

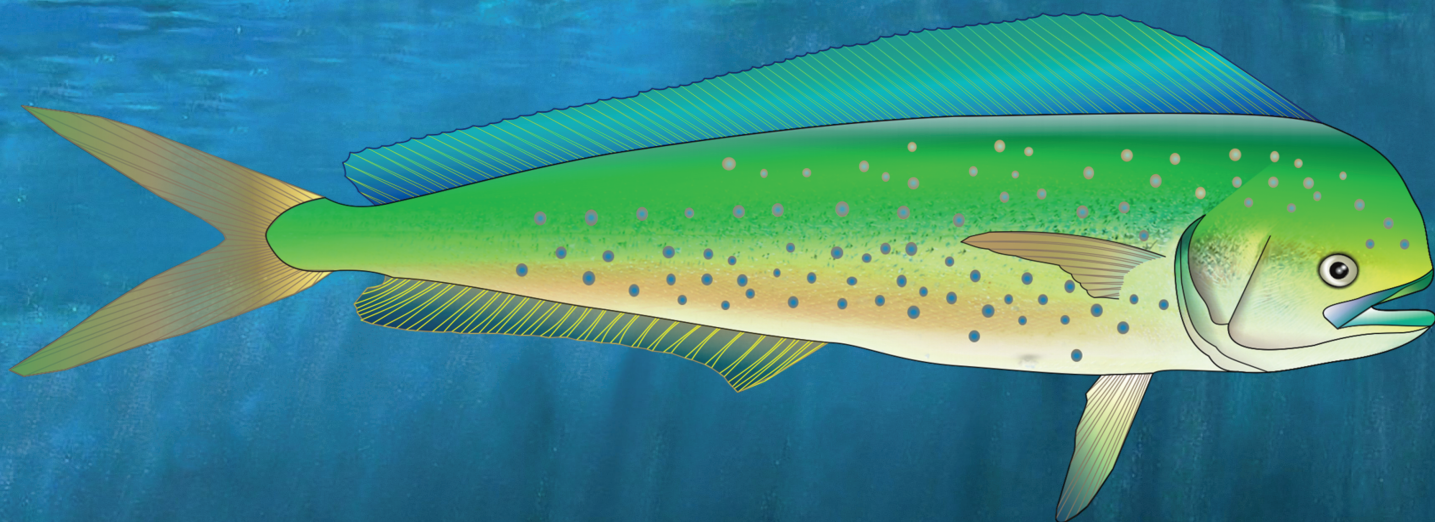


**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ**

# **INFORME**

ISSN 0378-7702

**Volumen 42, Número 1**



**Enero - Marzo 2015**  
**Callao, Perú**

# DETECCIÓN Y MONITOREO DE LA PESCA CON EXPLOSIVOS

## DETECTION AND MONITORING OF BLAST FISHING

Francisco Ganoza      Carlos Salazar      Rodolfo Cornejo      Julio Alarcón  
 Germán Chacón      Adolfo Gonzáles      David Mamani

### RESUMEN

GANOZA F, SALAZAR C, CORNEJO U, ALARCÓN J, CHACÓN G, GONZÁLES A, MAMANI D. 2015. *Detección y monitoreo de la pesca con explosivos*. Inf Inst Mar Perú. 42(1): 74-121.- La caracterización de la pesca con explosivos, se efectuó recopilando información de los pescadores artesanales de la zona y en talleres de trabajo de análisis participativo en Huacho, Región Lima y San Andrés, Región Ica. Se realizaron rastreos acústicos para determinar la batimetría de las zonas someras alrededor de los islotes Lobillo, Ruquia y Centinela, islas Don Martín, Mazorca y San Lorenzo en las Regiones de Lima y Callao. Para la determinación de los efectos en el ecosistema marino, se tomaron datos del ambiente antes y después de las explosiones y experimentos de detección de ondas sonoras, se usaron peces en jaulas circulares a diferentes profundidades y en medio natural, evaluándose el grado de lesiones externas e internas de los peces a través de una guía macroscópica. Se realizaron experimentos con un sistema de equipo hidroacústico (hidrófonos), determinando el nivel de ruido en un rango de 50 Hz a 1 kHz.

PALABRAS CLAVE: Pesca con explosivos

### ABSTRACT

GANOZA F, SALAZAR C, CORNEJO U, ALARCÓN J, CHACÓN G, GONZÁLES A, MAMANI D. 2015. *Detection and monitoring of blast fishing*. Inf Inst Mar Perú. 42(1): 74-121.- Characterization of blast fishing was conducted to gather information from fishermen in the area and in workshops of participatory analysis in Huacho, Lima Region and San Andrés, Ica Region. Acoustic scans were performed to determine the bathymetry of shallow areas around the small islands Lobillo, Ruquia and Centinela, islands Don Martin, Mazorca, San Lorenzo in Lima and Callao Regions. To determine the effects on the marine ecosystem, environment data were taken before and after the explosions and experiments for detecting sound waves, fish were used in circular cages at different depths and natural environment, evaluating the degree of external injuries fish and internal through macroscopic guide. Experiments were performed with equipment Hydroacoustic system (hydrophones), determining the noise level in a range of 50 Hz to 1 kHz.

KEYWORDS: Blast fishing

## 1. INTRODUCCIÓN

La pesca con explosivos es considerada un método de pesca ilegal, muy destructiva debido a que afecta de manera indiscriminada a peces y otras especies de mamíferos, tortugas y aves marinas presentes en la zona de influencia de la detonación. También son perjudicados los huevos de peces e invertebrados e inclusive los pescadores furtivos o pseudo-pescadores que realizan explosiones submarinas, quienes pueden sufrir mutilaciones o la muerte por explosivos defectuosos o un mal manejo de los mismos.

Las explosiones submarinas liberan gran cantidad de energía en un corto periodo, generando ondas de choque caracterizadas por una alta presión de sonido instantáneo, decayendo luego a valores negativos de presión los cuales son producidos por reflexiones con la superficie y fondo marino. Estas presiones negativas son la mayor causa de mortandad de peces debido a la ruptura de las cavidades gaseosas como la vejiga natatoria (WOODMAN et al. 2003). La literatura

científica menciona que los peces con vejiga natatoria son más susceptibles y vulnerables a las ondas de choque resultantes de las cargas explosivas que los peces sin vejiga natatoria (KEEVIN y HEMPEN 1997, YOUNG 1991), sin embargo, se ha observado lesiones graves como hemorragias y desprendimiento de escamas en peces sin vejiga natatoria como lenguados (UTE 2009a).

La rápida oscilación en la forma de la onda de presión entre alta y baja, observada en las señales acústicas de las detonaciones, ocasiona una drástica contracción y sobre-extensión de la vejiga natatoria, resultando además en daño interno de los órganos y mortalidad (KEEVIN y HEMPEN 1997). Por consiguiente, los daños o lesiones externas e internas registrados en los peces están en relación directa con la magnitud de la onda de presión, la cual es función principalmente de la cantidad de los insumos, morfología y tipología del fondo, además de la distancia y profundidad de la fuente de detonación en la columna de agua (UTE 2009a).

En los últimos años, se ha reportado el incremento de la pesca con explosivos en diversas playas e islas del litoral. Esta actividad ilegal es realizada impunemente en zonas costeras teniendo como objetivo diversas especies marinas de valor económico como ayanque (*Cynoscion analis*), cabrilla (*Paralabrax humeralis* y *P. callaensis*), chita (*Anisotremus scapularis*), lenguado (*Paralichthys adspersus*) y lisa (*Mugil cephalus*).

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE), a través de la Unidad de Tecnología de Extracción (UTE) de la Dirección de Investigaciones en Pesca y Desarrollo Tecnológico (DIPDT), realizó el proyecto piloto “Desarrollo de un Sistema de Monitoreo y Detección de la pesca con explosivos” (SIDPEX) aprobado por la Comisión de la Dirección Nacional de Pesca Artesanal de PRODUCE, en las zonas de Pisco, Callao y Huarmey con la finalidad de elaborar y evaluar un sistema de seguimiento de la pesca con explosivos, que permita su control, de modo que asegure la integridad del ecosistema y los niveles saludables de las especies que habitan las zonas donde se practica esta actividad (IMARPE 2009).

El proyecto contempla tres fases que se detallan en la Tabla 1. Comparando el proyecto con actividades de experimentación similares desarrolladas en otros países, apreciamos que tomaron más tiempo y utilizaron más insumos y mayor equipamiento (Tabla 2).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La problemática de la pesca con explosivos en el litoral peruano ha sido abordada a través de campañas de sensibilización en el marco del proyecto piloto: Desarrollo de un Sistema de Monitoreo y Detección de la Pesca con Explosivos (IMARPE 2009), presentando una propuesta de estudio basada en metodologías (YOUNG 1991, LEWIS 1996, KEEVIN y HEMPEN 1997, WOODMAN et al. 2003, PARVIN et al. 2007) aplicadas en zonas con incidencia de pesca con explosivos (sureste asiático) que permitirá obtener información técnico-científica que conduzca, con medidas y acciones concretas, a la mitigación de esta ilegal actividad.

## TALLER DE ANÁLISIS PARTICIPATIVO

El taller de análisis participativo fue denominado: “Antecedentes de la actividad ilegal de pesca con explosivos” y participaron IMARPE, DICAPI, Universidades, INRENA, PRODUCE, DIREPRO, DIGESA, Municipalidad, Reserva Nacional de Paracas, Empresas pesqueras y Asociaciones de Pescadores artesanales de Huacho, Carquín, Huarmey, San Andrés y San Juan de Marcona.

La preparación del taller en la zona Huacho-Huarmey tuvo lugar del 9 al 13 de Febrero y en la zona Pisco-San Juan de Marcona del 9 al 14 de Marzo (Fig. 1) consistiendo en: a) Difusión por emisoras locales y distribución de trípticos a pescadores, Universidad, DIREPROL, empresas pesqueras y otros; b) Captación de información de actividades prohibidas de la pesca con explosivos mediante entrevistas a pescadores pinteros, cortineros, marisqueros y recolectores de algas; c) Técnicas de análisis participativo (actores directos e indirectos) que comprendió presentaciones audiovisuales, exposiciones y grupos de discusión. Los talleres se realizaron el 13 de febrero en el auditorio de la Casa de la Cultura de Huacho y el 12 de marzo en el local del Gremio de Pescadores Marisqueros de San Andrés- Pisco, los mismos que se desarrollaron en dos partes.

1. Exposiciones científicas a cargo de profesionales de IMARPE-Callao, Huacho y Pisco y de la DISENCOVI de PRODUCE. Las presentaciones fueron: Antecedentes de la Pesca ilegal en el Perú, Identificación de peces recolectados de la pesca con explosivos, Registros de pesca con dinamita en Pisco, Impacto en el medio ambiente marino costero debido al uso de explosivos, Normatividad de la pesca con explosivos, Presentación del Proyecto “Desarrollo de un sistema de detección y monitoreo de la pesca con explosivos”.
2. Diagnóstico y discusión sobre la problemática de la pesca con explosivos: causas, efectos, impactos y posibles propuestas de solución. Estos aspectos

Tabla 1.- Cronograma de las fases del proyecto

Nº	Fases	1º Trim.	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.
I	Caracterizar la actividad ilegal de pesca con explosivos				
II	Experimentos de detonación submarina de explosivos en medio natural y con peces en jaulas				
III	Monitoreo y detección submarina de pesca con explosivos mediante el uso de equipos electroacústicos				

Tabla 2.- Comparación con proyectos desarrollados en otros países

Autor/Año	WOODMAN et al. 2003	KEEVIN y HEMPEN, 1997	IMARPE-DIPDT-UTE 2009
Institución	Hong Kong University of Science and Technology	US. Arm y Coops of Engineers	Instituto del Mar del Perú
Objetivo	Caracterización acústica de pesca con explosivos con hidrófonos. Pruebas de detección automatizada de explosivos	Determinación del efecto ambiental de explosiones submarinas de uso militar, construcción, demolición	Preservar los ecosistemas marinos costeros mediante la mitigación de la pesca ilegal con explosivos
Zona	Sureste asiático (Malasia)	EE.UU.	Zona centro-sur litoral peruano
Tiempo de duración	4 años (1999-2002)	4 años (1993-1997)	1 año (2009-2010)
Metodología	Experimentos de detonación submarina in situ. Triangulación	Experimentos de detonación submarina in situ con peces en cautiverio. Instalación de jaulas flotantes a diferentes distancias de fuente de detonación (30-50 m)	Experimentos de detonación submarina in situ con peces en cautiverio. Instalación de jaulas flotantes a diferentes distancias de fuentes de detonación (20-100m) Experimentos de detonación submarina in situ, triangulación
Insumo	Tipo ANFO, 500 g/explos, Total 6,5 kg	Tipo Pellite, APEX 260,T-100, de 2 a 10 kg	Tipo dinamita semigelatina, 153,2 g
Equipos	9 hidrófonos Bruel y Kjaer, amplificador de carga Nexus, etc.	Jaulas, embarcaciones, peces vivos	Jaulas, embarcaciones, peces vivos. 3 hidrófonos Bruel y Kjaer, amplificador de carga Nexus, osciloscopio, etc.
Profundidad	20-30 m	Superficie y fondo	Superficie y fondo
Logros	Características ondas de choque Localización de explosiones: 12-50 km Construcción de sistema transportable de detección	Evaluación de lesiones externas e internas de peces Cuantificación de efecto en ambiente biótico y abiótico	Evaluación de lesiones externas e internas de peces Cuantificación de efecto en ambiente biótico y abiótico Obtención de niveles de ruido de las explosiones: 390 m-2,66 km Implementación de un sistema analógico de detección Construcción de un dispositivo disparador submarino de 9 mm, con mediciones hasta 250 m Curso: Análisis macroscópico de peces afectados por explosivos Difusión: Asociación de pescadores artesanales, estudiantes universitarios, investigadores, congresos nacionales e internacionales, Colegio de Ingenieros.

fueron desarrollados durante las discusiones con el grupo dando respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿En qué estado de desarrollo se localiza la actividad de extracción de recursos hidrobiológicos con explosivos (eficiencia, capturas, estrategias, modalidades)?
- ¿De qué magnitud es el impacto negativo de la pesca con explosivos sobre el ecosistema?
- ¿Cuánto están disminuyendo las poblaciones de peces en el ecosistema por efecto de la pesca con explosivos? Aumento de la mortalidad por pesca, disminución del reclutamiento.
- ¿Tenemos las herramientas técnicas para diseñar un protocolo de identificación de especies capturadas con explosivos?
- ¿Cómo deben participar los pescadores artesanales para combatir la pesca con explosivos?

- ¿Cuáles serían las propuestas de acciones a seguir para disminuir la pesca con explosivos?
- ¿Cómo podríamos contar con una normatividad más documentada y eficaz para la mitigación de esta actividad ilegal?

**CURSO DE ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE PECES AFECTADOS POR LA PESCA CON EXPLOSIVOS**

El Curso teórico-práctico, se realizó el 15 y 16 de marzo en Huacho, con la participación de DISENCOVI de PRODUCE (Lima), Dirección de Producción de la Región Lima –DIREPRO, Dirección de Ambiente de la Región Lima, Capitanía de Puerto de Huacho, SANIPES, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, personal científico de IMARPE-Huacho y pescadores artesanales de Huacho y Carquín. Los expositores fueron los ingenieros Carlos Salazar, Julio Alarcón, Francisco Ganoza y Rodolfo Cornejo. A los participantes se les alcanzó una “Guía para el análisis macroscópico de peces afectados por la actividad ilegal de pesca con explosivos”.

La Guía comprendió el análisis organoléptico de los peces para determinar características particulares y nivel de lesiones de acuerdo al "Sistema de clasificación de lesiones externas e internas en peces afectados por explosivos (SCLEIPAP)" (GASPIN 1975 modificado y adaptado por LEWIS 1996 y ABBOTT et al. 2002). El Sistema establece criterios para la categorización de lesiones, en leves, moderadas y graves. Los peces con lesiones no necesariamente tienen que presentar todas las características de una determinada categoría para pertenecer a ella. En la Guía, mediante imágenes tomadas en los experimentos ejecutados en el proyecto SIDPEX (UTE, 2009, 2010), se reconocen los órganos internos de peces óseos, las lesiones internas y externas producidas por explosivos y la comparación entre peces capturados con artes de pesca tradicionales y peces capturados con explosivos. A fin de facilitar el muestreo y el reconocimiento de las especies se incluye una ficha técnica para el registro de los datos y una lista de peces costeros afectados principalmente por la pesca con explosivos.

**Área de estudio.-** Comprendió los islotes Lobillo, Ruquia y Centinela, y las islas Don Martín, Mazorca y San Lorenzo.

**Embarcaciones.-** En las diferentes fases del Proyecto participaron embarcaciones de madera cuyos nombres y características se dan en la Tabla 3, Fig. 2.

**Peces utilizados en los experimentos.-** Pintadilla (*Cheilodactylus variegatus*), cabinza (*Isacia conceptionis*), castañuela (*Chromis crasma*), borracho (*Scartichthys gigas*), trambollo sin escamas (*Ophioblennius steindachneri*), lorna (*Sciaena deliciosa*), pejerrey (*Odontesthes regia*), cabrilla (*Paralabrax humeralis*), chita (*Anisotremus scapularis*), lenguado (*Paralichthys adspersus*).

**Equipo.-** Estuvo constituido por GPS (geoposicionador satelital), ecosonda portátil, transductor remolcable de dos frecuencias: 50 kHz y 200 kHz, analizador, espectrofotómetro, hidrófonos con sus armazones triangulares, audífonos, acondicionador de señales NEXUS, equipo de monitoreo de señales de audio, equipo preamplificador de carga de tres canales, osciloscopio, cámara submarina de video digital, compresora, botella Niskin (capacidad 10 L), termómetro superficial, draga Van Veen de 0,05 m<sup>2</sup> de área de colecta, red de encierre de fondo, jaulas flotantes.

**Metodología.-** Para la obtención de la información del relieve del fondo se utilizó la ecosonda portátil FURUNO modelo FCV-667, con batería de 12 v DC y transductor remolcable que se instaló en la parte central de la banda de babor de la embarcación. Para efectos de una mejor recepción de datos se optó por la

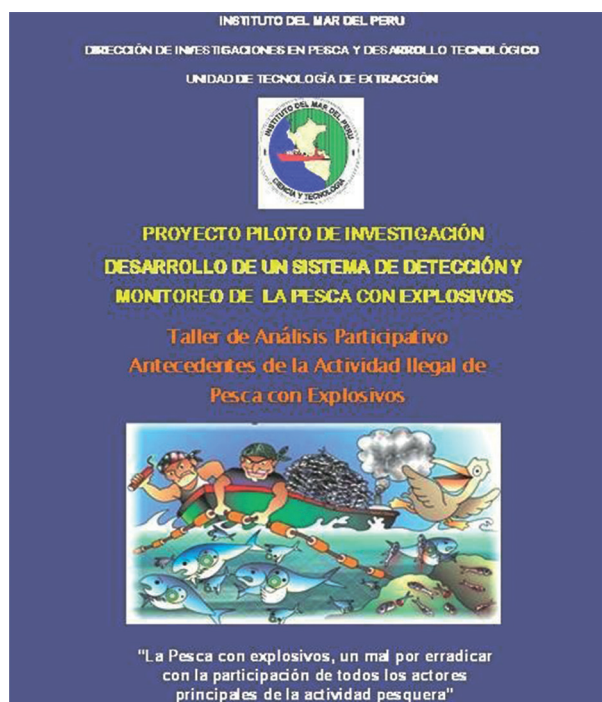


Figura 1.- Panel de difusión del Taller

frecuencia alta.

Los datos de posicionamiento geográfico se tomaron con un GPS GARMIN Etrex LEGEND, cuyos registros se grabaron con una periodicidad de 8 segundos sobre el elipsoide WGS84 (World Geodetic System 1984).

**Diseño del muestreo.-** El rastreo acústico, se realizó siguiendo transectos de muestreo sistemático paralelo y transversal, de longitudes variables, alrededor de las islas, con el fin de obtener un mayor número de estaciones para incrementar la resolución del registro de los datos y diseñar el relieve del fondo submarino en forma plana y tridimensional, así como detectar la presencia de bajos. Las estaciones de muestreo fueron rotuladas como A (antes de los impactos) y D (después de los impactos).

**Pruebas con jaulas flotantes.-** Teniendo en cuenta la caracterización batimétrica, se identificaron zonas protegidas de las islas para colocar las jaulas flotantes, que fueron acondicionadas con flotadores y lastre, comprobándose su operatividad y funcionamiento mediante buceo.

**Obtención de muestras del área de estudio.-** El monitoreo y evaluación de parámetros físicos, químicos, acústicos y biológicos en la columna de agua fue realizado antes y después de la detonación de los explosivos.

Para la colecta de agua de mar en superficie se utilizó un balde de plástico de 10 L de capacidad y para la

Tabla 3.- Embarcaciones

	Julio César 2	Mi pequeño Salvador I	Meybi I	Meybi II	Meybi III
Material	madera	madera	madera	madera	madera
Eslora (m)	7,92	7,49	8,31	6,6	7,73
Manga (m)	2,64	2,55	2,8	2,15	2,70
Puntal (m)	0,99	0,98	1,17	0,90	1,51
Motor	Nisan	Nisan	Nisan 35FD	Nisan LD2011	Nisan 30TD
Ubicación	central	central	central	central	central
Potencia	80	70	110	70	80
Combustible	petróleo	petróleo	petróleo	petróleo	gasolina
Arqueo bruto	2,99	1,21	4,64	1,7	4,32



Figura 2.- Embarcaciones artesanales Julio César 2, Meybhi II, Meybhi III

colecta a 12 m de profundidad una botella Niskin de 10 L. Las muestras fueron preservadas y guardadas en hielo hasta su llegada al laboratorio. Para las muestras de bentos se utilizó la draga Van Veen de 0,05 m<sup>2</sup> de área de colecta.

En el registro de temperatura se utilizó un termómetro calibrado digital Multi thermometer con rango de 0-50 °C. Para la determinación de oxígeno disuelto se empleó el método de Winkler modificado por CARRIT y CARPENTER (1966). Las determinaciones de nutrientes se realizaron de acuerdo a las técnicas y modificaciones dadas por STRICKLAND y PARSONS (1972). En la determinación de sólidos suspendidos fue utilizado el método gravimétrico APHA-AWW-WPCF y el método 2540 D (STANDARD METHODS 1999). Para la determinación del pH fue usado el método potenciométrico. Para el análisis cuantitativo aplicado a las muestras de agua, fue utilizada la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados se expresan en N°x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>. En la determinación taxonómica del fitoplancton se utilizaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), LICEA et al., (1966 a, b), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), THRONDSSEN (1978), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HEIMDAL (1993), HASLE y SYVERTSEN (1996), STEIDINGER y TANGEN (1996).

El análisis biológico consistió en determinar la composición de la comunidad macrozoobentónica hasta el menor nivel taxonómico posible (BARNES 1982). Los estimados de parámetros comunitarios como la abundancia (número de individuos. 0,05 m<sup>-2</sup>) y la biomasa (peso húmedo en g.0,05 m<sup>-2</sup>) de los organismos, fueron llevados al metro cuadrado, tabulados en matrices y sometidos a pruebas univariadas y multivariadas. La abundancia por estación de muestreo fue utilizada para calcular el índice de diversidad de Shannon y Wiener (H'), el índice de equidad (J') de Pielou, y dominancia de Simpson usando logaritmo en base 2.

Para determinar el grado de similitud entre estaciones, se realizó un análisis multivariado de clasificación numérica usando el método de clasificación jerárquica aglomerativa de la media ponderada (grupo par no ponderado con promedio aritmético UPGMA) con el índice de Bray-Curtis.

**Preparación de muestras para estudio histológico.-** Las muestras fueron fijadas en formol neutro al 10% en las zonas de experimentación y de cada pez se tomaron muestras de cerebro, branquias, corazón, hígado, bazo, riñones, tracto digestivo, gónadas y músculo. Luego se realizó la deshidratación de los

órganos y su impregnación en parafina e inclusión en moldes, los que fueron cortados en secciones de 5-6  $\mu\text{m}$  mediante un micrómetro. Finalmente, las secciones fueron desparafinadas y teñidas con la técnica de hematoxilina-eosina de Harris. Todo el proceso histológico fue realizado siguiendo a LUNA (1968) y se prepararon 199 láminas.

**Características de las jaulas.**- Circulares, de 1,5 m de diámetro, construidas de acero inoxidable, el cuerpo cilíndrico, altura 2 m, paños de 13 mm de tamaño de malla con 4 refuerzos de cabo torcido de 1/2', abertura en la parte superior para colocar y retirar los peces.

**Captura y monitoreo de peces vivos.**- La captura se efectuó en las zonas de Colorado, Hornillos, Los Gigantes y Lobillo utilizando una red de encierre de fondo y contando con la ayuda de buzos. También se adquirieron peces de pescadores a la pinta, cerca a Huacho y Carquín. Los peces fueron llevados a los diferentes tanques que se encontraban acondicionados en la embarcación, para mantenerlos vivos con ayuda de oxígeno de la compresora y cambio frecuente de agua. Se efectuó el monitoreo biológico a fin de evaluar el nivel de lesión y mortalidad de las diferentes especies y grupos de talla siguiendo la metodología de ABBOTT et al. (2002) y KEEVIN y HEMPEN (1997).

**Instalación de las jaulas.**- Según la configuración del fondo en los islotes Lobillo y los Gigantes, se procedió a la instalación de las jaulas con la ayuda de buzos para observar su estabilidad y estuvieron distribuidas desde la zona más somera del islote hacia la zona más profunda. Las jaulas estuvieron colocadas entre 25 y 100 m de la costa. También se realizaron pruebas para observar: (i) maniobra de instalación, (ii) manipuleo, (iii) cantidad de material de pesca por estación, (iv) operatividad y monitoreo de especies vivas en cautiverio.

**Determinación de distancias, profundidad de detonación y rangos de seguridad.**- Se aplicó el modelo dinámico y el modelo del impulso para

determinar las distancias de las jaulas y el rango de letalidad moderado o de seguridad de los peces de la prueba experimental y del ambiente, considerando variables biológicas y del material explosivo (Tabla 4).

En el experimento de detección de ondas sonoras con jaulas a 2 m de la superficie, fueron acondicionadas dos jaulas en profundidades comprendidas de 2 a 12 m de la columna de agua, con una distancia horizontal de 25 m de la isla a la jaula 2 y de 35 m de separación a la jaula 1 que estuvo a 10 m de la carga explosiva (Fig. 3).

En el experimento de detección de ondas sonoras con jaulas a 1 m del fondo se utilizaron tres jaulas, encontrándose a 25 m de la isla y siendo la distancia entre ellas de 100 m; la tercera estuvo a 7 m de la carga explosiva y a 5 m de la embarcación (Fig. 4).

El modelo dinámico según YOUNG (1991) está determinado por la siguiente expresión:

$$RS = 43 PP^{-0,13} PC^{0,28} Dc^{0,22}$$

Donde:

RS = Rango de seguridad  
PP = Peso del pez en libras  
PC = Peso de la carga en kilos  
Dc = Profundidad de detonación

Se estimó un Rango de Seguridad de 15,63 m de distancia de la fuente de detonación.

