



# PROTOCOLO PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS



## DRAGA VAN VEEN

POAL - NSCA - CONTIGENCIAS - MONITOREOS ESPECÍFICOS



ENERO 2026

**POAL** PROGRAMA DE OBSERVACIÓN  
DEL AMBIENTE LITORAL  
DIRECTEMAR



## **ÍNDICE GENERAL**

I.	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	3
II.	<b>TIPOS DE SEDIMENTOS MARINOS.....</b>	3
III.	<b>GENERALIDADES DEL MUESTREO CON DRAGA.....</b>	5
IV.	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA DRAGA.....</b>	7
V.	<b>PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL TERRENO.....</b>	8
VI.	<b>DOCUMENTACIÓN ASOCIADA AL TERRENO.....</b>	9
	1)    Ficha de terreno y cadenas de custodia.....	9
	2)    Identificación de las muestras.....	10
VII.	<b>METODOLOGÍA DE MUESTREO.....</b>	10
	1)    Georreferenciación.....	11
	2)    Lance de la draga.....	11
	3)    Obtención de la muestra de sedimento.....	13
	4)    Mediciones in situ en la muestra de sedimento.....	14
	a)    La importancia del pH: .....	15
	b)    La importancia del Potencial de óxido – reducción (REDOX): .....	16
	5)    Características organolépticas de los sedimentos.....	17
	a)    La importancia de identificar el olor: .....	18
	b)    La importancia de determinar el color: .....	18
	6)    Llenado de envases con muestras de sedimentos.....	20
	7)    Transporte e integridad de las muestras.....	20
	a)    Cadena de frío:.....	20
	8)    Mediciones en la columna de agua.....	21
	a)    Disco Secci: .....	21
	b)    Medidor multiparamétrico para agua:.....	22
VIII.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	23

## I. INTRODUCCIÓN.

La Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR) diseñó y dispuso la confección de una draga Van Veen, específica para la toma de muestras de sedimentos que se efectúan en fondos marinos de jurisdicción de la Autoridad Marítima. El equipo puede ser utilizado para efectuar monitoreos especiales, seguimiento frente a contingencias ambientales, control de actividades de dragado; pudiendo, además, reemplazar las labores de buceo autónomo que se realizan durante las campañas del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL). Adicionalmente, es utilizada para obtención de sedimentos profundos en el marco de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA), actualmente se utiliza para la obtención de sedimentos marinos de la NSCA Bahía Quintero – Pucuncaví.

El presente protocolo, describe el procedimiento para la toma de muestras de sedimentos con un muestreador superficial de fondo, draga Van Veen, objeto garantizar que la recolección de las muestras se realice con técnicas, materiales y la documentación adecuada, que permitan su posterior identificación, trazabilidad y análisis en el laboratorio, otorgando validez al proceso y facilitar la interpretación de los resultados.

## II. TIPOS DE SEDIMENTOS MARINOS.

Los sedimentos del fondo del mar están compuestos por partículas minerales de diferentes tamaños y composición química. La distribución de los diferentes tamaños de partículas en los sedimentos se determina mediante un análisis granulométrico. La composición granulométrica en conjunto con la composición mineralógica determina las propiedades físicas de los sedimentos (porosidad, peso específico, viscosidad, transmisión del sonido, etc.), así como también las condiciones de acumulación y transformación química de ellos.

Los sedimentos pueden ser clasificados en primer lugar sobre la base de un criterio textural, donde la granulometría predominante debe caracterizar al término con el cual se designa. La nomenclatura de un sedimento es su atributo básico, que describe sus

distribuciones de tamaño, dividiéndose en cuatro fracciones principales: gravas, arenas, limos y arcillas, estos se clasifican en base a la distribución de tamaño de las partículas en los distintos tamaños granulométricos. Para esta identificación se utiliza la clasificación textural o escala de grado propuesta por Wentworth (1922), descrita en la Tabla N° 1.

**Tabla N° 1.** Clasificación granulométrica de los sedimentos Wentworth (1992) modificada por Varela (1980). Extraído de Contardo, 2010.

Escala phi	Rango de tamaño	Clasificación del sedimento (Clase Wentworth)	Clasificación de terreno
< -8	>256 mm	Ripio de bloque o de bolones	Ripio
-6	64 mm	Ripio	
-5	32 mm	Grava muy gruesa	Grava
-4	16 mm	Grava gruesa	
-3	8 mm	Grava media	Gravilla
-2	4 mm	Grava fina	
-1	2 mm	Grava muy fina	
0	1 mm	Arena muy gruesa	Arena
1	0,5 mm	Arena gruesa	
2	0,25 mm	Arena media	
3	125 µm	Arena fina	
4	62,5 µm	Arena muy fina	
8	3,90625 µm	Limo	Fango o lodo
> 8	<3,90625 µm	Arcilla	
> 10	<1 µm	Coloide	

La distribución de los sedimentos marinos en las plataformas continentales, se relaciona con el tipo de costa adyacente, la batimetría, las corrientes y la relación con áreas de mares abiertos o cerrados. Los sectores arenosos predominarían en las plataformas continentales abiertas y de poco relieve, frente a las playas de arena y en bancos, a lo largo de costas glaciadas, donde suele estar mezclada con grava y piedras. El fango es

el sedimento más común frente a la desembocadura de grandes ríos, en bahías y golfos abrigados y en depresiones de fondo, mientras que, en zonas de corrientes intensas, el sedimento tiende a estar libre de la fracción fina, constituyéndose de roca o bien de grava y arena gruesa (Panzarini, 1967). El principal retrabajo por la acción del agua, consiste en la remoción de las fracciones tamaño limo y arcilla, con la consiguiente concentración en sedimentos más gruesos (Reineck & Singh, 1980). Los sedimentos que incluyen en su composición a las combinaciones arena-grava, indican mayor retrabajo por acción de las corrientes. En cambio, mezclas fango-grava y fango-arena-grava indica sedimentos sin retrabajo.

