, generalmente fitoplanctónicas, que van a teñir las aguas de un color rojizo, marrón oscuro u ocre, formando manchas irregulares que pueden alcanzar kilómetros.

Actualmente este fenómeno está considerado dentro de un contexto ecológico general, por el cual se define al «aguaje» como una fase avanzada de la sucesión fitoplanctónica producido en situaciones en que coexisten, una baja turbulencia, relativa estabilidad en la columna de agua y concentraciones importantes de nutrientes (ESTRADA 1993). Sin embargo, a pesar de estas características, han sido atribuidos otros factores que favorecerían su aparente aumento a nivel mundial como son los cambios ambientales locales o globales. Dentro de estos tenemos el enriquecimiento inusual de las aguas (eutroficación) por nutrientes utilizados en la actividad agrícola, por la acuicultura y la contaminación por materia orgánica proveniente de desechos urbanos o industriales.

En el Perú las mareas rojas han sido conocidas desde décadas pasadas como fenómenos naturales que producen cambios de coloración en el mar, precedidos por emanaciones de gas sulfhídrico, asociados a muerte de peces o aves guaneras. Hasta el momento se han logrado identificar a los organismos fitoplanctónicos productores de estos fenómenos estimándose en muchos de los casos sus concentraciones celulares.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los diferentes registros de mareas rojas observadas entre 1980 y 1995, evaluando los posibles mecanismos de su formación, duración y dispersión en el área del Callao (12° S).

II. ANTECEDENTES

Las primeras observaciones de mareas rojas en la Bahía del Callao (12° S) fueron realizadas por LAVALLE (1917), LANDA (1953), SEARS (1954), entre otros, quienes observaron coloraciones rojizas de contornos irregulares, en gran parte de la Bahía. Estos trabajos resumen los esfuerzos realizados para explicar principalmente la aparición de gas sulfhídrico que fue la preocupación de muchos marinos al ver malograrse la pintura blanca de sus naves en el puerto del Callao. El fenómeno fue llamado por ellos «The Callao Painter», hasta que Raimondi (1891) introdujo en la literatura el término conocido como «El Pintor».

Debido a la reiterada presencia principalmente en los meses de primavera y verano se realizaron estudios más detallados de las mareas rojas, siendo posible encontrar una descripción de los mismos en RHYTER (1967), ROJAS DE MENDIOLA (1979) Y SANTANDER Y OCHOA (1982).

Entre los organismos que con mayor frecuencia han sido conocidos como causantes de estos eventos son los dinoflagelados: *Gymnodinium splendens*, *Gonyaulax peruviana* (= *Alexandrium peruvianum*), *Prorocentrum gracile*, *P. micans*, *Ceratium fusus* var *fusus*, los flagelados *Olisthodiscus luteus* y *Eutreptiella gymnastica*, el ciliado fotosintetizador *Messodinium rubrum* y algunas diatomeas y silicoflagelados como *Pleurosigma* sp. *Amphiprora* sp. y *Dictyocha fibula*, respectivamente. Con excepción de *P. micans*, estos organismos no producen toxinas, sin embargo han sido asociados a esporádicas varazones de peces e invertebrados marinos. Se asume que las causas principales de estas varazones sería la muerte por asfixia debido al consumo de oxígeno o daños físicos en el tejido epitelial ocasionados por los fitoplanctones.

En el Perú, gran parte de la información que se obtiene es a partir de 1980, los cuales se refieren a registros efectuados en las cercanías de la sede central y laboratorios costeros del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Los trabajos de OCHOA Y GÓMEZ (1986), ANTONIETTI Y SÁNCHEZ (1988), nos brindaron información adicional sobre algunos eventos puntuales.

III. AREA DE ESTUDIO

El área del Callao se encuentra localizada a los 12° S. Es considerado como uno de los puertos pesqueros más importantes del litoral peruano, con características oceanográficas y geográficas muy particulares. Está dividida en dos Bahías: Al norte, la Bahía del Callao (12° 00' y 12° 03' S) con las Playas de Cantolao y Chucuito y al sur la Bahía de Miraflores (12° 04' y 12° 07' S), con las Playas Carpayo, Los Cocos, Mar Brava y La Arenilla. Ambas bahías, caracterizadas por la poca profundidad (entre 3 y 11 m de fondo). Sin embargo frente a la desembocadura del río Rímac, se presenta una profundidad de 33 m.

A pesar de la gran importancia pesquera, el Puerto del Callao ha sido considerado como una de las áreas más contaminadas (GUILLEN *et al.* 1986 a, b), debido a la fuerte actividad antropogénica registrada bajo la forma de descargas de desechos domésticos e industriales que son introducidos en el ecosistema marino.

3.1. Características físico-químicas de la Playa la Arenilla, Bahía de Miraflores

La playa La Arenilla constituye una de las playas principales de esta Bahía de Miraflores. Se caracteriza por registrar valores elevados de la temperatura superficial, debido a la ausencia de afloramientos y al calentamiento superficial por radiación solar. Los valores normales de temperatura superficial del mar (TSM) oscilan entre 23,2 °C (verano) y 17,8 °C (invierno). La salinidad en la capa superficial muestra áreas de mezcla con agua dulce de distinta procedencia en forma considerable, variando de 34,25 a 34,81 ‰ (CONTRERAS 1993 y CONTRERAS *et al.* 1993).

Esta playa presenta la influencia del colector costanero, proveniente del distrito de San Miguel, que afecta con sus descargas de 3,5 m³/s, un radio de 2,5 km de la costa.

Este volumen de descarga doméstica e industrial va a constituir una entrada de nutrientes de origen antropogénico, metales pesados, bacterias, compuestos químicos, sólidos en suspensión y detritus transportados por la corriente a la playa, impidiendo la autopurificación del agua.

Estudios bioecológicos de la playa han revelado valores altos de fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos, indicando una fuerte actividad biológica y niveles altos de contaminación en procesos de eutroficación en la zona (CÁRCAMO Y PINTO 1993). Estos valores hasta 1994 fueron superiores al promedio estacional (CÁRCAMO 1994).

3.2. Características físico-químicas de la Playa Cantolao, Bahía Callao

Esta playa está dentro del área de afloramiento del Callao, por lo que sus aguas son más frías en comparación con la playa La Arenilla. El rango de TSM varía entre 16,1°C (invierno) y 19°C (verano), con valores mínimos frente a la desembocadura del río Rímac y Fábrica Fertisa (CONTRERAS 1993).

En la zona central de la Bahía Callao, frente a la Playa Cantolao se encuentra un gran núcleo con salinidades bajas alcanzando por lo general valores de 33,01‰, como efecto de la permanencia de aguas dulces provenientes del río Rímac. Esta característica favorece la creación de un embalse costero de aguas relativamente dulces que se dirigen al norte y sur de la bahía, manteniéndose constante debido a la poca intensidad de los vientos y las corrientes marinas (MORÓN 1994).