El modelo del impulso según WRIGHT (1982) (en LEWIS 1996 y KEVIN y HEMPEN 1997) está determinado por la siguiente expresión:

$$A = (P_j \times Dc) / P_c^{2/3}$$

Donde:

$P_c$  = Peso de la carga en kg.  
 $P_j$  = Profundidad de las jaulas  
Dc = profundidad de detonación

Tabla 4.- Diseño experimental de las estaciones de prueba de jaulas y monitoreo de peces

Est.	Localidad	EXPERIMENTO					
		Fondo (m)	Distancia detonación (m)	Profundidad (m)	Jaulas	Especie	Talla
1	11°3,751'S-77°39,184'W	12	10	2	J1	a	t1
						b	t1
2	11°3,814'S-77°39,187'W	11	45	2	J2	a	t2
						b	t2
AMBIENTE NATURAL							
3	11°3,751'S-77°39,194'W	13	5 - 10	Superficie		a	t3
	11°3,673'S-77°39,165'W					b	t3

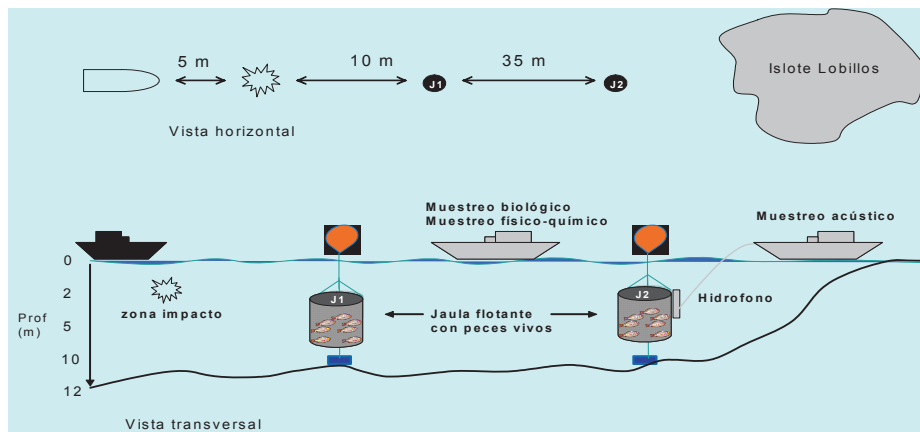


Figura 3.- Disposición del sistema experimental explosivo, jaulas con peces vivos y equipos hidroacústicos, estaciones de muestreo



Figura 4.- Distribución de jaulas a 1 m del fondo con separación de 100 m y ubicación del sistema acústico con respecto a la carga explosiva

Se estimó un Rango de Seguridad de 35 m de distancia de la fuente de detonación. Por consiguiente se consideró ejecutar los experimentos instalando las jaulas entre 15 y 45 m de distancia de la fuente de detonación con la finalidad de obtener un rango de seguridad moderado y control del rango de mortalidad de peces en cautiverio y en ambiente natural.

**Carga explosiva.-** Consistió en dinamita tipo semigelatina 65 FAMESA, sus características se dan en la Tabla 5. La carga se preparó según el método convencional para la operación de pesca con explosivos que consiste en juntar el contenido de dos cartuchos de dinamita dentro de una bolsa de nylon junto a una piedra. Además se coloca un fulminante y una mecha para su operación.

**Maniobra de la carga.-** La carga explosiva, que varió entre 2 y 3 cartuchos de dinamita, fue maniobrada desde la embarcación, a una distancia de 5 m para la prueba de calibración de los equipos acústicos y 30 m para evaluar las perturbaciones generadas en el ecosistema marino costero en sus variables

fisicoquímicas y biológicas.

**Características de presión de una explosión submarina idealizada.-** Las ondas de presión generadas por una detonación submarina viajan a la velocidad del sonido en el agua (1500 m/s aproximadamente). En aguas poco profundas, la medición del efecto de la explosión presenta diferentes distorsiones debido a fenómenos de reflexión y refracción de las ondas. Los efectos de refracción se pueden despreciar porque se observan cuando hay variaciones físicas en el medio, las cuales, en el mar son considerables a distancias superiores a las que se realizan las mediciones. Por otro lado, los efectos producidos por la reflexión se pueden observar en las mediciones, producto del reflejo de la onda causado por la superficie del mar, el fondo y otros obstáculos presentes (Fig. 5).

Los efectos más importantes en la medición son:

**Choque de onda directo.-** Es el efecto de la detonación y su trayectoria se considera directa desde la explosión hasta el punto de observación. Se caracteriza por



aparecer como un pulso positivo en la medición.

**Reflexión por superficie.**- Producto de la reflexión del choque directo con el borde mar-aire. Se caracteriza por aparecer como un pulso negativo en la medición. Además, la interacción entre la onda directa y esta onda reflejada puede causar el fenómeno de cavitación, generando así una capa de burbujas que también se percibe como un pulso. Este efecto de cavitación sucede mayormente al utilizar grandes cargas explosivas que puedan variar la presión en rangos de 300 KPa.

**Reflexión por fondo.**- Similar a la reflexión por superficie, pero en este caso se genera por el cambio mar-fondo y se caracteriza por ser un pulso positivo.

**Reflexiones múltiples.**- Se producen por la reflexión ante cualquier obstáculo presente entre la detonación y la medición y aparecen como pulsos positivos o negativos.

El efecto medido en el punto de observación está dado por la adición de todos los efectos anteriores, generando así una sola señal en la que idealmente se pueden observar la mayor parte de los efectos. En la figura 6 se puede apreciar la caracterización de una explosión submarina idealizada; en adición a los pulsos producidos por los efectos descritos, se observa una especie de choque de onda de menor amplitud y menor duración que el choque directo, seguido por el propio choque directo. A este frente se le conoce como precursor y no se presenta siempre en las explosiones.

Por otro lado, es posible apreciar un punto de corte de reflexión que se presenta como un cambio brusco en el decaimiento exponencial del frente de la onda directa debido a la reflexión de la superficie (CONNOR 1990).

**PARÁMETROS PRINCIPALES PARA LA EVALUACIÓN Y MODELAMIENTO DE SEÑALES ACÚSTICAS REGISTRADAS**

Los registros acústicos de las detonaciones mostraron las variaciones de presión a lo largo del tiempo, generando una matriz de presión vs tiempo. A través del análisis de la señal acústica se caracterizaron las explosiones submarinas para luego relacionar estas características al efecto causado en los peces.

Se determinó los parámetros significativos para la caracterización de las señales acústicas en base a experiencias anteriores (WOODMAN et al. 2003, KEEVIN y HEMPEN 1997).

**Presión.**- Según lo mostrado en el trabajo de KEEVIN y HEMPEN (1997), la onda de choque directa presenta

Tabla 5.- Características de la carga explosiva

Tipo de explosivo	Dinamita FAMESA SEMIGELATINA 65
Geometría	Esférica
Dimensiones (diámetro)	10 cm
Peso (2 cartuchos de 76,6 g c/u)	153,2g
Fulminante	Fulminante Común N°6
Longitud de fulminante	40 mm
Longitud de mecha	200 mm

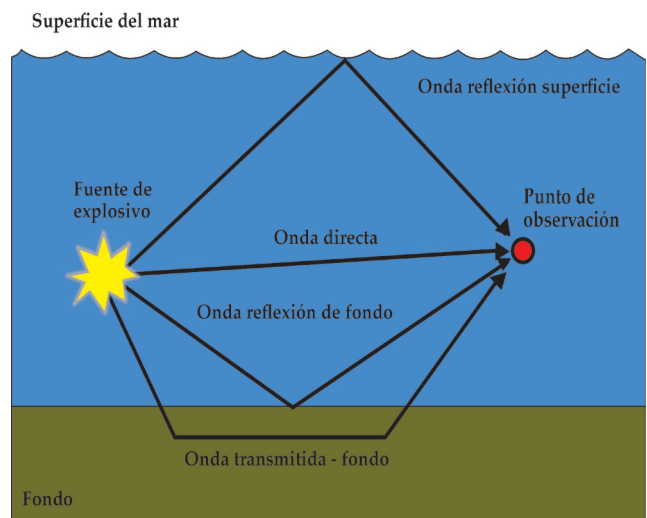


Figura 5.- Esquema de adición de componentes en la señal resultante

un comportamiento predecible al llegar a la presión máxima, que es un decaimiento exponencial hasta el "corte de reflexión". Incluso, establece una relación entre la presión máxima, la distancia lateral a la detonación y el peso del explosivo. Las ecuaciones son las siguientes:

$$\text{Presión máxima: } P_m = 53,1R_s^{-1,13}$$

Donde:

$P_m$  (Pa): Máxima

$R_s$ : Factor de Rango escalado

La constante 53,1 depende del tipo de explosivo que se utilice y se podrá hallar de forma experimental.

Factor de Rango Escalado:

$$R_s = \frac{r}{\sqrt{m}}$$

Donde:

$R_s$ : Factor de Rango escalado

$r$ (m): distancia medición-detonación

$m$ (kg): masa de componente explosivo

Aproximación de la curva de presión vs tiempo luego de alcanzar el pico máximo:

$$P(t) = P_m e^{-(t - t_a) / \theta}$$

Donde:

$P_m$ (Pa): máxima

$t_a$ (s): Tiempo en el que se llega a PM

$\theta$ : Constante de tiempo

Constante de tiempo ( $\theta$ ):

$$\theta = 9.2e^{-g} m^{1/3} R_s^{0.18}$$

Dónde:

$R_s$ : Factor de Rango Escalado

$m$  (kg): masa de componente explosivo

**Impulso (Pa/s):** El impulso de la onda de presión se define como la integral de esta curva respecto al tiempo, con lo que se obtiene el momento por unidad de área.

$$I = \int_{t_a}^{t'} p^2(t) dt$$

$t'$ : valor arbitrario en el tiempo

**P(t):** es la presión acústica de la onda explosiva en un tiempo  $t$ . El impulso es considerado una medida de la energía de baja frecuencia de la onda explosiva, que tiende a dañar las estructuras que contienen aire en el cuerpo de los organismos y se debe a la rápida compresión y subsiguiente sobreexpansión de la onda explosiva, con lesiones pulmonares en mamíferos y vejigas natatorias en peces, por lo que la señal acústica del impulso es una importante propiedad de la onda de choque para predecir las lesiones y muerte de peces en zonas someras.

**Energía (J/m<sup>2</sup>):** La intensidad del frente de onda se evalúa determinando la densidad del flujo de energía (E). La intensidad es la medida del flujo o cambio de energía por unidad de superficie normal a la dirección de la propagación de la onda.

$$E = \frac{1}{Z_w} \int_{t_a}^{t'} p^2(t) dt$$

Donde:

$Z_w$  (Pa·s/m): Impedancia acústica del agua de mar

La densidad del flujo de energía es considerada como el mejor indicador de las lesiones y mortalidad de los peces en aguas profundas.

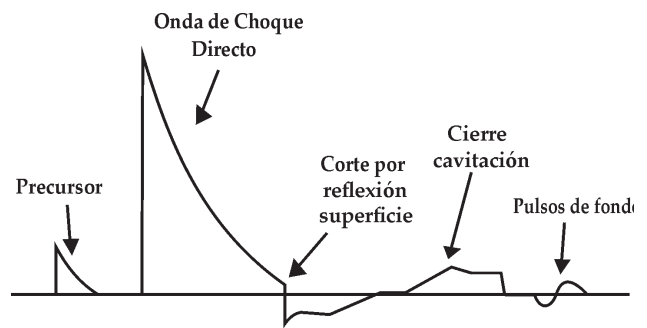


Figura 6.- Caracterización de una explosión submarina idealizada

**Calibración del equipo acústico.-** La calibración de los hidrófonos se realizó mediante la detonación en un lugar alejado de la zona de experimentación con la finalidad de determinar el rango de frecuencia del nivel de ruido de la onda. Se realizó un diseño para los experimentos de triangulación de ondas sonoras con dos sistemas de registro y análisis hidroacústico (hidrófonos+amplificador de carga) (Fig. 7).

Las mediciones hidroacústicas se realizaron mediante la utilización de hidrófonos de alta frecuencia ubicados en tres estaciones de muestreo por triangulación (diferencias de tiempo de arribo de la señal en detectores ampliamente espaciados), siguiendo la metodología propuesta por ABBOTT et al. (2002) y WOODMAN et al. (2003) a distancias entre 100 m y 12 km aproximadamente de la fuente de detonación y a una profundidad de 2 y 9 m. Las embarcaciones fueron implementadas con un GPS manual para medir la distancia entre la explosión y la estación de detección. Los hidrófonos (detectores) estuvieron acondicionados y ubicados en aparejos suspendidos en el mar por flotadores y/o conectados y operados por cabos desde las embarcaciones. El aparejo conteniendo los hidrófonos fue asegurado por buzos. La determinación de las distancias y profundidades de operación de los detectores dependió de las características de la carga explosiva, así como de consideraciones de seguridad y logísticas.

El sistema acústico fue capaz de detectar si hubo una explosión (discriminando los ruidos subacuáticos comunes) y determinó la zona donde se produjo, para ello se entiende que debe haber varios sistemas ubicados en el espacio marino de tal forma que entre ellos se pueda interceptar rectas que arrojen la posición de la explosión (Fig. 8). Para el desarrollo de esta técnica se emplearon hidrófonos distribuidos en arreglos, cada uno contó con todo el sistema necesario para analizar las diferencias de fase en la señal producida por el espaciamiento entre los hidrófonos.

En la figura 9 un frente de ondas ataca al arreglo de hidrófonos. No se ha especificado el tamaño del arreglo porque depende de la frecuencia de interés; si la frecuencia de interés es baja (en el orden de cientos de Hz) entonces el tamaño del arreglo estará en metros, mientras que si la frecuencia de interés se encuentra en el orden de kHz, entonces el arreglo estará en centímetros. Esto se debe a que la técnica de análisis propuesta considera el desfase producido entre las señales de los hidrófonos gracias al distanciamiento de los mismos, y la dependencia del tamaño del arreglo y la frecuencia de interés se produce por la relación de longitud de onda y frecuencia. La velocidad de propagación de un frente de ondas acústico es de aproximadamente 1500 m/s. (Longitud de onda=velocidad de propagación/frecuencia).

El objetivo es encontrar la diferencia de fase entre los hidrófonos, para ello se empleó el proceso descrito en la figura 10. Esta técnica permitió obtener la diferencia de tiempo entre los hidrófonos y esta información se introdujo a un algoritmo que resuelve las ecuaciones de hipérbolas, que mediante un procesamiento adicional obtiene el ángulo de procedencia de dicho frente de ondas.

Para la detección del ángulo de arribo del frente de ondas al arreglo de hidrófonos se emplearon ecuaciones de hipérbolas, que debido a su naturaleza tienen asíntotas que son paralelas a la dirección de propagación del frente producido a una distancia mucho mayor que la distancia entre ambos hidrófonos (Fig. 11).

El objetivo de tener tres hidrófonos en un arreglo triangular es en realidad tener 3 pares de hidrófonos: primer par (hidrófono 1-hidrófono 2), segundo par (hidrófono 2-hidrófono 3) y tercer par (hidrófono 3-hidrófono 1). Cada par actúa como los focos de una hipérbola.

Se define como hipérbola al “lugar geométrico de los puntos del plano cuya diferencia de distancia a los puntos llamados focos es constante”. La diferencia de distancia se da con la diferencia de espacio recorrido por un frente de onda que alcanza a un hidrófono en un tiempo T1 y luego alcanza a un segundo hidrófono en un tiempo T2 (ambos hidrófonos son del mismo par antes mencionado). El primer paso se reduce entonces a encontrar esa diferencia de tiempo T1-T2 (Fig. 12). Uno de los elementos de la hipérbola son las asíntotas, que son rectas a las que los “brazos” de una hipérbola se acercan. En la práctica y para distancias mucho mayores que la distancia entre los focos de una hipérbola es posible decir que las asíntotas son soluciones para la ecuación de la hipérbola.

Uno de los retos de este trabajo fue preparar un sistema

empleando equipo de menor costo. Actualmente un sistema que pueda muestrear 3 canales a 200 kHz tiene un mayor costo que un equipo que pueda muestrear señales de audio a calidad estándar como 44,1kHz (calidad de CD).

**Construcción de dispositivo de disparo submarino.-** Para generar explosiones de manera continua y controlada con valor constante en las mediciones respectivas, se preparó un dispositivo de disparo de 9 mm (Fig. 13).

**Uso del dispositivo de disparo.-** Fue maniobrado desde la embarcación a distancias de 25, 50, 75, 100, 150, 200 y 250 m calibrándose las ganancias de los equipos acústicos, la dirección y el ángulo.

**Grado de lesiones en los peces afectados.-** Los peces en las jaulas flotantes fueron examinados de acuerdo a indicadores de extensión y naturaleza de sus lesiones en base a dos criterios: (1) grado de lesiones externas; (2) grado de lesiones internas mediante cortes histológicos. Asimismo, el nivel de efecto sobre los peces fue determinado por un conteo directo de la mortandad de los peces, separados por especies y agrupados por categoría de talla. Se utilizó el sistema de clasificación de lesiones internas y externas de GASPIN (1975) modificado y adaptado por LEWIS (1996) y ABBOTT et al. (2002). Las muestras fueron tratadas en IMARPE- Huacho para la realización de los muestreos y análisis biológicos.

**Procesamiento y análisis de datos.-** El registro de la información fue almacenado en formato de base de datos. El procesamiento y análisis de datos se realizó en hojas de cálculo EXCEL, procesador de texto WORD, software matemático MATLAB, software MapSource y registros fotográficos. El Software de Interpolación de datos SURFER fue utilizado para datos de profundidad en la obtención y distribución de isobatas. Para la interpretación de las pendientes se tomó en cuenta el clasificador de ángulos de pendientes geomorfológicas (DEMEK 1972).

En el caso de la detección y triangulación de sonidos que afectan el ecosistema marino, el procesamiento de la información tiene por finalidad identificar los algoritmos que permitan filtrar el ruido normal ambiental y otros ruidos producidos por la actividad humana, del generado por los explosivos. Luego se trabaja con las diferencias en los tiempos de captación de la detonación registrados por los hidrófonos.

Los hidrófonos fueron conectados a un preamplificador de carga, que produce un voltaje calibrado proporcional a la presión sonora en los hidrófonos; las salidas del preamplificador fueron conectadas a un sistema de adquisición de datos que

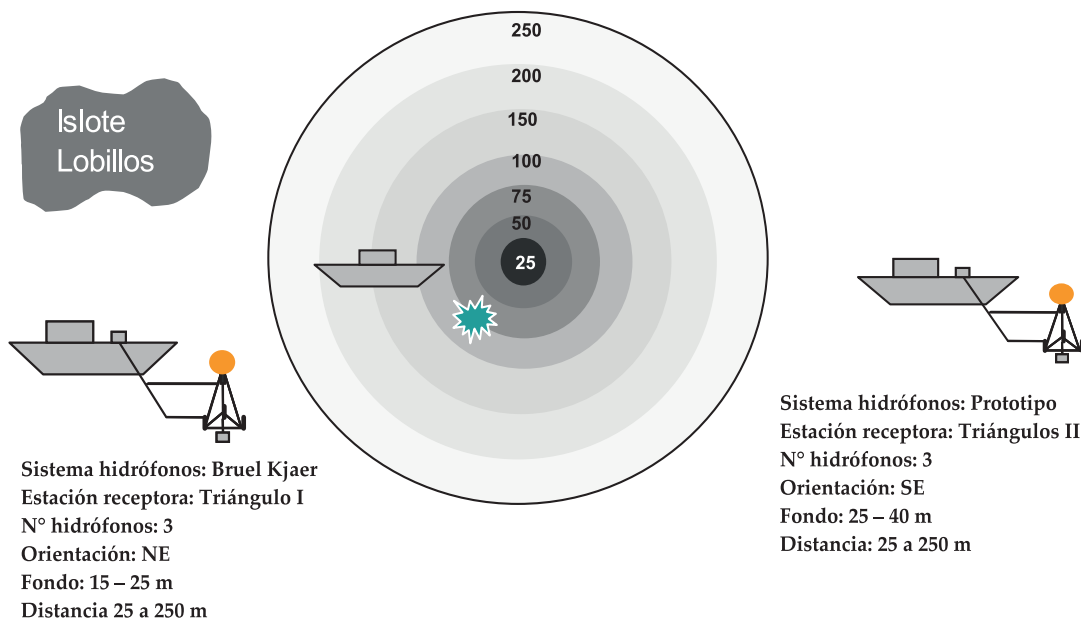


Figura 7.- Pruebas de sonido por distancia con sistema de detección con hidrófonos

lleva la señal ya digitalizada a un computador portátil para su registro.

El software empleado para la captura de las señales es Signal Express Data, parte del procesamiento posterior fue hecho en Lab View para luego pasar a MATLAB, que brinda un entorno de programación flexible para procesamiento de señales.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### FASE I: SITUACIÓN ACTUAL DE LA PESCA CON EXPLOSIVOS

La pesca con explosivos es una actividad que afecta el ecosistema, determinando la pérdida de la biodiversidad y de la producción pesquera a mediano y largo plazo. Los peces que son afectados por la onda expansiva de las cargas explosivas mueren o sufren alteraciones auditivas que ocasionan perturbaciones en sus procesos biológicos como por ejemplo, desovar en zonas poco profundas, por lo tanto el impacto es directo e indirecto. Los pescadores también son afectados por la pesca con explosivos, existen reportes de pescadores marisqueros que sufren accidentes al encontrarse cerca de la fuente de explosión. Así mismo, afecta a los pescadores extractores de algas y a las praderas de algas.

Existen evidencias de algunas características del modo de operación y dimensión de esta actividad ilegal, demostrando su eficiencia y tecnificación. En noviembre del 2008, DICAPI realizó una intervención en la zona de Centinela, Carquín, (Huacho), donde se detuvo a 15 personas adultas y un menor de edad,

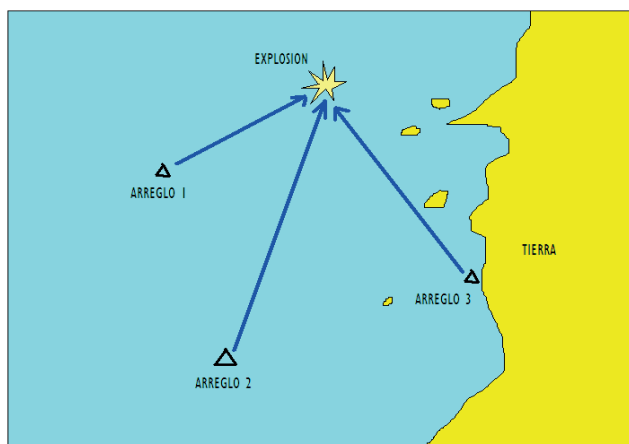


Figura 8.- Diagrama del sistema de hidrófonos

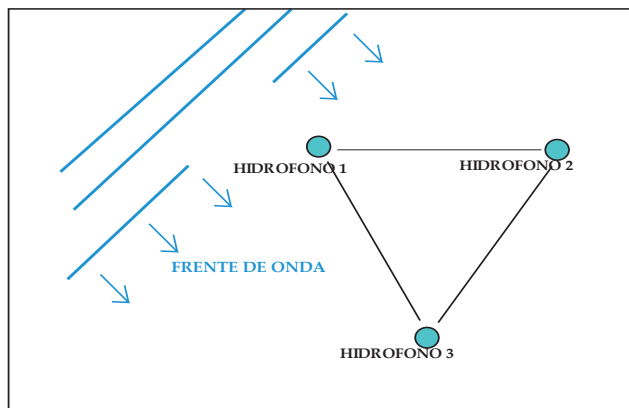


Figura 9.- Arreglo de hidrófonos y frente de onda

por que estaban recogiendo pescado, quienes al ver a la autoridad marítima huyeron hacia las chacras en unidades móviles que utilizan para esta actividad. El decomiso, en presencia de personal de PRODUCE para verificar que la pesca había sido con explosivos y del Fiscal, fue tres sacos de chita y pintadilla. Debido al estado de conservación y manipuleo de los ejemplares que se desembarcan por los muelles, no es posible discriminar si han sido capturados con explosivos. En Carquín, la pesca con explosivos está desarrollada y protegida por la acción de personas que no permiten que las autoridades puedan accionar.

Esta actividad se realiza en horas de la tarde y al amanecer en las zonas de San Pedro, Barranca, Punta Atahuampa, los Viños, Punta Salinas y según manifiestan los pescadores artesanales de cortina y pinta, diariamente se escuchan detonaciones por lo que solicitan mayor presencia e intervención de las autoridades. Se ha detectado por parte del Sargento de playa, representante de la Capitanía, que algunos pescadores artesanales de otras actividades actúan en complicidad con estas personas.

Los pescadores furtivos se comunican entre sí y utilizan trajes de buzo que les permite permanecer más tiempo en el mar y evadir rápidamente a la autoridad portuaria, utilizando cámaras de llantas y embarcaciones, mientras que por tierra utilizan vehículos. Preparan sus cargas explosivas, adecuándolas a las especies objetivo, regulando las cantidades de pólvora de los "chupetes" o "canillas" (cartuchos). En Huarmey, para el traslado de los explosivos a la zona de pesca, utilizan personas jóvenes llamados "burritos" que llevan una mochila con 40 a 50 canillas o cartuchos para distribuir, utilizando la telefonía celular para comunicarse. Es necesario contar con presencia policial de inteligencia en los terminales terrestres.

En la Reserva Nacional de Paracas, los registros de pesca con dinamita se basan en la observación de peces muertos, tanto en el mar, como resultado de varazones. Un indicador del estado de un recurso pesquero impactado o afectado puede ser la chita (*Anisotremus scapularis*), pescadores cordeleros han observado que después de realizada esta actividad, el recurso disminuye en las zonas de pesca. Frecuentemente la DICAPI de Pisco, realiza intervenciones, recibe denuncias y se reportan ocurrencias de pesca con explosivos, sin embargo, al no contar con la información completa, no se toman las acciones legales correspondientes.

Las estadísticas pesqueras no registran tendencias de la pesca con explosivos, al parecer porque no se utilizan los canales de comercialización usuales. Existe una relación directa entre la eficiencia de la pesca

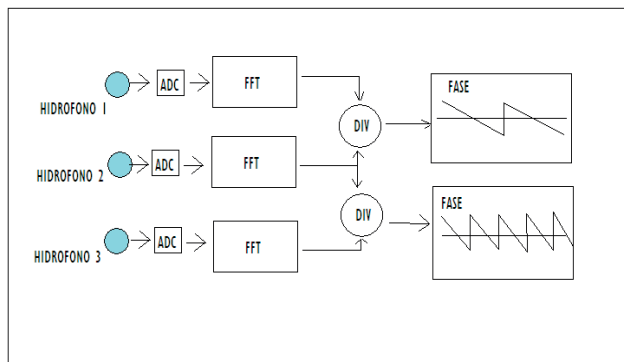


Figura 10.- Proceso aplicado

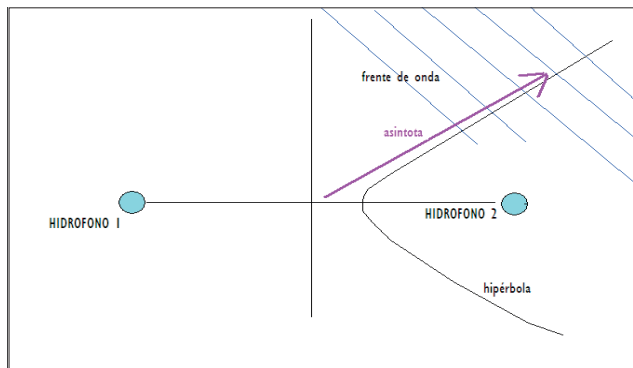


Figura 11.- Hipérbola de tiempo y frente de onda

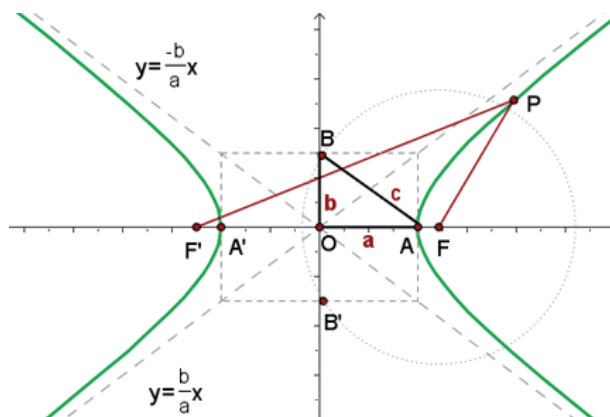


Figura 12.- Hipérbola y sus elementos



Figura 13.- Dispositivo de disparo

con explosivos y el aumento de capturas. Pescadores artesanales manifiestan que algunas zonas de pesca son exclusivas de los "bomberos".

