



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 41, Números 1-4



Enero-Diciembre 2014
Callao, Perú

NIVEL DE RUIDO Y EFECTOS EN EL ECOSISTEMA POR USO DEL ZUMBADOR EN LA PESCA DE SUCO *Paralanchurus peruanus*, PACASMAYO

NOISE AND ECOSYSTEM EFFECTS BY USING THE BUZZER ON FISHING SUCO *Paralanchurus peruanus*, PACASMAYO

Francisco Ganoza¹

Rodolfo Cornejo²

Carlos Salazar¹

Adolfo González³

Martín Campos⁴

RESUMEN

GANOZA F, CORNEJO R, SALAZAR C, GONZÁLES A, CAMPOS M. 2014. Nivel de ruido y efectos en el ecosistema por uso del zumbador en la pesca de suco *Paralanchurus peruanus*, Pacasmayo. *Inf Inst Mar Perú*. 41(1-4): 162-178.- En Pacasmayo, Región la Libertad, se efectuaron experimentos para determinación de ondas sonoras producidas por el zumbador utilizando equipos hidroacústicos y jaulas con peces en cautiverio, para evaluar su efecto en el ambiente biótico y abiótico. Se detectó incremento de oxígeno disuelto en el agua de mar (0,20 mL/L); fragmentación de diatomeas, presencia de quistes de esporas de *Chaetoceros* en superficie, disminución de la abundancia relativa de *Acartia tonsa*, *Centropages brachiatus*, *Paracalanus parvus* y *Oithona setigera*. El nivel de presión acústica generado por el zumbador estuvo dentro de la amplitud de onda máxima de 145 dB//1 μ Bar ref 1m, que no es letal en los peces; sin embargo, estos niveles de ondas acústicas afectarían el sistema sensorial, alterando su desplazamiento, orientación y equilibrio, ocasionando que los peces queden atrapados en la red de enmalle.

PALABRAS CLAVE: Zumbador, detección hidroacústica

ABSTRACT

GANOZA F, CORNEJO R, SALAZAR C, GONZÁLES A, CAMPOS M. 2014. Noise and ecosystem effects by using the buzzer on fishing Suco *Paralanchurus peruanus*, Pacasmayo. *Inf Inst Mar Perú*. 41(1-4): 162-178.- In Pacasmayo, Region La Libertad experiments for determination of sound waves produced by the buzzer using hydroacoustic equipment and fish cages in captivity, to evaluate its effect on the biotic and abiotic environment were developed. Increase of dissolved oxygen in sea water (0.20 mL/L) was detected; fragmentation of diatoms, cysts *Chaetoceros* spore surface, decreased the relative abundance of *Acartia tonsa*, *Centropages brachiatus*, *Paracalanus parvus* and *Oithona setigera*. The sound pressure level generated by the buzzer was within the maximum wave amplitude of 145 dB ref // 1 μ Bar 1m, which is not lethal in fish; however, these levels of sound waves affect the sensory system, altering its displacement, orientation and balance, causing the fish caught in the gill net.

KEYWORDS: Buzzer, hydroacoustic detection

1. INTRODUCCIÓN

En la última década ha habido un creciente interés relacionado con los efectos que los sonidos generados por los seres humanos ejercen sobre los peces, ya que su sistema auditivo es muy similar al de los mamíferos, incluyendo los terrestres, y muchas especies usan el sonido para escapar de sus depredadores, encontrar alimento y para interactuar socialmente. Los humanos generamos una gran cantidad de sonidos en el ambiente marino (y terrestre). Las fuentes relevantes más citadas son los barcos, exploraciones geológicas y sonares; pero hay muchas otras. En la mayoría de los casos, los sonidos generados son relativamente de

baja frecuencia, por debajo de los 1000 Hz, lo que significa que están dentro del rango acústico de los peces, y por lo tanto, tienen el potencial de afectarlos. También se sabe que hay un grupo de clupeidos capaces de detectar sonido de alta frecuencia, por lo que hasta ecosondas de barcos pesqueros podrían perturbarlos.

Muchos factores pueden afectar el resultado de la exposición al sonido tales como su frecuencia, intensidad y duración. Es conocido que la exposición a sonidos intensos incluso por periodos cortos puede resultar en la pérdida permanente de la audición por la destrucción de las células sensoriales del oído interno. Un daño similar puede ocurrir por una exposición

1 Unidad de Tecnología de Extracción UTE-DIPDT,IMARPE
2 Laboratorio Sede Huacho-IMARPE
3 Unidad de Flota
4 Laboratorio de Huanchaco -IMARPE

mayor a sonidos de niveles más bajos que aunque no causen una pérdida permanente de la audición, frecuentemente resultan en una pérdida o una disminución temporal (que puede durar minutos, horas o incluso días) de la capacidad auditiva.

El aumento en el ruido ambiental o súbitos sonidos intensos puede afectar otros aspectos no auditivos de la fisiología animal como incremento de los niveles de estrés. La capacidad auditiva no evolucionó para permitir a los animales comunicarse, sino probablemente para permitirles ganar una mayor percepción de su entorno. La audición en los vertebrados evolucionó en organismos acuáticos, donde la información visual está limitada por la claridad del agua o por bajos niveles de luz, por lo que el animal observa los objetos de la cercanía. En contraste, el sonido provee al animal de información sobre objetos y eventos a considerable distancia. Es por ello que la pérdida o disminución de la capacidad auditiva en los peces, aun temporalmente, significará que el animal pierda información potencial sobre sus posibles presas o depredadores, así como la habilidad para comunicarse con otros de su especie, lo que cobra especial importancia si uno se da cuenta de la poca información que el pez podrá tener sobre todo cuando el entorno puede enturbiarse por acción de las mareas, o durante las noches, en que prácticamente queda indefenso. También la respuesta al sonido puede afectar el comportamiento más drásticamente, dando lugar a que el pez abandone un área de alimentación o de reproducción, o de alguna otra manera que afecte el comportamiento a largo plazo, y por lo tanto, la supervivencia y reproducción. Por ejemplo, algunas larvas de peces se valen del sonido para detectar y dirigirse hacia los arrecifes u otras áreas donde habitan posteriormente. La producción de ruido extraño podría conducirlos a zonas no aptas, impidiendo que alcancen su hábitat natural.

En el norte de Perú, principalmente en la Región La Libertad, la costa presenta un perfil geomorfológico muy caprichoso, con puntas, ensenadas e islas, con una orientación sureste de acuerdo al avance de la latitud hacia el sur. Por otro lado, también se ubica en gran parte la plataforma continental con una extensión aproximada hasta 60 millas de costa y con profundidades variables de hasta 180 m. En este lugar, existe una gran variedad de recursos marinos pelágicos, demersales y costeros debido aparentemente a la gran productividad primaria y secundaria que existe en la zona, la cual es gobernada principalmente por la Corriente de Humboldt o Corriente del Perú, que muestra una proyección de masas de agua de sur a nor-noroeste, perfilándose en el margen costero de la zona generando efectos de corrientes locales debido a los factores antes mencionados.

Se ha observado en la zona de Pacasmayo, que el uso del zumbador (equipo auxiliar), podría estar perjudicando al stock de la pesquería de recursos costeros, debido a que el sonido producido hace variar el comportamiento de los peces, haciéndolos salir de la zona rocosa de refugio o protección, encontrándose en esos momentos vulnerables a la red, incrementándose la eficiencia de captura de las redes de enmalle operadas en forma circular.

Son pocos los estudios realizados hasta la actualidad, sobre los efectos de los ruidos generados por el ser humano sobre los peces. Tampoco se sabe mucho sobre la detección del sonido en los invertebrados; por esto la importancia de estudiar los efectos del ruido antropogénico en un mayor rango de fauna marina. El Instituto del Mar del Perú a través de la Unidad de Tecnología de Extracción (UTE) de la Dirección de Investigaciones en Pesca y Desarrollo Tecnológico (DIPDT), desarrolló un trabajo de experimentación en la zona de pesca de Pacasmayo del 12 al 21 de octubre del 2010, con la finalidad de determinar si el uso de "zumbadores" como herramienta de pesca con redes de enmalle puede tener consecuencias negativas en el ambiente marino, así como conocer el nivel de ruido y su efecto en los peces y organismos planctónicos, que permita asegurar la integridad del ecosistema y los niveles saludables de las especies que habitan las zonas donde se practica esta actividad.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.- Los experimentos de determinación de ondas sonoras del zumbador, cerca de la jaula con peces en cautiverio, se llevaron a cabo en las zonas de pesca de Puémape, Santa Elena y las Chiveras, Provincia de Pacasmayo, Región La Libertad, también se realizaron pruebas de detección submarina de ondas sonoras mediante utilización de equipos hidroacústicos para determinar características de las señales acústicas ocasionadas por los ruidos submarinos.

El **material** y los **equipos** utilizados durante el experimento se detallan en la Tabla 1.

Embarcaciones.- Se utilizaron dos embarcaciones artesanales de madera, con motor fuera de borda y no más de 6,5 m de eslora (Fig. 1):

1. E/P Juan Andrés/Luis y Lizet: Los días 16, 17 y 18, para las pruebas de generación de ondas sonoras con el zumbador y toma de muestras bio-oceanográficas (temperatura, oxígeno, salinidad, corrientes, fitoplancton y zooplancton).
2. E/P Mafra: Los días 19 y 20 para la pesca y mantención de peces vivos, instalación de la jaula y todo el sistema de equipos.

