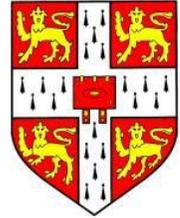




UNIVERSIDAD NACIONAL
DE CAÑETE



UCAM / UNDC

Proyecto Perú

Manual de laboratorio y trabajo de campo (edición en español)

Preparado por: J.Forrest, E.Barnes, M.Hunter y
con las aportaciones de otros, y la Universidad Nacional de Cañete, Perú,
septiembre 2022

(Traducción original por J.Porturas)

6era Edición © TFM, Depto.de Física, Universidad de Cambridge

Contenidos

Introducción- Planificación de investigaciones al campo

Sección 1 - Preparación de equipo de campo y su calibración

Sección 2 - Medidas de campo (cauce del río)

Sección 3 - Agua del río y muestreos de sedimento

Sección 4 - Pruebas de laboratorio

Sección 5 - Al final del trabajo de campo

Sección 6 - Glossario de términos

Sección 7 - Record de datos

Sección 8 - Evaluación de riesgos

Introducción – Planificación de investigaciones al campo

Organización de la recolección de datos

Es mejor recolectar los datos con un equipo de cuatro investigadores divididos en dos pares.

***Las tareas –**

a.Agua: muestras según el lugar.

b.Sedimentos (suspendidos, lecho y orillas): dos muestras cada lugar.

c.Pruebas de agua: pH, conductividad, temperatura del agua, temperatura del aire, total de sólidos disueltos, oxígeno disuelto, y potencial de reducción de oxígeno.

d.Datos del cauce del río: anchura, profundidad y velocidad.

e.Datos atmosféricos: temperatura y presión.

***División de tareas –**

-Las tareas **a** y **c** podrían ser llevadas a cabo por un par de investigadores.

-Las tareas **b** y **d** podrían ser llevadas a cabo por el otro par de investigadores.

Sección 1: Preparación (configuración) del equipo y calibración

La calibración del equipo es para asegurar que las medidas son precisas. Compruebe el correcto funcionamiento de cada elemento del equipo y calíbrelo de acuerdo con los siguientes procedimientos antes de iniciar una visita de campo.

Todo equipo que tiene o usa baterías (pilas) debe revisarse o cambiar las pilas **antes** de su uso.

Seguridad: siempre usar guantes, gafas y chaqueta de laboratorio durante la investigación. Leer las páginas de riesgos (**Ver el Apéndice**) antes de empezar.

1.1. Hanna Multiparameter (HI98194)

Mediciones: pH, conductividad, total disuelto sólidos (TDS), oxígeno disuelto (OD), presión atmosférica y la temperatura de agua.

Equipo y materiales:

Hanna Multiparameter (HI98194) y accesorios; Llave Allen (para sacar las sondas); sonda pH extra; sonda DO extra; sonda EC extra; OD membranas; solución de calibración de Conductividad (HI70031); solución de Electrode (HI7042S); solución de calibración rápida; sulfato de sodio; pH 4.01 buffer (HI70004P); pH 7.01 buffer (HI70007P); pH 10.01 buffer (HI70010P); pilas (AAA); agua estilada; solución de almacenamiento de Electroodos (HI70300);

Chequeo y acción:

***Llave Allen:** disponible para quitar/apretar las sondas.

***Pilas:** el chequeo de las baterías (AAA) es automático.

***Conexión de la sonda:** comprobar la conexión.

***Las sondas están sucias o secas:** (ver más abajo).

Calibración:

i. **Desenrosque** el contenedor de almacenamiento y **deseche** la solución de almacenamiento.

NOTA. Tenga cuidado de eliminar la solución de almacenamiento de forma adecuada.

ii. **Retire** las tapas de las sondas / sensores y enjuague las sondas / sensores en agua destilada.

Nota: si no se utiliza durante mucho tiempo, la sonda de pH/ORP deberá cambiarse.

Nota: después de una prolongada falta de uso, la membrana de OD necesitará ser cambiada - siga las instrucciones que vienen con la nueva 'membrana de OD'.

iii. **Utilice** el cepillo suministrado para **eliminar** los depósitos / sedimentos en la sonda / sensores que se hayan acumulado durante el almacenamiento.

Nota: En los sensores de pH/ORP pueden acumularse depósitos de sal después de largos períodos de almacenamiento. Estos depósitos deben eliminarse por completo con un cepillo y agua destilada. Puede ser necesario dejar la sonda en una solución de sulfato de sodio durante una hora si los depósitos permanecen.



iv. Encienda el multiparámetro pulsando el botón rojo.

v. Confirme que el multiparámetro está leyendo todas las sondas/sensores de una en una pulsando el botón con el punto blanco (arriba a la izquierda).