### III. GENERALIDADES DEL MUESTREO CON DRAGA.

La importancia del muestreo de la matriz sedimentaria, radica en que es posible detectar la presencia de elementos potencialmente tóxicos y describir cambios espaciales y temporales de los contaminantes presentes en esta matriz, pues son considerados un potencial sumidero de variados contaminantes. Sin embargo, solo los fondos blandos con substratos que tengan arcilla, limo o arena, son los propicios para determinar concentraciones de analitos de interés.

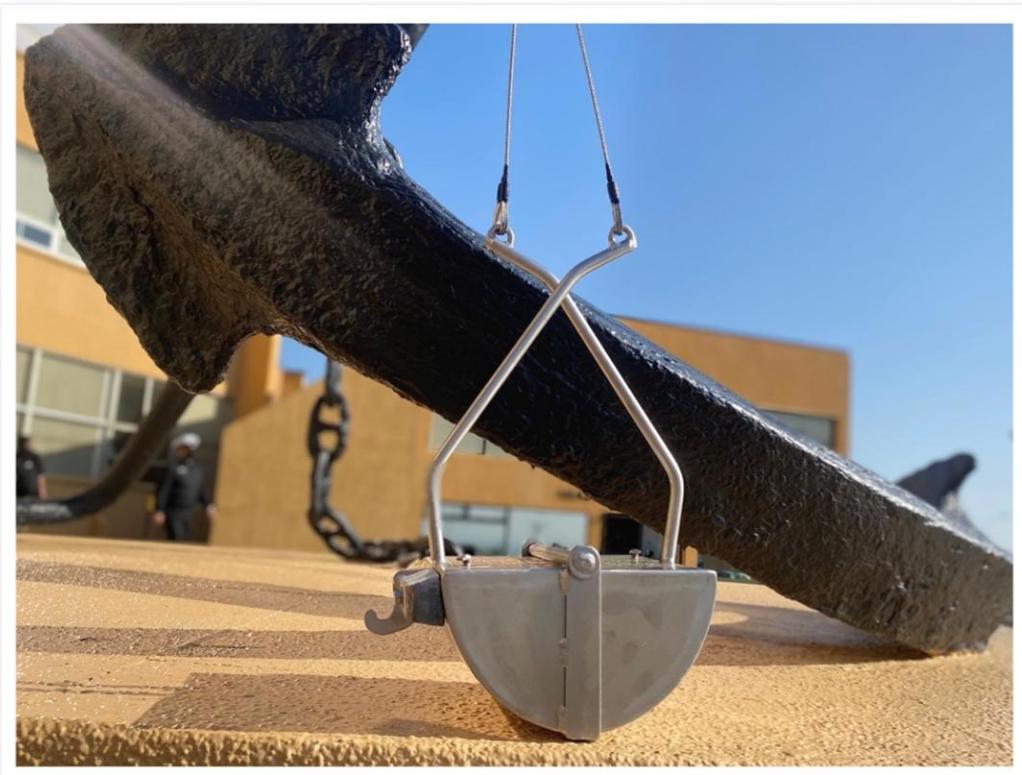


**Figura Nº 1.** Obtención de sedimento marino mediante draga.

Existen diversos dispositivos para el muestreo de sedimentos de fondo blando en el medio marino. La elección del dispositivo de muestreo apropiado deberá hacerse teniendo en cuenta el objetivo del proyecto, las facilidades logísticas, el tipo de sedimentos y los análisis requeridos.

Los muestreadores superficiales de fondo, como lo son las **dragas**, recogen los sedimentos superficiales del lecho (Figura N° 1), permitiendo la toma de muestras de modo cuidadoso, reduciendo al mínimo la imprevisibilidad, la mezcla de estratos sedimentarios al tocar fondo y la pérdida de sedimentos superficiales de grano fino durante el ascenso. Por lo general, recogen material de los 30 cm superiores de sedimento.

Las dragas permiten obtener muestras a profundidades superiores a 20 m. Si estos equipos se llenan por sobre el 50%, pero no llegan a tocar sus compuertas ni salir afuera de las ventanas superficiales, la muestra se considera razonablemente no perturbada y, por lo tanto, útil para los análisis físicos y químicos.



**Figura N° 2.** Vista general de la draga de sedimentos adquirida por DIRINMAR.

#### IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA DRAGA.

La draga adquirida por DIRECTEMAR (Figura N° 2), se clasifica dentro de los muestreadores superficiales de fondo, y está especialmente diseñada para la recogida de muestras de sedimento, en agua dulce y salada, de fondos blandos o de dureza media como arena, grava o arcilla.

Citada draga, consiste en dos cucharas conectadas por una bisagra. Durante el descenso, las dos cucharas se mantienen separadas. Al tocar el fondo se libera el mecanismo de bloqueo y cuando se tira de la línea principal para recuperar la draga, las cucharas se cierran permitiendo la recogida de la muestra.