La Playa Cantolao, así como la Playa La Arenilla, sufre el impacto de fuentes de contaminación como son las descargas del río Rímac provenientes de los colectores Callao y Comas (CONTRERAS *et al.* 1993). El caudal calculado es de 25 m³/s. También es observada la presencia de hidrocarburos sobre la superficie del agua, impidiendo la oxigenación y fotosíntesis biológica.

Desde 1986 se realizan estudios integrales en la Bahía, debido al gran interés de cuantificar la cantidad de contaminantes que son vertidos continuamente. Los estudios más recientes realizados por CONTRERAS (1993) y

SÁNCHEZ *et al.* (1994 1995), han indicado bajas concentraciones de oxígeno, con valores que van desde la anoxia total hasta un valor máximo de 3,14 ml/l, determinando que la calidad de agua para esta playa está en procesos de eutroficación, debido a descargas orgánicas vertidas.

3.3. Sistema de Corrientes

Las variaciones estacionales del sistema de corrientes en el área del Callao (fig. 2), están influenciadas por las aguas de afloramiento. Además por las aguas que proceden de las descargas del río Rímac y por las aguas de los colectores costaneros (ZUTA Y GUILLÉN 1970).

El régimen de vientos es variable, según la estación del año, sin embargo muestran una predominancia SE (140°-160°) con velocidades de 3-7 m/s. Asimismo la topografía del fondo juega un rol importante en la circulación. En la Bahía del Callao y frente a la desembocadura del río Rímac se presenta la mayor profundidad (33 m), elevándose rápidamente el nivel del fondo a sus lados y hacia la costa, motivo por el cual las aguas frías profundas que ingresan por ese sector dan lugar a la formación de remolinos ciclónicos o anticiclónicos, tanto en superficie como en el fondo, convirtiéndola en una área muy dinámica (MORÓN 1994).

Corrientes superficiales

En el verano (fig. 2a), coincidentemente con los eventos de mareas rojas, se presentan flujos predominantemente hacia el norte, con ciertas desviaciones hacia el este y oeste. Las intensidades varían entre 13,5 a 26,5 cm/s, resultando mayores a las reportadas para la primavera (MORÓN. 1994).

En otoño (fig. 2c) se presentan flujos de intensidad variable, entre 11 a 29,5 cm/s mientras que flujos hacia el sur-oeste alcanzan velocidades de 8 cm/s (MORÓN 1994), a excepción de la zona frente a la desembocadura del río Rímac donde también se observan remolinos antihorarios y divergencias para ambas épocas del año, originadas por las surgencias de aguas costeras.

Corrientes de fondo

En verano (fig. 2b) y a 2 m del fondo se observan flujos hacia el norte, el primero de ellos frente a La Punta - Callao, con intensidades de 16 a 19,5 cm/s mayores que en superficie y el segundo frente a la Rada del Callao con flujos convergentes.

En otoño (fig. 2d) se presentan flujos principalmente hacia el sur en la Bahía del Callao y hacia el norte procedente de la Bahía de Miraflores, las intensidades de las corrientes varían entre 5 y 19,0 cm/s. Frente a la desembocadura del río Rímac también se presenta un remolino antihorario, descrito a nivel superficial.

IV. MATERIAL Y METODOS

El material empleado para el presente trabajo se basa en los registros de mareas rojas efectuados por el personal del Area de Fitoplancton y Producción Primaria del IMARPE, entre los años de 1980 y 1995, haciendo una distinción de las apariciones entre la Bahía del Callao (Playa Cantolao) y Bahía Miraflores (Playa La Arenilla) (fig. 1). Se tomaron en consideración: el lugar, fecha, hora, coloración, tiempo de duración, desplazamiento y condiciones ambientales.

En la mayoría de los casos, se procedió a coleccionar las muestras para la determinación de los organismos dominantes, tomando en consideración la TSM en el momento de la colecta.

A partir de 1986, se llevaron a cabo los análisis cuantitativos de los organismos productores y especies acompañantes, utilizando cámaras de recuento Sedwick-Rafter de 1 ml de capacidad. Los resultados son expresados en cel/ml.

En algunos casos, debido a la lejanía de las manchas no fue posible la obtención de la muestra, tomándose sólo en consideración las observaciones anteriormente mencionadas.

V. RESULTADOS

En los últimos 15 años se han registrado aproximadamente más de 150 casos de mareas rojas frente al Callao, número que puede variar si a ellos se agregan los eventos que pudieron pasar inadvertidos, debido a su corta duración o de aquéllos que por las condiciones ambientales poco favorables no pudieron ser visibles.

Las coloraciones van desde el rojo oscuro, pardo o marrón, al verde lechoso o blanquecino. La intensidad de las mismas está en función del organismo productor y a la concentración de los mismos, reportándose casos con valores mínimos menores de 600 cel/ml y valores máximos de 148 026 cel/ml, asociados a rangos de temperatura entre 21,3°C y 23,5°C, respectivamente.

La distribución de las frecuencias de dichos eventos (fig. 3) a lo largo de estos años, muestra un incremento considerable de los casos a partir de 1988 (20 al año), con dos picos importantes que alcanzaron valores máximos en 1990 (26 casos) y en 1993 (con 23 casos). La mayor frecuencia de registros fue localizada en la Bahía de Miraflores - Playa Arenilla con el 55%, quedando en segundo lugar la Bahía del Callao - Playa Cantolao con el 45% de ocurrencias. Así mismo se ha podido evidenciar el incremento del tiempo de duración de cada evento a partir de 1985 (tablas 2 y 3).

En general las mareas rojas fueron causadas por un total de 15 especies (tabla 1), todas ellas presentes normalmente en la comunidad fitoplanctónica del área (fig. 5), número que se mantiene constante hasta la fecha. Entre los más frecuentes, los dinoflagelados alcanzaron el 53%, las diatomeas el 20%, los fitoflagelados el 13% y los ciliados y silicoflagelados el 7%, respectivamente. Sus apariciones estarían en relación con la fuerte intensidad luminosa y períodos de calma, propios de los meses de primavera y verano.

5.1 Bahía Miraflores, Playa La Arenilla.

Las mareas rojas registradas en esta zona se caracterizaron por formar manchas de gran extensión y de coloración rojiza o marrón oscuro. Algunos de estos eventos fueron originados frente al Distrito de San Miguel, desplazándose, a la Playa La Arenilla e inclusive bordeando La Punta, Callao, hasta llegar a la Bahía del Callao - Playa Cantolao. Este desplazamiento es rápido y está en relación a la intensidad de la corriente (13,5 y 26,5 cm/s).

En general, las coloraciones tienen lugar frente a la Playa La Arenilla, donde la profundidad alcanza entre los 5 y 6 m, con un acercamiento gradual a la costa.