Características y uso del zumbador.- Es un material auxiliar que se utiliza después de la operación de tendido de las redes de enmalle, para golpear con fuerza la superficie del mar generando ruidos, con el fin de alterar la tranquilidad de los peces para que queden enmallados en su intento de escapar. Consiste de un vástago o palo de eucalipto de 3 m de longitud y diámetro de 6 cm que lleva en el extremo inferior la mitad de un flotador de boliche “pulsen” de 28 cm de diámetro (Fig. 2).

En la zona de pesca realizan el tendido de la red de enmalle de fondo en forma circular como si fuera una red de cerco, al término de esta operación, se desplazan hasta la parte de los cabeceros y se inicia el golpeteo de la superficie del mar con el zumbador por el lado de babor de la embarcación, para evitar el escape del área cercada, luego el golpeteo se hace en el centro para que los peces perturbados se desplacen tratando de huir de la zona y queden enmallados. Los pescadores artesanales utilizan este sistema generalmente en zonas de rompiente cerca de las playas (Fig. 2).

Obtención de peces vivos.- La captura de peces vivos se realizó con una red cortina de fondo en la zonas de Puémape, Santa Elena, las Chiveras, El Milagro, El Loro y Dos cabezas; se trasladaron a la embarcación para mantenerlos vivos, efectuando cambio de agua, aplicando oxígeno de la compresora y seguimiento horario de la temperatura del agua, hasta llevarlos a la jaula para el desestrés y tenerlos listos para los experimentos de sometimiento a los ruidos con el uso del zumbador desde la superficie (Fig. 3).

Instalación de la jaula.- La jaula circular de 1,5 m de diámetro por 2 m de alto, fue ubicada por el buzo en la zona de las Chiveras, a 1 m del fondo y a 3 m de la embarcación (Fig. 4).

Enmalle de peces.- Las faenas de captura de suco o coco con redes de enmalle y con el uso del zumbador fueron filmadas en forma submarina, para demostrar que el ruido estimula al pez, que en su afán de huir queda enmallado en las redes.

Tabla 1.- Material y equipos usados en experimentos del zumbador

Material	Equipos
Relojes cronometrados	3 GPS Map 76 CX UPI. 95.22.3186-0119, Etrex Legen Garmin, Etrex Vista
Pirámide de aluminio triangulo con su boya	Cámara fotográfica digital Lumix Panasonic. UPI. 74.22.0897-0091
Zumbador	Amplificador Bruel & Kjaer serie 02673223 – UPI 95.22.0126-007
Jaula de doble aro plegable	Tres hidrófonos Bruel & Kajer. Model 8103 UPI 95.22.4590
Regulador inversor de 500 watt entrada 12v.salida 220 v.ca. 60Hz	Un auricular con micrófono
Equipo de buceo autónomo	Acondicionador de señal NEXUS
Bitácora, formatos de registro de muestreo	Tarjeta de adquisición de datos Modelo NI USB6227517-0001
Frascos para muestras de fito y zooplankton, oxígeno y salinidad	Disco Duro Externo IOMEGA UPI. 74.08.1850-0029
Red de Nyal	Osciloscopio Tektronic TDS1012B Serie TL 51012B, UPI 60.2.6669-0008
	Cámaras de video digital submarina
	Ecosonda Garmin de 50 kHz
	Botella Niskin, Termómetro de superficie, Termómetro de inversión de -2 a 32° C
	Anemómetro portátil con compás incorporado Kestrell 4,500
	Derivadores de aluminio para medir las corrientes de superficie y de fondo



Figura 1.- Embarcaciones Artesanales Juan Andrés y MAFRA



Figura 2.- Zumbador (izquierda) y su uso (derecha)



Figura 3.- Pesca de coco (izquierda) colocados en baldes (derecha)



Figura 4.- Instalación de jaula y peces para experimento

Experimentos de comportamiento de peces en jaula.- Se realizaron filmaciones submarinas de los peces enjaulados antes de ser sometidos a los ruidos por el zumbador, para evaluar su comportamiento. El zumbador fue manipulado desde la embarcación, golpeando en la superficie del mar sobre la jaula.

Obtención de muestras del ambiente marino de la zona.- Las colectas de agua de mar y los registros meteorológicos se realizaron en la zona de ubicación de la jaula con peces, antes y después de ser sometidos al ruido del zumbador.

El agua de mar fue colectada en superficie y a 3 m mediante un balde de 10 L. Se utilizó una botella Niskin de 10 L con termómetro de inversión para colectar el agua de 9 m de profundidad (Fig. 5). La determinación de salinidad se realizó con un Salinómetro Portasal Guildline 8410 A, por el método de inducción. La concentración de oxígeno disuelto del agua de mar se determinó mediante el método de Winkler, modificado por CARRIT y CARPENTER (1966).

Las muestras de plancton fueron obtenidas con arrastre vertical con una red de nytal. En todos los casos las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978). Para los análisis cuantitativos del fitoplancton se siguió la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados son expresados en N° cel.L⁻¹ Para la determinación taxonómica de los diferentes organismos del fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), LICEA et al. (1966 a y b), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDS-TRÖM (1986), BALECH (1988), HEIMDAL (1993), HASLE y SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER y TANGEN (1996).

Adicionalmente, se obtuvo información de corrientes marinas (cm/s) que influyen en el desplazamiento de materia orgánica como inorgánica en suspensión, Las mediciones de corrientes marinas se efectuaron con derivadores de aluminio y apoyo de un geoposicionador satelital (Fig. 6).

Los registros meteorológicos, como viento (m/s), temperatura del aire (°C), humedad relativa y presión atmosférica (hPa), se hicieron con un anemómetro portátil y compás incorporado Kestrell 500.

Experimentos de detección de ondas sonoras submarinas mediante hidrófonos.- Las actividades desarrolladas durante los experimentos fueron:

1. Instalación y operación del zumbador
2. Instalación y operación del equipo de detección

3. Registro del posicionamiento, captación e intensidad de las señales acústicas del zumbador
4. Registro del tiempo de los sonidos generados por el zumbador con la finalidad de caracterizar las señales acústicas de presión generadas (e.g. presión máxima de la onda, impulso, densidad del flujo de energía).

Los hidrófonos (detectores) fueron acondicionados y ubicados en aparejos suspendidos en el mar por flotadores y/o conectados desde las embarcaciones. La determinación de las distancias y profundidades de operación de los detectores estuvo de acuerdo con las características del sonido generado por el zumbador, así como de consideraciones de seguridad y logísticas.

Rastreo acústico.- Se realizó un rastreo acústico de los recursos demersales costeros para determinar su distribución, en la zona de pesca desde Puémape, Santa Elena hasta el muelle de Pacasmayo y desde la franja costera hasta 1 mn, en un área somera de 5 a 20 m de profundidad (Fig. 7).

Calibración del equipo acústico.- Se realizaron calibraciones de los hidrófonos, mediante la generación de ruidos con el zumbador en el muelle artesanal y en la zona de experimentación, con la finalidad de calibrar el rango de frecuencia del nivel de ruido de la onda y evaluar las perturbaciones que genera el sonido en los peces en cautiverio y en el ecosistema marino.

Configuración del sistema acústico.- Se realizó la configuración del equipo para la medición de presión sonora subacuática, tras la realización de varias pruebas de sonido con el uso del zumbador. Se determinó que la sensibilidad de salida óptima para el acondicionador de señal era de 100 μ V/Pa (cien micro voltios por pascal) (Fig. 8).

La ganancia del acondicionador de señal es relativamente baja debido principalmente a que el evento sonoro ocurrió cerca (3 m de la embarcación) lo que implica que la presión sonora esperada sea alta.

Registro de ondas sonoras.- Se registraron señales acústicas submarinas de ondas sonoras generadas con el uso del zumbador. Mediante los equipos hidroacústicos, se determinó las características de las ondas que afectan el ecosistema (Fig. 9).

Los datos fueron exportados como matrices a MATLAB™ para facilitar el procesamiento; estos datos estaban expresados en frecuencia y voltaje, con el acondicionador de señal NEXUS se pudo determinar la presión sonora en el punto de medición.

Tratamiento de la información

- a. **Evaluación biológica del grado de lesiones en los peces afectados.**- Los peces en la jaula flotante (en cautiverio) fueron examinados de acuerdo a indicadores en base a dos criterios: (1) Grado de lesiones externas; (2) Grado de lesiones internas, agrupados por tallas. Se utilizó el sistema de clasificación de lesiones internas y externas (GASPIN 1975 modificado y adaptado por LEWIS 1996 y ABBOTT et al. 2002).
- b. **Caracterización de señales acústicas generadas por el zumbador en el ambiente marino.**- Para la obtención de datos, se efectuó el análisis de las señales de presión acústica registrada y almacenada en el sistema de monitoreo y análisis hidroacústico, con la finalidad de identificar los algoritmos que permitan filtrar el ruido normal ambiental y otros ruidos producidos por la actividad humana, del ruido generado por el

zumbador. Se trabajó con las diferencias en los tiempos de captación del sonido registrado por los hidrófonos. La alineación del hidrófono se ubicó frente al zumbador, aproximadamente a 3 m, grabándose las señales de presión acústica en cada muestreo realizado, obteniéndose el voltaje de respuesta para el cálculo de la intensidad de la fuente (FORBES y NAKKEN 1972).

- c. **Procesamiento y análisis de datos.**- El registro de los datos colectados en los experimentos, se ordenó y almacenó en hojas de cálculo Excel en formato de base de datos. Para el procesamiento y análisis de los datos acústicos se utilizó el Programa de post-procesamiento y análisis de datos LabView. Para los análisis estadísticos se utilizaron programas de aplicación como STATISTICA y MINITAB. El programa SURFER se usó en la elaboración de cartas geográficas.