A continuación, se detalla la ficha técnica de la draga disponible en la Gobernación Marítima:

- Draga cuchara Van Veen.
- Fabricada en acero inoxidable de 3 mm.
- Área de mordida (área de muestreo) de 0,05 m<sup>2</sup>.
- Volumen de la muestra variable, dependiendo del tipo de sedimento, capacidad máxima aproximada de 3 kg.
- Dispone de 2 brazos que permiten abrir y cerrar la draga, e incluye una cadena con amarre para la línea principal.
- Incluye mecanismo de bloqueo que se libera al contacto con el fondo, lo que permite el cierre de la draga.
- Dispone de ventanas superiores que permiten inspeccionar la muestra, sacar una sub-muestra o realizar mediciones *in situ*.
- Incluye 4 Kg de plomo, para asegurar su boyantez y descenso controlado.
- Incluye 2 pernos y tuercas mariposa de acero inoxidable y 2 golillas galvanizadas para soportar los 4 Kg de plomo.
- Cuerda suave de polipropileno de 6 mm de diámetro, 30 m de largo y resistencia de hasta 160 Kg. Carrete de mano.
- Bandeja de goma para la disposición y homegenización de las muestras.



Figura N° 3



Figura N° 4

**Figura N° 3.** Vista superior de draga Van Veen, con bandeja, carrete y cuerda.

**Figura N° 4.** Ventanas superiores de la draga y pesos de plomo a su costado derecho.

## V. PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DEL TERRENO.

La preparación y planificación, son parte fundamental de cualquier actividad de muestreo y análisis que genere datos ambientales. Se debe realizar el estudio de los sectores que se pretenden monitorear, considerando factores geográficos como el tipo de corrientes predominantes, profundidades, tipo de bahía (abierta o cerrada), actividades antrópicas que pudiesen impactar directa o indirectamente la calidad de los sedimentos; y más importante aún, el tipo de sedimentos predominantes del área, pues la draga Van Veen, es capaz de recolectar sedimentos de fondos blandos preferentemente, y algunos fondos de dureza media como arena, grava, marga consolidada o arcilla.

Previo a la salida al terreno, se debe realizar la calibración de los equipos multiparamétricos con los que se disponga, objeto obtener adecuadas mediciones *in situ* en los sedimentos y adicionalmente, en la columna de agua.

Se debe limpiar con agua potable para eliminar restos de sedimentos adheridos a su superficie; revisar y ajustar los accesorios de la draga, como cuerda, pernos, pesos de

plomo, destorcedor, mecanismo de bloqueo. Considerar una bandeja o recipiente para receptionar y homogenizar la mezcla si fuese necesario, cuando se colectan sedimentos en más de un lanzamiento.

## VI. DOCUMENTACIÓN ASOCIADA AL TERRENO.

Los procedimientos de aseguramiento y control de calidad, son necesarios para que los datos ambientales alcancen un nivel aceptable de validez. El procedimiento de control de calidad permite proporcionar una forma que permita detectar errores en todo el proceso, y, por lo tanto, un medio de rechazo de datos no válidos o engañosos resultantes del proceso de muestreo; asimismo, permiten cuantificar y controlar las fuentes de error que se presentan en el muestreo. A continuación, se detallan los documentos mínimos necesarios para asegurar la calidad del muestreo.



Figura N° 5



Figura N° 6

**Figura N° 5.** Personal embarcado realizando el registro de datos en las fichas de terreno.

**Figura N° 6.** Personal realizando el llenado de las cadenas de custodia, una vez terminado el muestreo.

### 1) Ficha de terreno y cadenas de custodia.

Se debe mantener una documentación adecuada, que implica el registro de las condiciones climáticas, ambientales, geográficas, etc. de cada estación de muestreo

en una **ficha de terreno**, la que habitualmente se realizan en planilla excel y deben completarse íntegramente, conforme los contenidos mínimos indicados en el Anexo "A". Un registro exacto de las actividades realizadas puede ayudar a resolver cualquier duda que exista con respecto a la muestra, además de contribuir a la trazabilidad de los resultados.

Posterior al muestreo, se deben completar las **cadenas de custodias**. Cada Gobernación Marítima cuenta con un block con páginas foliadas y autocopiativas, las que también pueden ser impresas conforme el Anexo "B". En las figuras N° 5 y N° 6, se detalla el registro en las fichas de terreno (en la embarcación) y el llenado de las cadenas de custodia (en tierra).

La descripción completa del lugar de muestreo puede ser complementada con fotos tomadas *in situ*. Una buena documentación fotográfica es la mejor manera de asegurar que cada sitio de muestreo es identificado correctamente. En caso de utilizar cámara fotográfica, se debe configurar para que la fecha y hora aparezca en la fotografía.

## **2) Identificación de las muestras.**

Todas las muestras deben ser etiquetadas con el nombre del punto de muestreo, fecha y hora del muestreo. Cada Gobernación Marítima cuenta con un rollo de etiquetas adhesivas, las que deben coincidir con la información detallada en las cartas de custodia y fichas de terreno respectivas.