**Herramientas y protocolos.-** Las muestras que se presentan para la determinación y análisis de ejemplares impactadas por pesca con explosivos son insuficientes en términos de cantidad y preservación, necesiéndose un protocolo previo de identificación o muestreo de este tipo de pesca; tampoco existe una norma técnica para la identificación de especies impactadas por pesca con explosivos. La importancia de los protocolos y formatos radica en que se pueden emitir informes técnicos utilizados en acciones legales. Antes de establecer un protocolo se debe diseñar un sistema de muestreo de la pesca con explosivos, incluyendo las características de los organismos en distintos ámbitos o radios de acción de la explosión.

**Participación del pescador artesanal.-** Las personas que se dedican a esta actividad ilegal no deben ser denominados pescadores, más bien son individuos furtivos o pseudo-pescadores que depredan los recursos pesqueros. Un requisito indispensable para combatir y enfrentar la pesca con explosivos es la formalización de los pescadores artesanales. A pesar del aumento de esta actividad, la tasa de intervención policial o de autoridades es prácticamente nula. Se requiere una fuerte participación del pescador artesanal con sus asociaciones. Las zonas de manejo costero por pescadores artesanales a través de los COREVIPAS (Comité Regional de Vigilancia de Pescadores Artesanales) pueden fortalecer la disminución de la pesca con explosivos. Las organizaciones sociales son base fundamental para mitigar esta ilícita actividad.

En la zona de Huarney se ha formado un sistema de control del pescador artesanal COREVIPA mientras que en la Reserva Nacional de Paracas la captura proveniente de pesca con dinamita se ha combatido a través de sistemas piloto y por diferentes campañas de concientización y sensibilización. En San Andrés, se ha formado una comisión de planes de acción contra la pesca con dinamita con la participación de gremios de pescadores y DICAPI.

**Propuestas para mitigar la pesca con explosivos.-** Formalización de los pescadores artesanales, medida que fortalecería a las asociaciones y comunidades pesqueras con la finalidad de detectar e identificar a los pescadores ilegales, por lo que es necesario el empadronamiento del pescador artesanal.

Mayor compromiso de parte de todos los involucrados en la problemática de la pesca con explosivos y principalmente, la participación de los pescadores en denunciar estos hechos. Los pescadores artesanales deben organizarse en comités de control y vigilancia

como el caso de los pescadores de Huarney.

Financiamiento del Estado a los comités de control y vigilancia para cumplir cabalmente con sus acciones y alcanzar la meta de conservación de los recursos pesqueros y sus ecosistemas.

Formulación de estrategias eficaces de mitigación de esta actividad ilegal por parte de la DICAPI, en coordinación con otras instituciones involucradas.

Fomentar la contratación de personal para realizar una mejor evaluación y control. Actualmente, en la Reserva Nacional de Paracas hay aproximadamente 15 personas por lo que cualquier plan de acción para mitigar esta pesca está minimizado.

Búsqueda de financiamiento de organismos nacionales e internacionales para fortalecer un sistema de vigilancia real, así como para la difusión de publicidad estática en todos los desembarcaderos, además de campañas de sensibilización en colegios y a la comunidad en general.

Utilización del proyecto de construcción de una petroquímica en la zona de San Andrés para financiar planes de mitigación de impactos y problemáticas pesqueras de la zona como la pesca con explosivos.

Sanciones a los diferentes componentes que operan en la pesca con explosivos, no sólo los pescadores y sus embarcaciones, sino también los vehículos motorizados, abastecedores, transportistas, comercializadores, entre otros.

Mayor control a las empresas mineras informales por parte del Ministerio de Energía y Minas y la DICSCAMEC.

**Normatividad.-** La normatividad sobre la pesca con explosivos debe ser informada con claridad, además de ser adecuada, eficaz y drástica, la ley no debe ser flexible. No existe un procedimiento de informe técnico que determine que las muestras evaluadas provienen de la pesca con explosivos. En Huacho y Pisco, se han reportado casos en que la Policía ha solicitado a IMARPE la evaluación de muestras de peces para determinar si la captura ha sido realizada por pesca con dinamita.

SANIPES puede asumir el rol de certificación de peces capturados o recolectados a través de la pesca con explosivos y el IMARPE puede proporcionar el sistema metodológico de muestreo de acuerdo a los resultados obtenidos durante los experimentos contemplados en el proyecto piloto. Actualmente, DIGESA participa durante las intervenciones de pesca con explosivos, realizando diagnóstico organoléptico

del pescado alterado de manera general (ojos, hígado, vejiga, aletas) y elaborando un informe técnico. DIGESA realiza análisis bromatológicos que corresponden más bien con competencias asociadas a la salud humana.

La política de descentralización de los gobiernos regionales permite que el ingreso de las multas locales provenientes de sanciones administrativas pesqueras sea utilizado por las regiones para el sistema de fiscalización pesquero. DIREPRO no cuenta con un staff de abogados. Las sanciones administrativas no son aplicadas debido a que los pescadores presentan apelaciones, por lo tanto, no se tiene ingresos. Se requiere la capacitación en aspectos de administración y legislación, así como de información sobre la normatividad pesquera vigente.

**Caracterización de la pesca con explosivos.-** De las entrevistas desarrolladas a pescadores artesanales de cortina, cordel o pinta, marisqueros y algueros, sobre las actividades de pesca ilegal con explosivos realizadas por pescadores furtivos o pseudo-pescadores de Huacho, Huarmey, Pisco y San Juan de Marcona se presentan los resultados siguientes:

**Zonas de ocurrencia.-** Huacho: islote Lobillo, isla Don Martín, isla Mazorca, Atahuampa, Centinela, Végueta, La Herradura.

Huarmey: Atahualpa, Culebras, Puerto Grande, San Pedro.

Reserva Nacional de Paracas: desde las playas Barlovento hasta las islas Chincha, en Punta Arquillo, Lechuza, Lagarto, Catedral, Saca Semita, Carhuaz, Santa María, La Esperanza, Supay, Zarate, Mendieta y cerca a los bancos naturales, criaderos y zonas de reproducción de los recursos costeros.

San Juan de Marcona: Puntas El Cenicero, Parada y San Nicolás.

**Especies objetivo.-** En la zona de Huacho y Huarmey son principalmente: chita (*Anisotremus scapularis*), pintadilla (*Cheilodactylus variegatus*), curaca (*Parapsettus panamensis*), lenguado (*Paralichthys adspersus*), lisa (*Mugil cephalus*), jurel (*Trachurus murphyi*), bonito (*Sarda chiliensis*) y anchoveta (*Engraulis ringens*). En las zonas de Pisco y San Juan de Marcona: chita, ayanque (*Cynoscion analis*), cabrilla (*Paralabrax humeralis*), lenguado, pintadilla y lisa.

**Características de las cargas explosivas.-** Los diferentes tipos de pólvora son:

**Aserrín.-** Es la pólvora tradicional, de color marrón oscuro, obtenida de los cartuchos de dinamita,

utilizada en las zonas de Huacho, Huarmey y Pisco.

**Queso.-** Es la pólvora de color blanco, de explosión más potente que la pólvora aserrín y utilizada comúnmente en las zonas de Huacho y Huarmey.

**Gelatina.-** Es la pólvora sólida, comercializada en bolsitas plásticas simulando gelatina, tiene la misma potencia de explosión que la pólvora aserrín y se utiliza en Huacho y Huarmey.

**Mecha o cordón.-** Es el elemento mediante el cual se transporta en forma relativamente uniforme la llama al fulminante o detonante. El centro de la mecha está compuesto por pólvora recubierta herméticamente con textil y con materiales a prueba de agua como asfalto o plástico, haciéndola impermeable e insoluble al medio acuoso.

**Fulminante.-** Es el dispositivo conocido como detonante, fabricado de aluminio, bronce y/o cobre, cuya función es conectar la mecha con la dinamita. La acción es la carga de polvo de ignición, la que es iniciada con la llama de la mecha, la carga primaria convierte el calor en detonación.

**Construcción de la carga explosiva.-** La construcción de la carga explosiva o "bola", tiene como ingrediente principal la pólvora, cuya cantidad a utilizar y el tamaño de la mecha están de acuerdo a la especie objetivo y a su ubicación geográfica y batimétrica. Esta cantidad se calcula para no destruir los peces, de tal forma que se recolecte la mayor cantidad para su comercialización.

En la zona de Huacho - Huarmey los pasos para armar la carga explosiva son: (i) abrir los cartuchos de dinamita conocidos como "chupetes o canillas", (ii) depositar la pólvora, de 50 a 300 g, en una bolsa de nylon sujeta con una piedra formando una "bola", (iii) colocar el fulminante en el centro de la carga, (iv) dejar en la parte exterior 1 cm del fulminante donde se introduce la mecha (parte superior cortada en forma oblicua o cuchilla), (v) colocar dos palitos de fósforo ("fogonazo") al lado de la mecha, para asegurar su encendido, (vi) envolver la carga con plástico para evitar que se humedezca, quedando lista para operar.

Cuando la carga explosiva se construye con la pólvora queso, debido a su mayor potencia de explosión, se utiliza la mitad de pólvora con respecto a la construida con la pólvora aserrín, lo mismo ocurre con la pólvora gelatina.

En la Reserva Nacional de Paracas la construcción de la carga explosiva es muy similar a la de la zona de Huacho - Huarmey, con la diferencia que los cartuchos se cortan en mitades y se unen entre sí.

Para jurel (*Trachurus murphyi*), bonito (*Sarda chiliensis*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) la carga explosiva contiene pólvora de un cartucho o mitad de cartucho, 50 g de piedra y mecha de 1 cm. Cuando los peces se profundizan, se utiliza carga bola con pólvora de dos cartuchos, una piedra de 1 kg aproximadamente y una mecha larga de 50 cm. La carga explosiva en Huacho para especies costeras como chita, curaca, pintadilla, se prepara con pólvora de dos cartuchos, 300 g de piedra y mecha de 3 a 5 cm. En Pisco la carga explosiva se arma con pólvora de un cartucho, 200 a 300 g de piedra y mecha de 1 cm.

En Huacho-Huarmey, para la lisa la carga explosiva es relativamente más grande que para las otras especies, se construye con pólvora de cuatro cartuchos, 50 a 80 g de piedra y mecha corta de 1 cm; para la corvina, la carga consiste en pólvora de cinco cartuchos, 150 g de piedra y mecha de 4 cm. En Pisco la carga es con pólvora de dos cartuchos y mecha corta de 1 cm.

Respecto a las cargas explosivas, se ha identificado diferentes formas de construcción y/o preparación utilizadas durante la pesca. Se han registrado casos de personas heridas y mutiladas a consecuencia de esta actividad, principalmente en la zona de Pisco por trabajar explosivos con mecha corta; asimismo, en las zonas de Huacho-Huarmey, la cantidad de pólvora utilizada en las cargas explosivas es el doble que en Pisco y de acuerdo a la especie objetivo.

#### MODALIDADES DE OPERACIÓN

**Con embarcaciones.-** Las embarcaciones artesanales se trasladan hacia las zonas de pesca simulando que van a pescar con redes de enmalle y trasmallo, sin embargo, llevan cargas explosivas protegidas, evitando el contacto con la humedad. Las zonas de pesca se encuentran cercanas a la costa en lugares generalmente accidentados, rocosos o en islas cercanas. Detectan la presencia de peces mediante la observación de un buzo, quien realiza varias inmersiones. Ubicado el cardumen, el operador (conocido como bombero) prende la mecha, lanzando el explosivo a una distancia de 4 a 5 m dependiendo de la movilidad y característica del cardumen (Fig. 14).

En una faena o marea, utilizan en total entre 4 y 6 cargas explosivas (varía según la concentración de los cardúmenes). Después de la detonación y transcurrido un tiempo corto se disponen a recolectar los peces que se encuentran en superficie como en fondo, afectados por la presión de las ondas sonoras.

**Con cámara de llanta.-** Esta modalidad se realiza en zonas de pesca muy cercanas a la costa, generalmente requeríos de difícil acceso, usando como embarcación

una cámara de llanta implementada con una malla anchovetera como depósito de pescado (Fig. 15). Las cargas son transportadas con regular frecuencia en bolsas de malla tipo mochila y son entregadas a los operadores (bomberos), los que visten, por lo general, con traje de buzo y se trasladan a la zona de pesca.

**Desde la orilla.-** Esta modalidad se realiza en zonas de rompiente de difícil acceso, en grupos de 4 a 5 personas, lanzando los explosivos desde los acantilados. Después de la detonación recolectan los peces mediante la inmersión de buzos (Fig. 16).

**Frecuencia y horario.-** Esta actividad se realiza 37% entre las 5:00 y 6:00 horas, y 34% entre las 18:00 y 19:00 horas, generalmente cuando el mar está calmado, por las noches opera el 10% cuando hay luna llena (Fig. 17). En Huacho y Huarmey el uso de explosivos es casi todo el año, el 70% cuando las condiciones del mar lo permiten y en temporada de verano el 22%, operando de 3 a 5 grupos y dos a tres veces a la semana; en la Reserva Nacional de Paracas operan de 4 a 6 grupos y 3 o 4 veces a la semana, casi todo el año y en temporada de verano.

En la zona Huacho-Huarmey, los cartuchos de dinamita son comercializados por intermediarios que acopian este material de personas que trabajan en las minas de la sierra de la región Lima (Uchuchacua, Raura, etc.) y de la región Ancash, se vende a los conocidos en los mercados de Barranca y Las Malvinas.

En la zona Pisco-San Juan de Marcona, los explosivos son distribuidos ilegalmente por mineros informales de Nazca, en algunos casos son decomisados por la Policía Nacional. La adquisición de cartuchos de dinamita se realiza a diario en la caleta San Andrés, Pisco, por día se puede efectuar la venta de 60 cartuchos. Para evitar ser puestos al descubierto, generan rumores sobre

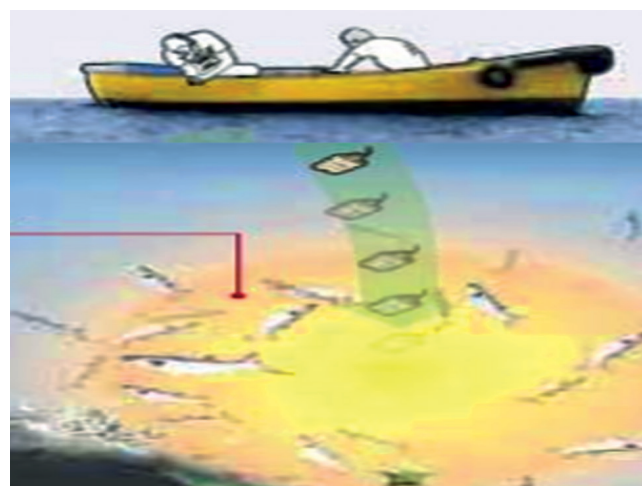


Figura 14.- Operación de cargas explosivas con embarcación



fuertes represalias por denuncias. Se detectó que la comercialización se efectúa por delivery a los clientes de confianza, entregándose los cartuchos en el área de embarque.

**Estimación de la pesca con explosivos (Tabla 6)**

**Comercialización.-** El pescado recolectado es comercializado al por mayor y destinado a mercados y conocidos restaurantes de Lima. En algunas ocasiones lo comercializan al por menor en las zonas de Huarmey, Barranca, Huacho y Carquín (zona norte) y Lagunillas, Laguna Grande y el muelle de San Andrés (zona sur), generando conflictos con pescadores artesanales de redes cortina y pinta, reduciendo ostensiblemente sus precios y afectando su economía familiar. También son distribuidos al por menor a restaurantes turísticos de las zonas de Huacho y Paracas.

Los resultados obtenidos durante la Fase I del Proyecto indican que en las zonas de Huacho-Huarmey y Pisco-San Juan, el 76% realizan esta actividad por considerarla fácil al tener menor esfuerzo físico y el 12% por escaso control de las autoridades.

Los daños que ocasiona esta actividad muestran que el 80% genera muerte masiva de peces y otros organismos y el 8% aleja a los peces de las zonas de pesca, perjudicando a pescadores artesanales pinteros y de cortina. Dicha situación es corroborada al determinar que la pesca con explosivos ha alcanzado un alto nivel de eficiencia en cuanto a modalidades de operación y estrategias de pesca, que determina incremento en las capturas y el impacto negativo en el ecosistema marino, la salud humana, la seguridad alimentaria y el empleo de las comunidades pesqueras.

**FASE II: ZONAS EXPERIMENTALES PARA DETECCIÓN DE ONDAS SONORAS**

**Batimetría del islote Lobillo, Ruquia y Centinela (11°03' -11°04'S y 77°37' -77°39'W)**

Se efectuó la batimetría entre los islotes Lobillo, Ruquia y Centinela, se rastrearon 13.000 m de longitud y se cubrieron 460 UBM, tomados cada 8 segundos en promedio. Según el análisis de los ecogramas, se registraron isóbatas desde 4,6 hasta 17,0 m de profundidad. El perfil submareal presentó baja gradiente, la zona en estudio se caracterizó por ser de aguas muy someras y por presentar bajos ocultos, generando difícil acceso porque las olas al pasar por aguas poco profundas tienden a elevarse y romper mar adentro, aproximadamente a 0,4 mn (740 m) de la costa, en condiciones de fuerte oleaje.

**Corte vertical.-** Se trabajó hasta 300 m de profundidad, determinándose que el área presenta un relieve



Figura 15.- Operación de cargas explosivas con cámara de llantas



Figura 16.- Operación de cargas explosivas desde la orilla

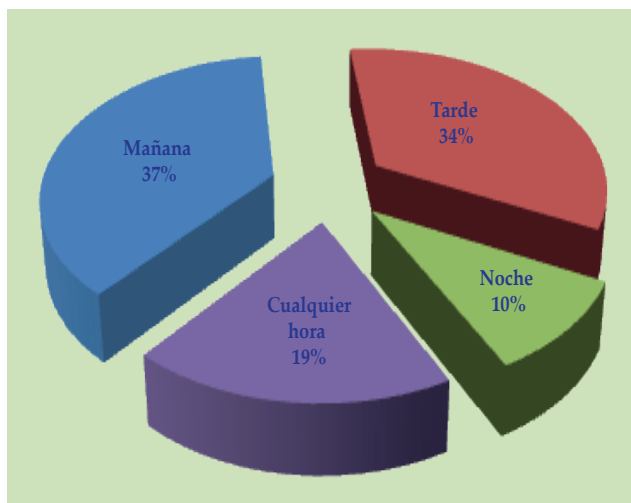


Figura 17.- Horas en que realizan esta actividad

Tabla 6.- Estimación de la pesca con explosivos

Zona	Embarcación (Nº)	Recolección (kg)	Frecuencia (Nº)	Semanal (kg)	Mensual (kg)	Anual (kg)
Huacho-Huarmey	3	200-500	2	Min= 1.200 Max=3.000	4.800 12.000	43.200 108.000
Pisco	2	150-300	3	Min=900 Max=1.800	3.600 7.200	32.400 64.800

Tabla 7.- Corte vertical (L-1) islote Lobillo

Distancia (Millas (mn))	Profundidad (m)	Pendiente			
		Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0,-0,03	5,6	0,21	3,25	1,7	2,9
0,03-0,06	6,4	-8,76	3,05	1,4	2,8
0,06-0,08	8,5	-0,17	1,17	0,5	0,8
0,08-0,11	9,7	-0,56	0,52	0	-0,1
0,11-0,14	11,4	-0,28	1,25	0,3	0,2

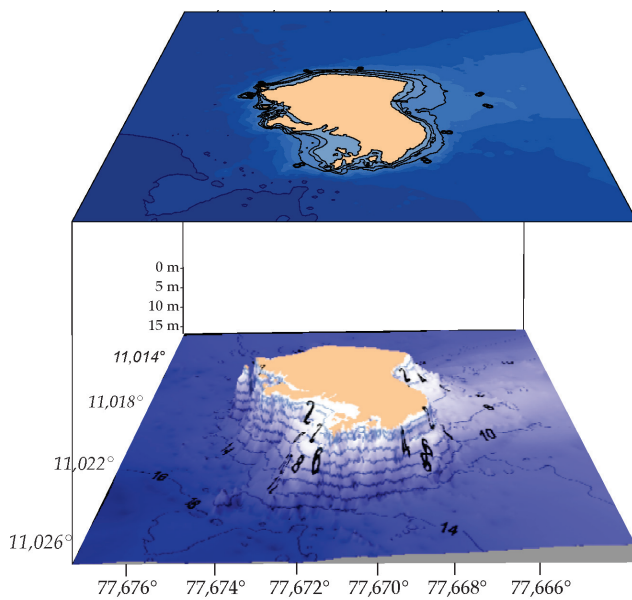


Figura 18.- Vista batimétrica 3D, isla Don Martín

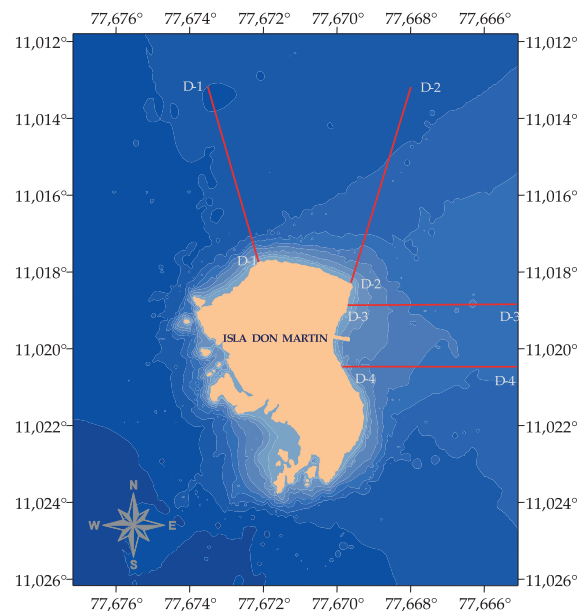


Figura 19.- Configuración de cortes verticales efectuados frente a isla Don Martín

bastante plano con presencia de bajos en la zona somera, la información detallada se da en la Tabla 7.

**BATIMETRÍA DE LA ISLA DON MARTÍN (11°01'08,4"S; 77°40'12,0"W)**

Durante el rastreo acústico llevado a cabo en los alrededores de la isla Don Martín (Fig. 18), se obtuvieron 2291 UBM tomados cada 8 segundos como promedio y 6878 UBM del contorno y georeferenciación. Según el análisis de los ecogramas

se registraron isobatas desde 1,7 m hasta 17,8 m de profundidad. El perfil submareal en los 50 m iniciales presenta una pronunciada gradiente, conforme las isobatas se van alejando de la isla la pendiente presentó menores inclinaciones, siendo mucho más notoria en la zona NE, extendiéndose como una planicie por fuera de los 200 m de distancia de la isla con profundidades que varían entre 7,6 y 13,5 m. Las mayores profundidades (10 a 15 m) se ubicaron desde los extremos sur y norte de la isla Don Martín al lado

SE de la misma, caracterizándose por presentar fuerte rompiente y refracción de las olas por el choque con los acantilados.

**Cortes verticales.**- En la zona protegida de la isla Don Martín, se realizó 4 cortes verticales identificados como D-1, D-2, D-3 y D-4. El primer corte vertical (D-1) se ubicó en el extremo sur de la isla, el perfil submareal en los primeros 7 m de profundidad es fuertemente inclinado, a partir de los 12,7 m la formación es ligeramente plana y sin obstáculos hasta los 14 m de profundidad; la información detallada se da en la Tabla 8 (Fig. 19).

El segundo corte vertical (D-2) nace en el extremo NE (frente a la zona denominada la Cocina) y se observa que en los primeros 5 m de profundidad (0,03 mn) la pendiente es marcada después de lo cual aparecen obstáculos que podrían ser formaciones rocosas al detectarse pendiente negativa; a partir de los 12 m de profundidad las pendientes se neutralizan formando una meseta (Tabla 9).

El tercer corte (D-3) nace del borde NE (frente a la península, lado norte del muelle), el declive es marcado en los primeros 3 m de profundidad; la información detallada se da en la Tabla 10.

El cuarto corte vertical (D-4) nace del borde SE (lado sur del muelle) con dirección Este, se observó que en los primeros 6 m de profundidad se presenta un fuerte declive que se va suavizando formando ambientes tipo pozas, las que van desapareciendo a medida que la profundidad se incrementa; la información detallada se da en la Tabla 11.

#### **BATIMETRÍA DE LA ISLA MAZORCA (11°22'59"S, 77°44'42"W)**

En los alrededores de la isla Mazorca los registros de 2468 UBM se tomaron cada 8 segundos en promedio y se hicieron 1333 UBM de contorno y georeferenciación. Según el análisis de los ecogramas se registraron profundidades hasta 83,9 m (Fig. 20).

El flanco norte de la isla cae casi verticalmente los primeros 5 y 10 m de profundidad llegando hasta la isobata de 20 a 30 m con fuertes pendientes que alcanzó a 57°; el flanco sur es la zona más expuesta, con rompiente, lo que hace que la navegación se realice con mucha precaución. En el lado oeste se aprecian boquerones formados por un grupo de pequeños islotes.

**Cortes verticales.**- Se realizaron tres cortes verticales (M-1, M-2 y M-3), principalmente en la zona protegida de los fuertes oleajes (Fig. 21).