Figura 5.- Toma de temperatura



Figura 6. Toma de corrientes

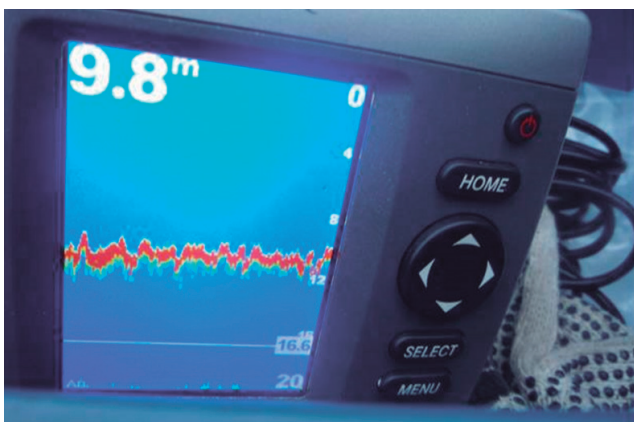


Figura 7.- Toma de datos acústicos

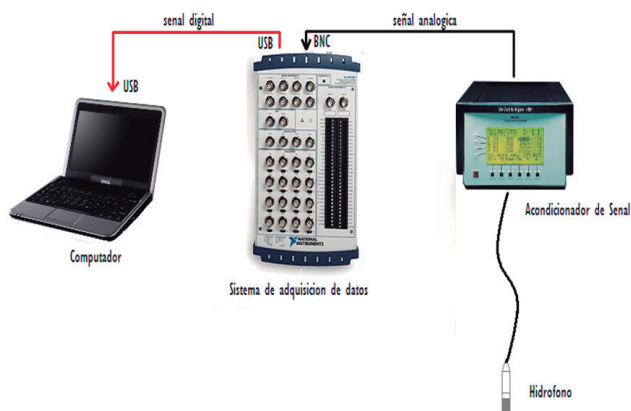


Figura 8.- Sistema Acústico



Figura 9.- Instalación del sistema acústico y toma de datos de ondas sonoras

3. RESULTADOS

Aspectos ambientales.- Con el fin de cuantificar el impacto sonoro que genera el zumbador sobre la componente abiótica y biótica, se realizó un monitoreo bio-oceanográfico dentro del área comprendida entre Pacasmayo y Santa Elena (dentro de 1 mn de costa) con 5 estaciones fijas (Fig. 10). Se procesaron y analizaron las muestras de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fitoplancton, zooplancton desde la superficie hasta los 9 m de profundidad de las zonas donde se realizaron los experimentos, así como también corrientes, vientos, humedad relativa, estado de mar, transparencia y PH. Los resultados se observan en la Tabla 2.

Temperatura.- El margen costero de la Región La Libertad, soportó condiciones ligeramente frías debido al fortalecimiento del anticiclón y de los vientos alisios del Pacífico sur (Inf. Grupal El Niño Set. 2010). En general, los valores térmicos registrados entre Pacasmayo y Santa Elena variaron en superficie de 14,5 °C a 15,5 °C y en fondo de 14,0 °C a 14,8 °C, ubicándose los valores ligeramente más elevados al sur de Pacasmayo. Antes y durante el uso del zumbador, esta variable no presentó ninguna alteración, registrándose valores térmicos de 15,1 °C y 14,8 °C (antes) y de 15,1 °C y 14,8 °C (durante), estos valores se obtuvieron en los niveles de superficie y fondo respectivamente (Fig. 11).

Tabla 2.- Parámetros ambientales

Est	Fecha	Hora	Lat	Long	Prof (m)	Prof. muestra	T°C (Agua)	Sal (ups)	OXI (ml/L)	pH	T°C (Aire)	Humedad Rel. (0/0)	Presión At. T°C (hPa)	Transp. (m)	Estado (mar)	Viento (Direc) (V m/s)	Corrientes Mar (Direc) (V cm/s)	Fito (columna)	Zoo (Vertical)				
1	17/10/10	14:49	7 28,474	79 34,492	10	0	15,1	35,005	4	3,60	7,87	16,3	88,8	14,7	1013,4	0,3	2	178	7,8	303	38,0	0	x
					9	9	14,8	34,991	5	3,35	7,86												
1		16:00	7 28,463	79 34,493	10	0	15,1			3,80	7,84	15,8	89,0	14,5	1013,4	0,3	2	180	7,9			0	x
					9	9	14,8			3,55	7,89												
2		17:12	7 27,788	79 35,062	10,6	0	15	35,004	2	3,50	7,86	15,5	89,3	13,8	1013,3	0,3	2	172	7,9	290	34,5	0	x
					9	9	14,8	34,988	7	2,75	7,85												
3		17:38	7 26,653	79 35,261	10	0	15,3	34,985	1	4,25	7,88	15,5	92,4	14,3	1013,9	0,2	2	172	8,5	289	31,9	0	x
					9	9	14,1	34,990	6	2,15	7,78												
4		18:21	7 24,893	79 35,701	10,5	0	15,4	35,012	8	3,15	7,64	15,5	93,6	14,5	1014,3	0,0	2	175	8,8	300	28,3	0	x
					9	9	14	34,991	20	0,50	7,63												
5	18/10/10	06:20	7 23,880	79 34,550		0	14,5	35,003	3	4,25	7,63											0	

Salinidad.- El área de estudio se caracterizó por la presencia de Aguas Costeras Frías (ACF), no hubo presencia de aguas de mezcla y la concentración varió homogéneamente en superficie de 34,985 a 35,012 ups y en fondo de 34,988 a 34,991 ups. Por las características del agua de mar, la velocidad de propagación del sonido cambia de acuerdo con las variaciones de temperatura, salinidad y presión. Cuanta más alta sean estas características, tanto mayor será su velocidad. Por ejemplo, en agua dulce, a una temperatura de 30 °C, es de 1509,6 m/s, mientras que en agua de mar, con la misma temperatura, pero con una concentración de sales de 35 ups, será de 1546,2 m/s. Cuando la temperatura aumenta en un grado Celsius, la velocidad del sonido lo hace en 2,5 m/s; si la salinidad se incrementa en 1%, la velocidad presentará 1,4 m/s más; y si la presión sube 10 atmósferas al bajar 100 metros de profundidad, el sonido registra 1,8 m/s de ascenso (Fig. 12).