## **VII. METODOLOGÍA DE MUESTREO.**

A continuación, se describen los pasos generales para realizar muestreos de sedimento mediante draga Van Veen de 0,05 m<sup>2</sup> de mordida, los que podrán ser ajustados en conformidad a las necesidades específicas de cada monitoreo, puesto que el dispositivo puede ser utilizado, tanto para realizar seguimiento frente a contingencias ambientales, como control de actividades de dragado. Además, se podrá reemplazar las labores de

buceo autónomo que se realizan durante las campañas del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) y de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) en aquellos casos que sea factible, dependiendo de la cantidad de estaciones, profundidades, tipo de sedimento de los cuerpos de agua, entre otros factores.

## 1) Georreferenciación.

El posicionamiento de la embarcación en los puntos de muestreo, se podrá realizar con metodología GPS, utilizando como sistema geodésico de referencia el Datum WGS 84, los husos horarios deben seleccionarse en función de la ubicación territorial y el sistema de proyección puede ser UTM (Universal Transverse Mercator) o coordenadas geográficas (Figuras N° 7 y N° 8). En caso de realizar lances con la draga desde tierra, muelles u otras plataformas, igualmente debe geo-posicionarse en el punto de muestreo y registrar la información en los documentos respectivos.

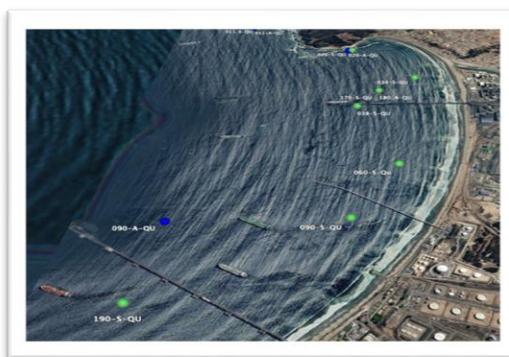


Figura N° 7



Figura N° 8

Figura N° 7. Georreferenciación en Google Earth de puntos de muestreo.

Figura N° 8. Coordenadas geográficas entregadas por embarcación naval.

## 2) Lance de la draga.

Se debe asegurar la línea principal (cuerda) al carrete de mano y este a su vez a la cadena de amarre, preferentemente, mediante un destorcedor para evitar movimientos no deseados durante el descenso y ascenso del equipo.

Dependiendo de las corrientes predominantes, vientos superficiales y de la profundidad de la muestra, se debe añadir o quitar pesos de plomo a la draga (Figuras

Nº 9 y Nº 10). Su finalidad es asegurar la boyantez del dispositivo y evitar, en lo posible, la deriva del mismo.



Figura N° 9

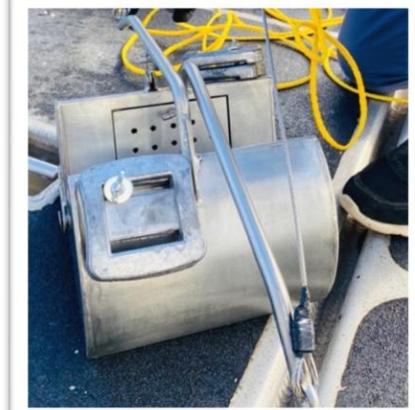


Figura N° 10

**Figura N° 9.** Detalle de los pesos de plomo especialmente fabricados para esta draga.

**Figura N° 10.** Pesos de plomo estándar de buceo, adaptables para uso en esta draga.

Una vez posicionado en el punto de muestreo, se deben abrir los brazos de acero de la draga y asegurar su apertura mediante el gancho o mecanismo de bloqueo, tal como se muestra en las figuras Nº 11 y Nº 12.



Figura N° 11



Figura N° 12

**Figura N° 11.** Draga con sus brazos abiertos, con mecanismo de bloqueo activado.

**Figura N° 12.** Detalle del mecanismo de bloqueo o gancho.

Se comienza el **descenso del equipo de forma constante, lenta y controladamente**, para evitar que el dispositivo se cierre anticipadamente y que gire sobre su eje (Figura N° 13). Al llegar a 1 metro sobre el fondo, se suelta en caída libre,

para que la mordida se entierre en el sedimento. **Al tocar el fondo, se le debe dar tirones y movimientos bruscos para que el mecanismo de bloqueo se suelte y se cierre la mordida**, obteniendo de esta forma un área aproximada de muestreo de 0,05 m<sup>2</sup> y a una profundidad de entre 10 a 20 cm, dependiendo del tipo de sedimento.

Una vez asegurado el cierre, podrían apreciarse burbujas en superficie, lo que daría indicios de que se cerró correctamente. Se procede a subir la draga, como se muestra en la figura N° 14. Durante el ascenso, podría perderse un poco de sedimento fino, esto podría deberse a que alguna piedra o conchilla que en el borde de la cuchara y no permitió su cierre completo. La pérdida de este sedimento no debiese ser significativo.