El porcentaje de eventos registrados en esta área fue del 55%, siendo responsable a lo largo de todos estos años un bajo número acumulado de especies (5 spp.), las que se mantienen relativamente constantes desde 1983 (figs. 3 y 4).

Entre las especies más frecuentes y responsables de las mareas rojas (tabla 2) tenemos al fitoflagelado *Olisthodiscus luteus* con concentraciones que oscilaron entre 654 cel/ml y 47 580 cel/ml (21,5°C y 24,0°C, respectivamente) seguido por *Gymnodinium splendens* (con máximos de 3 720 cel/ml y 19 %C), *Prorocentrum micans* (con 13 440 cel/ml y 17,4 °C), *Dictyocha* sp. (con 906 cel/ml y 19,8°C) y *Gymnodinium* sp.

5.2 Bahía del Callao, Playa Cantolao

Han sido observadas por lo general coloraciones irregulares de pequeña dimensión, distribuidas en toda la bahía. Estas coloraciones han oscilado desde el rojo oscuro hasta el verde lechoso o blanquecino, dependiendo del organismo productor y del ciclo de reproducción, acompañadas en su fase final de fuertes olores sulfurosos.

A diferencia de la anterior bahía, el porcentaje de eventos registrados alcanza el 45 %, con una mayor diversidad de especies causantes de estos fenómenos (12 spp.), que se mantienen constantes desde 1990 (figs. 3 y 4).

Entre los organismos más frecuentes (tabla 3), se destacan *Alexandrium peruvianum* con concentraciones que oscilan entre 325 cel/ml y 20 640 cel/ml y rangos de TSM entre 15,5°C y 19,0°C, respectivamente; *Amphiprora* sp. (2 154 cel/ml y 14,7° C), *Eutreptiella gymnastica* (52 380 cel/ml y 16,5°C), *Gymnodinium splendens* (1 674 cel/ml y 17,8° C), *Prorocentrum micans* (6 600 cel/ml y 16,5°C), *Pleurosigma* sp. y *Olisthodiscus luteus* (148 026 cel/ml y 23,5°C). Esta última especie es más frecuente en la Bahía de Miraflores.

VI. DISCUSION

6.1 Mecanismos de iniciación de la marea roja

Ciertos requisitos son necesarios como mecanismos en la iniciación, concentración y declinación de discretos parches o grandes manchas. RHYTHER

(1955) postuló como principal mecanismo, a los vientos, corrientes, mareas, convergencias, divergencias y la localización de las picnoclinas, traducidas en la estabilidad física del medio ambiente y abundancia de nutrientes en la capa fótica. Concepto que fue más tarde diferenciado según las distintas etapas secuenciales del evento (STEINDINGER 1975).

A estas condiciones se suma la existencia de una población inicial que en muchos de los casos puede encontrarse en el mismo ambiente bajo la forma de quistes bentónicos (STEINDINGER 1983, FIGUERAS 1993) o ser inoculada, debido a la entrada de diferentes masas de agua. Según las características de los eventos en los últimos 15 años, es probable de la existencia de comunidades endémicas o residentes bajo la forma de quistes bentónicos presentes en los sedimentos de ambas bahías, que al verse resuspendidas por factores físicos, se reproducirían rápidamente al encontrar condiciones favorables, en ambos casos.

A pesar de existir una cierta interconexión entre ambas bahías (debido al sistema de corrientes), es clara la divergencia física existente, regida principalmente por la temperatura superficial, característica que se ve reflejada en la ocurrencia de especies que ocasionan estas coloraciones. TANGEN (1977), puntualizó la importancia de este factor en el desarrollo del «bloom», encontrándose correlaciones significativas con la densidad de los organismos (CHANG Y CARPENTER 1985). El calentamiento superficial por radiación solar en los períodos de verano (bahía Callao) y la estratificación de la columna de agua debido a la entrada de aguas oceánicas (bahía de Miraflores), van a dar origen a una cierta estabilidad en la columna de agua así como a la creación de frentes oceánicos, respectivamente. Estos cambios físicos van a repercutir también en las poblaciones fitoplanctónicas, favoreciendo los «blooms» de dinoflagelados o flagelados.

La disipación o declinación de una marea roja estaría causada principalmente por la intensificación de los vientos que activarían la circulación, rompiendo la estratificación en la columna de agua.

6.2. Fenómeno «El Niño»

MARGALEF *et al.* (1979), consideraron que debido a los niveles altos de nutrientes y períodos de estabilidad en la columna de agua, las áreas de afloramiento serían ambientes apropiados para la aparición de mareas rojas. Sin embargo se señala en general que estas coloraciones pueden ser más frecuentemente influenciadas en su aparición y duración por anomalías térmicas generadas por eventos El Niño (EN).

McLEAN (1989) mostró para las costas del Indo Pacífico, fuertes evidencias entre el desarrollo del bloom de *Pyrodinium* sp. y El Niño 1987-1988. Del mismo modo en la costa central de Chile, fueron registradas mareas rojas en las Bahías de Valparaíso y Quintero, con una extensión no menor de dos millas, asociadas a El Niño 1982-83, causada por el dinoflagelado *Prorocentrum micans* con concentraciones de 1 900 a 2 159 cel/ml (AVARIA Y MUÑOZ 1986).

Los registros de mareas rojas en el Callao muestran que períodos con anomalías térmicas positivas conocidas como El Niño (1982-83, 1986-87 y 1991-92) y períodos fríos (1988), tuvieron una gran influencia en la aparición y duración de estos fenómenos. Así, en diciembre de 1981 se hizo presente el dinoflagelado *Alexandrium peruvianum* en la Bahía Callao, con una duración aproximada de 25 días. En diciembre de 1986, el dinoflagelado *Prorocentrum micans* se hizo presente en la Bahía de Miraflores con una duración aproximada de 30 días.

Durante El Niño 1991-92 se produjo otra marea roja producida por el fitoflagelado *Olisthodiscus luteus*, con una duración aproximada de más de 20 días en la Bahía de Miraflores (diciembre de 1991).

Coincidentemente en los períodos fríos como el de 1988, fue observada una coloración marrón oscura o verde blanquecina dada por las diatomeas *Pleurosigma* sp. y *Amphiprora* sp., respectivamente, con una duración de casi un mes, llegando a concentraciones de 2 464 cel/ml en la Bahía del Callao, Playa Cantolao. Actualmente ésta coloración blanquecina en la bahía está siendo estudiada, debido a que serían otros los microorganismos que la estén ocasionando. OCHOA Y GÓMEZ (1988) dieron a conocer que en mayo del mismo año se presentó el desarrollo masivo de *Gymnodinium splendens* con una duración de 3 meses, especie que también fue registrada en febrero y marzo de 1987 por DELGADO (1990).