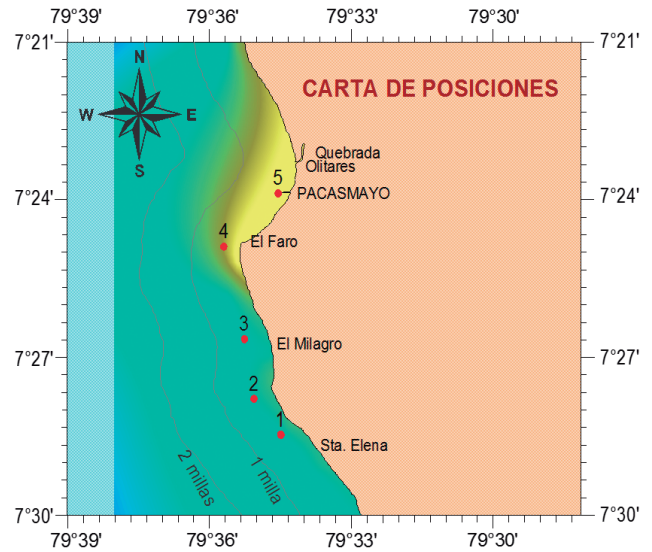


Figura 10.- Carta de posiciones

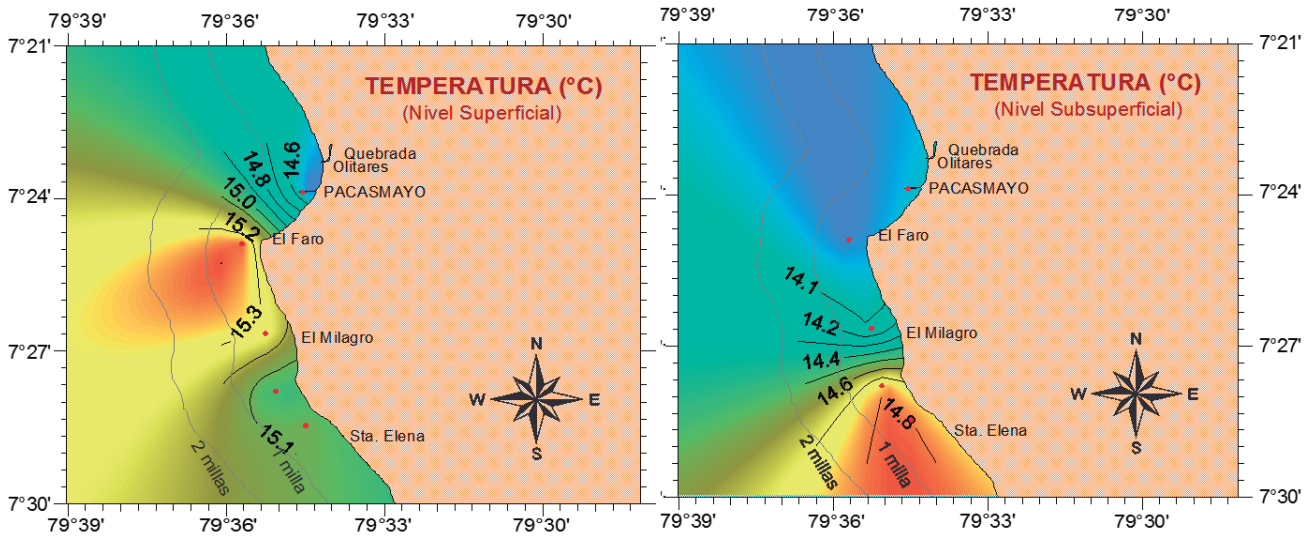


Figura 11.- Temperatura Superficial y Subsuperficial

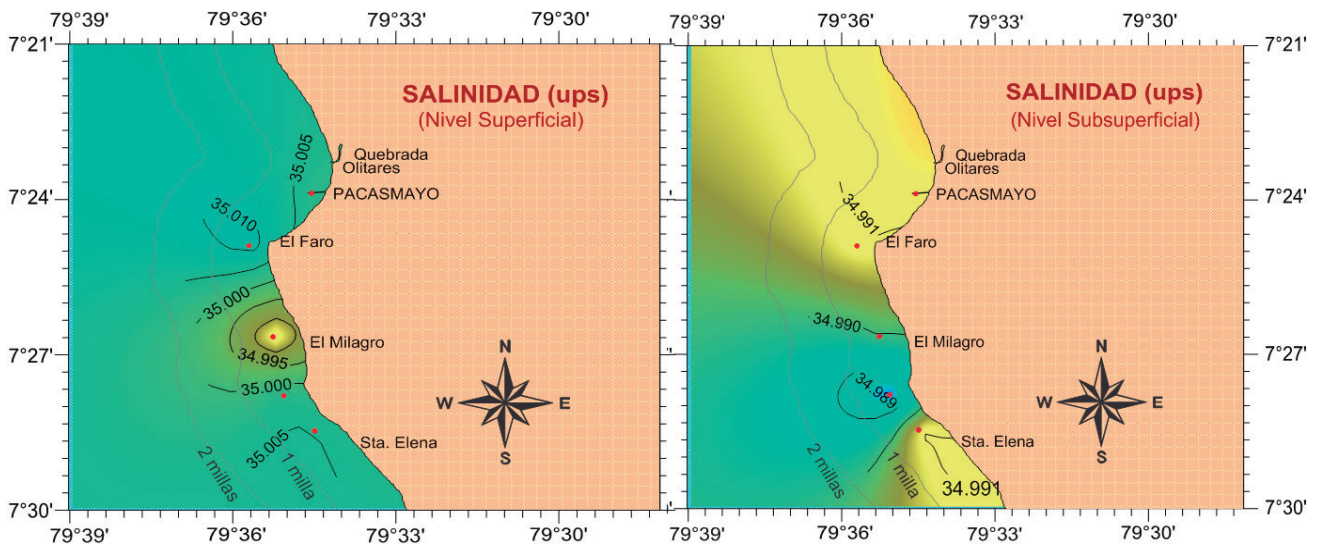


Figura 12.- Salinidad superficial y subsuperficial

Oxígeno.- La baja concentración de oxígeno disuelto del agua de mar caracterizó el comportamiento de surgencia, guardando una estrecha relación con las bajas temperaturas en la zona. A nivel superficial, la mayor concentración de oxígeno se ubicó muy pegada a la costa, debido a la mayor remoción de agua y a la intensificación de los vientos (>4 mL/L), mientras que la concentración de menor valor se ubicó en el margen oceánico, variando de 3,15 a 4,25 mL/L, con un promedio de 3,76 mL/L. En el nivel próximo al fondo, la concentración de oxígeno varió de 0,50 a 3,55 mL/L, con un promedio de 2,46 mL/L. Presentó un comportamiento en forma de gradiente con ascendencia al sur de la zona de estudio, ubicándose la mayor concentración frente a

Santa Elena con 3,55 mL/L. Ante el ruido producido por el zumbador, aparentemente se detectó efectos de aireación, generando un ligero incremento en la concentración del oxígeno, con valores de 3,60 y 3,35 mL/L (antes) y de 3,80 y 3,55 mL/L (durante), en los niveles de superficie y fondo respectivamente (Fig. 13).

Potencial de Hidrógeno (pH).- Este parámetro caracterizó la presencia de aguas con tendencia a la acidez ubicadas, principalmente al norte de la zona de estudio, su comportamiento fue en forma de gradiente ascendente hacia el sur (Fig. 14). El pH, en general presentó valores que variaron en superficie de 7,63 a 7,88 y en fondo de 7,63 a 7,89.

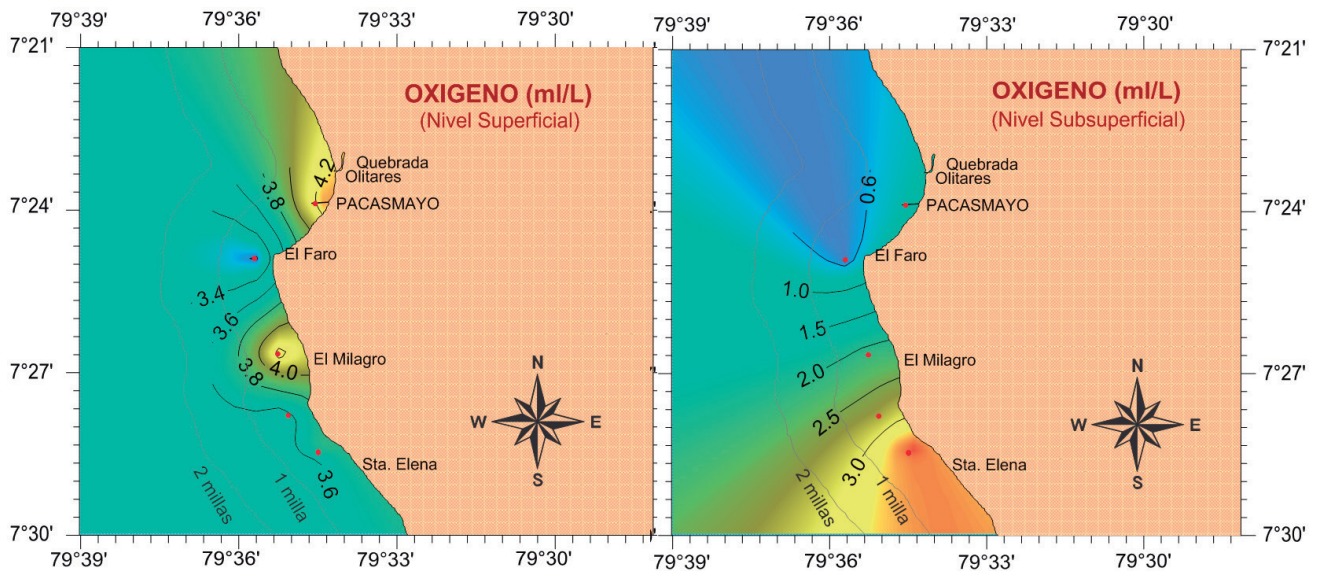


Figura 13.- Oxígeno superficial y subsuperficial

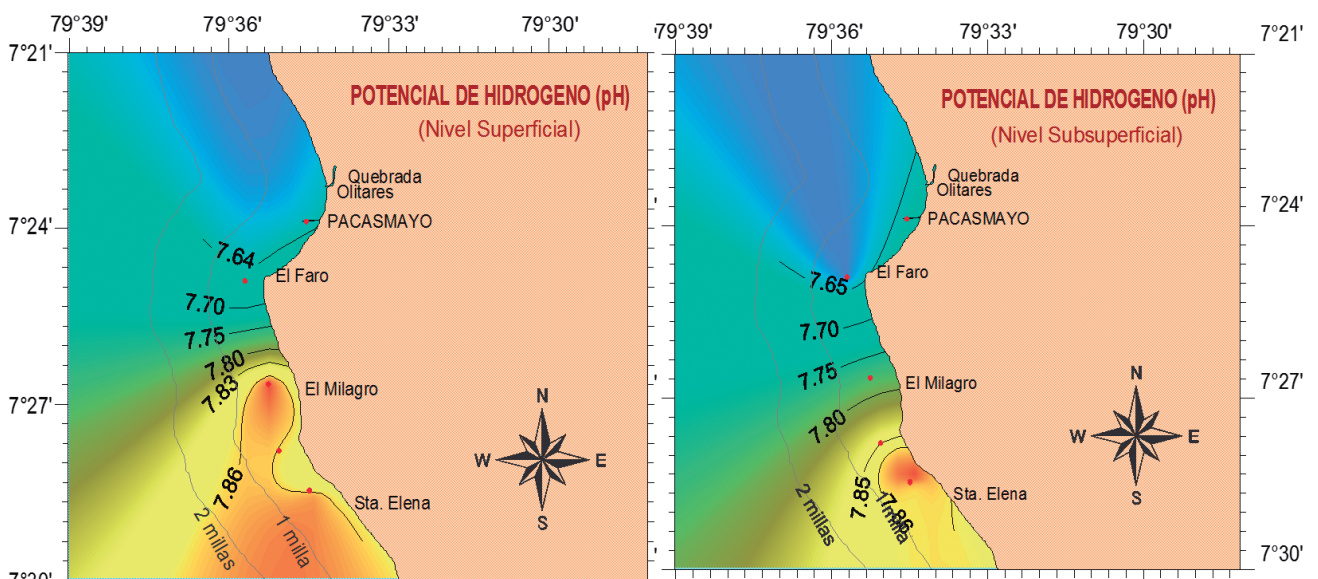


Figura 14.- Potencial de hidrogeno superficial y subsuperficial

El pH, antes del experimento del zumbador presentó valores de 7,87 (superficie) y 7,86 (fondo), durante el ejercicio presentó valores en superficie de 7,84 y en fondo de 7,89, obteniéndose en superficie una ligera variación descendente de 0,03, mientras que cerca al fondo incrementó en 0,03 durante el experimento sobre los recursos vivos.