Figura N° 13

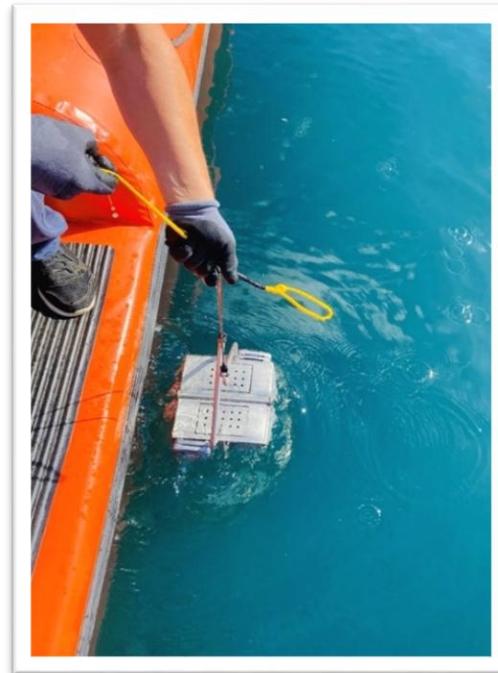


Figura N° 14

**Figura N° 13.** Descenso del equipo de forma controlada y lentamente.

**Figura N° 14.** Subida de la draga, la cual se debe encontrar cerrada.

### 3) Obtención de la muestra de sedimento.

Se sube la draga a la embarcación o plataforma de trabajo, tomándola mediante una de sus asas o brazos (Fotografía N° 15), pues de esta forma se asegura que se

mantenga cerrada. Se deja sobre la bandeja u otro accesorio para la recolección del sedimento obtenido.



**Figura Nº 15.** Toma segura de la draga para evitar que se abra anticipadamente.

#### **4) Mediciones *in situ* en la muestra de sedimento.**

Los equipos multiparamétricos disponibles en las Gobernaciones Marítimas, permiten realizar mediciones *in situ* en el sedimento de pH, temperatura y potencial de óxido-reducción.

Se deben iniciar las mediciones lo más pronto que sea posible. La exposición al aire debe evitarse o minimizarse para prevenir el ingreso de oxígeno al sistema y así no afectar las mediciones. Se abre una de las ventanas superiores (Figuras N° 16 y N° 17), se introduce rápidamente un material inerte de diámetro similar al sensor para hacer espacio a los **sensores de ORP y temperatura, e introducirlos en los primeros 4 cm de sedimento y se registran las lecturas** a los 30 segundos, pues debido a sus características, las mediciones, no se estabilizarán. Luego, se cambia el sensor de ORP por el de pH, y se introduce junto al sensor de temperatura, registrando la lectura.



Figura N° 16



Figura N° 17

**Figura N° 16.** Se observa una de las ventanas de la draga abierta, para la toma de mediciones.  
**Figura N° 17.** Detalle del sedimento recolectado, en donde se realizarán las mediciones.

Una vez terminadas las mediciones, se cierra la ventana y se vierte el sedimento en la bandeja (Figura N° 18). En caso de no obtener suficiente cantidad de muestra, se deberá volver a realizar el lance de la draga en el mismo punto de muestreo.

En cada réplica obtenida, se deben realizar mediciones de parámetros *in situ* con un equipo multiparamétrico (Figura N° 19). El valor final de temperatura, pH y ORP, será el promedio de las mediciones realizadas y será registrado en la ficha de terreno, sin embargo, para efectos de cálculos se descartarán los datos atípicos en ORP o pH, y no se debe considerar ninguna de las medidas restantes, asociadas a esa muestra.

a) **La importancia del pH:**

El valor del pH es la medida de la acidez o alcalinidad del sustrato. El pH afecta directamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La escala del pH tiene un rango que va de 0 a 14, siendo el 7 el valor neutral. Los números menores a 7 indican acidez mientras que los números mayores a 7 indican alcalinidad. La medición del pH indica la actividad de los protones y por tanto, es análogo

al potencial redox, pues este último, mide la actividad de los electrones, y por tanto, deben ser medidos paralelamente en una misma muestra.

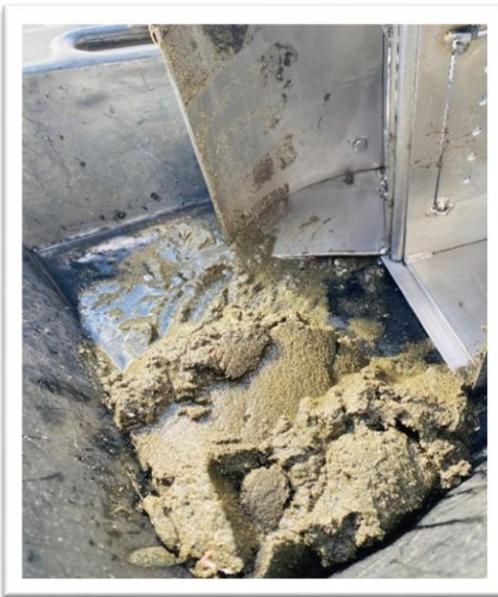


Figura N° 18

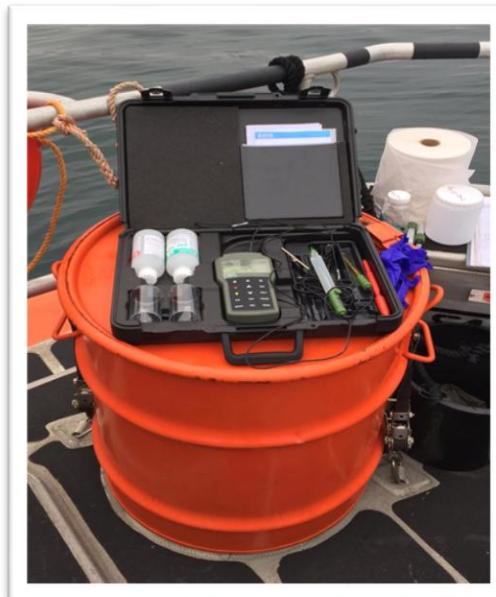


Figura N° 19

**Figura N° 18.** Disposición del sedimento en bandeja de goma receptora.

**Figura N° 19.** Equipo portatil multiparámetro para mediciones de temperatura, pH y ORP.

**b) La importancia del Potencial de óxido – reducción (REDOX):**

El procedimiento para medir potenciales REDOX, permite clasificar el sedimento a lo largo de un gradiente óxico (aeróbico) – anóxico (anaeróbico).