6.3 Eutroficación

Se ha especulado mucho acerca de la existencia de una conexión entre la frecuencia de mareas rojas y la contaminación costera o eutroficación. Análisis estadísticos empleando series de tiempo de varios años, muestran correlaciones positivas entre la frecuencia de mareas rojas y los desechos vertidos por la actividad humana (HALLEGRAEFF 1993). Asimismo, SMAYDA (1990) afirmó al respecto que estas floraciones (a menudo tóxicas) han alcanzado proporciones de epidemia por el incremento de nutrientes y por los cambios en sus proporciones relativas en las aguas costeras.

Para el área del Callao, se han venido registrando entre 1980 y 1995 más de 150 casos de mareas rojas, con un inusual incremento desde 1988, valores que resultan altos si los comparamos con los eventos registrados en costas chilenas desde 1827 - 1993 con menos de 90 casos (AVARIA 1982). Es probable que las concentraciones elevadas de nutrientes inorgánicos, así como la abundante materia orgánica acumulada en ambas bahías, sea uno de los principales factores que estén favoreciendo la mayor frecuencia de ocurrencias.

La respuesta del fitoplancton al enriquecimiento de nutrientes es conocida, debido al incremento de pequeñas formas principalmente flagelados o algas azul verdosas. Los análisis cuantitativos revelaron que las concentraciones celulares reportadas principalmente por el flagelado *Olisthodiscus luteus*, que es muy frecuente en el área, se encuentra en rangos de 2×10^6 a 14×10^8 cel/l. Estas densidades, que si se compara con áreas fuertemente eutroficadas donde esta especie alcanza valores de 10^7 cel/l (OVIATT *et al.*

1989), estarían evidenciando los fuertes procesos de eutroficación existente, como así también lo afirman CONTRERAS (1993) y CONTRERAS *et al.* (1993).

Es conocido que muchos de los flagelados o dinoflagelados, excretan sustancias tóxicas cuando experimentan un desequilibrio a nivel de nutrientes. Las aguas costeras eutrofizadas presentan un desequilibrio atípico muy claro en su proporción, lo cual podría explicar la toxicidad de algunas especies distribuidas en el Hemisferio Norte (DAHL *et al.* 1989; BATES *et al.* 1991). La mayoría de especies identificadas para nuestras costas están consideradas como no tóxicas (a excepción de *P. micans*), Sin embargo no debe descartarse la posibilidad de un eventual caso de producción de toxina.

VII. CONCLUSIONES

1. Se han registrado entre 1980 y 1995, un total de 150 casos de mareas rojas para el área del Callao, originadas por un total de 15 especies. Los dinoflagelados fueron los más frecuentes, con el 53% de ocurrencias, seguidos por los fitoflagelados con el 13%, las diatomeas con el 20% y el 14% restante lo presentaron los silicoflagelados y ciliados.
2. Las especies productoras de las mareas rojas para el área del Callao fueron *Olisthodiscus luteus*, *Alexandrium peruvianum*, *Prorocentrum micans* y *Gymnodinium splendens*.
3. Los acentuados procesos de eutroficación identificados para el área del Callao estarían contribuyendo en la alta frecuencia y aparición de las mareas rojas.
4. Los eventos El Niño así como las características hidrográficas particulares de cada Bahía, serían algunos de los factores que estén en relación a la duración e intensificación de los blooms.
5. La reiterada presencia de las especies formadoras de las mareas rojas hace suponer la existencia de comunidades endémicas o residentes bajo la forma de quistes bentónicos en cada bahía.
6. No se ha detectado hasta el momento efectos nocivos en la salud humana ni en los recursos acuáticos, sin embargo no se descarta la posibilidad que los continuos cambios globales, variaciones interanuales (ENSO), así como el incremento gradual de la eutroficación, modifiquen las características ecofisiológicas de las especies.

VIII. Agradecimientos

Un agradecimiento a todos nuestros colegas del Area de Fitoplancton y Producción Primaria del Instituto del Mar del Perú y a todo el personal participante, que con su esfuerzo y entusiasmo mantuvo durante los 15 años el registro de mareas rojas, para el área del Callao. Un agradecimiento muy especial a la Dra. NOEMÍ OCHOA LÓPEZ, quién siempre nos brindó mucho de su conocimiento en el AFPP, además de las críticas y sugerencias en el presente trabajo. Hacemos extensivo nuestro agradecimiento a la Blga. EMIRA ANTONIETTI V., por la ayuda incondicional brindada.

IX. Referencias

- ANTONIETTI E, SÁNCHEZ S. 1988. Mareas rojas frente al Callao. Libro de resúmenes del IX Congreso Nacional de Biología (27 noviembre -02 diciembre 1988). Piura-Perú: 290-291.
- AVARIA Y MUÑOZ. 1986. Fenómenos de marea roja en Valparaíso. Revista Geográfica de Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 17: 145-162.
- BATES S, DE FREITAS A S, MILLEY J E. 1991. Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia pungens* f. multiseriata in culture: nutrients and irradiance. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences: 48 : 1136-1144.
- CÁRCAMO E. 1994. Condiciones hidroquímicas en la prospección sobre indicadores biológicos pesqueros en Mar Brava. 1994. Área de Hidroquímica y Productividad Primaria, Inf. Int. Inst. Mar Perú-Callao.
- CÁRCAMO E, PINTO G. 1993. Condiciones hidroquímicas en la prospección sobre indicadores biológicos pesqueros en Mar Brava. 11-12 marzo de 1993. Área de Hidroquímica y Productividad Primaria, Inf. Int. Inst. Mar Perú. Callao.
- CONTRERAS E, LOSTANAU N, JACINTO M, GUZMÁN M. 1993. Estudio de contaminación y eutroficación en las playas La Arenilla y Cantolao, Callao. 1989-1991. Área de Contaminación Marina. Inf. Int. Inst. Mar Perú-Callao.
- CONTRERAS E. 1993. Algunos aspectos de contaminación en las playas La Arenilla y Cantolao. Callao 1992. Área de Contaminación Marina, Inf. Int. Inst. del Mar del Perú.
- CHANG J, CARPENTER E. 1985. Blooms of the dinoflagellate *Gyrodinium aureolum* in a Long Island Estuary: box model analysis of blooms maintenance. Mar. Biol. 89: 83-93.
- DAHL E, LINDAHL O, PAASCHE E, THRONDSSEN J. 1989. A Novel phytoplankton bloom. Causes and Impact of Recurrent Brown tides. Coper, E.M. (eds) Springer lecture notes on coastal and estuarine studies: 383-405.
- DELGADO E. 1990. Variación estacional de los dinoflagelados en el área del Callao durante 1987. Tesis, Univ. Ricardo Palma: 50 pp.
- ESTRADA M. 1993. Sucesión fitoplanctónica y mareas rojas. En: Actas del aula de trabajo sobre purgas de mar y fitoplancton tóxico en la Península Ibérica. Fraga, S. (ed). Instituto Español de Oceanografía. Madrid-España (144): 7.
- FIGUERAS F G. 1993. Iniciación de una marea roja de *Gymnodinium catenatum*. En: Actas del aula de trabajo sobre purgas de mar y fitoplancton tóxico en la Península Ibérica. Fraga, S. (ed). Instituto Español de Oceanografía. Madrid-España (144): 31.
- GUILLÉN O, AQUINO R, JACINTO M. 1986. Distribución de trazas de metales en el puerto del Callao. Bol. Inst. Mar Perú-OEA. 10 (8): 188-210.
- GUILLÉN O, DELGADO C, POMA R. 1986. Distribución de cobre, plomo, zinc, en los sedimentos del puerto del Callao. Bol. Inst. Mar Perú-OEA. 10 (8): 188-210.
- HALLEGRAEFF M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycology. 32(2): 79-99.
- LANDA A. 1953. Análisis de las muestras diarias de fitoplancton superficial en Chimbote, Julio 1951 a Junio 1952. Bol. Cient. Comp. Adm. del Guano, Vol. I (1) Lima: 24-32.
- LAVALLE J A. 1917. La contracorriente ecuatorial como causa determinante del fenómeno marino conocido con el nombre de «aguaje». Bol. Soc. Geogr. de Lima. Vol XXXIII. Lima : 124-140.
- MCLEAN C. 1989. Indo-Pacific red tides, 1985-1988. Marine Pollution Bulletin 20: 304-310.
- MARGALEF R, ESTRADA M, BLASCO D. 1979. Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. In: Toxic Dinoflagellate Blooms, TAYLOR D.L. Y SELIGER H.(Eds.). Elsevier/ North-Holland New York: 89-94.
- MORÓN O. 1994. Condiciones oceanográficas de la Bahía del Callao. 1994. Proyecto CORDE-CALLAO, Área de Interacción Océano Recurso. Inf. Int. Inst. Mar Perú-Callao.
- OCHOA N, GÓMEZ O. 1986. Fitoplancton y decoloraciones en el Área del Callao (20 marzo 1986). Inf. Int. Inst. Mar-Perú. Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- OCHOA N, GÓMEZ O. 1988. Variación espacio-temporal del fitoplancton frente al Callao, Perú, en 1986, En: Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano. Salzwedel, H. y A. Landa (eds). Bol. Inst. Mar Perú-Callao 1: 51-59.