Tabla 8.- Corte vertical (D-1) isla Don Martín

Distancia		Profundidad		Pendiente			%
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)		
50	0,00-0,03	7,1	2,83	14,57	8,0	14,1	
50-100	0,03-0,06	12,7	0,09	12,53	5,6	9,8	
100-150	0,06-0,08	13,3	-0,01	1,62	0,7	1,2	
150-200	0,08-0,11	13,5	-0,95	1,54	0,1	0,3	
200-250	0,11-0,14	13,8	-1,38	1,38	0,1	0,1	
250-300	0,14-0,16	13,8	-0,62	1,01	-0,1	-0,2	
300-350	0,16-0,19	13,8	-0,02	0,50	0,1	0,2	
350-400	0,19-0,22	13,8	-0,05	0,05	0	0	
400-450	0,22-0,25	14,0	0,04	0,42	0,2	0,4	
450-500	0,25-0,27	14,2	-0,56	0,81	0,2	0,4	

Tabla 9.- Corte vertical (D-2) isla Don Martín

Distancia		Profundidad		Pendiente			%
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)		
50	0,00-0,03	5,3	3,40	9,79	6,1	10,8	
50-100	0,03-0,06	6,3	-8,96	3,25	1,6	2,8	
100-150	0,06-0,08	10,1	0,80	10,05	4,1	7,1	
150-200	0,08-0,11	11,3	0,20	3,17	1,4	2,5	
200-250	0,11-0,14	11,3	-2,38	3,49	0,6	3,7	
250-300	0,14-0,16	11,5	-0,23	1,09	0,1	0,2	
300-350	0,16-0,19	11,8	0,06	0,73	0,3	0,6	
350-400	0,19-0,22	12,2	0,22	0,51	0,4	0,7	
400-450	0,22-0,25	12,4	0,19	0,37	0,3	0,5	
450-500	0,25-0,27	12,5	-0,12	0,28	0,1	0,2	
500-550	0,27-0,30	12,5	-0,75	0,06	0	0	

Tabla 10. Corte vertical (D-3) isla Don Martín

Distancia		Profundidad		Pendiente			%
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)		
0-50	0,00-0,03	3,4	-0,28	9,94	3,5	6,2	
50-100	0,03-0,06	5,0	0,21	3,25	1,7	2,9	
100-150	0,06-0,08	6,8	-2,51	4,68	2,1	3,7	
150-200	0,08-0,11	8,1	0,55	2,10	1,4	2,5	
200-250	0,11-0,14	8,5	-0,17	1,17	0,5	0,8	
250-300	0,14-0,16	8,5	-2,00	1,93	-0,1	-0,1	
300-350	0,16-0,19	8,3	-0,52	0,11	-0,2	-0,4	
350-400	0,19-0,22	8,1	-1,85	1,37	-0,1	-0,2	
400-450	0,22-0,25	8,4	-0,45	0,70	0,2	0,4	
450-500	0,25-0,27	8,8	0,23	0,72	0,5	0,9	

Tabla 11.- Corte vertical (D-4) isla Don Martín

Distancia		Profundidad		Pendiente			%
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)		
0-50	0,00-0,03	6,6	-7,94	22,66	6,0	10,8	
50-100	0,03-0,06	6,3	-7,03	8,99	0,8	1,4	
100-150	0,06-0,08	7,0	-0,97	2,15	0,8	1,3	
150-200	0,08-0,11	7,6	0,15	1,35	0,7	1,2	
200-250	0,11-0,14	8,3	0,45	1,18	0,9	1,5	
250-300	0,14-0,16	8,8	-0,44	1,40	0,6	1,0	
300-350	0,16-0,19	8,7	-2,91	4,05	-0,1	-0,2	
350-400	0,19-0,22	9,8	-1,43	2,28	1,1	2,0	
400-450	0,22-0,25	9,7	-0,56	0,52	0	-0,1	
450-500	0,25-0,27	9,7	-0,29	0,16	0	-0,1	

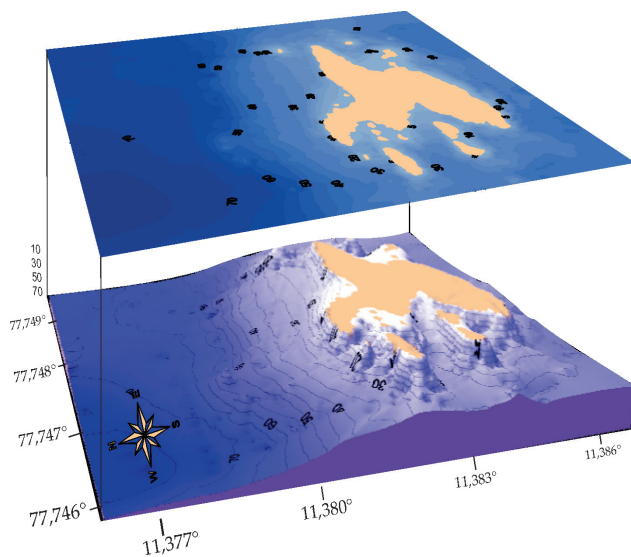


Figura 20.- Vista batimétrica de la isla Mazorca

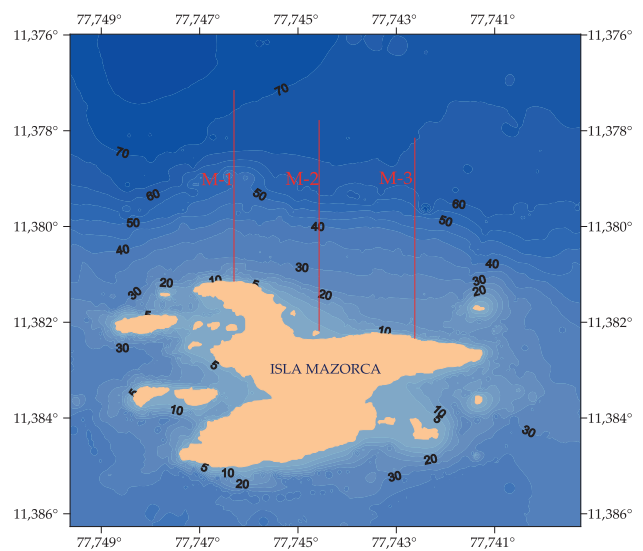


Figura 21.- Configuración de los cortes verticales realizados frente a la isla Mazorca

En el corte vertical M-1 ubicado al NW de la isla, se observaron dos zonas con mayores declives: a) los primeros 50 m (0,03 mn), donde la pendiente es 48°, b) entre 250-300 m donde la pendiente es 22,0°. La información detallada se da en la Tabla 12.

El segundo corte vertical (M-2) nace de la zona central con dirección norte, presenta una pendiente muy inclinada (22,8°) entre 50-100 m a los 26 m de profundidad. La información detallada se da en la Tabla 13.

El tercer corte (M-3), que nace al NE de la isla con dirección norte, se observaron las mayores pendientes (57,33°) a los 21 m de profundidad, para neutralizarse a los 65 m. La información detallada se da en la Tabla 14.

**Batimetría de la isla San Lorenzo (12°3,8'S; 77°16'W)**

Durante el rastreo acústico realizado en los alrededores de la isla San Lorenzo (Fig. 22) se obtuvieron 3850 UBM tomados cada 6 segundos como promedio y 4278 UBM fueron de contorno y georeferenciación. Según el análisis de los ecogramas se registraron isobatas entre 0,6 y 48 m de profundidad. El perfil submareal se caracterizó por presentar, en algunas zonas protegidas como frente al Frontón y Base Naval, bajo gradiente con presencia de fondos y bajos de poca profundidad en los primeros metros adyacentes a la isla, luego desciende en los primeros 5 y 10 m llegando hasta la isobata de 15, 20, 30, 35 y 45 m (distancia de isla: 600 m, 0,33 mn). En otras zonas se observó una pronunciada gradiente conforme las isobatas se alejaban de la isla. Los extremos norte y sur se caracterizan por presentar fuertes rompientes.

Tabla 12.- Corte vertical (M-1) isla Mazorca

Distancia		Profundidad m	Pendiente			
Metros (m)	Millas (mn)		Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0-50	0,00-0,03	28,3	-4,2	48,4	22,7	46,2
50-100	0,03-0,06	33,4	-2,5	17,7	5,5	9,8
100-150	0,06-0,08	43,5	4,5	16,6	10,9	19,5
150-200	0,08-0,11	47,3	0,2	8,1	4,8	8,4
200-250	0,11-0,14	49,0	-11,9	16,6	1,8	3,2
250-300	0,14-0,16	65,4	11,1	22,2	17,5	31,7
300-350	0,16-0,19	68,6	-3,6	11,1	3,9	6,8
350-400	0,19-0,22	70,3	-0,6	3,7	1,9	3,4
400-450	0,22-0,25	72,2	1,6	4,8	2,6	4,5

Tabla 13.- Corte vertical (M-2) isla Mazorca

Distancia		Profundidad m	Pendiente			
Metros (m)	Millas (mn)		Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0-50	0,00-0,03	9,9	2,15	19,49	10,3	18,3
50-100	0,03-0,06	25,9	0,02	22,76	13,7	28,1
100-150	0,06-0,08	31,1	-5,72	16,31	5,6	9,9
150-200	0,08-0,11	34,6	0,20	7,07	3,8	6,1
200-250	0,11-0,14	42,3	3,41	14,10	8,4	13,5
250-300	0,14-0,16	57,0	13,26	18,10	15,9	28,5
300-350	0,16-0,19	62,9	-3,13	15,95	7,2	12,7
350-400	0,19-0,22	65,3	0,08	4,05	2,7	4,7
400-450	0,22-0,25	66,6	-0,12	3,13	1,4	2,4
450-500	0,25-0,27	67,4	0,68	1,82	1,2	2,1

**Cortes verticales.**- Se realizaron dos cortes verticales, SL1 y SL2 ubicados en zonas protegidas de los fuertes oleajes, la información detallada se da en las Tablas 15 y 16 (Fig. 23).

**DETECCIÓN DE ONDAS SONORAS Y SU EFECTO EN ISLOTE LOBILLOS**

Después de la evaluación batimétrica y pruebas de instalación de jaulas con peces en los alrededores del islote Lobillo y las islas Don Martín, Mazorca y San Lorenzo, se consideró que los alrededores del islote Lobillo (11°03'-11°04'S; 77°37'-77°39'W) reunían las condiciones para realizar los experimentos, debido a presentar un fondo con pendiente de 4,6 a 17,5 m y hasta 1,7 mn de distancia, con aguas muy someras y bajos ocultos que la hacen de difícil acceso y peligrosa,

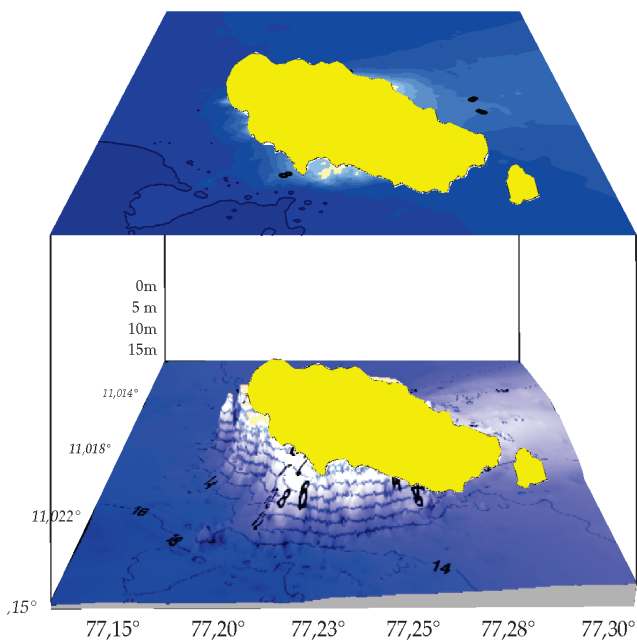


Figura 22.- Vista batimétrica 3D, isla San Lorenzo

Tabla 14.- Corte vertical (M-3) isla Mazorca

Distancia		Profundidad		Pendiente		
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0-50	0,00-0,03	21,4	-1,95	57,33	18,0	38,9
50-100	0,03-0,06	25,8	-1,45	16,83	4,9	8,6
100-150	0,06-0,08	30,1	1,26	9,47	5,3	9,2
150-200	0,08-0,11	36,0	2,05	11,28	6,5	11,4
200-250	0,11-0,14	44,0	6,01	12,91	8,8	15,5
250-300	0,14-0,16	53,9	2,98	17,98	12,0	21,4
300-350	0,16-0,19	60,5	4,15	16,23	7,3	12,9
350-400	0,19-0,22	64,0	1,85	6,95	3,8	6,7
400-450	0,22-0,25	64,9	0,23	2,02	1,1	2,0

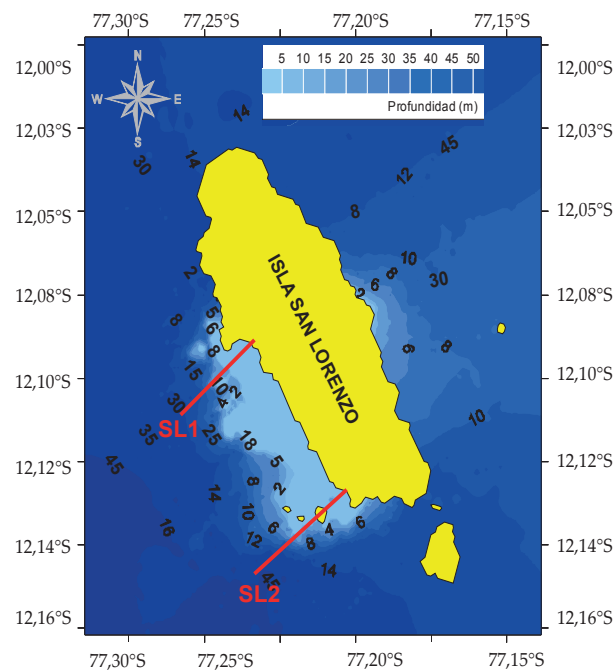


Figura 23.- Configuración de cortes verticales realizados frente a la isla San Lorenzo

Tabla 15.- Corte vertical (SL-1) isla San Lorenzo

Distancia		Profundidad		Pendiente		
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0-50	0,00-0,03	6,8	-2,51	4,68	2,1	3,7
50-100	0,03-0,06	8,5	-0,17	1,17	0,5	0,8
100-150	0,06-0,08	9,7	-0,56	0,52	0	-0,1
150-200	0,08-0,11	16,0	0,21	7,04	7,8	12,9
200-250	0,11-0,14	21,5	4,6	20,0	10,6	15,2
250-300	0,14-0,16	28,3	-4,1	42,4	26,7	44,7
300-350	0,16-0,19	33,4	-2,5	19,3	4,8	8,2
350-400	0,19-0,22	40,5	4,8	13,4	12,3	17,3
400-450	0,22-0,25	45,3	0,2	6,1	4,3	9,8

Tabla 16.- Corte vertical (SL-2) isla San Lorenzo

Distancia		Profundidad		Pendiente		
Metros (m)	Millas (mn)	m	Min (°)	Max (°)	Prom (°)	%
0-50	0,00-0,03	7,4	0,40	3,08	1,7	
50-100	0,03-0,06	12,3	-0,05	0,05	0	
100-150	0,06-0,08	21,7	-1,45	16,83	4,9	
150-200	0,08-0,11	33,5	1,26	9,47	5,3	
200-250	0,11-0,14	37,8	2,05	13,53	7,7	
250-300	0,14-0,16	41,2	3,41	14,75	8,4	
300-350	0,16-0,19	44,7	5,78	12,91	8,8	
350-400	0,19-0,22	51,6	2,98	11,23	6,7	
400-450	0,22-0,25	53,4	1,78	12,45	7,4	

debido a que en condiciones de fuerte oleaje y al pasar las olas por aguas poco profundas éstas tienden a desestabilizarse y romper mar adentro, aproximadamente a 0,4 mn (740 m) de la costa.

**PARÁMETROS AMBIENTALES** (Tabla 17)

Se obtuvo información de temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes, fitoplancton y macro zoobentos desde la superficie hasta 5 m de profundidad.

**Temperatura superficial del mar (°C).**- La temperatura en las estaciones evaluadas antes y después del impacto no registró variación significativa.

**Oxígeno disuelto (mg/L).**- En superficie el valor promedio fue 4,14 mg/L antes del impacto (ai), disminuyendo a 3,49 mg/L después del impacto (di); a los 5 m de profundidad el promedio fue 3,10 mg/L ai, disminuyendo a 2,63 mg/L di. Se determinó bajada de oxígeno (suboxia) en la estación 3 donde ocurrió la explosión, en superficie de 4,14 a 3,49 mg/L y a 5 m de profundidad de 3,10 a 2,63 mg/L.

**Nutrientes.**- En superficie las concentraciones promedio de fosfato (g-at/L) se incrementaron después de la explosión, de 1,55 µg-at/L a 1,81 µg-at/L (Tabla 17), y a los 5 m presentaron un comportamiento inverso, disminuyendo de 1,99 µg-at/L (antes del impacto) a 1,70 µg-at/L (después del impacto). Los silicatos g-at/L en ambos casos (superficie y 5 m de profundidad) se incrementaron después del impacto, debido a que los explosivos están conformados por sílice. Los nitratos en superficie disminuyeron de 25,73 a 24,30 µg-at/L; los nitritos en superficie y a 5 m se incrementaron después del impacto.

**Sólidos suspendidos totales (mg/L).**- Disminuyeron de 39,54 a 31,90 mg/L y de 52,82 a 23,74 mg/L en superficie y a 5 m respectivamente.

En la estación 3, lugar de la explosión, hubo un descenso de 10,8% luego del evento, mientras que en

la estación 2 (cerca del islote Lobillo) y la más alejada de la explosión, el descenso fue de 4,43%, que debió estar asociado a la ausencia de fitoplancton.

**Potencial de iones Hidronio (pH).**- Los valores de pH no tuvieron una perturbación significativa y cumplieron con los requisitos establecidos por los estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua (2008) con un rango entre 6,8 y 8,5. Los valores promedio en superficie y fondo antes de la explosión fueron 7,62 y 7,63 respectivamente. A 5 m de la superficie se produjo un leve descenso del pH en la estación 3 (punto de explosión) de 7,63 a 7,57.

**Fitoplancton.**- Se determinó 37 especies: 27 diatomeas, 7 dinoflagelados, 2 silicoflagelados y 1 cocolitofórido, con una disminución en la diversidad específica y abundancia de fitoplancton. Es importante destacar la presencia de células fragmentadas, principalmente en las estaciones 3D y 2D. El total de fitoplancton varió entre 36x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup> (2D) y 133x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>(3A), con una mayor representatividad del nanoplancton, excepto en la estación 3A donde destacó el microplancton.

En la estación 3A fueron notorias las diatomeas con 101x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>, mientras que en las estaciones 2D y 3D, donde se encontraron las menores abundancias, fueron notorios los fitoflagelados, con concentraciones que no superaron las 38x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup> (Tabla 18).

El nanoplancton fue el más representativo en la mayoría de las estaciones, alcanzando su máxima concentración celular (48x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>) en la estación 2A destacando el grupo de las Monadales por su frecuencia y abundancia con densidades celulares que alcanzaron un máximo de 44x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup> (estación 2A) y un mínimo de 18x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>(estación 2D).

Dentro del microplancton, las diatomeas costeras caracterizaron el presente estudio, el mismo que estuvo asociado con las condiciones océano-atmosféricas (maretazo, viento fuerte, entre otros), sobresaliendo *Talassionema nitzschioides* con un

Tabla 17.- Variables oceanográficas en islote Lobillo

Est.	Latitud S	Longitud W	Transp. (m)	Prof. (m)	TSM (°C)	5 m (°C)	ODS (mg/L)	5 m (mg/L)	Fosf. (µg-at/L)	5 m (µg-at/L)	Sulf. (µg-at/L)	5 m (µg-at/L)	Nitrat. (µg-at/L)	5 m (µg-at/L)	Nitrit. (µg-at/L)	5 m (µg-at/L)	SSTS (mg/L)	5 m (mg/L)	pH	5 m	
1A	11°3,750	77°39,185'	2	12	16,0	15,8	3,93	3,01	1,40	1,48	17,15	17,58	26,86	26,95	0,42	0,58	50,00	94,06	7,5	7,66	
2A	11°3,833	77°39,191'	2	11	16,1	15,9	4,03	3,01	1,86	1,68	13,92	15,11	23,30	21,81	0,44	0,52	40,20	43,90	7,69	7,60	
3A	11°3,673	77°39,165'	2	12	15,9	15,7	4,47	3,27	1,40	2,81	18,84	21,22	27,02	28,98	0,39	0,89	28,43	20,49	7,67	7,63	
					Promedio	16,0	15,8	4,14	3,10	1,55	1,99	16,64	17,97	25,73	25,91	0,42	0,66	39,54	52,82	7,62	7,63
2D	11°3,836'	77°39,185	2	11	16,0	15,8	3,49	2,68	2,40	1,59	18,16	16,81	26,05	21,85	0,99	0,83	38,42	26,19	7,59	7,64	
3D	11°3,678'	77°39,164'	0,5	12	15,9	15,6	3,87	2,63	1,81	1,81	17,66	23,26	22,54	25,91	0,73	1,15	25,37	21,29	7,61	7,57	
					Promedio	16,0	15,7	3,68	2,66	2,11	1,70	17,91	20,04	24,30	23,88	0,86	0,99	31,90	23,74	7,60	7,61

máximo de  $88 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup> y *Pleurosigma* sp. con  $6 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>, especies determinadas en las estaciones 3A y 1A, respectivamente. Asociada a esta comunidad estuvieron las especies de afloramiento, cuyos aportes numéricos fueron menores, siendo las mejor representadas *Chaetoceros debilis* ( $1 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>) y *Skeletonema costatum* ( $2 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>), localizadas en las estaciones. 2A y 3A, respectivamente.

**Macrofauna bentónica en fondo blando.-** La biomasa y la biodiversidad de la fauna bentónica disminuyó después del impacto. El rango de variación de las densidades en la bahía de Huacho, fue de 100 ind.m<sup>-2</sup> (E-3A) a 280 ind.m<sup>-2</sup> (E-1A y E3D). En total fueron registradas 13 especies: 5 pertenecientes a la Clase Polychaeta (Phylum Annelida), 5 a la Clase Crustacea

(Phylum Arthropoda), 1 al Phylum Mollusca, 1 a la Clase Ophiuroidea (Phylum Echinodermata) y 1 al Phylum Nemertinea (Tabla 19).

El grupo de organismos mejor representado numéricamente fue Polychaeta (Phylum Annelida) con 68% y Crustacea (12%) (Fig. 24). Dentro del grupo Polychaeta, fue importante la presencia de especies de la familia Spionidae, que alcanzaron las mayores densidades; destacando *Prionospio peruana*, mejor distribuida y presente en todas las estaciones con 460 ind.m<sup>-2</sup> (44%).

Con menor densidad y frecuencia se detectó: *Nemertea* con 100 ind.m<sup>-2</sup> (E-1A), *Ampelisca araucana* con 40 ind.m<sup>-2</sup> (E-2A) y *Parandalia fauveli* 60 ind.m<sup>-2</sup> (E-3D)

Tabla 18. Análisis cualitativo y cuantitativo de Fitoplancton (cel.L-1)

ESTACION	1A	2A	3A	3D	2D
PROFUNDIDAD (m)	12	11	12	12	11
<b>DIATOMEAS</b>					
<i>Actinocyclus</i> sp.	640	320	80	40	80
<i>Actinoptychus senarius</i>	360	40	80	40	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	160	0	80
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	3520	760	2220	1240	1080
<i>Cerataulina pelagica</i>	720	160	0	320	0
<i>Chaetoceros compressus</i>	560	320	320	0	120
<i>Chaetoceros debilis</i>	440	1840	440	96	240
<i>Chaetoceros didymus</i>	640	960	80	440	680
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	760	480	200	800	1560
<i>Chaetoceros socialis</i>	840	0	0	208	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	480	240	400	80	120
<i>Cylindrotheca closterium</i>	160	120	40	0	40
<i>Detonula pumila</i>	0	160	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	200	80	40	0	80
<i>Fragillariopsis doliolum</i>	0	160	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	160	0	0	0	0
<i>Guinardia striata</i>	240	160	160	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	440	280	160	40	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	0	880	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.	320	280	640	40	160
<i>Planktoniella sol</i>	120	40	40	40	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	6400	3920	5800	4600	1280
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	320	560	160	0	200
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0	0	160	40	0
<i>Skeletonema costatum</i>	600	520	2040	560	640
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5920	6960	88000	9280	6280
<i>Thalassiosira angulata</i>	160	200	640	440	0
<b>TOTAL DIATOMEAS</b>	<b>24000</b>	<b>19440</b>	<b>101860</b>	<b>18304</b>	<b>12640</b>
<b>DINOFLAGELADOS</b>					
<i>Ceratium dens</i>	0	40	0	0	0
<i>Ceratium fusus v. fusus</i>	0	0	0	0	40
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	40	0	0
<i>Diplopeltopsis minor</i>	0	0	0	40	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	0	40	0
<i>Protoperidinium excentricum</i>	0	80	40	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	0	40	0	0
<b>TOTAL DINOFLAGELADOS</b>	<b>0</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>80</b>	<b>40</b>
<b>SILICOFLAGELADOS</b>					
<i>Dictyocha fibula</i>	120	120	0	40	40
<i>Octactis octonaria</i>	0	40	0	0	0
<b>TOTAL SILICOFLAGELADOS</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>COCOLITOFORIDOS</b>					
<i>Emiliania huxleyi</i>	8000	4000	2000	2000	6000
<b>TOTAL COCOLITOFORIDOS</b>	<b>8000</b>	<b>4000</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	<b>6000</b>
<b>FITOFLAGELADOS</b>					
<i>Monadas</i>	32000	44000	30000	38000	18000
<b>TOTAL FITOFLAGELADOS</b>	<b>32000</b>	<b>44000</b>	<b>30000</b>	<b>38000</b>	<b>18000</b>
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>64120</b>	<b>67720</b>	<b>133980</b>	<b>58424</b>	<b>36720</b>

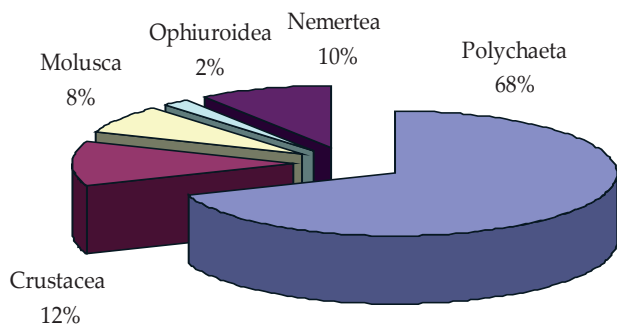


Figura 24.- Porcentaje de abundancia (ind.m<sup>-2</sup>) de grupos taxonómicos

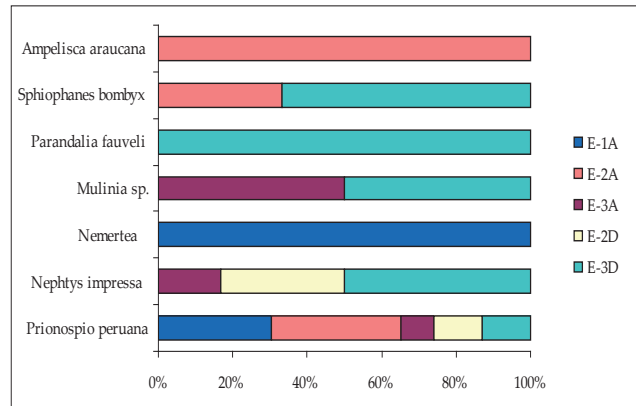


Figura 25.- Dominancia de especies de la macrofauna bentónica por estaciones

Tabla 19.- Abundancia (ind.m<sup>-2</sup>) y Biomasa (g.m<sup>-2</sup>) de macrofauna de fondo blando

Taxa	Abundancia					Biomasa				
	E-1A	E-2A	E-3A	E-2D	E-3D	E-1A	E-2A	E-3A	E-2D	E-3D
<b>Polychaeta</b>										
<i>Nephtys impressa</i>			60	40	20			0,044	0,04	0,024
<i>Parandalia fauveli</i>			60					0,084		
<i>Prionospio peruana</i>	140	160	60	60	40	0,042	0,05	0,02	0,016	0,014
<i>Sphiophanes bombyx</i>		20	40				0,002	0,01		
<i>Exogone sp.</i>				20					0,006	
<b>Crustacea</b>										
<i>Ampelisca araucana</i>		40					0,01			
Caprellidae	20					0,012				
Harpaticoidae		20					0,002			
Haustoriidae	20					0,01				
Pinnothereidae		20					0,008			
<b>Mollusca</b>										
<i>Mulinia sp.</i>			40		40			0,15		0,16
<b>Echinodermata</b>										
Ophiuroidea		20	20					0,006		
<b>Nemertea</b>										
	100					0,072				

(Fig. 26). La biomasa varió de 0,062 g.m<sup>-2</sup> (E-2D) a 0,31 g.m<sup>-2</sup> (E-3A) (Tabla 19). Las mayores biomásas registradas correspondieron al bivalvo *Mulinia sp.* con 0,31 g.m<sup>-2</sup>.

Con menor afinidad, se hallaron las estaciones E-1A, E-A2 y E-3D, con las mayores abundancias. Las 2 primeras resaltan por la dominancia de los poliquetos *Prionospio peruana* (consumidor de interfase) y *Nephtys impressa* (omnívoro-depredador). La característica de los consumidores de interfase es la capacidad de cambiar de un comportamiento alimentario suspensívoro a uno depositívoro superficial, además

de ser considerados como poliquetos oportunistas (tipo r) propios de zonas de menor profundidad (TARAZONA et al. 1985), con mayor sedimentación y aprovechados como alimento por los depredadores.

**PARÁMETROS ACÚSTICOS**

Se determinó las características de las ondas sonoras generadas por las detonaciones de las cargas explosivas mediante la utilización de equipos hidroacústicos.

**Medición de la Explosión/Análisis en el tiempo.-**

El registro del tiempo de la señal se muestra en la Fig. 26 y su comportamiento tiene cierta similitud



con la caracterización de una explosión idealizada. Es posible observar la presencia del precursor entre 1,3 y 1,4 segundos, antes del mayor impacto de la explosión, que es entre 1,6 y 1,85 segundos.

La aplicación de las ecuaciones descritas para la caracterización de la forma matemática de la explosión no es apropiada por sólo tener una medición registrada. Las constantes mostradas en las fórmulas dependen del tipo de explosivo utilizado y se pueden determinar en base a varias mediciones.

La evaluación de la constante de tiempo ( $\theta$ ), la aproximación de la curva de Presión vs Tiempo luego de alcanzar el pico máximo y la presión máxima en relación al factor de rango escalado, podrá realizarse con un mayor número de ensayos y generar un modelo matemático para predecir el comportamiento de detonaciones futuras.