El potencial redox en sedimentos óxicos (potenciales > +200 mV) o hipóxicos (0 a +150 mV) no es controlado por reacciones de óxido-reducción únicas, por lo que suelen presentar una deriva continua del potencial del electrodo, por lo que una lectura constante no se establecerá en un tiempo corto. También suele ocurrir que pueden formarse capas de óxido sobre la superficie del electrodo, las que pueden modificar permanentemente los potenciales (Doyle, 1968).

Por su parte, si los electrodos son introducidos en sedimentos donde los potenciales son controlados por una o unas pocas reacciones redox, por

ejemplo, en sedimentos anóxicos profundos ( $< 0 \text{ mV}$ ), donde ocurre la sulfato-reducción y se acumulan sulfídrico/sulfuros, un potencial relativamente estable se puede alcanzar en 1 ó 2 minutos. En tales sedimentos, los potenciales medidos con electrodo de potencial Redox, tienen normalmente buena correlación con las concentraciones sulfídrico/sulfuros ya que la sulfato reducción predomina, reduciendo y controlando la actividad (Silva, 2010).

**Tabla N° 2.** Secuencia termodinámica de reducción de sustancias inorgánicas ( $\text{pH}=7$  a  $25^\circ\text{C}$ ) mediante consumo bacterial de oxígeno por descomposición de la materia orgánica. (Elaboración propia).

Reacción	$E_h \text{ (mV)}$	Interpretación ambiental de esta reacción química
Reducción (desaparición) de $\text{O}_2$	812	Ambiente aeróbico (sistema oxidante). consumo del oxígeno libre.
Reducción de $\text{NO}^{3-}$ (Nitrato) a $\text{NO}^{2-}$ (Nitrito)	747	La reducción de nitratos a nitritos se conoce como <b>desnitrificación</b> . Este sistema continúa siendo aeróbico, pero al existir una mayor demanda de oxígeno, se da inicio a la reducción del oxígeno molecular mediante la degradación de la materia orgánica.
Reducción de $\text{MnO}^{4+}$ (Permanganato) a $\text{MnO}^{2+}$ (Manganoso)	526	Ambientes oscilantes entre sistemas óxicos e hipóxicos, se produce la reducción del permanganato a óxidos de manganoso.
Reducción de $\text{Fe(OH)}^{3+}$ a $\text{Fe}^{2+}$	-47	Ambiente anaeróbico, bacterias consumen oxígeno a través de la reducción de hidróxidos de hierro.
Reducción de $\text{SO}_4^{2-}$ (Sulfato) a $\text{H}_2\text{S}$ (Ácido sulfídrico)	-221	En sustratos anaeróbicos ocurre la <b>reducción de sulfatos</b> a sulfuros o ácido sulfídrico (olor a huevo podrido)
Reducción de $\text{CO}_2$ (Dióxido de carbono) a $\text{CH}_4$ (Metano)	-244	El proceso de <b>metanogénesis</b> consiste en la reducción de $\text{CO}_2$ a metano y empieza únicamente cuando los sulfatos son agotados en el medio. Ocurren en ambientes anóxicos.

## 5) Características organolépticas de los sedimentos.

Las propiedades organolépticas son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos, como por ejemplo su sabor, textura, olor, color o temperatura. En los

sedimentos, resulta relevante, describir el color y olor de estos, pues facilita la interpretación de los análisis de carbono orgánico total y materia orgánica total. Se debe registrar en la ficha de terreno, el color y olor de la muestra.

**a) La importancia de identificar el olor:**

El ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), es un gas tóxico de olor inconfundible a huevos podridos. Se origina en la descomposición bacteriana de la materia orgánica, o bien a partir de emanaciones volcánicas y en zonas de alteración hidrotermal. Como producto de descomposición bacteriana, regularmente se encuentra en el fondo de los lagos o en ambientes marinos donde hay bastante materia orgánica de desecho y pobre oxigenación. También se asocia a algunas zonas costeras, donde se acumulan grandes cantidades de materia orgánica, que produce una reducción intensa del sulfato a sulfuro de hidrógeno (Stanier *et al.*, 1992).

**b) La importancia de determinar el color:**

Los colores resultan generalmente de pigmentaciones de alguna clase. Así por ejemplo, cuanto más oscuro sea el fango, mayor será su contenido en materia orgánica. La coloración de los limos o arcillas azules se forman en aguas donde el ambiente reductor favorece la formación de sulfuros ferrosos finamente divididos; los rojos deben su coloración a óxidos férricos; los amarillos, a los hidróxidos de hierro (limonita); los de color verde, a la presencia de glauconita, un hidrosilicato de hierro que se forma después del proceso de sedimentación. Los fangos de color negro son ricos en materia carbonosa, de origen orgánico, aunque eventualmente pueden contener óxidos de manganeso.