- OVIATT C, LANE P, FRENCH F III, DONAGHAY P. 1989. Phytoplankton species and abundance in response to eutrophication in coastal marine mesocosms. *Journal Plankton Research* 11 (6): 1223-1244.
- RAIMONDI A. 1891. Fenómeno llamado «El Pintor». *Bol. Soc. Geogr. de Lima*, Tomo I. Lima.
- ROJAS DE MENDIOLA B. 1979. Red Tide along the Peruvian coast. In: *Toxic Dinoflagellate Blooms*. Taylor, D. & H. Seliger (eds). Elsevier North Hollanda, Inc.: 183-190.
- RYTHER J H. 1955. Ecology of autotrophic marine dinoflagellates with reference to red red water conditions. In: *The luminescence of biological systems*. Johnson, F. H. (ed) : 387-414.
- RYTHER J H. 1967. Ocurrencece of red off Peru. *Nature* 214 (5095): 1318-1319.
- SEARS M. 1954. Notas sobre la Corriente costanera del Perú. *Bol. Cient. Comp. Adm. del Guano*. Tomo I Vol. 2 Lima.
- SÁNCHEZ G, MORÓN O, CÁRCAMO E, OROSCO R, PADILLA G, CASTILLO S, VILLASANTE S, ORTEGA J. 1994. Informe técnico de la evaluación microbiológica y aislamiento de *Vibrio cholerae* en agua de mar y organismos marinos. Marzo de 1994. Proyecto CORDECALLAO-IMARPE. *Inf. Int. Inst. Mar Perú-Callao*.
- SÁNCHEZ G, PADILLA G, MORÓN O, CASTILLO S. 1995. Informe técnico de la evaluación microbiológica y aislamiento de *Vibrio cholerae* en agua de mar y organismos marinos. Octubre de 1994. Proyecto CORDECALLAO-IMARPE. *Inf. Int. Inst. Mar Perú-Callao*.
- SANTANDER H, OCHOA N. 1982. Registros de mareas rojas frente al Perú 1979-1981. En: *Mareas rojas en el Plancton del Pacífico Oriental*. Inf. del segundo Taller del Programa de plancton del Pacífico Oriental (19-20 noviembre 1981). IMARPE-Callao, Perú. UNESCO 1982: 18-23.
- SMAYDA T J. 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea evidence for a global epidemic. In: *Toxic Marine Phytoplankton*. GRANELI, E., B. SUNDSTROM, L. EDLER, & D.M. ANDERSON (Eds.) Elsevier Science Publishing: 29 -40.
- STEIDINGER K. 1975. Basic factor influencing red tides. In: *Proceedings of the First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms*. LoCicero, V. R. (ed.): 153-162.
- STEIDINGER K. 1983. A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology. *Progress in Phycol. Resear.* 2 : 147-182.
- TANGEN K. 1977. Blooms de *Gyrodinium aureolum* (Dynophyceas) in north European waters, accompanied by mortality in marine organisms. *Sarsia* 63: 123-133.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao* 2(5): 157-324.

TABLA. 1 ORGANISMOS PRODUCTORES DE MAREAS ROJAS REGISTRADOS PARA EL AREA DEL CALLAO (12° S) DURANTE 1980 - 1995.

ORGANISMO	COLORACION
DIATOMEAS	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Verde
<i>Amphiprora</i> sp.	Verde blanquecino
<i>Pleurosigma</i> sp.	Marrón
DINOFLAGELADOS	
<i>Gymnodinium splendens</i>	Rojo
<i>Protoperidinium mendiolae</i>	Rojo
<i>Alexandrium peruvianum</i>	Rojo
<i>Prorocentrum gracile</i>	Rojo
<i>P. micans</i>	Marrón
<i>Ceratium furca</i>	Marrón
<i>C. fusus</i>	Marrón
<i>Gyrodinium</i> sp.	Rojo
FLAGELADOS	
<i>Olisthodiscus luteus</i>	Marrón
<i>Eutreptiella gymnastica</i>	Verde brillante
CILIADOS	
<i>Messodinium rubrum</i>	Rojo
SILICOFLAGELADOS	
<i>Dictyocha</i> sp.	Rojo

Tabla 2. REGISTROS DE MAREAS ROJAS EN LA PLAYA ARENILLA - BAHIA MIRAFLORES 1980-1995. CALLAO - PERU (12° S).