Las características físicas del impacto de la explosión, como las variaciones de presión, el impulso y la energía liberada, se pueden hallar a partir de la señal registrada y se consolidan en la Tabla 20. Debido a la complejidad de la explosión se divide el análisis en dos partes: el precursor y la onda directa. Además, los rangos de integración para el cálculo de energía e impulso se definen para los pulsos negativos y positivos más importantes, así como de pico de onda máxima a pico de onda mínima con la finalidad de

Tabla 20.- Características acústicas de la explosión

Magnitud	Unidad	Precursor	Choque Directo
Pico de Presión Positivo	[Pa]	41,32	95,5
Pico de Presión Negativo	[Pa]	-112	-186,4
Impulso (Primera onda negativa)	[Pa.s]	-0,6504	-2,8699
Impulso (Primera onda positiva)	[Pa.s]	0,7871	22,337
Impulso (Calculado por la mayor diferencia entre picos de presión)	[Pa.s]	-0,0378	-0,765
Energía(Primera onda positiva)	[J/m <sup>2</sup> ]	3.44E-05	2.3187e-004
Energía (Primera onda negativa)	[J/m <sup>2</sup> ]	1.87E-05	9.53E-05
Energía (Calculado por la mayor diferencia entre picos de presión)	[J/m <sup>2</sup> ]	3.32E-05	1.97E-04
Energía total	[J/m <sup>2</sup> ]	5.51E-05	3.67E-04

evaluar los casos extremos de cambios de intensidad que experimentan los peces (Fig. 27).

Se observó que la diferencia de presión máxima fue de -186,4 Pa, obtenido en la onda de choque directo, pico en el que se tuvo un impulso de -2,8699 Pa/s y un flujo de energía máximo entre este pico y el pico máximo de presión de 1,9697e-004 J/m<sup>2</sup>. La presencia del pico negativo de gran magnitud fue señalada por KEEVIN y HEMPEN (1997) como la posible causante del mayor daño a los peces, en especial a la vejiga natatoria, pico que se encontró en la señal registrada durante los

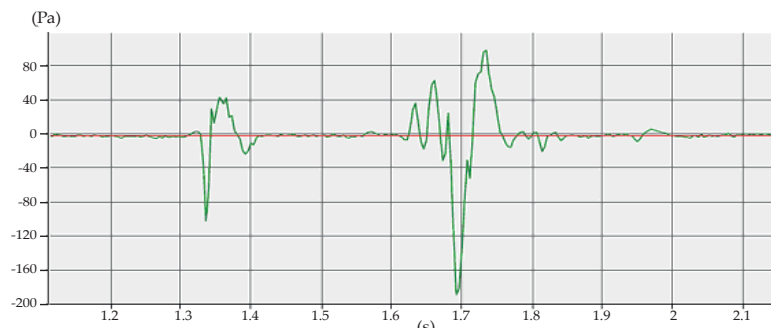


Figura 26.- Presión vs. Tiempo del registro de la explosión

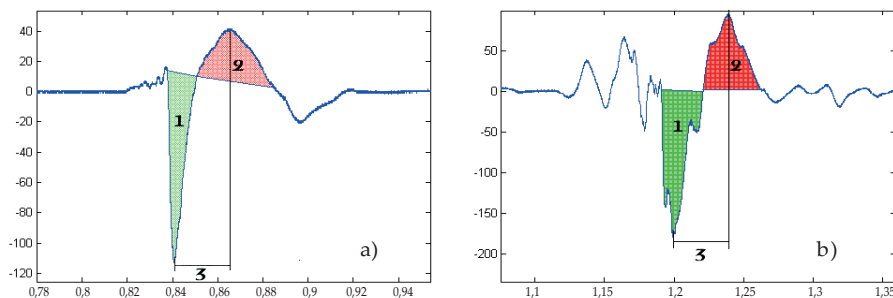


Figura 27.- Visualización de regiones a analizar. (a) Precursor (b) Choque directo. 1 Pico menor, 2 Pico Mayor, 3 Diferencia máxima entre picos

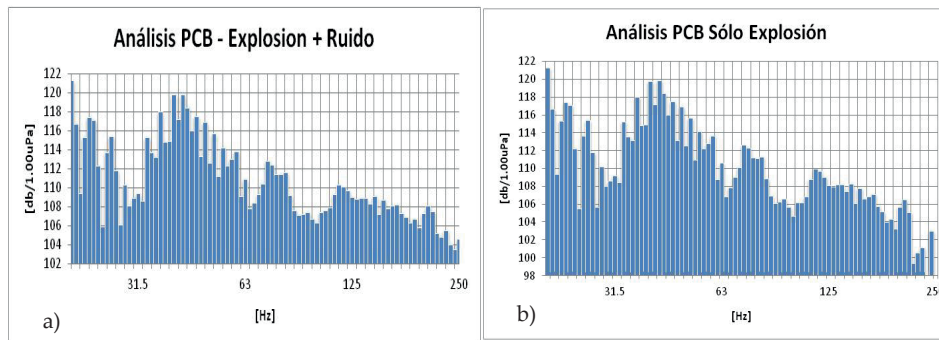


Figura 28.- Análisis PCB de la explosión. (a) con ruido. (b) sin ruido

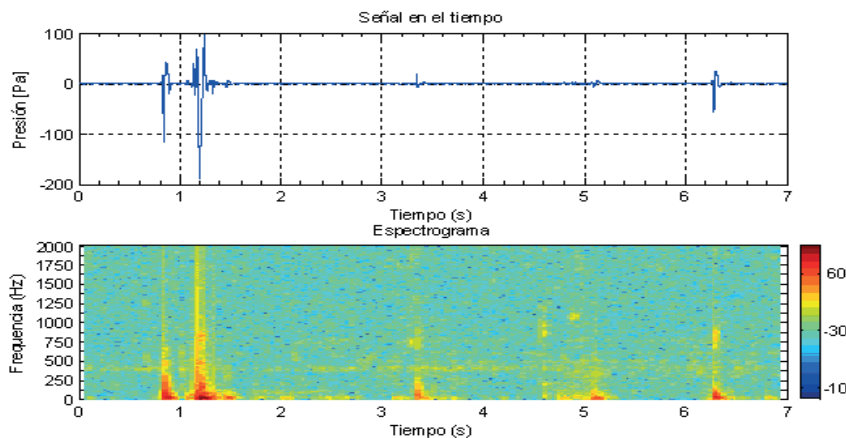


Figura 29.- Espectrograma de la señal de la explosión

experimentos realizados.

**Análisis espectral.-** Al igual que para el análisis espectral del ruido de fondo, fue realizado un análisis PCB de la explosión (Fig. 28) en que se advierte que la mayor parte de componentes acústicos se encuentra en las bajas frecuencias. La potencia del ruido es bastante menor que la de la explosión, como se observa en la figura 28b, cuando se le restan las componentes en frecuencia del ruido de la medición real, de lo que se concluye que casi toda la potencia medida de la explosión en el medio natural corresponde justamente a la explosión.

En la figura 29 se observa el segmento de la señal en el tiempo de la explosión y su respectivo espectrograma, hallado a partir del registro acústico de la detonación. Mediante esta herramienta se representa visualmente la intensidad de la señal para los niveles de frecuencia a lo largo del tiempo de la señal. La intensidad es representada en niveles de colores cuyos matices más oscuros representan mayor intensidad de la señal.

El espectrograma confirma lo mostrado en el análisis PCB de la explosión: la mayor energía de la explosión se concentra en frecuencias bajas, observándose valores importantes hasta los 250 Hz aproximadamente,

que van disminuyendo hacia los 500 Hz. La mayor cantidad de energía se concentró entonces en las bajas frecuencias acústicas hasta los 250-500 Hz.

**Revisión de los peces en las jaulas.-** Después de la detonación se contaron los peces muertos, y se determinó la extensión y naturaleza de las lesiones en base a dos criterios: (1) grado de lesiones externas; (2) grado de lesiones internas. Los análisis macroscópicos evidenciaron ruptura de las branquias, vejiga natatoria, vértebras y la presencia de coágulos sanguíneos en las cavidades branquial y visceral. Las lesiones externas fueron leves y moderadas con categoría de 1 a 4, las lesiones internas fueron graves.

Los peces que estuvieron expuestos en jaulas flotantes (jaulas 1 y 2) cerca (10 m) de la zona de detonación y a 45 m, presentaron lesiones internas que alcanzaron la categoría 4 (ruptura de vejiga natatoria, notable hemorragia en la cavidad corporal con indicaciones de lesiones en el riñón y en otros órganos) (Tablas 21, 22).

**Peces colectados en ambiente natural.-** Después de la detonación, que ocurrió a los 12 m de profundidad, se colectó lorna y pejerrey con tallas entre 5 y 10 cm de longitud total. Los resultados fueron similares a los obtenidos en los peces de las jaulas flotantes; los grados

Tabla 21.- Evaluación de letalidad de los peces de la jaula ubicada a 10 m de distancia de la fuente detonante

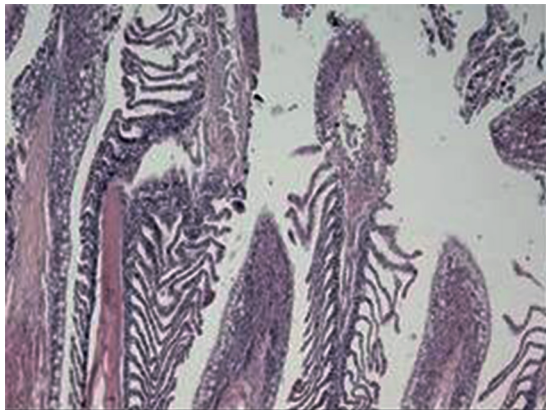
Jaula 1 Longitud	Profundidad de los peces en jaula (m)	Profundidad de detonación (m)	Nivel de Letalidad*			
			Ejemp. vivos	Ejemp. muertos	Lesión externa	Lesión interna
Chita						
15	4	12	x			
15	4	12	x			
12	4	12	x			
12	4	12	x		4	3
Lorna						
14	4	12	x			
13	4	12	x		1	6
Cabinza						
19	4	12	x			
17	4	12		x		
16	4	12	x			
16	4	12	x			
18	4	12	x			
22	4	12	x		1	4, 5
Castañuela						
14	4	12	x			
14	4	12	x		4	4,5
Cabrilla						
15	4	12	x		1	4,6
Borrachito						
18	4	12	x			
17	4	12	x			
16	4	12		x	1	2,4
Trambollo sin escamas						
13	4	12	x		1	2,3

Tabla 22.- Evaluación de letalidad en peces, 45 m de distancia de fuente detonante

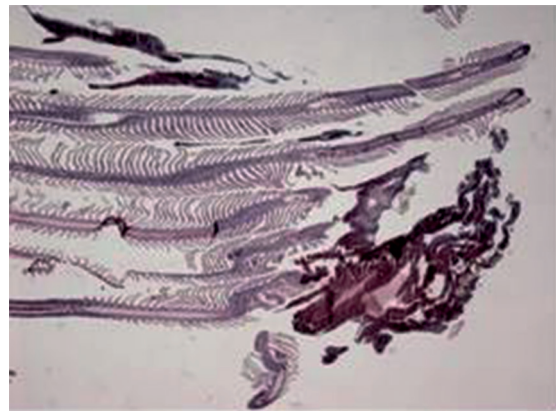
Longitud (cm)	Jaula 2 Profundidad de los peces en la jaula (m)	Profundidad de detonación (m)	Nivel de Letalidad*			
			Ejemp. vivos	Ejemp. muertos	Lesión externa	Lesión interna
Pintadilla						
12	4	12	x			
13	4	12	x		1	3,4
Castañuela						
15	4	12	x			
16	4	12	x		2, 4	4
Borrachito						
17	4	12		x	1	2,3
Cabinza						
22	4	12	x		4	4,5
Trambollo sin escamas						
16	4	12	x			
15	4	12	x		1	2,3

Tabla 23.- Mortalidad de peces afectado por detonación

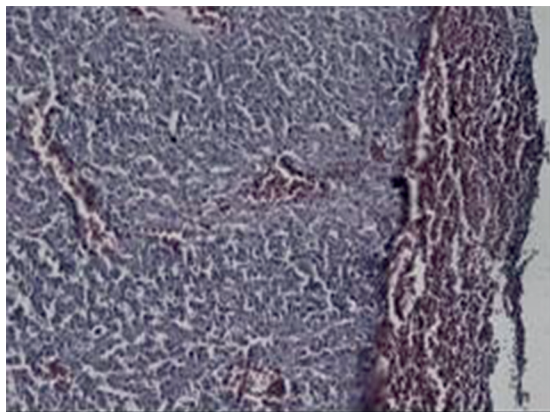
Prueba	Estación	Distancia fuente detonación (m)	Peces		
			Ejemplares vivos (N)	Ejemplares muertos (N)	Total
Experimento	Jaula 1	10	17	2	19
	Jaula 2	45	7	1	8
Ambiente natural		5 - 10	9	14	23
Total			33	17	50



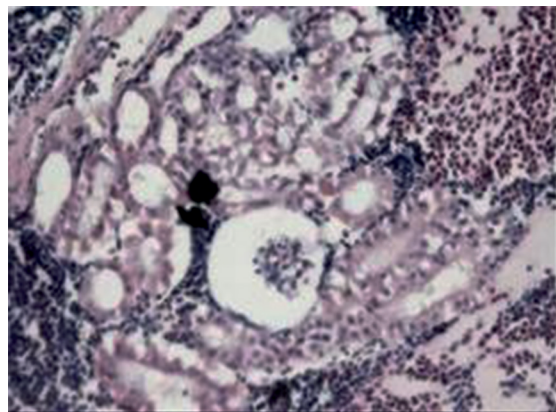
Borracho: branquias con filamentos rotos



Chita: branquias con filamentos rotos y hemorragia



Cabinza: hígado con extensa hemorragia



Cabrilla: riñón con extensa hemorragia

Figura 30.- Análisis histológico en peces de las jaulas flotantes

de sub-letalidad externa fue grado 1 y en términos de lesiones internas, alcanzaron las categorías 5 y 6 (ruptura de la vejiga natatoria, daños en órganos internos, contenido abdominal homogenizado).

**Mortalidad de peces.-** En la jaula 1 con 19 peces, 2 murieron y 17 quedaron aturdidos; en la jaula 2 (más lejana a la detonación) de 8 peces, 1 murió y 7 quedaron aturdidos. En ambiente natural, se colectaron 14 peces muertos y 9 aturdidos (Tabla 23). La mortalidad no fue alta por lo que se considera a los peces afectados dentro

del rango de sub-letalidad. Sin embargo, las lesiones internas indican una marcada letalidad en todos los ejemplares muestreados.

**Análisis histológicos.-** Se colectaron peces de las jaulas flotantes después de la explosión para análisis histológicos, para la detección de lesiones traumáticas ocasionadas por desorganización estructural y hemorrágica. También se colectaron dos muestras control de pintadilla y cabinza. Las lesiones microscópicas relacionadas con la explosión

son ruptura de filamentos branquiales y severas hemorragias en hígado, bazo y riñones (Fig. 30).

Además de las lesiones registradas en el experimento, se observaron patologías propias de los peces en su ambiente que derivan de presencia de parásitos y patógenos, de probables contaminantes y de la reacción defensiva a nivel tisular del animal frente a factores que alteran su homeostasis. Tales patologías son:

1. Extensa necrosis coagulativa de los hepatocitos alrededor de acantocéfalos. Esta patología sería un hallazgo nuevo en el país e incluso de rara ocurrencia en el mundo.
2. Presencia de abundantes centros de melanomacrófagos (CMM) en el bazo e hígado de peces como borracho, castañuela, pintadilla, cabinza. WOLKE y GEORGE (1981) opinan que los CMM podrían ser considerados como indicadores del grado de contaminación de un área marina.
3. Presencia de coccidios probablemente del género *Eimeria* en el epitelio intestinal de cabrilla y pintadilla.
4. Presencia de ciliados Trichodinos en las branquias de borracho.
5. Extensa necrosis intestinal en borracho asociada con la presencia de amebas y zoomastigóforos.
6. Presencia de quistes en las lamelas branquiales de castañuela producidos por bacterias del género *Chlamydia*. Este sería el primer hallazgo en Perú.
7. Severo parasitismo por *Cryptosporidium* sp. en el epitelio intestinal de chita. Este protozoo del filo Apicomplexa sería un nuevo hallazgo para Perú.
8. Otros hallazgos de menor importancia fueron la presencia de monogeneos en las branquias de pintadilla; metacercarias en el miocardio de cabinza, castañuela y borracho; helmintos (acantocéfalo y trematodo) en el lumen intestinal de lorna (Tabla 24 en Anexo 1, Fig. 31).

El tipo de estudio de enfoque multidisciplinario del presente trabajo no presenta antecedentes en otras regiones en que se realizan investigaciones de pesca con explosivos, donde los estudios son específicos de caracterización acústica y biológica (YOUNG 1991, LEWIS 1996, KEEVIN y HEMPEN 1997, ABBOTT et al. 2002, WOODMAN et al. 2003).

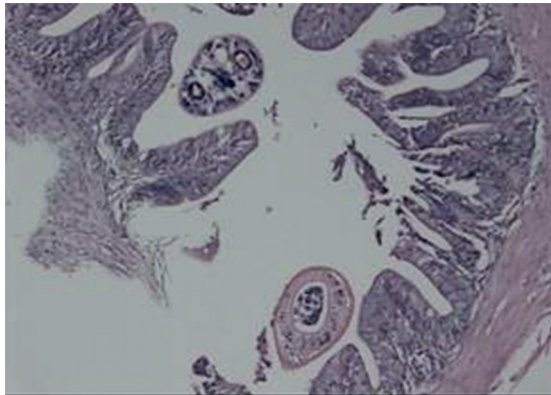
Las explosiones submarinas liberan gran cantidad de energía en un corto periodo, generando ondas de

choque caracterizadas por una alta presión de sonido instantáneo, decayendo luego a valores negativos de presión, los que son producidos por reflexiones con la superficie y fondo.

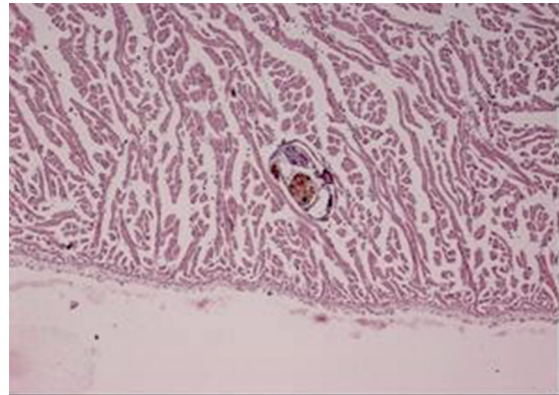
Estas presiones negativas son la mayor causa de mortalidad de los peces debido a la ruptura de cavidades como la vejiga natatoria (WOODMAN et al. 2003). En el estudio se registraron señales acústicas con forma de onda, típicas de explosiones submarinas como las descritas por KEEVIN y HEMPEN (1997) y WOODMAN et al. (2003). Asimismo, la rápida oscilación en la forma de la onda entre alta y baja presión observada en las señales acústicas de las detonaciones, ocasiona una drástica contracción y sobre extensión de la vejiga natatoria resultando además en daño interno de los órganos y mortalidad (KEEVIN y HEMPEN 1997).

Los niveles de sub-letalidad de los peces que se encontraban en las jaulas y sometidos a pruebas experimentales a 4 m en la parte inferior (segundo aro) por ser especies de fondo que buscan la oscuridad para protegerse, presentaron lesiones externas moderadas, aunque con suficientes indicios de lesiones internas, debido a que las cargas explosivas fueron controladas de acuerdo a las cantidades de insumos utilizados para estas especies. Esta consideración está en concordancia con KEEVIN y HEMPEN (1997) quienes mencionan que los daños externos están relacionados con la magnitud de la onda de presión. Las lesiones externas más visibles son pérdida de escamas operculares, brillo color rojizo en ambos lados del cuerpo, pérdida de pequeños parches de escamas en la zona de la vejiga natatoria. En los experimentos efectuados se observaron lesiones externas como ojos rojizos y pérdida de escamas en algunos ejemplares de peces.

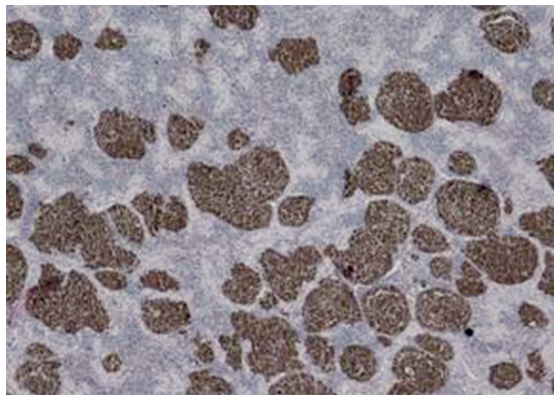
Las evaluaciones de peces expuestos a ondas explosivas indicaron lesiones por presencia de hemorragias en el sistema circulatorio, ruptura de la vejiga natatoria por un cambio rápido del volumen de este órgano, pérdida de sangre por hemorragia en branquias, daños en hígado, bazo y riñón. KEEVIN y HEMPEN (1997) indicaron que las lesiones observadas en hígado, bazo y riñón están relacionadas posiblemente a la expansión y contracción de la vejiga natatoria. Asimismo, las lesiones internas son más severas en peces con vejiga natatoria de paredes delgadas y en posición cercana a los riñones. YOUNG (1991) indicó que los peces pequeños son más vulnerables que los de tallas grandes, así como que los peces distribuidos cerca de la superficie son más vulnerables que los peces que habitan aguas profundas. En los peces colectados en ambiente natural se observó la dominancia de ejemplares pequeños de lorna y pejerrey los cuales estuvieron en posición ventral en la columna de agua por ruptura de la vejiga natatoria.



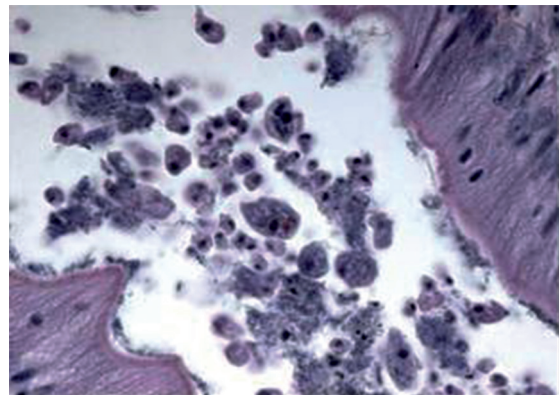
Trematodo y acantocéfalo en el intestino de lorna



Metacercaria en el miocardio de cabinza



Bazo de castañuela con gran cantidad de centros de melanomacrófagos (CMM)



Amebas y flagelados en el intestino de borracho

Figura 31.- Análisis histopatológico en peces muestreados en las jaulas flotantes

En este estudio, se evidenció el patrón común de ruptura de vejiga natatoria, lesiones en hígado y riñones, así como hemorragias en branquias y cavidad visceral. Estas características pueden ser consideradas como indicadoras de lesiones internas en peces expuestos a cargas explosivas y pueden constituir un carácter distintivo para la elaboración de un protocolo de muestreo que permita identificar las capturas de peces obtenidos a través de la pesca con explosivos. Esta herramienta técnica puede ser un elemento concreto para la adopción y toma de decisiones de medidas administrativas y legales orientadas a mitigar esta actividad ilegal.

### FASE III: DETECCIÓN DE ONDAS SONORAS

En el ambiente marino de Huacho, se procesaron y analizaron las muestras de temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes, fitoplancton y macrozoobentos desde la superficie hasta los 12 m de profundidad de las zonas donde se realizaron los experimentos.

#### PARÁMETROS AMBIENTALES (Tabla 25)

**Temperatura del mar (°C).**- Las temperaturas en las estaciones a 0, 5 y 12 m, posteriores al sonido de la

carga explosiva registraron un ligero incremento debido al aumento de la temperatura ambiental después del impacto.

**Oxígeno disuelto (mg/L).**- Para las estaciones evaluadas en superficie se registró promedio de 5,87 mg/L antes del impacto disminuyendo a 4,55 mg/L después del impacto; a los 5 m de profundidad el promedio fue 3,34 mg/L disminuyendo después del impacto a 2,47 mg/L y a los 12 m de profundidad el promedio fue 3,82 mg/L disminuyendo a 2,78 mg/L después del impacto. Se determinó un agotamiento de oxígeno (suboxia) en la estación 4 donde ocurrió la explosión tanto en superficie como a 5 y 12 m.

**Nutrientes.**- Los **fosfatos** (ug-at/L), **silicatos** (ug-at/L), **nitros** (ug-at/L) y **nitritos** (ug-at/L), registraron incremento después del impacto en los tres niveles observados.

**Sólidos suspendidos totales (SST).**- La estación 4, lugar de la explosión directa (sin jaulas), registró descenso de 37,2% luego del evento mientras que las estaciones 1, 2 y 3 (jaulas con peces) mostraron incremento de los SST asociados al plancton. Este incremento se debería a las partículas del detonante

que es directamente proporcional a la masa de la carga, que fue mayor con respecto al experimento realizado en setiembre.

La estación 4 registra descenso de 7,3% en la concentración luego del evento, mientras que la estación 1 (cerca del islote Lobillo) y la más alejada de la explosión, registra un incremento de 105%. Este brusco incremento en la concentración de los SST debe estar asociado a las partículas del detonante y la distancia desde donde se realizó la explosión. La perturbación de los SST a 1 m del fondo antes y después de la explosión, se observa en la Tabla 25. En todas las estaciones hubo un incremento en la concentración de SST; en la estación 4 el incremento fue 13,4%; en la estación 1 fue 52,8%.

**Potencial de Iones Hidronio (pH).**- Los valores de pH no tuvieron una perturbación significativa y cumplieron con los requisitos establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (6,8-8,5). Los valores promedio en superficie antes y después de la explosión fueron 7,45 y 7,37 respectivamente. A 5 m de superficie y a 1 m del fondo la variación fue mínima.

**Fitoplancton.**- Se determinó 72 especies: 48 diatomeas, 19 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 1 cocolitofórido y 2 fitoflagelados (Tabla 26). La máxima densidad fue registrada en la estación 1A ( $1483 \times 10^3$  cel/L), la mínima densidad en la estación 4D ( $163 \times 10^3$  cel/L).

Los mayores aportes estuvieron dados por el microplancton. En este grupo las diatomeas fueron las más abundantes presentando un máximo de  $1.408 \times 10^3$  cel/L (Estación 1A), destacando las especies de afloramiento costero *Chaetoceros socialis*, *Ch. curvisetus* y *Ch. debilis*, especies propias para la época de primavera, cuando las condiciones oceanográficas muestran tendencia a la normalidad.

Los dinoflagelados estuvieron caracterizados por las especies de distribución cosmopolita *Ceratium furca* y *Diplopetopsis minor* que sobresalieron por su máxima frecuencia en el área evaluada.

Dentro del nanoplancton los fitoflagelados fueron los organismos mejor representados con el grupo de las Monadales que alcanzaron un máximo de  $66 \times 10^3$  cel/L. Es importante destacar que las mayores concentraciones de especies fitobentónicas costeras (*Thalassionemanitzschioides* y *Pleurosigma* sp.) estuvieron en la estación 4D, área donde también se determinó la presencia de algunas células fragmentadas.

**Macrofauna bentónica en fondo blando.**- Fueron registradas 22 especies: 13 (Clase Polychaeta, Phylum Annelida), 3 (Clase Crustacea, Phylum Arthropoda), 1 (Phylum Mollusca), 1 (Clase Ophiuroidea, Phylum Echinodermata), 2 (Phylum Nemertinea) y en "otros grupos" 1 (Phoronida) y 1 (Actiniaria) (Tabla 27).