Sedimentos finos generalmente bien seleccionados, de coloración blanquesina o tonos grises indicarían la presencia de capas de ceniza. Los métodos de identificación normalmente utilizados, se basan en la impresión subjetiva del terreno, o bien, se utiliza una carta de colores estándar basado en el sistema Munsell, detallado en la Tabla N° 3 (Munsell, 2012).

**"PROTOCOLO PARA MUESTREO DE SEDIMENTOS CON DRAGA"**

**Tabla N° 3.** Sistema de notación Munsell y atributos cromáticos en húmedo y seco para identificación de colores (Domínguez, 2012).

Atributos	Suelo 1		Suelo 2		Atributos	Suelo 5		Suelo 6	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco		Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo oscuro Amarillo 10YR4/6	Amarillo 10YR7/6	Amarillo pálido 2.5Y7/3	Amarillo pálido 2.5Y8/2	Munsell	Amarillo pálido 5Y8/4	Amarillo pálido 5Y8/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR5/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR3/4
L*	42.36	48.60	71.59	83.32	L*	70.89	77.29	28.44	34.16
a*	15.23	13.82	6.02	3.57	a*	0.88	0.69	13.68	11.90
b*	28.15	29.08	19.25	14.02	b*	22.05	14.00	13.61	12.03
Color					Color				
Atributos	Suelo 3		Suelo 4		Atributos	Suelo 7		Suelo 8	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco		Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo olivo claro 2.5Y5/3	Gris pardo claro 2.5Y6/2	Pardo oscuro 7.5YR3/2	Gris 7.5YR5/1	Munsell	Olivo oscuro grisáceo 5Y3/2	Olivo grisáceo 5Y4/2	Pardo fuerte 7.5YR2.5/3	Pardo oscuro 7.5YR3/2
L*	51.95	61.89	34.09	49.66	L*	28.51	38.57	28.63	35.60
a*	4.62	3.35	6.92	4.14	a*	3.59	3.13	9.76	7.95
b*	17.23	14.37	5.76	4.15	b*	10.67	10.07	12.27	10.35
Color					Color				
Atributos	Suelo 9		Suelo 10		Atributos	Suelo 13		Suelo 14	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco		Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo olivo 2.5Y6/8	Amarillo 2.5Y7/6	Amarillo pálido 5Y7/3	Olivo pálido 5Y6/3	Munsell	Pardo amarillo claro 10YR6/4	Pardo amarillo 10YR5/8	Rojo pálido 2.5YR7/2	Rojo débil 2.5YR5/2
L*	58.27	65.78	57.80	67.51	L*	53.52	59.24	53.06	72.38
a*	8.38	6.05	3.13	2.41	a*	13.32	10.85	8.75	5.51
b*	31.40	25.60	22.63	18.93	b*	38.15	32.53	10.84	8.46
Color					Color				
Atributos	Suelo 11		Suelo 12						
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco					
Munsell	Amarillo pálido 2.5Y8/3	Amarillo 2.5Y8/6	Gris claro 5Y7/2	Amarillo pálido 5Y7/3					
L*	67.45	78.82	62.66	68.98					
a*	6.75	4.45	0.29	0.21					
b*	28.93	22.42	19.19	14.39					
Color									

## 6) Llenado de envases con muestras de sedimentos.

La bandeja de recepción de las muestras dragadas, debe ser cebada con el agua de cada punto de muestreo.

Una vez obtenidas las muestras y realizadas las mediciones correspondientes, se deben verter en la bandeja todas las réplicas obtenidas del mismo punto o estación de muestreo y se homogenizan, previo a su almacenamiento en los envases correspondientes. Al llenar los envases con sedimentos, se debe eliminar el agua sobrenadante.

Solo en el caso de que las muestras no puedan ser analizadas en un periodo corto de tiempo, deberían ser almacenadas en hielo (congelarse) o mantenerse refrigeradas (5 °C) por un máximo de 72 horas (Silva, 2010).

## 7) Transporte e integridad de las muestras.

El tiempo transcurrido entre la toma de muestra hasta su análisis en el laboratorio es crítico, ya que, independientemente del tipo de conservación utilizada, existe la posibilidad de una degradación de los compuestos de interés con el tiempo. Por esto, las muestras se envían al laboratorio dentro de las 24 horas de obtenidas. Los tiempos críticos de análisis para cada analito se basan en la NCh 411/3. Para asegurar la integridad de las muestras, los envases se almacenan en neveras con gel packs congelados, y son embaladas de tal forma que los envases de vidrio no queden juntos, sino que, intercalados con envases de plásticos y/o con geles packs.

### a) Cadena de frío:

Para asegurar la cadena de frío, se toman muestras de agua en un **envase testigo** de vidrio y/o de plástico, dependiendo si los envases de las muestras de sedimento son de vidrio o de plástico. En neveras, se almacenan las muestras de

sedimento, los testigos y los **geles packs** previamente congelados. Esto permite verificar la temperatura sin contaminar las muestras.

Terminado el muestreo diario, se entregan las muestras a personal de laboratorio, quienes deben medir la temperatura de cada uno de los testigos y registrarlo en la cadena de custodia.