Transparencia del agua de mar.- El agua de mar presentó poca visibilidad debido a la alta concentración de materia orgánica en suspensión por efecto de las altas intensidades de corrientes en el margen costero (Fig. 15). Se obtuvo transparencia de 0 a 0,30 m con un promedio de 0,22 m.

Corrientes marinas.- Entre Pacasmayo y Santa Elena, predominaron las corrientes marinas hacia el noroeste y la velocidad de flujo fue de regular a intensa, en superficie con 20,4 a 38,0 cm/s y en fondo de 18,2 a 32,0 cm/s (Fig. 16). El promedio en superficie fue de 29,6 cm/s y a profundidad de 8 m fue de 22,7 cm/s. Las

intensidades de las corrientes en la zona guardaron una estrecha relación con el comportamiento de los vientos zonales.

Vientos.- El viento presentó un comportamiento de procedencia sur-sureste y su intensidad fue variable de 7,8 a 8,8 m/s promedio 8,2 m/s (Fig. 17). Los valores corresponden al marco de regular intensidad debido a la intensificación de los vientos alisios del sur que produce la surgencia en el margen costero.

Presión atmosférica.- En general, el margen costero de Pacasmayo, presenta condiciones de ligera alta presión atmosférica (hPa) con valor promedio de 1013,7 hPa. No obstante, fue notoria la distribución de la presión atmosférica, que presentó un comportamiento en forma gradiente y descendente hacia el sur de Pacasmayo, con valores variables de 1013,3 a 1014,3 hPa (Fig. 18).

Humedad relativa.- La zona de mayor humedad relativa se presentó en la ensenada de Pacasmayo y la menos afectada estuvo frente a Santa Elena. La concentración de humedad varió de 88,8 a 93,6%, con temperatura ambiental de 16,3 a 15,5 °C (Fig. 19). La relación entre la ligera elevación térmica ambiental y la baja concentración de humedad se debió a la ubicación horaria.

Fitoplancton.- Se determinó un total de 32 especies con 26 diatomeas, 3 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 1 cololitofoído. Las concentraciones totales de fitoplancton fluctuaron entre 27.360 cel.L⁻¹ (Estación 1D) y 48.120 cel.L⁻¹ (Estación 4 a 9 m), con promedio de 36.080 cel.L⁻¹ y mayor representatividad del nanoplancton, excepto en las estaciones 5 a 0 m y 4 a 9 m donde sobresalió el microplancton. Los mayores aportes celulares totales fueron localizados en la estación 4 a 9 m destacando el grupo de las diatomeas con 29.480 cel.L⁻¹, en tanto que los valores mínimos se encontraron en la estación 1D, donde predominaron los fitoflagelados con 17.000 cel.L⁻¹ (Tabla 3).