Los poliquetos tuvieron la mayor densidad total con 70% y biomasa con 36% seguidos de moluscos con 22% en abundancia y 33% en biomasa. El poliqueto *Prionospio peruana* tuvo la mayor densidad ( $3620 \text{ ind.m}^{-2}$  (40%) mientras que en biomasa lo fue el molusco bivalvo *Mulinia edulis* (juvenil) con  $5,400 \text{ g.m}^{-2}$  (33%). Los indicadores cuantitativos de la estructura comunitaria mostraron una disminución en la abundancia relativa de algunas especies después del impacto de las ondas sonoras, en E-1 (*Mediomastus branchiferus*, *Sigambra bassi*, *Scolecopsis* sp., Nemertinea I - III y Haustoriidae), en E-3 (*Mulinia edulis*, *Parandalia fauveli*, *Magelona phyllisae*, *Leistoscoloplos chilensis*, Ophiuroidea y Actiniaria) y en E-4 (*Sphiophanes bombyx*, *Nephtys impressa* y Nemertinea III). Asimismo, se observó la disminución de la riqueza total de especies y el índice de diversidad.

El análisis de agrupamiento o cluster comprendió las

Tabla 25.- Variables oceanográficas en islote Lobillo

Est.	Latitud S	Longitud W	Transp. (m)	Prof. (m)	Temperatura (°C)			Oxígeno (mg/L)			Fosfatos (µg-at/L)			Silicatos (µg-at/L)			Nitratos (µg-at/L)			Nitritos (µg-at/L)			Sólidos totales (mg/L)			pH			
					Sup.	5 m	12 m	Sup.	5 m	12 m	Sup.	5 m	Fondo	Sup.	5 m	Fondo	Sup.	5 m	Fondo	Sup.	5 m	Fondo	Sup.	5 m	Fondo	Sup.	5 m	Fondo	
1A	11°3'53"	77°39'4,5"	3	13	15,70	15,70	15,60	5,34	3,86	4,63	2,95	2,85	1,42	21,90	16,55	18,67	4,11	5,38	7,13	0,99	0,86	0,34	29,82	33,01	48,20	7,64	7,55	7,63	
2A	11°3'49,7"	77°39'4,0"	4	14	15,70	15,70	15,70	4,80	4,23	4,33	3,48	3,37	3,37	15,62	22,15	15,62	7,17	5,98	5,80	0,83	0,81	0,83	43,38	35,07	43,48	7,43	7,34	7,31	
3A	11°3'46,2"	77°39'4,0"	3	16	16,10	15,70	15,20	6,45	2,41	2,26	2,95	3,10	3,10	18,25	19,10	14,51	6,81	6,01	6,09	0,75	0,84	1,25	28,72	25,48	29,81	7,25	7,30	7,21	
4A	11°3'26,9"	77°38'27,6"	3	7	16,80	15,90	15,90	6,88	2,85	4,06	3,37	3,90	3,90	14,26	18,50	16,21	4,59	4,67	4,63	0,73	1,04	1,02	52,88	59,47	68,52	7,46	7,24	7,21	
					Promedio	16,08	15,60	15,75	5,87	3,34	3,82	3,19	3,31	3,31	17,51	19,08	16,25	5,67	5,51	5,91	0,83	0,89	0,86	38,70	38,26	47,50	7,45	7,36	7,34
1D	11°3'53"	77°39'4,5"	3	13	16,20	15,80	15,10	3,55	2,51	1,83	3,74	3,25	3,69	22,82	19,85	21,73	9,44	9,89	9,22	1,07	1,05	1,22	48,11	67,73	73,64	7,47	7,44	7,24	
2D	11°3'49,7"	77°39'4,0"	4	14	15,70	15,30	15,10	4,52	2,61	2,64	3,69	3,53	3,80	15,70	22,56	15,81	7,27	6,98	7,64	0,92	0,96	1,20	68,18	26,15	50,95	7,36	7,29	7,23	
3D	11°3'46,2"	77°39'4,0"	3	16	16,70	15,30	15,00	4,89	2,22	2,77	3,69	3,25	3,56	22,41	20,20	16,85	6,91	6,16	6,58	0,75	0,90	1,35	30,43	33,94	39,51	7,24	7,26	7,37	
4D	11°3'26,9"	77°38'27,6"	3	7	16,80	16,00	15,90	5,25	2,52	3,89	3,45	3,95	3,20	20,98	19,58	17,25	5,56	5,52	5,58	0,96	1,15	1,25	33,18	55,14	77,67	7,40	7,52	7,28	
					Promedio	16,35	15,60	15,28	4,55	2,47	2,78	3,64	3,50	3,56	20,48	20,55	17,91	7,30	7,14	7,26	0,93	1,02	1,26	44,98	45,74	60,44	7,37	7,38	7,28

Tabla 26.- Análisis cualitativo y cuantitativo de fitoplancton (cel/L)

ESTACION	1A	2A	3A	4A*	1D	2D*	3D*	4D*
Profundidad (m)	13	14	16	7	13	14	16	7
<b>DIATOMEAS</b>								
<i>Actinocyclus</i> sp.	600	1200	1600	640	240	400	360	320
<i>Aptinoptychus senarius</i>	0	100	0	0	0	0	0	0
<i>Actinoptychus splendens</i>	0	40	120	40	0	0	0	40
<i>Amphiprora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	240
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	480000	890000	104000	164000	229000	32000	92000	43000
<i>Chaetoceros debilis</i>	475000	247000	313000	228000	262000	12240	71000	41000
<i>Chaetoceros didymus</i>	0	440	100	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	14400	12620	10520	21040	11500	9020	13800	9620
<i>Chaetoceros socialis</i>	411000	69800	407000	361000	499000	239000	282000	49000
<i>Coscinodiscus centralis</i>	400	1200	2750	1160	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus granii</i>	0	0	220	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	3400	2620	3720	1240	2400	2560	840	480
<i>Cyclotella</i> sp.	800	440	120	120	240	120	0	0
<i>Cylindrotheca closterium</i>	620	840	0	1240	0	1360	0	0
<i>Detonula pumila</i>	880	1260	600	2040	0	1080	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	2640	500	3220	2080	480	960	1200	0
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	20	120	120	80	0	0	240	0
<i>Guinardia striata</i>	0	180	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora angulosa</i>	0	40	0	0	0	0	0	80
<i>Grammatophora marina</i>	0	300	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	40	0	80	80	0	80
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	160	400	120	0	120	360	320
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	760	0	0	0	0	0
<i>Licmophora abbreviata</i>	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithodesmium undulatum</i>	4600	1160	780	2920	2800	4160	6120	142
<i>Navicula</i> sp.	5600	8800	6400	3600	4800	1850	2800	860
<i>Nitzschia Linneola</i>	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	40	0	120	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	400	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontella aurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	120
<i>Planktoniella sol</i>	0	0	0	160	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	220	220	0	720	560	600	200	1520
<i>Proboscia alta v. indica</i>	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Pseudo-nitzschia cf. delicatissima</i>	0	100	0	0	320	80	0	80
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	220	720	500	1360	960	1560	540	440
<i>Pseudosolenia calcaravis</i>	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia chunii</i>	60	220	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	40	40
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Stephanopyxis turris</i>	0	0	0	0	0	160	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	1800	320	520	1100	440	1040	0	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	0	0	0	0	0	320	0
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0	0	0	0	160	0	0	560
<i>Thalassiosira angulata</i>	4620	7800	3620	1280	3200	6520	2400	480
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	960	160	580	650	120	0	320	0
<i>Thalassiosira mendiolana</i>	540	280	360	960	0	0	220	0
<b>TOTAL DIATOMEAS</b>	<b>1408820</b>	<b>1248640</b>	<b>861090</b>	<b>795830</b>	<b>1018420</b>	<b>314950</b>	<b>474760</b>	<b>148502</b>
<b>DINOFLAGELADOS</b>								
<i>Ceratium buceros</i>	40	40	20	0	20	40	0	0
<i>Ceratium furca</i>	2280	1460	460	120	2640	1000	120	0
<i>Ceratium tripos</i>	120	80	360	60	220	160	120	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	0	40	0	0	80	40	160	0
<i>Dinophysis caudata</i>	120	40	20	0	0	200	0	0
<i>Dinophysis tripos</i>	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplopelta asymmetrica</i>	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplopelta stenii</i>	280	180	200	320	400	0	240	120
<i>Diplopeltopsis minor</i>	2800	3200	400	280	400	1800	1320	280
<i>Gymnodinium lohmanni</i>	40	20	0	40	80	40	0	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	20	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium conicum</i>	0	20	0	0	80	0	0	0
<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	20	40	0	80	40	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	0	40	0	160	0	40	0
<i>Protoperidinium obtusum</i>	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium oceanicum</i>	40	40	0	0	80	0	0	0
<i>Protoperidinium steinii</i>	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Pyrocystis elegans</i>	0	40	0	0	0	0	0	0
<i>Screpsiella trochoidea</i>	0	0	0	0	240	0	0	0
<b>TOTAL DINOFLAGELADOS</b>	<b>5820</b>	<b>5180</b>	<b>1540</b>	<b>820</b>	<b>4480</b>	<b>3360</b>	<b>2000</b>	<b>400</b>
<b>SILICOFLAGELADOS</b>								
<i>Dictyocha fibula</i>	440	80	40	80	40	0	40	0
<i>Octactis octonaria</i>	80	0	40	120	240	160	240	0
<b>TOTAL SILICOFLAGELADOS</b>	<b>520</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>200</b>	<b>280</b>	<b>160</b>	<b>280</b>	<b>0</b>
<b>COCOLITOFORIDOS</b>								
<i>Emiliania huxleyi</i>	2000	1000	2000	0	0	0	1000	0
<b>TOTAL COCOLITOFORIDOS</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	<b>0</b>
<b>FITOFLAGELADOS</b>								
Monadas	66000	28000	49000	19000	35000	12000	16000	15000
<i>Eutreptiella gymnastica</i>	0	0	800	0	0	40	0	0
<i>Leucocryptos marina</i>	0	0	1600	0	0	0	0	0
<b>TOTAL FITOFLAGELADOS</b>	<b>66000</b>	<b>28000</b>	<b>51400</b>	<b>19000</b>	<b>35000</b>	<b>12040</b>	<b>16000</b>	<b>15000</b>
<b>TOTAL FITOPLANCTON</b>	<b>1483160</b>	<b>1282900</b>	<b>916110</b>	<b>815850</b>	<b>1058180</b>	<b>330510</b>	<b>494040</b>	<b>163902</b>



Tabla 27.- Abundancia (ind.m<sup>-2</sup>) y Biomasa de la macrofauna (g.m<sup>-2</sup>) de fondo blando

Taxa / Estación	Abundancia						Biomasa					
	E-1A	E-3A	E-4A	E-1D	E-3D	E-4D	E-1A	E-3A	E-4A	E-1D	E-3D	E-4D
<i>Polychaeta</i>												
<i>Leistoscoloplos chilensis</i>	0	20	0	0	0	0	0	0,014	0	0	0	0
<i>Magelona phyllisae</i>	0	60	0	0	0	0	0	0,046	0	0	0	0
<i>Mediomastus branchiferus</i>	20	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0	0
<i>Nephtys impressa</i>	0	40	80	60	120	40	0	0,34	0,902	0,34	0,098	0,158
<i>Parandalia fauveli</i>	0	80	0	20	0	0	0	0,36	0	0,008	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	20	0	0	20	20	0	0,008	0	0	0,006	0,024
<i>Prionospio peruana</i>	0	360	0	1080	660	1520	0	0,108	0	0,326	0,134	1,352
<i>Sigambra bassi</i>	140	0	0	0	0	0	0,818	0	0	0	0	0
<i>Sphiophanes bombyx</i>	0	0	1560	40	0	0	0	0	0,316	0,014	0	0
<i>Hemipodus</i> sp.	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0,014	0
<i>Scolecopsis</i> sp.	20	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
<i>Scoloplos</i> sp.	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0,048	0
Harmothoinae	0	20	0	0	40	80	0	0,01	0	0	0,018	0,122
Crustacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnixa valdiviensis</i>	0	20	0	0	20	0	0	0,02	0	0	0,034	0
Hauatoriidae	20	0	0	0	0	0	0,034	0	0	0	0	0
Paguridae	0	0	20	0	0	0	0	0	1,252	0	0	0
Mollusca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i> (juvenil)	0	500	0	80	400	980	0	0,24	0	0,042	0,202	4,92
Echinodermata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiuroidea</i>	0	60	0	80	20	60	0	0,028	0	0,034	0,004	0,08
Nemertinea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemertinea I	20	0	0	0	0	0	0,046	0	0	0	0	0
Nemertinea III	100	80	60	40	100	0	1,98	0,34	1,02	0,092	0,148	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phoronis</i> sp.	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0,004
Actiniaria	0	60	0	0	0	0	0	0,032	0	0	0	0

estaciones con menor y mayor abundancia total. Se observó, a 60% de similitud, la formación de un grupo principal constituido por las estaciones de mayor abundancia (Fig. 32), debido a la dominancia numérica del poliqueto *Prionospio peruana* y del molusco bivalvo *Mulinia edulis* (juvenil)

**PARÁMETROS ACÚSTICOS**

**Detección de ondas sonoras.-** La información obtenida en voltios con la tarjeta de adquisición de datos fue exportada como matrices a MATLAB™ para facilitar su procesamiento y con la información del acondicionador de señal NEXUS se pudo determinar la presión sonora en el punto de medición.

En la figura 33 se observa la forma de la onda obtenida, donde el pico positivo llega aproximadamente a 70 K Pascales y el pico negativo a los -85 K Pascales, teniendo el evento principal una duración de 50 milisegundos. También se observó un segundo evento sonoro a una distancia de 100 milisegundos del evento principal, lo que es interpretado como una reflexión y tiene una diferencia de recorrido con respecto a la señal directa (primer evento sonoro) de 150 m.

**Evaluación de los niveles de lesiones.-** Después de la detonación se colectaron los peces, y se determinó

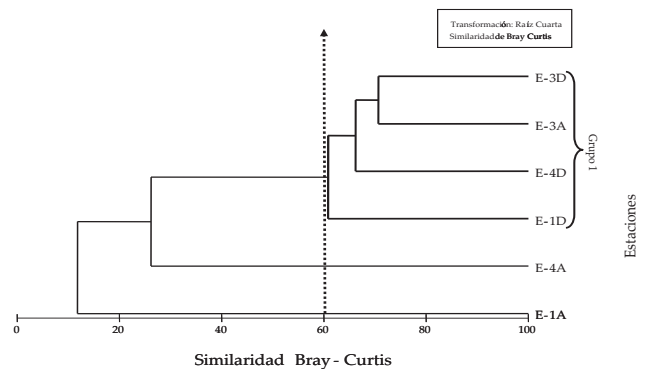


Figura 32.- Dendrograma de similitud (Índice Bray-Curtis) basado en datos de abundancia (ind.m-2) de la macrofauna de fondo blando

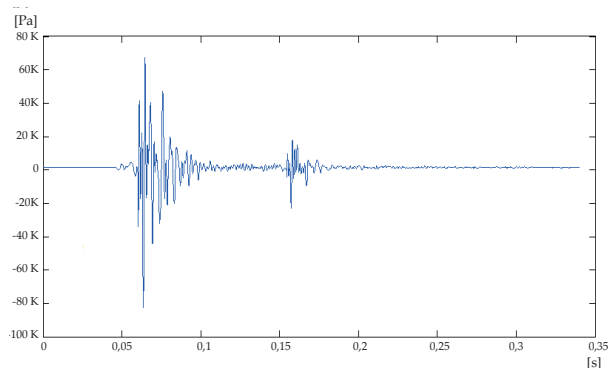


Figura 33.- Forma de la onda en el tiempo (amplitud en Pascales)

la extensión y naturaleza de las lesiones en base a dos criterios: (1) grado de lesiones externas; (2) grado de lesiones internas.

Se evidenciaron diferentes niveles de letalidad debido a la ubicación de las jaulas en la columna de agua, así como a las características de la carga explosiva. De manera similar a los resultados obtenidos en el experimento anterior (UTE, 2009), los análisis macroscópicos, evidenciaron ruptura de branquias, vejiga natatoria, vértebras y presencia de coágulos de sangre en las cavidades branquial y visceral. Se observó que los niveles de lesiones externas fueron leves y moderadas con categorías de 1 a 4 (comúnmente mayores de 2) mientras que las lesiones internas fueron graves.

Algunas especies comunes en las jaulas evaluadas fueron: borracho (categoría 2: lesiones en el abdomen), así como cabinza, chita, lorna y pintadilla (categoría 4: ojos rojos, ojos sobre el abdomen o en la base de la aleta).

Los peces que presentaron mayores niveles de lesiones internas fueron: cabinza, borracho, chita y pintadilla, categoría 4 (jaula 1); pintadilla y borracho, categoría 5 (jaula 2) cabinza, borracho, chita y pintadilla, categoría 5 y cabinza y pintadilla con lesiones internas dentro de la categoría 6 (jaula 3). En el lenguado de la jaula 3, se evidenció lesiones externas e internas moderadas correspondiendo a la categorías 3 (pérdida de escamas en el abdomen) y 4 (hemorragia en la cavidad torácica) (Fig. 34).

Las lesiones internas se incrementaron de la jaula lejana (jaula 1) hacia la jaulas cercanas (2 y 3) a la fuente de detonación. Los niveles de letalidad



Figura 34.- Lesiones internas del lenguado ubicado en la jaula 3

interna observados fueron: categorías de 2 a 4 (débil aunque perceptible hemorragia; lesión en el riñón; vejiga natatoria intacta con presencia de signos de estiramiento de tejido conectivo; débil hemorragia a través de la cavidad del cuerpo) (jaula 1, Tabla 28); categorías de 3 a 5 (ruptura de la vejiga natatoria; lesiones significativas de órganos internos) (jaula 2, Tabla 29) y categorías 4 a 6 (estallido de la vejiga natatoria, daños totales en los órganos internos) (jaula 3, Tabla 30).

**Mortalidad de peces en jaulas.-** Se registró el incremento de la mortalidad en las jaulas cercanas a la fuente de detonación. En la jaula 1 la mortalidad fue 10%, en la jaula 2 alcanzó 64% y en la jaula 3 fue 100%. A diferencia del experimento anterior (UTE, 2009a) se evidenció niveles de letalidad (35 ejemplares) y una menor proporción de sub-letalidad (13 ejemplares) (Tabla 31).

Tabla 28.- Evaluación de letalidad (mortalidad y determinación de lesiones externas e internas) en la jaula 1 ubicada a 207 m de la detonación

Especie	Talla (cm)	Profundidad de peces en la jaula (m)	Profundidad de detonación (m)	Estadio	Sexo	Nivel de Letalidad*		
						Estado	Lesión externa	Lesión interna
Borracho	15	12	14	2	Macho	Vivo	2	4
Borracho	20	12	14	3	Macho	Vivo	1	2
Borracho	19	12	14	3	Macho	Vivo	1	2
Borracho	15	12	14	5	Macho	Vivo	1	3
Cabinza	30	12	14	6	Hembra	Vivo	3	4
Chita	22	12	14	3	Macho	Vivo	3	4
Lorna	33	12	14	6	Hembra	Vivo	4	3
Lorna	27	12	14	4	Macho	Vivo	2	3
Lorna	24	12	14	3	Macho	Vivo	2	3
Pintadilla	21	12	14	2	Hembra	Muerto	3	4

\* Según el sistema de clasificación de lesiones internas y externas (Gaspin, 1975 modificado y adaptado por Lewis 1996, Abbott et al. 2002 y Keevin y Hempen 1997)

Tabla 29.- Evaluación de letalidad (mortalidad y determinación de lesiones externas e internas) en la jaula 2 ubicada a 107 m de la fuente de detonación

Especie	Talla (cm)	Profundidad de los peces en la jaula (m)	Profundidad de detonación (m)	Estadio	Sexo	Nivel de Letalidad		
						Estado	Lesión externa	Lesión interna
Borracho	21	12	14	6	Hembra	Vivo	2	5
Borracho	15	12	14	3	Hembra	Vivo	4	3
Borracho	16	12	14	2	Macho	Muerto	3	5
Cabinza	29	12	14	5	Hembra	Vivo	2	3
Cabinza	16	12	14	3	Hembra	Muerto	3	3
Chita	22	12	14	3	Hembra	Muerto	2	3
Lorna	26	12	14	5	Hembra	Vivo	2	3
Lorna	24	12	14	6	Hembra	Muerto	3	3
Pintadilla	19	12	14	2	Macho	Muerto	2	5
Pintadilla	18	12	14	2	Hembra	Muerto	2	5
Borracho	18	12	14	3	Macho	Muerto	2	4

Tabla 30.- Evaluación de letalidad (mortalidad y determinación de lesiones externas e internas) en la jaula 3 ubicada a 7 m de la fuente de detonación

Especie	Talla (cm)	Profundidad de los peces en la Jaula (m)	Profundidad de detonación (m)	Estadio	Sexo	Nivel de Letalidad		
						Estado	Lesión externa	Lesión interna
Borracho	20	12	14	2	Macho	Muerto	3	5
Borracho	18	12	14	3	Macho	Muerto	2	4
Borracho	17	12	14	3	Macho	Muerto	2	2
Borracho	16	12	14	3	Macho	Muerto	2	2
Borracho	15	12	14	3	Macho	Muerto	2	2
Borracho	14	12	14	4	Hembra	Muerto	2	2
Borracho	14	12	14	3	Hembra	Muerto	2	2
Borracho	18	12	14	6	Hembra	Muerto	2	3
Cabinza	27	12	14	6	Hembra	Muerto	4	5
Cabinza	26	12	14	6	Hembra	Muerto	4	6
Cabinza	31	12	14	6	Hembra	Muerto	4	6
Cabinza	31	12	14	6	Hembra	Muerto	3	4
Cabinza	17	12	14	4	Hembra	Muerto	2	3
Cabinza	18	12	14	6	Macho	Muerto	2	3
Cabrilla	21	12	14	6	Macho	Muerto	4	5
Chita	21	12	14	2	Macho	Muerto	4	5
Chita	21	12	14	3	Hembra	Muerto	3	4
Chita	16	12	14	2	Hembra	Muerto	3	3
Lenguado	30	12	14	4	Macho	Muerto	3	4
Lorna	36	12	14	6	Hembra	Muerto	4	5
Lorna	35	12	14	6	Hembra	Muerto	3	4
Lorna	20	12	14	4	Macho	Muerto	2	4
Lorna	23	12	14	3	Hembra	Muerto	2	4
Lorna	20	12	14	3	Macho	Muerto	4	4
Pintadilla	22	12	14	3	Macho	Muerto	2	6
Pintadilla	24	12	14	5	Hembra	Muerto	4	5
Pintadilla	24	12	14	3	Macho	Muerto	3	5

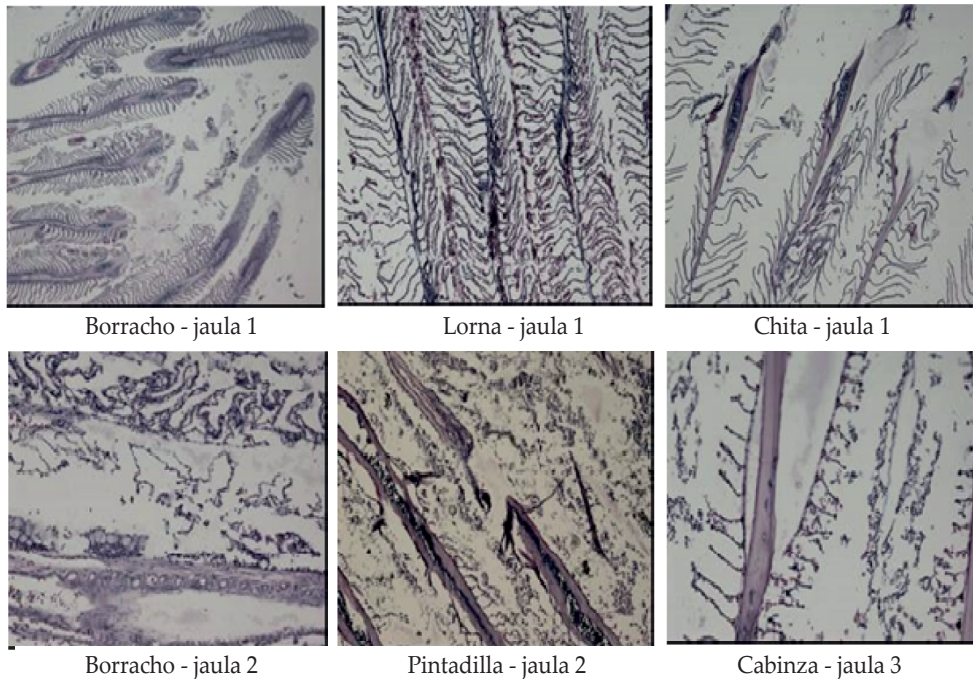


Figura 35.- Efecto de explosivos en branquias

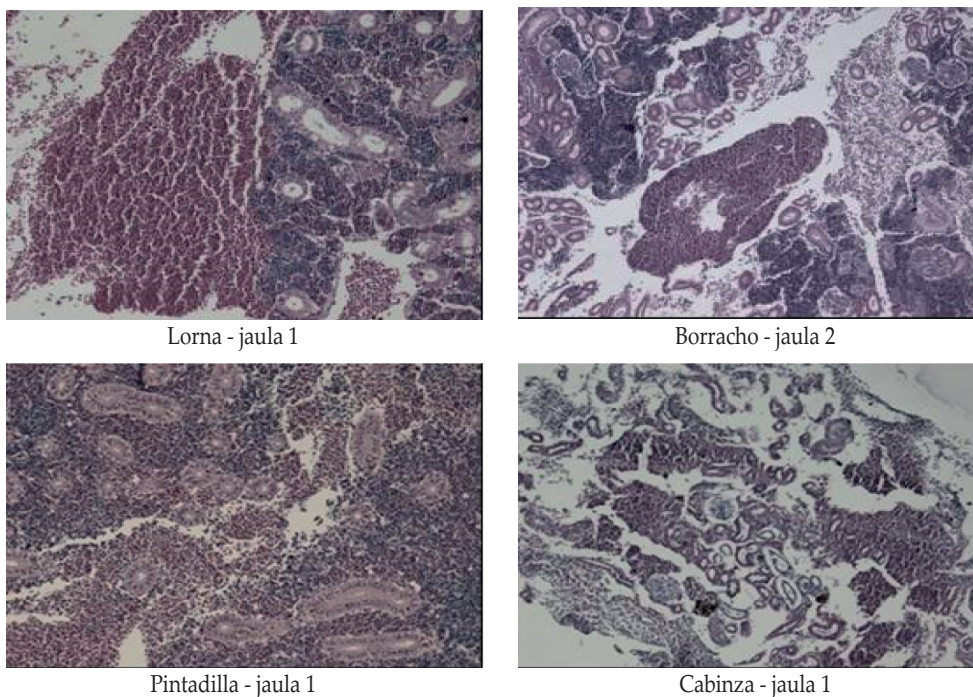


Figura 36.- Efecto de explosivos en riñones (hemorragias)

**Evaluación histológica de los peces afectados.-** Primero fueron evaluados los peces “control” que se compararon con los peces sometidos a los explosivos a diferentes distancias de la explosión. Los peces estudiados fueron: borracho (*Scartichthys gigas*), lorna (*Sciaena deliciosa*), cabinza (*Isacia conceptionis*), chita (*Anisotremus scapularis*), pintadilla (*Cheilodactylus variegatus*). El impacto de la onda explosiva fue de gran magnitud y las lesiones generadas consistieron en destroz branquial y hemorragia masiva en el bazo, riñón e hígado de los ejemplares de las 3 jaulas.