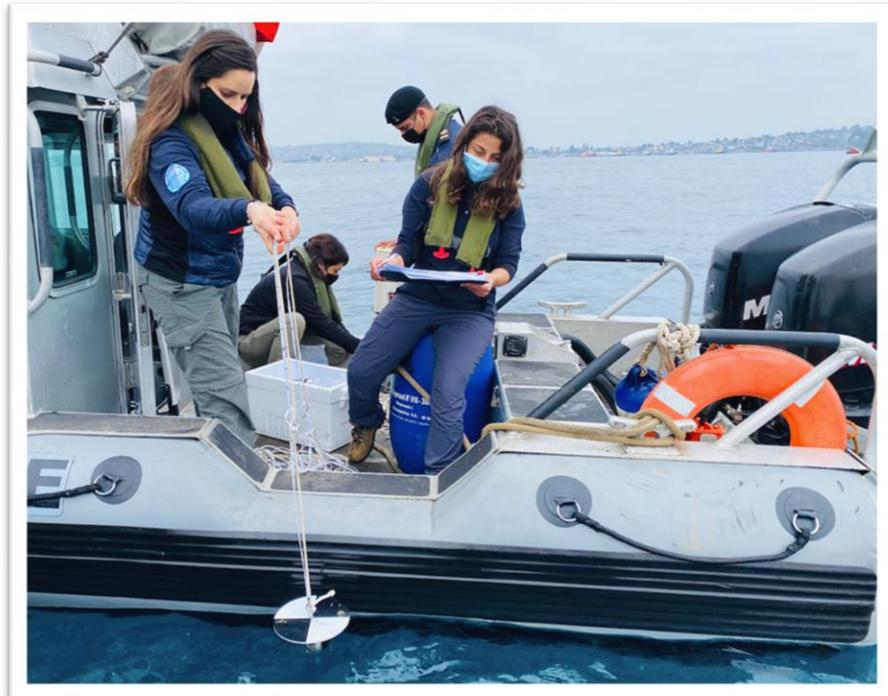
## 8) Mediciones en la columna de agua.

Adicionalmente, es recomendable realizar mediciones de parámetros *in situ* en la columna de agua de cada punto o estación de muestreo. Se utilizará un disco Secci para estimar la transparencia y un equipo multiparamétrico para mediciones de temperatura, conductividad y turbidez, oxígeno disuelto, pH y ORP, las características de estos equipos se detallan en el "Protocolo para el aseguramiento y control de calidad para la toma de muestras en terreno del Programa de Observación del Ambiente Litoral: Protocolo POAL".

### a) Disco Secci:

Las mediciones de **transparencia**, deben realizarse bajando el disco Secci desde el lado sombreado de la embarcación (figura N° 20), hasta que sea apenas perceptible. Esta profundidad debe registrarse al 0.5 m, más cercano. Luego, el disco debe continuar bajándose hasta que ya no sea visible y subirlo lentamente hasta donde sea apenas perceptible. Esta segunda profundidad también debe registrarse. Se debe **reportar el promedio de estas dos lecturas, al 0.5 más cercano**, como el valor de transparencia, restando la distancia que hay desde la superficie al borde de la embarcación.

Las lecturas del disco Secci, dependen de la iluminación disponible, y por lo tanto, varían con la hora del día, tipo y cobertura nubosa. Las lecturas del disco Secci, también varían con el observador, debido a diferencias en agudeza visual. Así, para estandarizar las lecturas, éstas se deben realizar por el mismo observador, en el mismo periodo horario del día (am o pm), se debe siempre incluir el nombre del observador en los registros de las mediciones.



**Figura N° 20.** Profesionales efectuando el descenso del disco Secci para estimar la visibilidad.

**b) Medidor multiparamétrico para agua:**

La sonda multiparamétrica marca HANNA permite registrar la **temperatura** y cuenta con un sensor para medir **conductividad** y **turbidez**, una sonda galvánica para medición de **oxígeno disuelto**, un electrodo de unión doble para medición de **pH** y **ORP**. El equipo debe estar previamente calibrados (Figura N° 21), objeto detectar oportunamente fallas o errores críticos, y asegurar mediciones confiables.



**Figura Nº 21.** Imagen general de los insumos utilizados para la calibración del equipo multiparamétrico para mediciones en la columna de agua.

Toda vez que se realicen mediciones *in situ*, se deben registrar los datos de acuerdo a lo establecido en la ficha de terreno (Anexo "A"). En la matriz acuosa, las **mediciones se deben realizar cada 5 metros**.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Contardo X. 2010. Anexo V, Análisis sedimentológico. Manual de evaluación de los informes ambientales de la acuicultura. Consolidado por Silva, N y Quiroga E. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. p. 110-126.

Domínguez, J., Román A., Prieto F., Acevedo O. 2012. Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.1. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. p. 141-155

Doyle, R. 1968. The origin of the ferrous ion-ferric oxide nerst potential in environments containing dissolved ferrous iron. American Journal of Science 266:840-859.

Panzarini, R. 1967. Comprendio de oceanografía física. Instituto de publicaciones navales. Primera edición. Buenos Aires, Argentina. 350 p.

Reineck, H. & Singh, I. 1980. Depositional sedimentary environments. Second, revised and updated edition. Springer-Verlag, Berlin, New York. 549 p.

Silva, N. 2010. Anexo VII, Laboratorio de análisis químico sedimento potencial Redox. Manual de evaluación de informes ambientales de la acuicultura. Consolidado por Silva, N y Quiroga E. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Stanier, R., Ingraham, J., Wheelis, M., Paintier, P. 1992. Métodos de la microbiología. Edición Reverté S.A. 3<sup>ra</sup> Edición España, vol 2 p. 24.

Wentworth C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments: Journal of Geology, v. 30, p. 377-392 New York y Toronto.