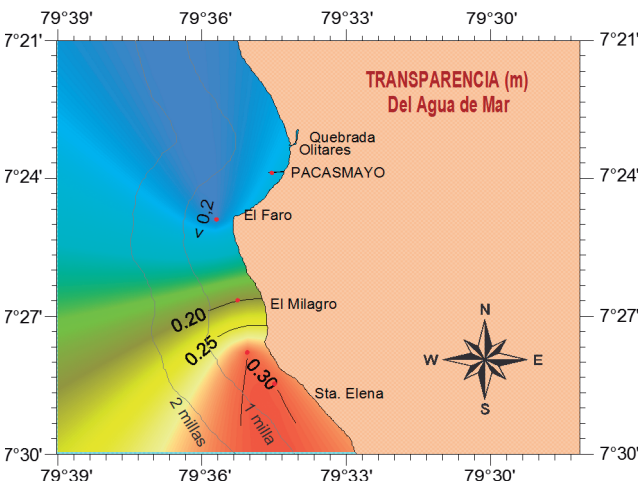


Figura 15.- Transparencia

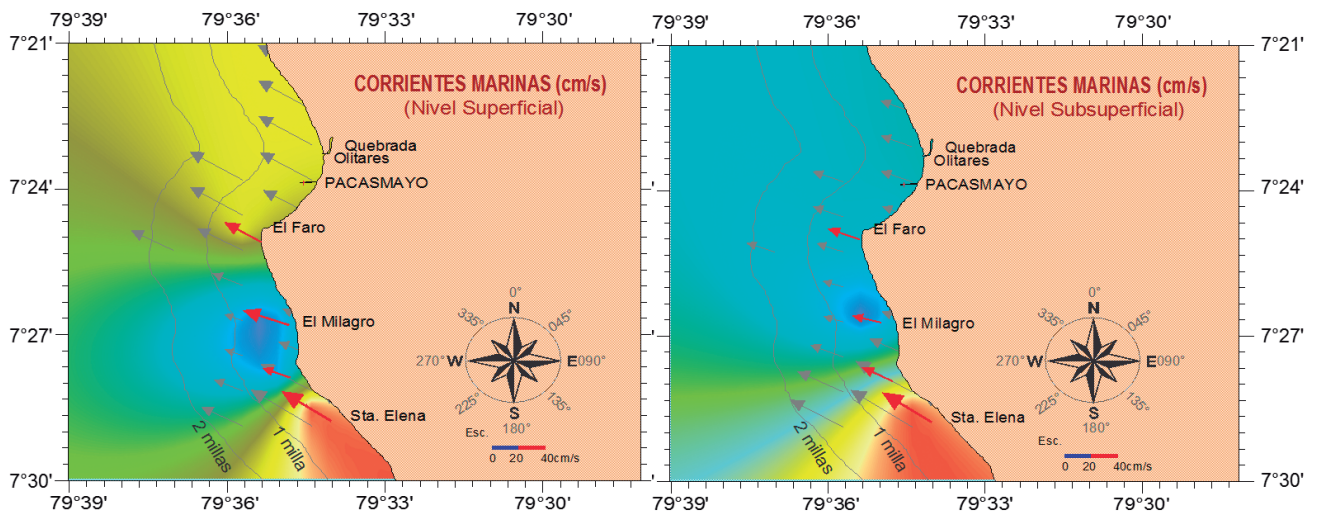


Figura 16.- Corrientes marinas superficiales y subsuperficiales

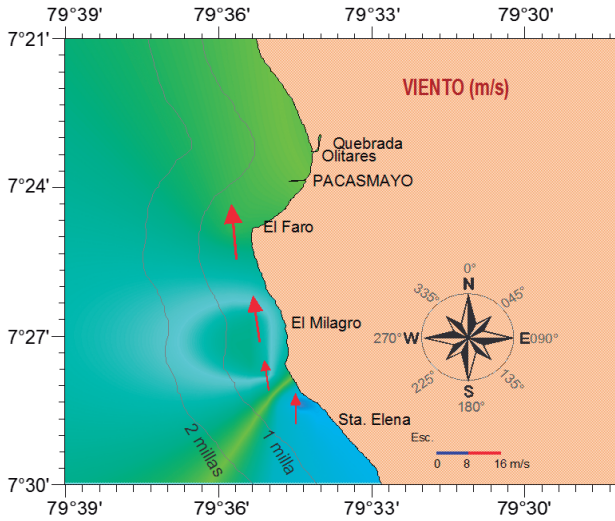


Figura 17.- Vientos

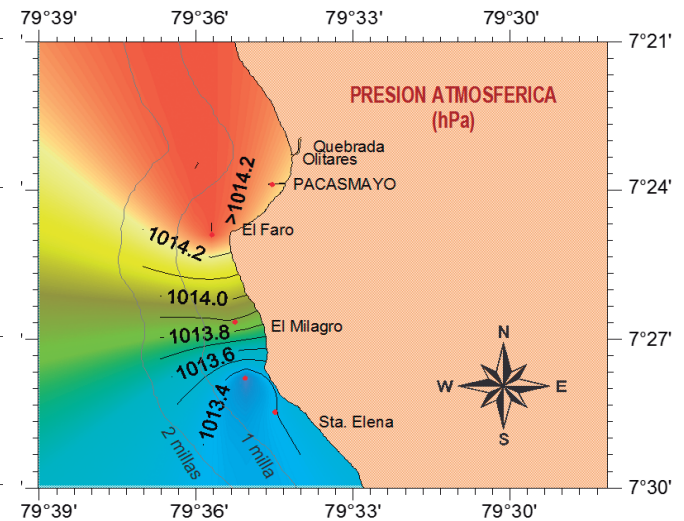


Figura 18.- Presión Atmosférica

Tabla 3.- Concentraciones de Fitoplancton

ESTACIÓN	1	1	1	2	3	3	4	4	5
PROFUNDIDAD (m)	0	9	D	0	0	9	0	9	0
DIATOMEAS									
<i>Actinocyclus</i> sp.	480	200	400	1200	480	320	480	1200	880
<i>Actinopterychus splendens</i>	80	120	440	160	220	440	80	280	240
<i>Amphora</i> sp.	0	160	0	0	0	0	80	0	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	420	1440	1080	600	720	880	680	1020	1600
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	320	0	0	0	0	0	480	600	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	0	0	120	440	0	160	280	1000	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	320	120	360	0	700	0	0	1200	120
<i>Cyclotella</i> sp.	0	0	0	80	0	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	40	80	160	0	0	120	0	280	240
<i>Entomoneis alata</i>	0	40	0	0	120	0	320	0	0
<i>Eucampia zoodiacus</i>	200	0	0	440	0	0	0	0	0
<i>Fragillariopsis doliolum</i>	120	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	80	40	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	440	0	0	0	0
<i>Guinardia striata</i>	0	0	0	120	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	360	0	0	240	320	560	280
<i>Licmophora abbreviata</i>	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	560	0	440	360	520	1520	440	1600	1480
<i>Navicula</i> sp.	320	320	480	240	240	520	240	520	200
<i>Planktoniella sol</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Pleurosigma</i> sp.	160	120	440	240	120	880	560	600	480
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	1840	3520	3200	4480	4800	7200	6520	9620	7880
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1220	2480	1800	3160	7400	9620	8560	10200	8820
<i>Thalassiosira angulata</i>	0	0	0	0	160	160	0	0	0
<i>Thalassiosira rotula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	160
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	400	0	400	0	400	800	0
TOTAL DIATOMEAS	6080	8760	9720	11520	16400	22060	19440	29480	22420
DINOFLAGELADOS									
<i>Porocentrum minimum</i>	40	80	0	0	0	0	120	0	0
<i>Porocentrum micans</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	40
<i>Protoperidinium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	40	0	0
TOTAL DINOFLAGELADOS	40	80	80	0	0	0	160	0	40
SILICOFLAGELADOS									
<i>Dictyocha fibula</i>	440	120	320	200	200	360	200	440	160
<i>Octatis octonaria</i>	0	120	240	80	0	80	0	0	280
TOTAL SILICOFLAGELADOS	440	240	560	280	200	440	200	440	440
COCOLITOFORIDOS									
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	0	0	0	1000	0	0	0	0	0
TOTAL COCOLITOFORIDOS	0	0	0	1000	0	0	0	0	0
FITOFLAGELADOS									
Fitoflagelado N.D.	21000	19000	17000	22000	18000	23000	21000	18200	15000
TOTAL FITOFLAGELADOS	21000	19000	17000	22000	18000	23000	21000	18200	15000
TOTAL FITOPLANCTON	27560	28080	27360	34800	34600	45500	40800	48120	37900
Esporas de Chaetoceros	80	440	1200	40	880	660	120	800	0

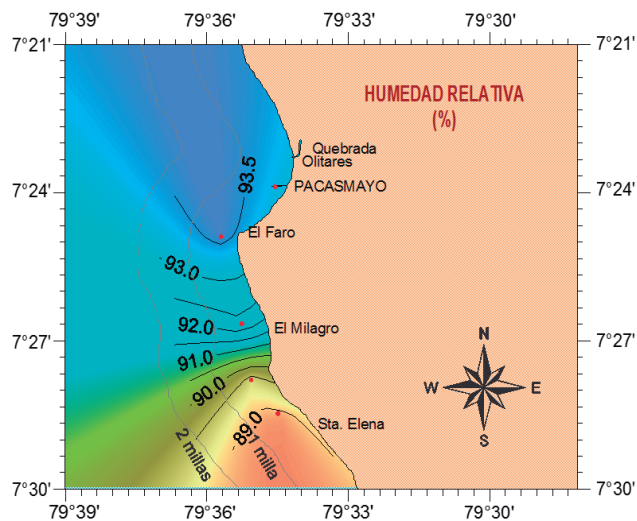


Figura 19.- Humedad relativa

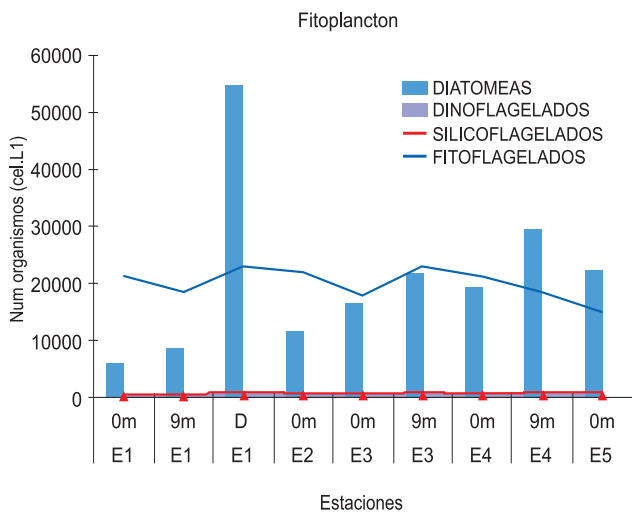


Figura 20.- Distribución del fitoplancton

El nanoplancton fue el más representativo (78%), alcanzando su máxima concentración celular de 23.000 cel.L⁻¹ en la estación 3 a 9 m destacando el grupo de los fitoflagelados, que sobresalió por su frecuencia y abundancia, cuya máxima concentración total fue de 23.000 cel.L⁻¹ (Estación 3 a 9 m) y la mínima fue 17.000 cel.L⁻¹ (Estación 1D). En el microplancton, las diatomeas fueron los organismos mejor representados destacando en la estación 4 a 9 m *Thalassionema nitzschoides* (10.200 cel.L⁻¹) y *Lithodesmium undulatum* (1.600 cel.L⁻¹), en la estación 3 a 9 m *Pleurosigma* sp. alcanzó el mayor valor (880 cel.L⁻¹).

El fitoplancton en las estaciones E1 antes y después de los experimentos, mostró daños morfológicos a nivel celular, observándose células fraccionadas de las diatomeas *Ditylum brightwellii*, *Coscinodiscus perforatus*, *Actinocyclus* sp. entre otras. También se determinó que especies que forman cadenas como *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassionema nitzschoides*, *Skeletonema costatum* presentaban fragmentación en células individuales. Cabe resaltar la presencia de quistes de esporas de Chaetoceros (estructuras localizadas en la parte bentónica) que alcanzaron los mayores aportes en la estación 1D en la capa superficial. Se observó incremento de células fitoplanctónicas en diatomeas y fitoflagelados (Fig. 20). Estas características observadas estarían asociadas con los intensos movimientos verticales en la columna de agua producidos por el uso del zumbador.

Zooplancton.- La diversidad del zooplancton estuvo conformada por 10 especies perteneciente a 9 géneros. Las concentraciones totales (org/total estac) de los grupos variaron en: 17 Ciliophora, 33 Mollusca y 854 Arthropoda. La especie dominante fue *Acartia tonsa*, seguido por *Paracalanus parvus* y *Oithona setigera*. En la estación 4, se registró al cnidario *Sarsia* sp. mientras que en la estación E1 (después) al ciliophoro *Tintinnopsis* sp. (Tabla 4).

Tabla 4.- Distribución por estaciones de zooplancton

PHYLUM CLASE / ESPECIE	Org/muestra				
	E-1 (antes)	E-1 (después)	E-2	E-3	E-4
Mollusca, Bivalvia					
Larvas	6	5	4	10	8
Artrópoda, Maxilípoda					
<i>Acartia tonsa</i>	130	120	100	80	30
<i>Centropages brachiatus</i>	8	4	3	-	-
<i>Paracalanus parvus</i>	80	70	40	50	60
<i>Oncaea</i> sp.	-	-	5	-	10
<i>Oithona setigera</i>	16	10	20	8	-
<i>Balanus</i> sp.	-	2	-	-	8
Cnidaria, Hydrozoa					
<i>Sarsia</i> sp.	-	-	-	-	4
Ciliophora, Ciliatea					
<i>Eutintinnus</i> sp.	2	4	5	4	-
<i>Tintinnopsis</i> sp.	-	2	-	-	-

En general, no se detectaron organismos con signos de lesiones (heridas, roturas o sin patas). Se observó en Mollusca y Ciliophora un incremento de los organismos en la zona de experimentación (E-1 antes vs E-1 después) (Fig. 21). Aunque a nivel específico, se observó relativa disminución de algunos organismos zooplanctónicos como *Acartia tonsa*, *Centropages brachiatus*, *Paracalanus parvus*, *Oithona setigera* en la estación E-1 (después). Asimismo, se observó mínimo incremento de organismos del grupo Ciliophora de las especies *Eutintinnus* sp., *Tintinnopsis* sp. La variabilidad en la abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos puede ser explicada por el efecto mecánico de desplazamiento de agua por el zumbador.

Distribución y concentración de los recursos costeros.- Estos recursos se presentaron distribuidos frente a Santa Elena y adyacentes a El Milagro y El Faro (Fig. 22). Se detectaron áreas o núcleos de concentración con índices de abundancia relativa en los rangos de muy disperso, disperso y denso. Las principales concentraciones se registraron entre 1 y 1,5 mn frente a El Milagro y El Faro en profundidades comprendidas entre 7 y 13 m asociadas a fondos arenosos. Los tipos de ecotrazos detectados variaron entre capas continuas y plumas. La composición de la captura de los lances de pesca estuvo dominada principalmente por suco (*Paralonchurus peruanus*).

Detección de ondas sonoras.- Las características de las ondas acústicas registradas durante el experimento con el zumbador: E1 (antes) y E1 (después) se presentan en el gráfico de amplitud vs tiempo en la figura 23. El comportamiento de la onda, tiene

similitud con la forma de una onda de choque, es decir una rápida oscilación de impulso de alta y baja presión observada en un corto intervalo de tiempo. Se registraron diferencias en los niveles de impulso de voltaje pico a pico obtenido a través de los hidrófonos, definidas por los pulsos positivos y negativos. En la estación E1 (antes), se obtuvieron valores de 0,3 a -0,4; 2,0 a -2,0 y 3,0 a -3,0, que indica el voltaje del ruido del ambiente (acción de las olas), sonido de los peces, principalmente de los ejemplares de suco acondicionados en la jaula en la columna de agua. En la estación E1 (después) se obtuvieron valores de 11 y -11, que indica el nivel de voltaje pico a pico del ruido que se registró durante el uso del zumbador, este valor se utilizó para determinar el nivel de presión sonora.