Tabla 31.- Mortalidad de peces de acuerdo a distancia de la fuente de detonación

Prueba	Estación	Distancia fuente detonación (m)	Peces		Total
			Ejemplares vivos (n)	Ejemplares muertos (n)	
Experimento	Jaula 1	207	9	1	10
	Jaula 2	107	4	7	11
	Jaula 3	7	0	27	27
	Total		13	35	48

En este trabajo se consideró la hipótesis de que dos tipos de lesiones resultaron ser los posibles daños válidos para determinar el efecto de los explosivos: a) rompimiento de las branquias y b) presencia de hemorragia masiva. Se estima que esta hipótesis se cumplió, debido a que las lesiones de los peces expuestos a los explosivos fueron comparadas con los peces control, encontrándose que el destrozamiento de branquias y la masiva hemorragia de algunos órganos solo fueron observado en los peces expuestos a los explosivos (Tabla 32).

El rompimiento de los filamentos y lamelas branquiales (Fig. 35) fue la lesión más característica del efecto de los explosivos, no sólo por la magnitud del daño sino por estar presente en todas las muestras expuestas a las ondas explosivas. En cambio, las hemorragias masivas en el riñón (Fig. 36) no estuvieron presentes en todos los casos al igual que las del tejido muscular y variaron de acuerdo a la distancia de las jaulas con relación a la explosión.

Las ondas sonoras denominadas ondas de choque (WRIGHT 1982) resultantes de la carga explosiva, ocasionaron una variedad de efectos sobre la ictiofauna y la biogeoquímica del ambiente marino de la zona de estudio. En comparación, con el experimento realizado en la fase II, en este estudio se ubicaron las jaulas a 7 m, 107 m y 207 m de distancia de la fuente de detonación y a 1 m del fondo, asimismo se utilizó mayor carga explosiva.

Las ondas de choque producidas por la carga explosiva ocasionaron ondas de baja frecuencia caracterizadas por registros de pico de presión máxima de 70 KPa (unidades de presión acústica) y presión negativa de -85 KPa con duración de 50 milisegundos. Estos cambios de presión instantáneos fueron los causantes de los niveles de letalidad de los peces recolectados, conforme lo registrado en el experimento anterior y según lo reportado por varios autores (WRIGHT 1982, YOUNG 1991, LEWIS 1996, KEEVIN y HEMPEN 1997, ABBOTT et al. 2002, WOODMAN et al. 2003).

A diferencia del experimento anterior se observó una dominancia de los niveles de letalidad (73%) sobre los niveles de sub-letalidad (27%). Los niveles de letalidad se incrementaron en los peces ubicados en las jaulas cerca de la fuente de detonación (mortalidad de peces colectados: 10% a 207 m, 64% a 107 m y 100% a 7 m de distancia de la fuente de detonación), así como las lesiones externas e internas de moderadas a intensas. Los peces ubicados en la jaula cercana (7m) y lejana (207 m) a la fuente de detonación, evidenciaron ruptura de la vejiga natatoria, notoria hemorragia en la cavidad corporal y en la cavidad branquial debido a severos daños vasculares, con lesiones intensas en órganos internos como riñones, hígado y bazo, así

como alteraciones en gónadas con estiramiento del tejido y ruptura en algunos ejemplares. Las lesiones externas estuvieron caracterizadas por pérdida de escamas, brillo color rojizo en ambos lados del cuerpo y ojos rojizos. En los peces ubicados en la jaula del centro (107 m de distancia de la fuente de detonación) en algunos ejemplares no se presentó ruptura de vejiga natatoria, aunque si presencia de estiramiento del tejido conectivo, lesiones en riñones y hemorragia en la cavidad del cuerpo. Es decir, se evidenció una mayor incidencia de lesiones externas e internas en los peces ubicados en las jaulas cercana y lejana de la fuente de detonación, mientras que en la jaula central, las lesiones fueron moderadas, debido principalmente a la reflexión de la onda de choque de la carga explosiva con el islote afectando a los peces ubicados en la jaula lejana.

Los peces con vejiga natatoria que presentaron mayores lesiones externas e internas fueron cabinza (*Isacia conceptionis*), chita (*Anisotremus scapularis*), lorna (*Sciaena deliciosa*), pintadilla (*Cheilodactylus variegatus*) y borracho (*Scartichthys gigas*).

En el lenguado (*Paralichthys adspersus*), especie sin vejiga natatoria, se observó pérdidas de escamas a lo largo del abdomen, así como hemorragias en la cavidad torácica y branquial; WRIGHT (1982) menciona que los peces con vejiga natatoria son más susceptibles y vulnerables a las ondas de choque resultantes de las cargas explosivas que los peces sin vejiga natatoria. Es conocido, que la contracción y sobre extensión de la vejiga natatoria ocasiona daño en los órganos internos provocando mortalidad (WRIGHT 1982, YOUNG 1991, KEEVIN y HEMPEN 1997).

LEWIS (1996) indica que en experimentos realizados con explosivos en zonas marinas se reportó la mortalidad inmediata de lenguados de las especies *Trinectes maculatus* y *Paralichthys dentatus* debido a la pérdida de sangre por hemorragias en la cavidad branquial, así como hemorragias dentro del cráneo causado por movimiento diferencial de otolitos. Estos tipos de lesión son comparables con los observados en el ejemplar muestreado de *Paralichthys adspersus*.

El efecto de las ondas de choque de la carga explosiva también afectó a otros componentes bióticos y abióticos del ecosistema marino de la zona de estudio. Se observó, similar al experimento anterior, el efecto negativo sobre la diversidad y densidad del fitoplancton y macrozoobentos, así como variaciones sobre los parámetros físico-químicos en la columna de agua (disminución de los niveles de oxígeno, remoción de nutrientes). Las concentraciones de silicatos y sólidos suspendidos totales se incrementaron por la influencia de la remoción de las concentraciones de los nutrientes en el fondo generados por la

Tabla 32.- Análisis histológico de los órganos internos de peces afectados por los explosivos en los experimentos

	Control	Jaula 1	Jaula 2	Jaula 3
<b>BORRACHO</b>				
<b>branquias</b>	Hiperplasia lamelar, aneurismas; presencia de trichodinos y metacercarias	Severa destrucción de los filamentos; gran cantidad de trichodinos	Muy quebradas; aneurismas, edema, hiperplasia; hipertrofia de las células mucosas; presencia de trichodinos	Quebradas; gran cantidad de trichodinos y metacercarias en la base de los filamentos
<b>bazo</b>	Congestionado	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva
<b>corazón</b>	Pericardio con leve edema y reacción inflamatoria; con leve inflamación de endocardio	Aurícula con reacción inflamatoria moderada y edema en el endocardio. Presencia de metacercaria	Aparentemente normal, pero con presencia de metacercarias	Endocardio edematoso; y presencia de metacercaria
<b>hígado</b>	Aparentemente normal.	Aparentemente normal	Con diversos focos de necrosis hepática.	Con focos de necrosis y con restos necrosados en el lumen de los vasos sanguíneos.
<b>intestino</b>	Inflamado	Presencia de flagelados	Aparentemente normal; desprendimiento del epitelio de la lámina propia; con trematodos y	Aparentemente normal, pero un sector con gran cantidad de flagelados y abundantes restos de materia orgánica.
<b>riñón</b>	Aparentemente normal	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva
<b>ovario</b>	Aparentemente normal		Aparentemente normal	
<b>cerebro</b>			Aparentemente normal	
<b>músculo</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal	Aparentemente normal	
<b>LORNA</b>				
<b>branquias</b>	Aneurisma e hiperplasia	Destrucción y hemorragia	Severa destrucción	Filamentos quebrados
<b>bazo</b>	Gran cantidad de CMM	Hemorragia y gran cantidad de CMM	Aparentemente normal.	Gran cantidad de CMM
<b>corazón</b>	Severo edema del endocardio	Aparentemente normal; pero con 2 metacercarias	Estasis severa	Aparentemente normal, pero con una metacercaria
<b>hígado</b>	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.
<b>páncreas</b>	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.	Aparentemente normal.
<b>intestino</b>	Con varios focos de severa necrosis. Abundantes núcleos con cariorexis y severa inflamación en la lámina propia. Presencia de <i>Cryptosporidium</i>	Aparentemente normal	Con restos necróticos en el lumen	Severa necrosis intestinal. Congestión y severa reacción inflamatoria en la lámina propia. Metacercaria
<b>riñón</b>	Aparentemente normal	Hemorragia masiva; con metacercaria	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva y necrosis
<b>ovario</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal		Aparentemente normal
<b>cerebro</b>		Aparentemente normal		Foco hemorrágico
<b>músculo</b>	Aparentemente normal	Hemorragia masiva	Lesiones necróticas	Necrosis en las fibras musculares.
<b>peritoneo</b>		Hemorragia masiva		Presencia de <i>Kudoa sciamae</i>
<b>CABINZA</b>				
<b>branquias</b>	Abundantes trichodinos; congestión sanguínea y hemorragia	Rompimiento de los filamentos, hemorragia y presencia de	Filamentos completamente destruidos	Destruídas
<b>bazo</b>	Congestión y gran cantidad de CMM	Hemorragia masiva	Hemorragia masiva y gran cantidad de CMM. Engrosamiento de vasos sanguíneos	Hemorragia masiva y gran cantidad de CMM
<b>corazón</b>	Aurícula con estasis sanguínea y edema del miocardio. Con bacterias y una metacercaria	Estasis sanguínea severa, hemólisis fibrinosa en todo el corazón	Arterias con cubierta muscular hipertrofiada	Aparentemente normal
<b>hígado</b>	Congestión sanguínea y bacterias en la sangre	Congestionado. Hepatocitos vacuolados	Congestionado y conductos biliares con gruesa capa de tejido muscular liso	Congestión y extensa área de necrosis.
<b>páncreas</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal	Aparentemente normal	Con capilares dilatados; arteriolas con capa muscular gruesa y edematosa
<b>intestino</b>	Capas musculares gruesas. Congestión y necrosis severa de las vellosidades. Presencia de trematodos	Aparentemente normal	Con severa necrosis. Estómago con capa hipertrofiada	Lumen intestinal obturado por tejido necrosado. Estómago aparentemente normal
<b>riñón</b>	Túbulos renales con picnosis nuclear, edema y necrosis	Desintegración y hemorragia masiva. Picnosis y necrosis hidrópica. Con una metacercaria.	Hemorragia masiva; destrucción del tejido hematopoyético; necrosis del tejido renal. Con regular presencia de CMM y con una metacercaria	Hemorragia masiva; túbulos renales edematosos, células epiteliales separadas de la lámina basal.
<b>ovario</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal, pero con pared gruesa	Aparentemente normal, pero con pared muy gruesa	Aparentemente normal
<b>cerebro</b>			Aparentemente normal	Aparentemente normal
<b>músculo</b>	Aparentemente normal	Con foco de hemólisis, necrosis y bacterias	Epidermis destruida	Aparentemente normal
<b>peritoneo</b>			Hemorragia; con membrana gruesa	
<b>CHITA</b>				
<b>branquias</b>	Con focos de hiperplasia.	Rotura de los filamentos y de las lamelas. Desprendimiento del epitelio	Destruídas	Destruídas
<b>bazo</b>	Aparentemente normal pero con gran cantidad de CMM y presencia de gran cantidad de tejido fibrótico	Congestionado	Aparentemente normal	Aparentemente normal
<b>corazón</b>	Edema del pericardio; con metacercaria pero sin reacción			Aparentemente normal
<b>hígado</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal	Con focos necróticos	Hepatocitos vacuolados
<b>páncreas</b>	Aparentemente normal	Aparentemente normal		Aparentemente normal
<b>intestino</b>	Necrosis severa; densa reacción inflamatoria en la lámina propia; moderada presencia de <i>Cryptosporidium</i> .	Severa necrosis; lámina propia densa y basófila. Presencia de <i>Cryptosporidium</i> y 1 trematodo.	Con masa necrosada en el lumen. Presencia de acantocéfalo	Necrosis masiva
<b>riñón</b>	Presencia de trematodo	Estómago con capa muscular gruesa		
<b>riñón</b>	Numerosos focos de necrosis hialina	Hemorragia masiva y edema de los túbulos renales	Hemorragia masiva y degeneración hidrópica de las células epiteliales	Túbulos renales edematosos; hemorragia masiva
<b>cerebro</b>	Aparentemente normal			Aparentemente normal
<b>músculo</b>	Aparentemente normal, piel desgarrada		Aparentemente normal, piel necrosada	Aparentemente normal
<b>PINTADILLA</b>				
<b>branquias</b>	Hemorrágicas	Destruídas. Sin lamelas en varias zonas de los filamentos	Destruída. Presencia de un monogeneo	Destruída
<b>bazo</b>	Aparentemente normal, pero con focos de congestión	Hemorragia moderada; y algunos CMM	Hemorragia masiva y extensa área necrótica en el borde y con algunos	Hiperemia y hemólisis

Tabla 33.- Comparación de ángulos de arribo de frente de onda calculado con esperado, en grados sexagesimales

Experimentos	Angulo Rel. eje del arreglo (sentido antihorario)	Angulo Rel. eje del arreglo (sentido horario)	Orientación geográfica absoluta del arreglo	Angulo de arribo de frente de onda (orientación absoluta) Calculado	Angulo de arribo esperado. Real
1	200,57	159,43	5	164,43	164.01
2	256,79	103,21	15	118,21	128.11
3	321,96	38,04	90	128,04	134.51

desintegración de los componentes del cartucho del explosivo después de la detonación.

Los resultados obtenidos durante el experimento, son una demostración del efecto directo de la onda de choque ocasionada por cargas explosivas sobre la letalidad y sub-letalidad de los peces marinos, así como sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema marino de la zona de estudio dentro del radio de acción del experimento. Estos efectos negativos pueden ocasionar la perturbación del hábitat de las especies comerciales y de los componentes de la trama trófica de las zonas costeras produciendo distintos cambios en la composición específica, distribución y abundancia. El sentido de la audición en los peces es fundamental para el desarrollo de sus procesos bio-ecológicos (LAGLER et al. 1984), por tanto, es necesario entender cómo afecta el ruido submarino y la contaminación acústica generada por cargas explosivas a las poblaciones marinas y su ambiente. La utilización del sistema de monitoreo y análisis hidroacústico, en especial de los hidrófonos y amplificador de carga, permitieron caracterizar las señales acústicas de presión de las detonaciones y relacionarlas con la extensión de los daños en peces marinos costeros y su efecto sobre el ecosistema.

**Réplicas de detección y triangulación de sonidos.-**

En Huacho se efectuaron tres experimentos para determinar cómo los sonidos afectan el ecosistema marino.

**Primer experimento.-** Realizado el 18 de diciembre a las 12:10 horas. Desde la embarcación MEYBHI III acondicionada con el sistema hidroacústico (hidrófonos) se calculó una distancia de 2,66 km y el ángulo con relación a la explosión fue 164,01°. La distancia de la embarcación MEYBHI II (prototipo en prueba) con respecto a la explosión fue de 1,77 km y ángulo de 204,2°. El ángulo tiene como referencia el norte geográfico y avanza en el sentido de las agujas del reloj.

**Segundo experimento.-** Realizado el 19 de diciembre a las 13:46 horas. Desde MEYBHI III al área de detonación la distancia fue 390 m y ángulo de 128,11° a

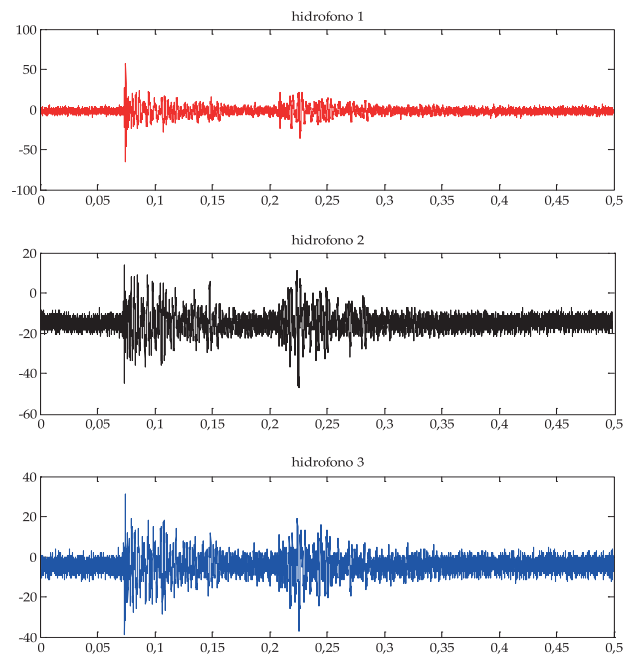


Figura 37.- Señales obtenidas en el experimento 1

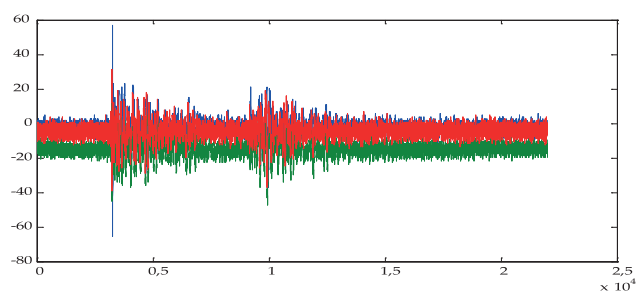


Figura 38.- Señales superpuestas del experimento 1. Presión (Pascals) vs Tiempo (segundos)

la explosión. Desde MEYBHI II (prototipo en prueba) la distancia fue 650 m y ángulo de 132,21°.

**Tercer experimento.-** Realizado el 20 de diciembre a las 14:05 horas. Desde MEYBHI III la distancia fue 770 m y ángulo de 134,51°. Desde MEYBHI II (prototipo en prueba) la distancia fue 1,23Km y ángulo de 140,06°.

Se obtuvo un error inferior a 1,2 grados. En la Tabla

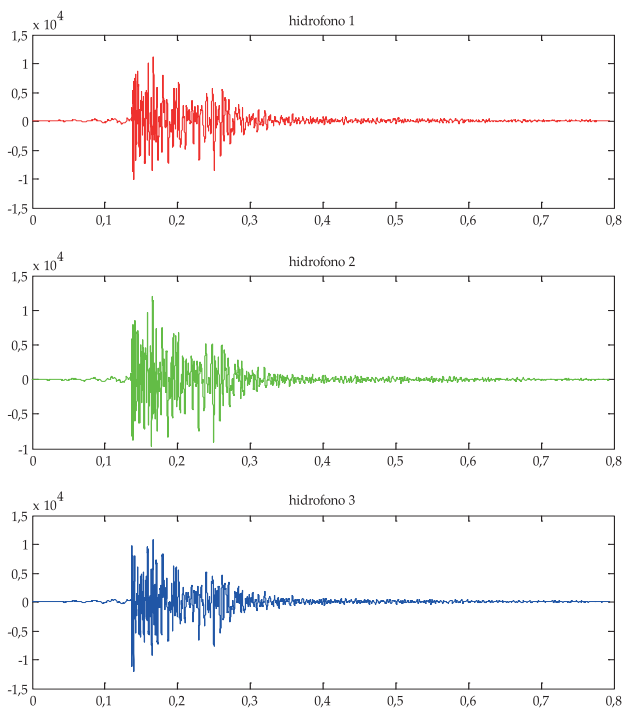


Figura 39.- Señales obtenidas en el experimento 2. Presión (Pascales) vs Tiempo (segundos)

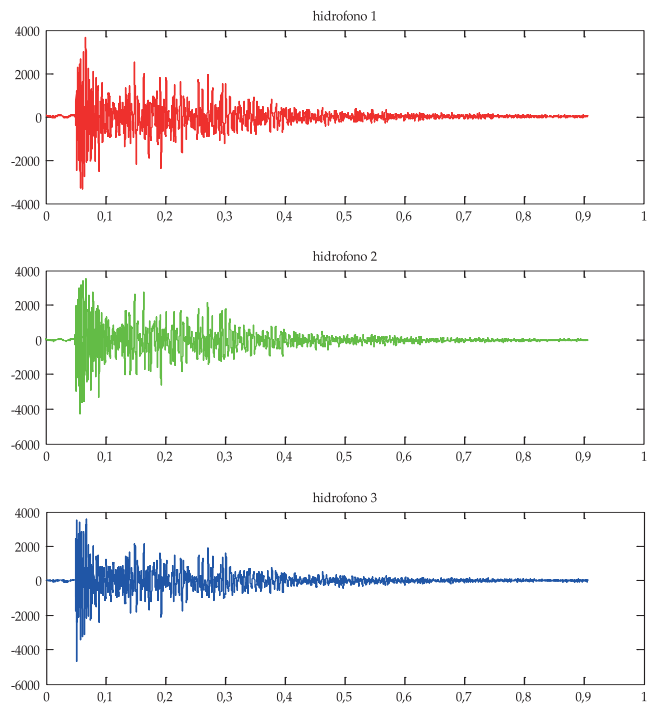


Figura 40.- Señales obtenidas en el experimento 3. Presión (Pascales) vs Tiempo (segundos)

33 se muestran los ángulos relativos al eje del arreglo de los hidrófonos y con crecimiento en sentido anti horario, conversión a sentido horario y la orientación absoluta (con respecto al norte geográfico). El ángulo de arriba fue en sentido horario.

**Señales acústicas obtenidas.-** Fueron tres juegos de señales en simultáneo los que consiguieron los hidrófonos en los tres experimentos. La figura 37 muestra las señales obtenidas en el experimento 1 por separado de cada hidrófono y la figura 38 las señales superpuestas. La señal se dio en el orden de las decenas de pascales, obteniéndose un ruido de fondo proveniente del sistema de adquisición de datos, ya que la ganancia del equipo no ha sido suficiente para amplificar la señal hasta el orden de los voltios. Es posible que los resultados del primer experimento estuvieran contaminados con ese ruido, sin embargo, fue una buena oportunidad para experimentar con algoritmos que pueden rechazar el ruido de fondo. Los experimentos 2 y 3 dieron mejores resultados en cuanto a niveles de señal.

La figura 39 muestra el segundo experimento, observándose que la señal estaba en el orden de los kilopascales, con una notoria diferencia de nivel con el ruido de fondo que se encuentra en el orden de las decenas de pascales (incluido el ruido electrónico de la tarjeta de adquisición de datos). No fue posible visualizar reflexiones claras, pero se observó que la señal logró tener aproximadamente 200 milisegundos

de duración (cuerpo principal), lo que puede indicar la presencia de reflexiones tempranas.

La figura 40 muestra el tercer experimento, observándose lo mismo que en el experimento 2, en relación con la diferencia de nivel con el ruido de fondo. La señal tiene una duración de 400 milisegundos, aproximadamente (cuerpo principal), lo que puede indicar la presencia de reflexiones tempranas.

**Procesamiento de señales capturadas.-** La figura 41, muestra acercamientos de las señales del segundo experimento que se toma como ejemplo ya que la relación señal a ruido es la mayor de los 3 juegos. Se puede pensar que es posible obtener la diferencia de tiempo de arribo solo con la identificación de los picos máximos, sin embargo y aunque las señales son muy parecidas, llegan a tener diferencias en la misma forma de onda debido a diversas razones como reflexiones en las proximidades de los hidrófonos, ruidos de fondo montados sobre la señal o diferencias de respuesta entre los mismos hidrófonos, pero cualquiera que fuera el motivo, esta condición permite descartar la procedencia de la información de diferencia de arribo de frente de onda directamente de la señal en función del tiempo de los hidrófonos.

**Correlación cruzada.-** WOODMAN et al. (2004) muestran los resultados obtenidos con el empleo de la correlación cruzada para la determinación de la diferencia del tiempo de arribo y por lo tanto la



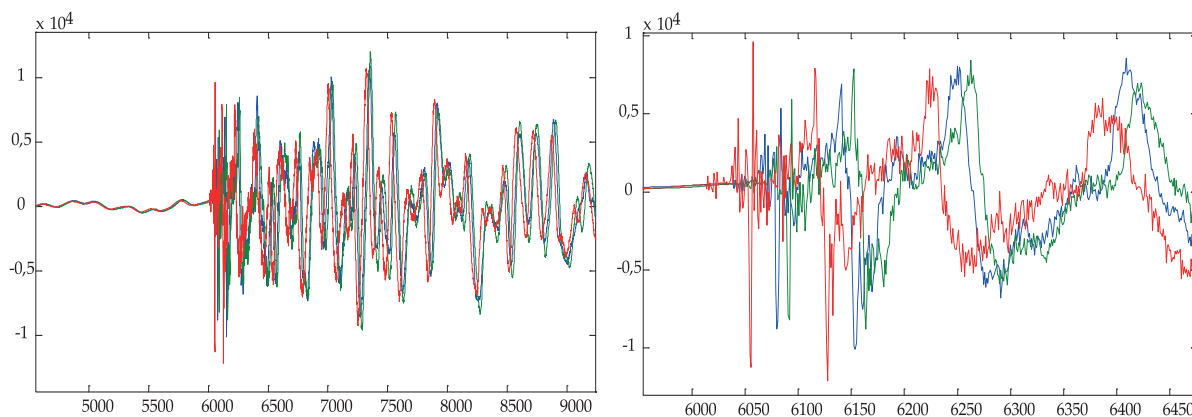


Figura 41.- Señales superpuestas del experimento 2 (acercamiento 2) (eje horizontal en muestras, periodo de muestreo=1/44100), eje vertical en pascales

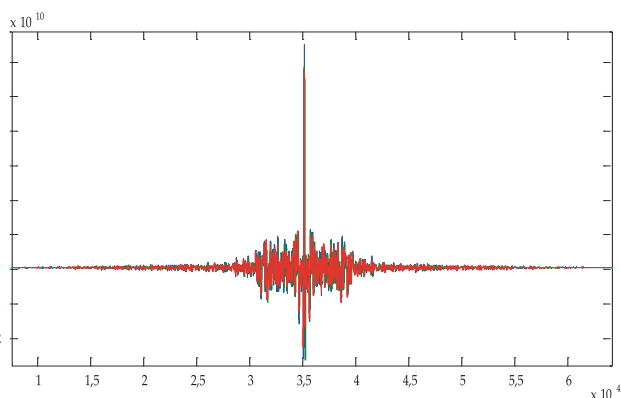


Figura 42.- Correlación cruzada de los tres pares de hidrófonos en el experimento 2

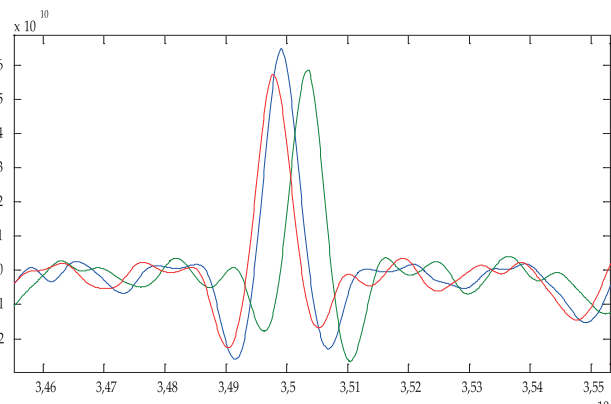


Figura 43.- Acercamiento correlación cruzada de los tres pares de hidrófonos, [azul correlación H1-H2] [verde correlación H2-H3] [rojo correlación H3-H1]

determinación del ángulo de procedencia del frente de onda (Fig. 42). Debido a la similitud entre las ondas producidas por los tres hidrófonos es posible apreciar un pico muy angosto y pronunciado al realizar la correlación cruzada (para el resultado de cada par de hidrófonos).

En la figura 43, se aprecia un acercamiento de los picos más altos de la correlación cruzada para cada par de hidrófonos, el siguiente paso fue encontrar el punto más alto de estos picos y su ubicación en el tiempo (con respecto a la correlación cruzada). Se empleó el entorno de programación de MATLAB para hallar el punto máximo de cada correlación y su ubicación relativa en el tiempo, aplicando además interpolación para lograr mayor precisión.

Para la obtención de los ángulos de incidencia a los pares de hidrófonos fue necesario contar con la distancia entre los pares de hidrófonos (1,20 m), así como su inclinación relativa al eje principal del arreglo triangular y la velocidad del sonido en el agua de mar. Las Tablas 34, 35, 36 muestran las diferencias de tiempo relativas así como las soluciones en grados

con respecto a la dirección de referencia del arreglo para cada par de hidrófonos (sentido anti horario).