AÑO	MES FRECUENCIA ()	ORGANISMO DOMINANTE
1980	5(2), 6(2)	<i>Olisthodiscus luteus</i>
	6(2)	<i>Gymnodinium splendens</i>
	7(2),9(2)10(2)	<i>O. luteus</i>
1981	3(1)	<i>Ceratium fusus</i>
	3(3)	<i>O. luteus</i>
	12(3)	<i>Alexandrium peruvianum</i>
1982	10(1)	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
1983	2(1)	<i>O. luteus</i>
	3(1)	<i>Prorocentrum micans</i>
1984	--	No se registra marea roja
1985	6(1)	<i>Gymnodinium</i> sp.
1986	12(1)	<i>Prorocentrum micans</i> *
1987	1(3)	<i>O. luteus</i>
	3(2)	<i>Gymnodinium splendens</i>
1988	8(1)	<i>O. luteus</i>
1989	5(1),6(2),7(4)	<i>Prorocentrum micans</i>
	12(3)	<i>O. luteus</i>
1990	1(2),3(2),4(6)	<i>O. luteus</i>
	6(2),7(1)	
	11(4)	<i>G. splendens</i>
1991	1(4),2(2),3(3)	<i>O. luteus</i> **
	5(1),6(1),12(2)	<i>O. luteus</i> *
1992	2(2), 3(1),5(1), 6(1)	<i>G. splendens</i>
	6(1)	<i>Dyctiocha fibula</i>
1993	2(2)	Org. no determinado
	2(1)	<i>G. splendens</i>
	4(1),5(2)	<i>O. luteus</i>
	6(2)	Org. no determinado
	9(1),10(1),11(3),12(1)	<i>O. luteus</i>
1994	1(1)	<i>O. luteus</i>
	3(1),4(3),11(1)	Org. no determinado
1995	2(1)	<i>O. luteus</i>

* Especies con una duración mayor de 20 días.

** Mayor de 30 días.

TABLA 3. REGISTROS DE MAREAS ROJAS EN LA PLAYA CANTOLAO - BAHIA DEL CALLAO 1980-1995. CALLAO-PERU (12% S).

AÑO	MES FRECUENCIA ()	ORG. DOMINANTE
1980	5(1)	<i>Olisthodiscus luteus</i>
1981	12(3)	<i>Alexandrium peruvianum</i> *
1982	2(1)	<i>Ceratium furca</i>
	10(1)	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
	11(1)	<i>Mesodinium rubrum</i>
1983	- -	No se registra marea roja
1984	1(2), 2(2), 3(1), 4(1)	<i>A. peruvianum</i>
1985	1(1), 2(1), 3(2), 12(1)	<i>A. peruvianum</i>
1986	2(1), 3(3), 4(1)	<i>A. peruvianum</i>
	6(1)	<i>Gymnodinium splendens</i>
1987	—	No se registra marea roja
1988	1(1), 2(3)	<i>Protoperdinium mendiolae</i>
	2(1), 3(1)	<i>Amphiprora</i> sp.
	3(2)	<i>A. peruvianum</i>
	5(1)	<i>G. splendens</i>
	8(1)	<i>A. peruvianum</i>
	12(1)	<i>Amphiprora</i> sp. *
1989	1(3)	<i>Amphiprora</i> sp.
	1(2), 4(1), 5(1)	<i>A. peruvianum</i>
	8(1)	<i>Prorocentrum micans</i>
1990	1(1)	<i>Mesodinium rubrum</i>
	1(1)	<i>Gyrodinium</i> sp.
	2(1)	<i>Eutreptiella gymnastica</i>
	2(1)	<i>O. luteus</i>
	4(1)	<i>A. peruvianum</i>
1991	1(1)	<i>O. luteus</i>
	2(1)	<i>E. gymnastica</i>
	4(2)	<i>O. luteus</i>
1992	2(1)	<i>G. splendens</i>
	4(1)	<i>E. gymnastica</i>
1993	1(1)	<i>A. peruvianum</i>
	2(1)	<i>A. peruvianum</i> *
	2(2), 3(2)	<i>G. splendens</i>
1994	1(1)	Org. no determinado
	2(1)	<i>A. peruvianum</i>
	2(1)	<i>Pleurosigma</i> sp.
1995	2(1)	<i>Amphiprora</i> sp.
	3(1)	Org. no determinado