Medición de la intensidad de la fuente.- Mediante la utilización de equipos hidroacústicos y el alineamiento del hidrófono, fue posible medir el nivel de presión sonora emitido por el zumbador en dB//1 μBar ref 1m. A través del hidrófono se recepcionó el nivel de voltaje pico a pico emitido por el zumbador, de acuerdo a los siguientes resultados.

$$V_{hydr} = 22 \text{ Vpp}$$

$$V_{hydr} = 22/2 \sqrt{2} = 7,77 \text{ Vrms}$$

$$V_{hydr} = 20 \log 7,77 = 17,81 \text{ dB//1volt}$$

La sensibilidad de recepción del hidrófono es -218 dB re 1 V/ μPa = -118 dB//1volt por μBar

Entonces la presión de sonido en el hidrófono (Phydr) será:

$$Phydr = V_{hydr} - S_{rt} = 17,81 - (-118) = 135,81 \text{ dB//1 μBar}$$

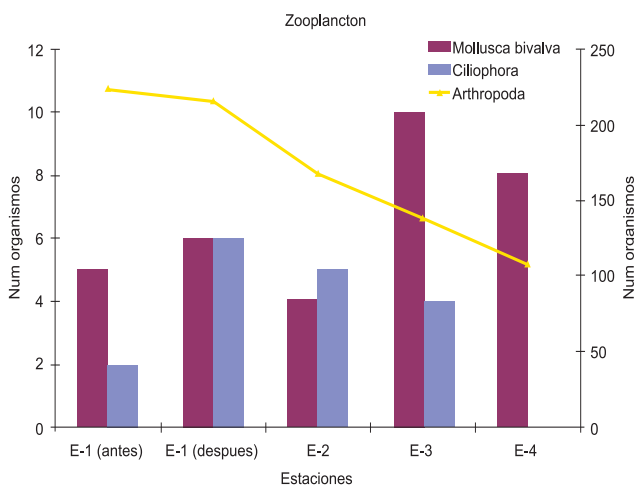


Figura 21.- Distribución de zooplankton

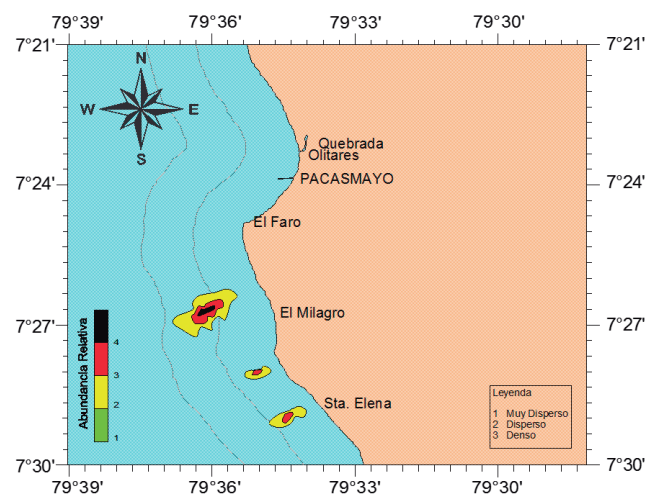


Figura 22.- Distribución espacial de los recursos costeros

Sin embargo, como es necesario el nivel de presión de sonido a 1m frente al zumbador, se obtuvo:

$$SPL = V_{hydr} - S_{rt} + 20 \log R$$

donde: R = Distancia entre zumbador e hidrofono

$$R = c * t = 1546 \text{ m/s} * 1,9 \text{ ms} = 2,93 \text{ m}$$

$$SPL = 135,81 + 20 \log 2,93$$

$$SPL = 145 \text{ dB}/1 \mu\text{Bar ref 1m.}$$

El nivel de presión sonora ejercido por el zumbador fue de 145 dB/1 μBar ref 1 m. observándose que no es letal en el suco.

Evaluación biológica de peces sometidos a experimentos.- Los ejemplares de peces, principalmente suco (*Paralonchurus peruanus*), que fueron sometidos a los experimentos de ruido con el zumbador en la jaula (cautiverio), fueron examinados de acuerdo a la Guía para análisis macroscópico de peces afectados por la actividad ilegal de pesca con explosivos (UTE, 2010). Los ejemplares examinados después de los experimentos presentaron niveles de sub-letalidad es decir estaban vivos; asimismo, no presentaron signos marcados de lesiones en su estructura externa ni tampoco en sus órganos internos, no se detectaron fuertes hemorragias (categoría leve), algunos ejemplares emitían sonidos típicos de la especie (Fig. 24).

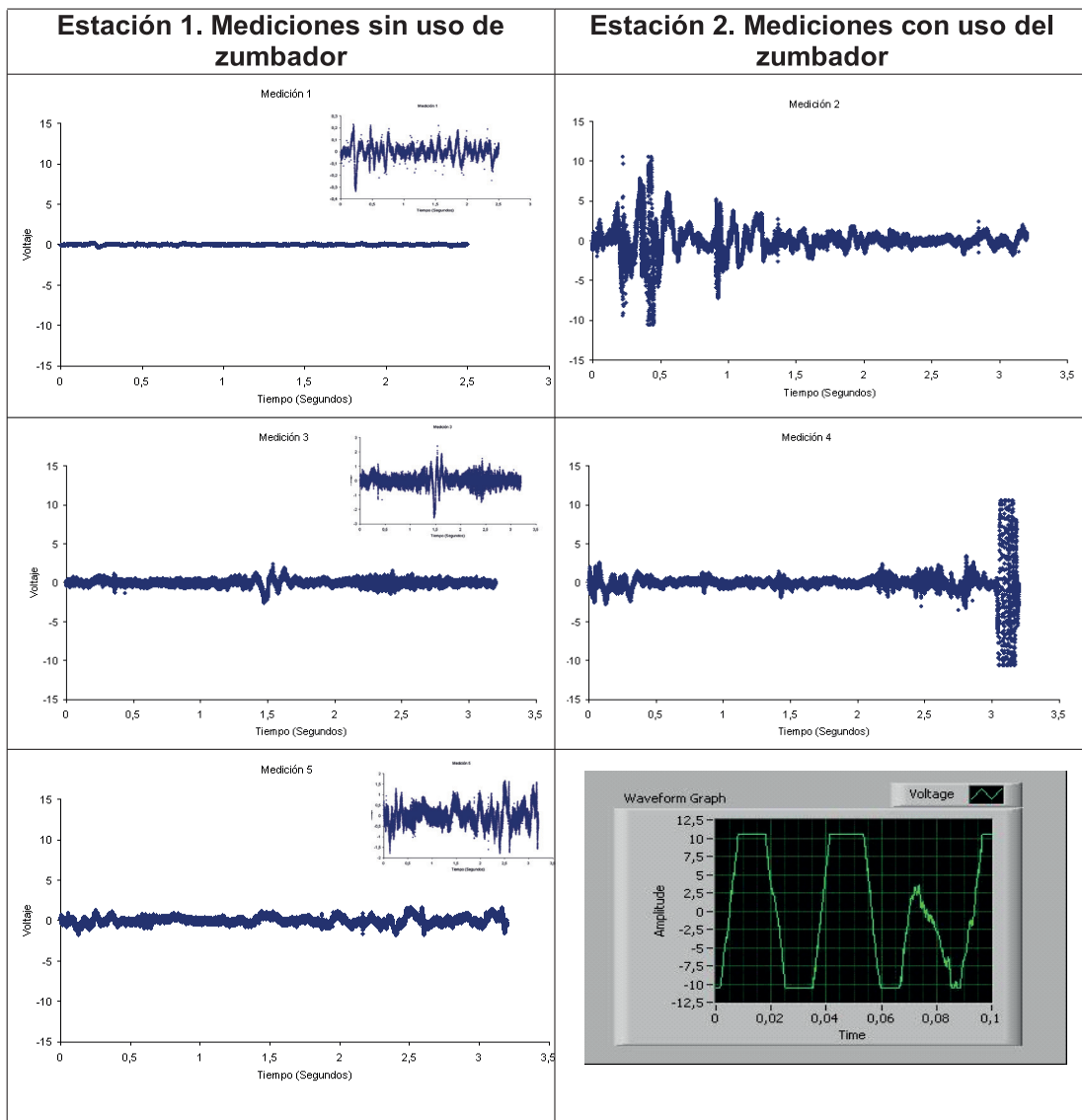


Figura 23.- Amplitud vs Tiempo de las ondas acústicas registradas en las estaciones de experimentación