En la Tabla 37 se muestran los resultados finales después de haber reducido la incertidumbre, teniendo en cuenta que la velocidad del sonido puede variar dependiendo de varios factores como salinidad y temperatura. Los ángulos resultantes tienen como referencia el eje central del arreglo de los hidrófonos en el triángulo, los cuáles van ubicados en sentido anti horario.

**Análisis frecuencial de las señales.-** En la figura 44, se aprecia el análisis frecuencial de las señales de los hidrófonos, tomando como ejemplo el grupo de señales producidas en el segundo experimento, donde la mayor parte de la energía se concentró en la banda entre 50 Hz y 1 kHz, notándose además “cancelaciones” lo que sugiere la presencia de reflexiones.

Las ondas sonoras detectadas por el sistema de hidrófonos del simulador de ruidos tuvieron ganancias entre 1 y 3 mvPa, a distancias de 25 a 224

Tabla 34.- Ángulos relativos al eje de arreglo del experimento 1

Par de hidrófonos	Tiempo de diferencia (seg)	Diferencia de recorrido (m)	Solución N° 1 Ángulos (°)	Solución N° 2 Ángulos (°)
H1/H2	-4,8753E-04	-7,3617E-01	97,84	202,16
H2/H3	-2,6757E-04	-4,0403E-01	199,68	340,32
H3/H1	7,8231E-04	1,1813E+00	220,13	199,87

Tabla 35.- Ángulos relativos al eje de arreglo del experimento 2

Velocidad del sonido: 1,4700E+03 m/seg

Par de hidrófonos	Tiempo de diferencia (seg)	Diferencia de recorrido (m)	Solución N° 1 Ángulos (°)	Solución N° 2 Ángulos (°)
H1/H2	2,4036E-04	3,5333E-01	42,88	257,12
H2/H3	-7,9819E-04	-1,1733E+00	257,90	282,10
H3/H1	5,7370E-04	8,4334E-01	255,35	164,65

Tabla 36.- Ángulos relativos al eje de arreglo del experimento 3

Velocidad del sonido: 1,5200E+03 m/seg

Par de hidrófonos	Tiempo de diferencia (seg)	Diferencia de recorrido (m)	Solución N° 1 Ángulos (°)	Solución N° 2 Ángulos (°)
H1/H2	7,8005E-04	1,1857+00	338,86	321,14
H2/H3	-4,6939E-04	-7,1347E-01	216,48	323,52
H3/H1	2,8571E-04	-4,3428E-01	321,22	98,78

Tabla 37.- Promedio de ángulos con respecto a la dirección del arreglo de los hidrófonos

Experimento	Ángulos	Vel. Sonido	Desv. Estándar	Error estándar	Promedio
Primer experimento	202,16				
18/12/2009 12:10 horas	199,68	1,5100E+03	1,381384082	1,101712475	200,567602
	199,87				
Segundo experimento	257,12				
19/12/2009 13:46 horas	257,90	1,4700E+03	1,307461103	0,986954036	256,7910715
	255,35				
Tercer experimento	321,14				
20/12/2009 14:07 horas	323,52	1,5200E+03	1,352167985	1,055603133	321,9579892
	321,22				

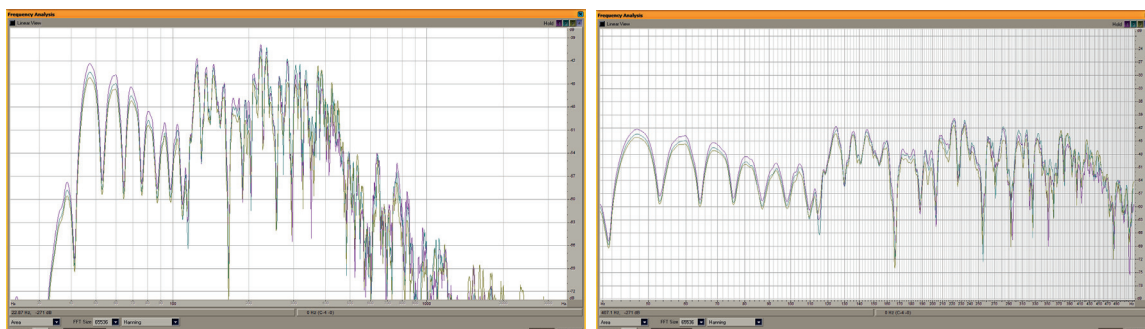


Figura 44.- Análisis frecuencial de señales de los hidrófonos

m del disparo, en profundidades de 14 a 40 m (Tabla 38 en Anexo 2).

**Propuesta.-** Construcción de un equipo automático de detección de detonaciones de cargas explosivas, que realice las tareas desarrolladas en esta actividad y reporte en tiempo real la ocurrencia de explosiones subacuáticas, así como su ubicación y dirección mediante un GPS y el ángulo que forma con el norte geográfico a través de una brújula digital (Fig. 45).

**ANÁLISIS MACROSCÓPICO DE PECES AFECTADOS POR LA PESCA CON EXPLOSIVOS**

Se procedió a realizar la disección del pez mediante tres cortes (Fig. 46): el primer corte recorre ventralmente el pez desde el orificio anal hasta el extremo inferior del opérculo; el segundo corte describe un arco, desde la zona anal bordeando la línea lateral hasta el extremo superior del opérculo y el tercer corte, paralelo al opérculo, une a los dos anteriores permitiendo levantar y separar la zona de tejido muscular (Figs. 47, 48).

El examen físico de los peces, permitió observar, según el SCLEIPAP, ojos enrojecidos, pérdida de escamas, hemorragia en las cavidades bucal y branquial y en la aleta pectoral; también se detectó lesiones en vejiga natatoria, hígado, corazón, riñones, gónadas y presencia de sangre en la cavidad visceral y músculos.

En los peces capturados con artes de pesca tradicional (red de enmalle) que no fueron afectados por explosivos, se detectó la cavidad visceral y el tejido muscular sin hemorragias ni lesiones de fácil reconocimiento en los órganos internos (Fig. 48).

En los peces afectados por cargas explosivas, se detectó la cavidad visceral y el tejido muscular con

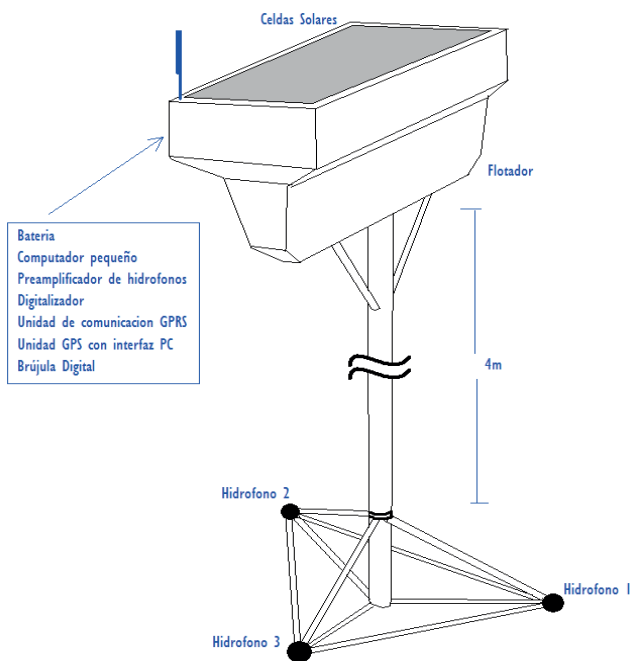


Figura 45.- Unidad de monitoreo de explosiones sub acuáticas

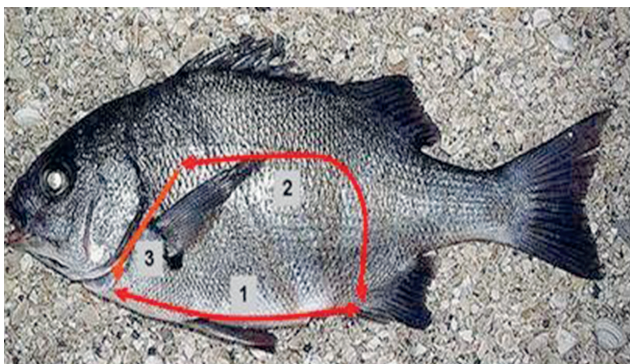


Figura 46.- Cortes a realizar en la disección de un pez



Figura 47.- Disección de peces impactados por pesca con explosivos

severas hemorragias y lesiones en estómago, intestino, hígado, gónadas y ruptura de la vejiga natatoria.

Peces costeros principalmente afectados por la pesca con explosivos

Nombre común	Nombre científico	Familia
Chita	<i>Anisotremus scapularis</i>	Haemulidae
Cabinza	<i>Isacia conceptionis</i>	Haemulidae
Castañuela	<i>Chromis crusma</i>	Pomacentridae
Borrachito	<i>Scartichthys gigas</i>	Blenniidae
Trambollo sin escamas	<i>Ophioblennius steindachneri</i>	Blenniidae
Pintadilla	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	Cheilodactylidae
Lorna	<i>Sciaena deliciosa</i>	Sciaenidae
Lisa	<i>Mugil cephalus</i>	Mugilidae
Pejerrey	<i>Odonthestes regia</i>	Atherinopsidae
Cabrilla	<i>Paralabrax callaensis</i>	Serranidae
Lenguado	<i>Paralichthys adspersus</i>	Paralichthyidae

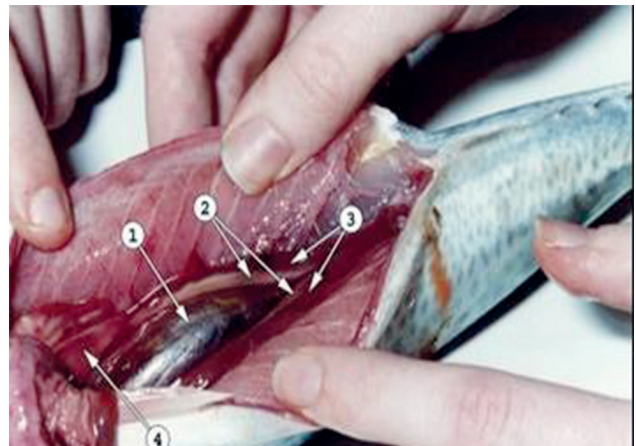


Figura 48.- Órganos internos: (1) vejiga natatoria, (2) gónadas, (3) riñones, (4) hígado

#### 4. CONCLUSIONES

##### PRIMERA FASE

La pesca con explosivos no es una actividad aleatoria, sino que las personas que se dedican a esta actividad escogen principalmente los alrededores de las islas y zonas de rompiente para obtener las máximas capturas.

La forma de construcción y/o preparación de las cargas explosivas difiere en las zonas de Huacho – Huarney y Pisco - Marcona.

Los diferentes tipos de cargas explosivas, pesos y longitud de la mecha están relacionados con las especies objetivo. Las características de las cargas e insumos de los explosivos y las especies objetivo se utilizaron en los experimentos del proyecto.

La actividad ilegal de pesca con explosivos es bastante eficiente en términos técnicos y logísticos, las personas que utilizan la dinamita para la extracción de peces, cuentan actualmente con un sistema perfeccionado y de comunicación, en el cual cada operativo ilegal se ensambla en una línea de precisión, que desborda el accionar de las autoridades.

Los ejemplares provenientes de la pesca con explosivos no pueden ser analizados debido a que no se cuenta con un protocolo de identificación de peces impactados por explosivos; de igual manera, se adolece de un protocolo de muestreo de los mismos.

##### SEGUNDA FASE

La configuración del fondo de las zonas de estudio fue variada, de la parte somera a los alrededores de las islas. Las pendientes presentaron desde bajas gradientes en el islote Lobillo, Ruquia y Centinela

(isobatas entre 4,6 y 17,05 m) hasta marcadas y fuertes gradientes en la isla Don Martín (isobatas entre 1,7 a 17 m), isla Mazorca (isobatas entre 5 y 86,9 m) e isla San Lorenzo (isobatas entre 6 y 48 m). El relieve submarino estuvo caracterizado por la presencia de bajos (islote Lobillo, isla Don Martín), pozas (isla Don Martín), planicies (islote Lobillo, isla Don Martín) y fondos irregulares (islas Don Martín, Mazorca y San Lorenzo).

De acuerdo al relieve submarino regular y profundidad somera se consideró al islote Lobillo, Ruquia y Centinela como la zona potencialmente apropiada para realizar los experimentos de detección de ondas sonoras en el ecosistema marino con presencia de peces en cautiverio instalados en jaulas flotantes.

La pesca con explosivos tiene un efecto negativo sobre las especies hidrobiológicas (impacto morfológico y fisiológico), así como en su ambiente biótico y abiótico.

Existe un efecto cualitativo y cuantitativo de la explosión en los parámetros físicos, químicos y biológicos observándose bajos niveles de oxígeno, nutrientes y sólidos suspendidos totales; disminución de la diversidad y densidad de organismos del fitoplancton y macrozoobentos; y dominancia de células fitoplanctónicas fragmentadas.

El efecto acústico después de la detonación de explosivos en el ambiente marino ocasionó lesiones externas (sub-letalidad) e internas severas en peces costeros con vejiga natatoria analizados macroscópicamente, así como lesiones traumáticas ocasionadas por desorganización estructural y hemorrágicas analizadas microscópicamente.

El sistema de determinación de lesiones en peces marinos (examen macroscópico) puede ofrecer

resultados óptimos para un diagnóstico rápido y eficaz de las capturas obtenidas por pesca con explosivos.

### TERCERA FASE

La onda acústica de baja frecuencia se caracterizó por la presencia de un pico de presión máximo que llegó a 70 K Pa y el nivel de presión negativo se registró en -85 K Pa con duración de 50 milisegundos.

Los valores de presión acústica produjeron lesiones externas e internas severas con intensos grados de letalidad en los peces costeros analizados macroscópicamente, caracterizadas por ruptura de la vejiga natatoria e intensa hemorragia en las cavidades branquial y torácica. El análisis microscópico evidenció rompimiento de los filamentos branquiales y hemorragia en el hígado, bazo, riñones y tejido muscular.

Los análisis, cualitativo y cuantitativo, de los parámetros físicos, químicos y biológicos después de la explosión registraron bajos niveles de oxígeno, incremento en las concentraciones de nutrientes y sólidos suspendidos totales por remoción del fondo, así como disminución de la diversidad y densidad de organismos del fitoplancton y macrozoobentos.

El empleo de la correlación cruzada ha permitido determinar exitosamente el ángulo de arribo de un frente de ondas producido por una explosión submarina con un error inferior a 1,2°.

Las distancias estimadas estuvieron entre 390 m y 2,66 km con respecto a la explosión, y la energía de las explosiones se concentra en la banda entre 50 Hz y 1 kHz.

La velocidad del sonido bajo el agua, no es constante y requiere de un ajuste para lograr menor error. Es posible automatizar la reducción del error.

Los resultados son consistentes y guardan relación con los ángulos esperados, sin embargo, se debe corregir la desviación mediante la sincronización de la brújula.

## 5. REFERENCIAS

- ABBOTT R, DAU T, HULSEBUS S. 2002. Fisheries and Hydroacoustic Monitoring Program. San Francisco-Oakland Bay Bridge East Span Seismic Safety Project, USA. 62p.
- BALECH E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Espec. Inst. Español de Oceanog. España. 310p.
- BARNES R. 1982. Zoología de Invertebrados. 4ta Edición. Nueva Editorial Interamericana, 1157p.
- CARRIT D, CARPENTER J. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler for determining dissolved oxygen in sea water. J. Mar Res. 24: 286-318.
- CONNOR JR. JG. 1990. Underwater Blast Effects from Explosive Severance of Offshore Platform Legs and Well Conductors. Research and Technology Department. Naval Surface Warfare Center.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. 5: 1-237.
- DEMEK J. (Ed.). 1972. Manual of detailed geomorphologic mapping. International Geographical Union, Commission on Geomorphologic Survey and Mapping, Prague, 344 p.
- HASLE G, SYVERTSEN EE. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 383 pp.
- 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. pp. 147-235.
- 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 Deutschland's, Osterreichs und der Schweiz mit Becksichtigung 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.
- IMARPE. 2009. Proyecto: "Desarrollo de un sistema de monitoreo y detección de la pesca con Explosivos". Dirección General de Investigaciones en Pesca y Desarrollo Tecnológico, Unidad de Tecnología de Extracción. Instituto del Mar del Perú, Callao-Perú, 18 p.
- KEEVIN TM, HEMPEN GL. 1997. The environmental effects of underwater explosions with methods to mitigate impacts. U.S. Department of Defense Legacy Report, U. S. Army Corps of Engineers, St. Louis District. 145 pp.
- 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. de Ciencias del Mar y Limnología, México, pp 1-258.
- LICEA S, MORENO L, SANTOYO H, FIGUEROA G. 1966b. Dinoflagelados del Golfo de California., Univ. Auton. de Baja California Sur, SEP-FOMES/PROMARCO. pp 165.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora 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 (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): pp. 375-580
- STANDARD METHODS. 1999. For the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> edition. APHA-AWWA-WPCF.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. pp. 387-570.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. Practical handbook of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2da. ed. Ontario, Canada.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus Rhizosolenia.

- A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 p.
- TARAZONA J, ARNTZ W, CANAHUIRE E, AYALA Z, ROBLES A. 1985. Modificaciones producidas durante "El Niño" en la infauna bentónica de áreas someras del ecosistema de afloramiento peruano. En: ARNTZ W, Landa A, Tarazona J (eds). "El Niño: Su impacto en la fauna marina". Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. Extraordinario: 55-63.
- THRONDSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris. pp 9-74.
- UTE. 2009a. Caracterización de la pesca con explosivos en las zonas de Huacho, Huarney y Pisco – Marcona, UTE-DIPDT, Inf. Interno Instituto del Mar Perú, 31 p.
- UTE. 2009b. Identificación de zonas para los experimentos de detección de ondas sonoras en el ecosistema marino alrededores de las islas Lobillo, Don Martín, Mazorca y San Lorenzo. UTE-DIPDT, Inf. Interno Instituto del Mar Perú, 18 p.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.
- WOLKE R E, GEORGE A. 1981. Sea turtle necropsy manual. NOAA Technical memorandum NMFS-SEFC-24. 24 pp.
- WOODMAN G, WILSON S, LI V, RENNEBERG R. 2003. Acoustic characteristics of fish bombing: potential to develop an automated blast detector. Marine Pollution Bulletin 46: 99-106.
- WOODMAN G, WILSON S, LI S, RENNEBERG R. 2004. A direction sensitive underwater blast detector and its application for managing blast fishing. Marine Pollution Bulletin 49, pp 964-973.
- WRIGHT D G. 1982. A discussion paper on the effects of explosives on fish and marine mammals in the waters of the Northwest Territories. Department of Fisheries and Oceans, Winnipeg, Manitoba. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences N° 1052: 21pp.
- YOUNG GA. 1991. Concise methods of predicting the effects of underwater explosions on marine life. Naval Surface Weapons Center, Silver Spring, MD. NAVSWC-MP-91-220. 22 p

## Anexo 1

Tabla 24.- Análisis histopatológico en peces de las muestras Control y Jaulas 1 y 2

CABINZA	CONTROL	JAULA 1	JAULA 2
<b>Branquias</b>	Hiperplasia; distorsión severa	Hiperplasia interlamelar	Hiperplasia y congestión
<b>Bazo</b>	Hemorragia acentuada	Abundantes Centros de Melano Macrófagos (CMM)	Abundantes Centros de Melano Macrófagos (CMM)
<b>Cerebro</b>	Normal	Normal	
<b>Corazón</b>	Normal	Normal	Edema y hemorragia en el pericardio; miocardio y endocardio normales; 2
<b>Hígado</b>	Normal	Congestión y hemorragia en los bordes; focos de necrosis; hemolisis y presencia de CMM	Extensa necrosis coagulativa de hepatocitos alrededor de acantocéfalos; moderada presencia de CMM; vasos con hemolisis
<b>Intestino</b>	Normal	Normal	Desprendimiento del epitelio de la lámina
<b>Músculo</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Ovario</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Páncreas</b>	Normal	En gran parte necrosado y con hemolisis	Hemorragia en el tejido adiposo
<b>Riñón</b>	Túbulos renales con edema; degeneración y necrosis hialina, restos eosinófilos en el	Tejido disgregado; túbulos renales necrosados	Moderada necrosis de los túbulos renales y marcada hemorragia
<b>PINTADILLA</b>			
<b>Branquias</b>	Hiperplasia severa, fusión de filamentos; aneurisma y presencia de 2 monogéneos		Filamentos branquiales rotos; hiperplasia moderada; lamelas distorsionadas
<b>Bazo</b>	Abundancia de CMM		Hemorragico en una extensa zona marginal. Con moderada cantidad de CMM
<b>Cerebro</b>	Necrosis y congestión Aurícula con edema del endocardio y reacción		Pericardio edematoso; sangre fibrinosa, formando coágulos
<b>Corazón</b>	inflamatoria; ventrículo con focos de reacción inflamatoria y de necrosis		
<b>Hígado</b>	Normal; pero con moderada cantidad de CMM		Escasa presencia de CMM; hemolisis
<b>Intestino</b>	Normal		Presencia de coccidios
<b>Músculo</b>	Normal		Leve desorden estructural y extravasación sanguínea
<b>Pancreas</b>	Normal		Necrosis en progreso
<b>Riñón</b>	Focos hemorrágicos; moderada cantidad de CMM y presencia de 2 grandes osteomas		
<b>Testículo</b>	Normal		
<b>BORRACHO</b>			
<b>Branquias</b>		Destruídas; con gran cantidad de CGE	Algunos filamentos rotos; lamelas deformadas; algunos con severa hiperplasia, la mayoría con gran cantidad de mucosidad, granulocitos filicos; otras con aneurismas. Presencia de trichodinos
<b>Bazo</b>			Con gran cantidad de CMM y de granulomas, alrededor de los capilares sanguíneos.
<b>Cerebro</b>		Normal	Normal
<b>Corazón</b>		Tejido normal; presencia de 1 metacercaria	Normal
<b>Hígado</b>		Graso; con focos necróticos y hemólisis en algunos sinusoides	Graso; con hemolisis en algunos vasos
<b>Intestino</b>		Estructura normal; con 3 trematodos en el lumen	Lumen con gran cantidad de flagelados, amebas y restos necrosados; presencia de trematodos entre las vellosidades intestinales
<b>Músculo</b>		Normal	Normal
<b>Ovario</b>			Normal
<b>Pancreas</b>		Vacuulado; gran parte de sus gránulos zimógenos desintegrados; tejido graso necrosado	Vacuulado; desintegración de gránulos, tejido graso necrosado
<b>Riñón</b>			Normal

Continuación de Tabla 24

CASTAÑUELA			
<b>Branquias</b>		Hiperplasia interlamelar; severo edema del epitelio de las lamelas; presencia de <i>Chlamydia</i> en lamelas	Algunos filamentos quebrados; escasa presencia de aneurismas y de hiperplasia interlamelar
<b>Bazo</b>		Gran cantidad de CMM	Presencia de CMM en todo el tejido
<b>Cerebro</b>		Normal	Normal
<b>Corazón</b>		Normal, excepto por la presencia de una metacercaria	Normal
<b>Hígado</b>		En gran parte basófilo; con regular cantidad de hepatocitos conteniendo ceroides y algunos focos de hepatocitos con necrosis liquefactiva	Con focos de hepatocitos basófilos, focos de desorganización estructural y focos de necrosis.
<b>Intestino</b>		Con gran cantidad de células granulo eosino-fílicas en la lámina propia	Normal
<b>Músculo</b>		Normal	Normal
<b>Ovario</b>			Normal
<b>Páncreas</b>			Con focos necróticos
<b>Testículo</b>		Normal	
CONTROL		JAULA 1	
	LORNA	CABRILLA	CHITA
<b>Branquias</b>	Con lamelas deformadas e hiperplásicas	Con gran parte de los filamentos destruidos y lamelas deformadas	Filamentos rotos, hemorragia severa y avanzada hiperplasia interlamelar
<b>Bazo</b>	Severa hemorragia		Disgregado y con severa hemorragia
<b>Corazón</b>		Normal	Marcada endocarditis de la aurícula
<b>Hígado</b>	Congestión hemorragia y focos de necrosis liquefactiva	Muy vacuolado, con focos necróticos y algunos vasos congestionados	Hemorragia en el borde; internamente el tejido está normal
<b>Intestino</b>	Presencia de 2 trematodos y 1 acantocéfalo entre las vellosidades, varios focos de necrosis	Coccidios en la base de células epiteliales, algunos trematodos en el lumen. Desprendimiento de la lámina propia y presencia de células granulo eosino-fílicas en la lámina propia	Gran cantidad de <i>Cryptosporidium</i> sp. sobre el epitelio intestinal. Presencia de 1 trematode y 1 acantocéfalo en lumen de ciegos pilóricos
<b>Músculo</b>		Con leve extravasación sanguínea	Normal
<b>Páncreas</b>	Congestión sanguínea	Normal	Normal
<b>Riñón</b>	Presencia de hemorragia. Pero los túbulo renales están bien	Con hemorragia, edemas y necrosis de algunos túbulo renales	



## Anexo 2

Tabla 38.- Análisis de datos de experimentos de triangulación de ondas sonoras con generador de señales

Estación	Latitud	Longitud	Distancia fuente de detonación (m)	Ganancia	Fondo (m)	Zona	Sistema de Hidrófonos	N° hidrófonos	Estación receptora de ondas	Orientación de la estación receptora
Prueba	11°02.890'S	77°39.028'W	25	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
Prueba	11°02.885'S	77°39.028'W	26	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Prototipo	3	Triángulo I	NE
1	11°02.893'S	77°39.026'W	25	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
2	11°02.894'S	77°39.028'W	32	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
3	11°02.910'S	77°39.024'W	37	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
4	11°02.918'S	77°39.014'W	50	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
5	11°02.922'S	77°39.013'W	55	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
6	11°02.927'S	77°39.012'W	65	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
7	11°02.923'S	77°39.007'W	75	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
8	11°02.925'S	77°39.024'W	78	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
9	11°02.939'S	77°39.023'W	76	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
10	11°02.942'S	77°39.010'W	96	1 mvPa	25	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
11	11°02.958'S	77°38.999'W	103	1 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
12	11°02.943'S	77°38.943'W	100	1 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
13	11°02.983'S	77°39.011'W	155	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
14	11°02.980'S	77°39.005'W	164	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
15	11°02.974'S	77°39.003'W	156	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
16	11°03.011'S	77°39.016'W	203	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
17	11°03.014'S	77°39.021'W	224	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
18	11°03.012'S	77°39.024'W	200	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
19	11°03.012'S	77°39.024'W	217	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
20	11°03.027'S	77°39.015'W	224	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
21	11°02.894'S	77°39.007'W	215	3 mvPa	40	Isla Don Martín	Bruel & Kjaer	3	Triángulo I	NE
22	11°02.893'S	77°39.026'W	25	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
23	11°02.894'S	77°39.028'W	32	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
24	11°02.910'S	77°39.024'W	37	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
25	11°02.918'S	77°39.014'W	50	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
26	11°02.922'S	77°39.013'W	55	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
27	11°02.927'S	77°39.012'W	65	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
28	11°02.923'S	77°39.007'W	75	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
29	11°02.925'S	77°39.024'W	78	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
30	11°02.939'S	77°39.023'W	76	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
31	11°02.942'S	77°39.010'W	96	1 mvPa	25	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
32	11°02.958'S	77°38.999'W	103	1 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
33	11°02.943'S	77°38.943'W	100	1 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
34	11°02.983'S	77°39.011'W	155	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
35	11°02.980'S	77°39.005'W	164	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
36	11°02.974'S	77°39.003'W	156	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
37	11°03.011'S	77°39.016'W	203	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
38	11°03.014'S	77°39.021'W	224	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
39	11°03.012'S	77°39.024'W	200	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
40	11°03.012'S	77°39.024'W	217	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
41	11°03.027'S	77°39.015'W	224	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE
42	11°02.894'S	77°39.007'W	215	3 mvPa	14	Islote Lobillos	Prototipo	3	Triángulo II	SE