* Especies con duraciones mayores de 20 días

** Mayor de 30 días.

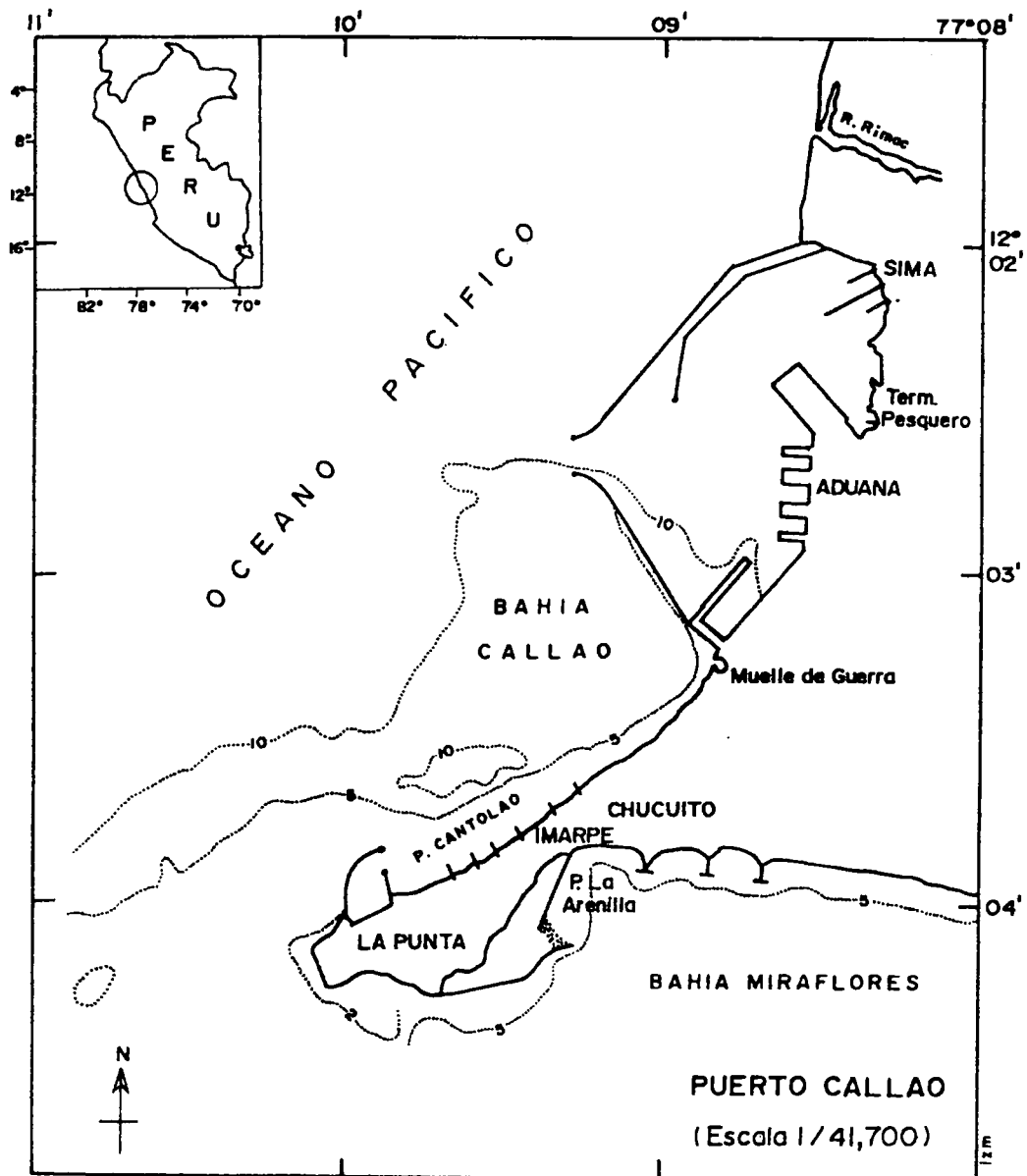


FIGURA 1. Area de estudio de las mareas rojas en el Callao.

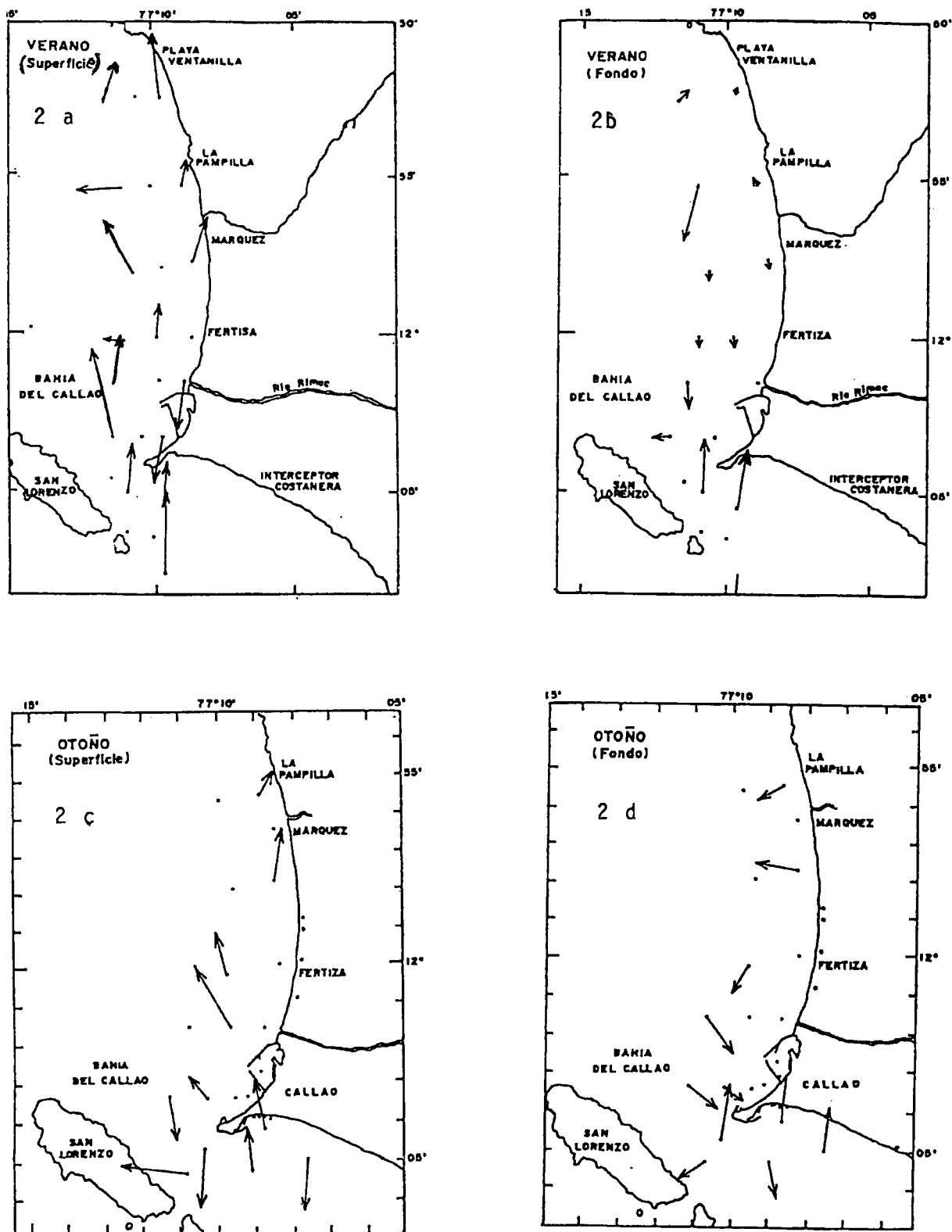


FIGURA 2. Distribución superficial y de fondo de las corrientes marinas para el verano (2a, 2 b) y otoño (2c, 2 d), en el área del Callao (12°S).

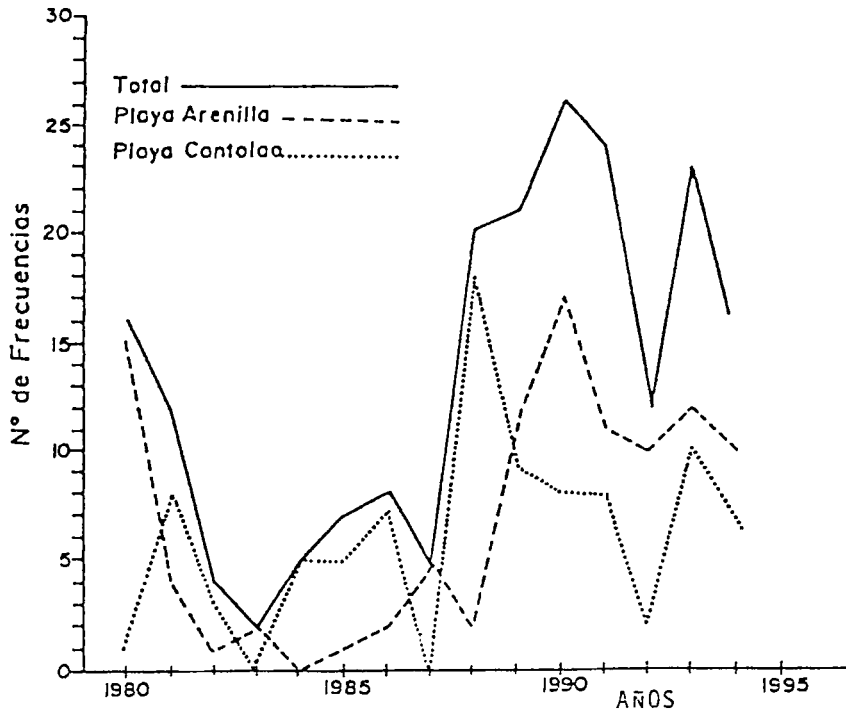


FIGURA 3. Distribución anual del número de frecuencias de mareas rojas registradas en el área del Callao (12°S).