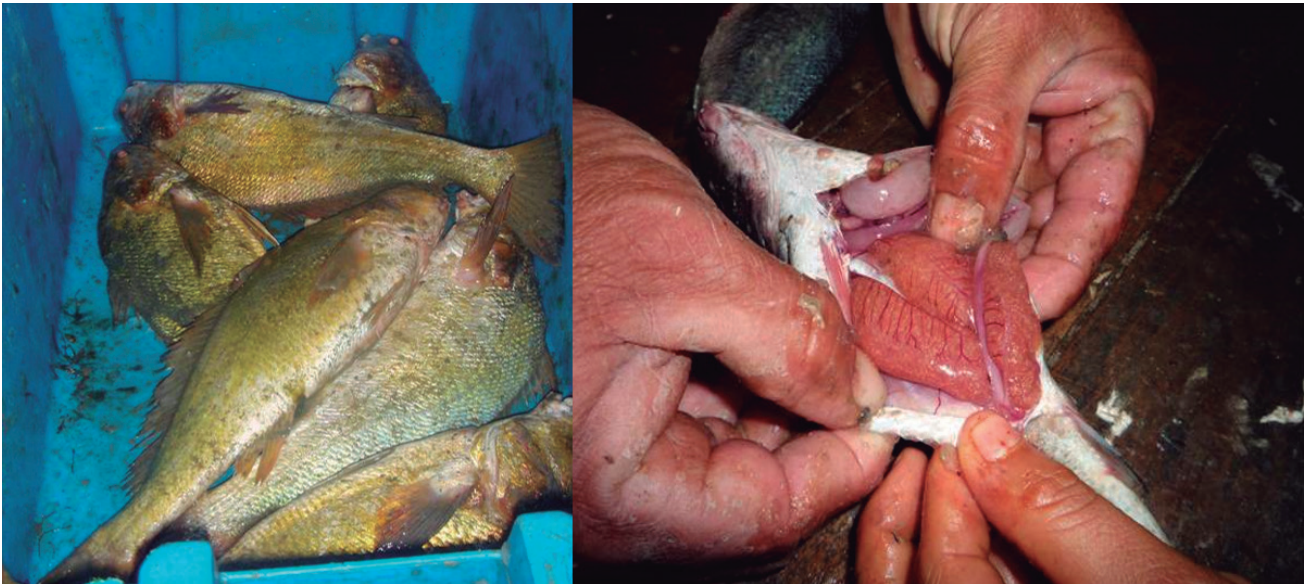


Figura 24.- Evaluación de peces sometidos a experimentos

4. DISCUSIÓN

Se determinó el efecto potencial que tiene la utilización del zumbador sobre el ambiente biótico y abiótico en la zona de Pacasmayo. Las características de las ondas acústicas indicaron diferencias en los niveles de impulso durante el experimento con el zumbador, estos niveles registrados fueron menores a los observados durante los experimentos de pesca con explosivos (UTE 2010); por lo tanto, y de acuerdo a los análisis, la onda acústica producida por el uso del zumbador no tuvo efecto negativo sobre todo el organismo de los ejemplares evaluados de suco, lo que sí se observó en los ejemplares colectados fueron niveles de sub-letalidad.

TURNPENNY y NEDWELL (1994) reportaron que en los peces, el comportamiento de evitamiento es estimulado típicamente a niveles por encima de los 160 – 180 dB (decibeles). Las especies con sensibilidad alta podrían presentar un pronunciado comportamiento de evasión o huida, en el área donde se desarrolla el mayor impacto sonoro, por lo que se reduce la probabilidad de que sufran mortalidad masiva a consecuencia del impacto del ruido a mayor presión sonora (ej. prospección sísmica); sin embargo es posible que ocurran otros daños subletales, como deterioro en el sistema auditivo. Asimismo, experimentos efectuados en un lago para determinar los efectos del ruido proveniente de las escopetas de aire comprimido sobre los peces, a una presión de 177 dB; 197 dB y 207 dB, no demostraron ninguna mortalidad, pero sí se observó cierta merma del oído en algunas especies y recuperación completa del oído después de 24 horas de la detonación

(POPPER et al. 2005). Estos resultados nos permiten contrastar con los obtenidos en el experimento desarrollado con el zumbador, donde se obtuvo que el nivel de presión sonora fue de 145 dB//1 μ Bar ref 1 m que es considerado un nivel de ruido relativamente bajo que genera que los peces se asusten y que al momento de dispersarse queden atrapados en la red de enmalle.

Los niveles de ondas acústicas detectados, sí afectarían el sistema sensorial de los peces debido a que presentan receptores sensibles que forman la línea lateral, con la cual pueden detectar corrientes y vibraciones (variaciones de presión), así como sentir el movimiento de sus depredadores y presas (LAGLER et al. 1990). Asimismo, una de las características principales de la familia Sciaenidae, de la cual el suco es integrante, es que los órganos de audición y fonación son desarrollados en comparación con otros grupos de peces (CHAO 1995). Debido a la capacidad que tiene esta especie (emitir sonido) son conocidos como cocos, gruñidores, roncadores, etc. Estos sonidos son formados por la rápida contracción de ciertos músculos de las paredes del cuerpo amplificado por la vejiga natatoria (GANNON 2007). Por consiguiente, la utilización del zumbador estaría alterando el sentido de la dirección, orientación, equilibrio y relaciones inter-específicas de los recursos costeros de la zona de estudio en forma temporal durante el uso de este dispositivo.

5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de oxígeno (3,76 y 2,46 mL/L) y temperaturas (15,1 y 14,5 °C), caracterizaron los

procesos de surgencia en los niveles de superficie y fondo y el incremento de oxígeno disuelto del agua de mar (0,20 mL/L) durante el uso del zumbador, fue debido a la aireación o burbujas que se produce en la zona donde se opera.

La variación de pH, descendente (0,03) en la superficie y el incremento (0,03) en los niveles próximos al fondo durante el uso del zumbador, se debió al movimiento del agua que origina una combinación de las concentraciones de sales con el medio ácido del fondo.

La transparencia en el agua de mar fue muy pobre (0,22 m), la poca visibilidad se debió a la alta concentración de materia orgánica en suspensión, por efecto de las corrientes que tuvieron una estrecha relación con el comportamiento de los vientos en la zona.

La comunidad fitoplanctónica estuvo caracterizada y definida por diatomeas fitobentónicas costeras *Thalassionema nitzschioides* y *Lithodesmium undulatum* con mayores aportes celulares de 10.200 cel.L⁻¹ y 1.600 cel.L⁻¹, respectivamente.

Las características observadas en el fitoplancton, (células fraccionadas en diatomeas, fragmentación de cadenas en células individuales, presencia de quistes de esporas de Chaetoceros en superficie), estuvieron asociadas a los intensos movimientos verticales en la columna de agua producidas por el uso del zumbador.

En las muestras analizadas, se observó ligera disminución de organismos zooplanctónicos como *Acartia tonsa*, *Centropages brachiatus*, *Paracalanus parvus*, *Oithona setigera*; no se presentaron organismos con signos de lesiones (heridas, roturas o sin patas); la variabilidad en la abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos se debe al efecto mecánico de desplazamiento del agua cuando se acciona el zumbador.

El nivel de presión acústica generado por el zumbador sobre la superficie del mar estuvo dentro de una amplitud de onda máxima de 145 dB// 1 µBar ref 1 m, que no es letal en los peces. Según el análisis macroscópico no presentaron signos marcados de lesiones en su estructura externa ni hemorragias en sus órganos internos.

El uso de este dispositivo afecta el comportamiento de evasión o huida en el área donde se desarrolla el mayor impacto del sonido, alterando el sentido de la dirección, orientación y equilibrio del suco en forma temporal.

6. REFERENCIAS

- ABBOTT R, DAU T, HULSEBUS S. 2002. Fisheries and Hydroacoustic Monitoring Program. San Francisco-Oakland Bay Bridgen East Span Seismic Safety Project, USA. 62 pp.
- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310 p.
- CARRITT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater; a NASCD report. Mar Res 24:286-318.
- CHAO LN. 1995. Sciaenidae. Corvinas, barbiches, bombaches, corvinatas, corvinetas, corvinillas, lambes, pescadillas, roncachos, verrugatos. p. 1427-1518. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.) Guía FAO para identificación de especies para los fines de la pesca. Pacifico centro oriental. 3 volúmenes 1813 p.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Oceanogr. 5: 1-237.
- FORBES S, NAKKEN O. 1972. Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2. The use of acoustic instruments for fish detections and abundance estimation, pp. 42-48.
- GANNON D. 2007. Acoustic Behavior of Atlantic Croaker, *Micropogonias undulatus* (Sciaenidae). Copeia, 2007(1), pp. 193-204.
- HASLE G, SYVERTSEN E E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.
- HEIMDAL B. 1993. Modern Coccolithophorids. In Tomas C. (ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 3. Academic Press, Inc. San Diego. 147-235 pp.
- HENDEY I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beucksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angerzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed.) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- LAGLER FK, BARDACH JE, MILLER R R, MAY PASSINO D R. 1990. Ictiología. 2da. Ed. HGI Editores. México, 532 p.
- LEWIS JA. 1996. Effects of underwater explosions on life in the sea. DSTO-GD-0080. Melbourne, Australia., 48 pp.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1966a. Diatomeas del Golfo de California. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, México, pp 1-258.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H. 1966b. Dinoflagelados del Golfo de California. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, México, pp 1-258.
- POPPER A N, SMITH M E, COTT P A, HANNA B W, MACGILLIVRAY A, AUSTIN O, M E, MANN D A. 2005. Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. J. Acoust. Soc. Am., 117:3958-3971.

- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz., Vol. X Flagellatae, Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden:196 pp.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris: 69-74.
- TURNPENNY A, NEDWELL J. 1994. The Effects on Marine Fish, Diving Mammals, and Birds of Underwater Sound Generated by Seismic Surveys. UKOOA.
- UTE. 2010. Guía para análisis macroscópico de peces afectados por la actividad ilegal de pesca con explosivos. Inf. Int UTE-DIPDT. Instituto Mar Perú. 12 pp.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.