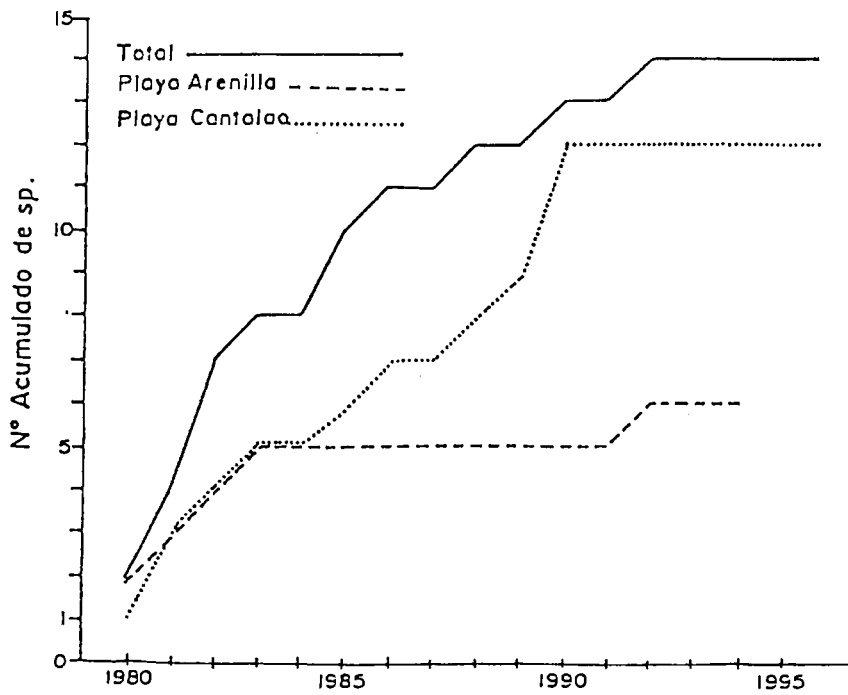


FIGURA 4. Distribución anual del número acumulado de especies productoras de mareas rojas en el área del Callao (12° S).

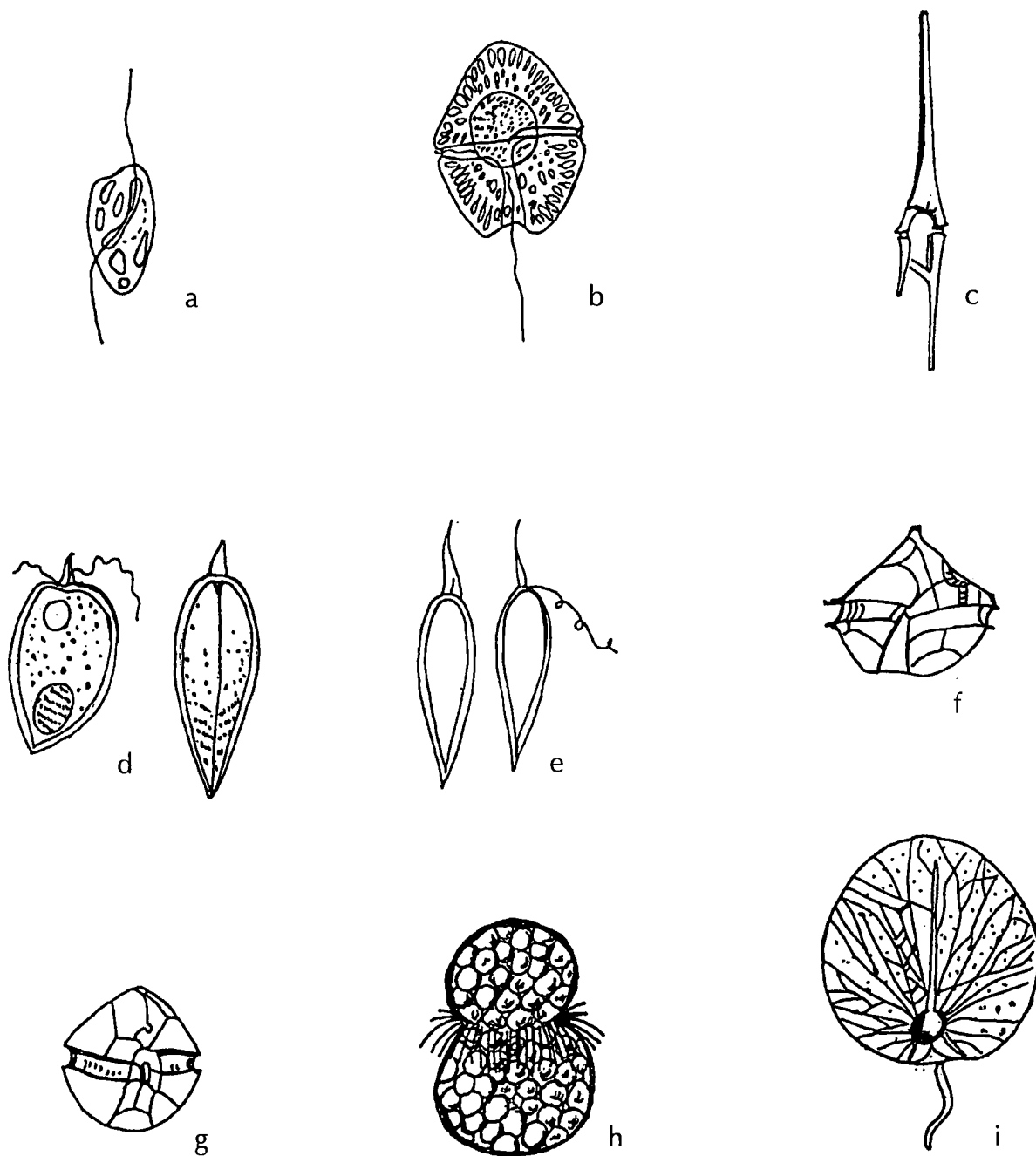


FIGURA 5. Algunas especies productoras de mareas rojas en la costa peruana. a, *Olisthodiscus luteus*; b, *Gymnodinium splendens*; c, *Ceratium furca*; d, *Prorocentrum micans*; e, *Prorocentrum gracile*; f, *Protoperidinium mendiolae*; g, *Alexandrium peruvianum*; h, *Mesodinium rubrum*; i, *Noctiluca miliaris*.

*Impreso en VISUAL SERVICE S.R.L.
José de la Torre Ugarte # 433
Telf.: 442-4423 Lince
Lima-Perú*