Utilice las flechas para **desplazarse** hacia abajo y compruebe que la sonda/sensor está registrando cada lectura.

vi. Seleccione "Menú" y desplácese hasta "**Calibración**".

vii. Opción 1: Seleccione "Calibración rápida"

NB. seleccione esta opción sólo si el equipo se ha utilizado recientemente, o sólo se ha comprobado. Si no se ha utilizado durante muchas semanas/meses, entonces se requiere una calibración completa.

***Llene** un recipiente (tubo de ensayo ancho: lo suficiente para que quepan todas las sondas) de forma que esté lleno en un tercio con la "solución de calibración rápida" y coloque las sondas en el recipiente.

***Espere** hasta que **se confirme** en la pantalla que cada sonda/sensor está calibrado (listo).

***Saque** las sondas/sensores del recipiente y manténgalos en el aire hasta que **se confirme** de nuevo en la pantalla que cada sonda/sensor está calibrado (listo).

NB. Esto es especialmente importante para la calibración de la sonda de oxígeno: mantenga la sonda muy cerca (casi tocando) de la superficie del agua para calibrar el aire húmedo.

***Seleccione 'Tick'** (arriba a la izquierda - botón de punto blanco) cuando haya terminado. El multiparámetro está ahora listo para su uso.

viii. Opción 2: Seleccione "Calibración de un solo parámetro" (antes de comenzar en el campo)

***Seleccione** el parámetro de interés: pH, ORP o %DO y siga las instrucciones utilizando los fluidos 'buffer' correctos.

NB. Antes de seleccionar cada parámetro, se debe **seleccionar** la opción "**Factory reset**".

-pH: seleccione "**Calibrar pH**" y después '**Factory reset**' - realice una **nueva** calibración utilizando hasta 3 buffers (pH 4.01, 7.01, 10.01 o un buffer personalizado).

-ORP: la calibración **no** suele ser necesaria para un nuevo sensor de ORP, pero el proceso establece una línea de base que puede utilizarse como comparación para futuras validaciones. La calibración se utiliza para compensar los cambios debidos a la contaminación de la superficie de platino y a la deriva del electrodo de referencia.

NB. También se puede realizar una calibración relativa en mV para eliminar la tensión atribuible al electrodo de referencia Ag/AgCl (para mostrar el ORP frente a un SHE (electrodo de hidrógeno estándar)). Esto es realmente una corrección aritmética y es correcta sólo a la temperatura estándar. Por ejemplo, la solución de prueba HI7022 lee 470 mV a 25 °C frente a la referencia Ag/AgCl. El ORP mV frente a un SHE sería de 675 mV (añadir 205 mV al valor observado).

-%OD: aunque puede ser más fácil calibrar el sensor de OD antes del despliegue, se aconseja calibrarlo en el lugar de despliegue. Pueden producirse errores de medición si la altitud y la presión barométrica difieren entre el lugar de calibración y el de medición. La sustitución de la tapa de la membrana y del electrolito es la mejor manera de realizar el mantenimiento periódico, ya que la limpieza probablemente dañará la membrana.

-EC: la calibración es automática.

*Para **sustituir** la tapa de la membrana y la solución electrolítica

-**retirar** el capuchón de la membrana existente;

-**sumergir** la sonda en la solución electrolítica durante varios minutos;

-**limpiar** el extremo de la sonda según sea necesario para eliminar cualquier acumulación;

-**enjuagar** la sonda con solución electrolítica;

-**llenar** (completamente) la tapa de la membrana con solución electrolítica;

-**golpear** firmemente la tapa de la membrana varias veces para asegurarse de que las burbujas de aire se liberan. Esto puede comprobarse asegurándose de que -

-no se ven burbujas de aire a través de la membrana;

-la membrana no esté arrugada;

-el extremo metálico de la sonda sea visible a través de la membrana.

-**coloque** el pequeño anillo de goma de la tapa de la membrana;

-**colocar** la sonda en la tapa de la membrana y **apretar** con cuidado (**no** apretar demasiado);

Por último, **sumerja** todas las sondas en el recipiente protector de la sonda multiparamétrica lleno de una solución de sulfito de sodio (1gr : 100ml) para **calibrar** todas las sondas. La solución debe **agitarse** bien y **dejarse reposar** durante 10 minutos.

La sonda de OD tarda en estabilizarse, pero debería hacerlo al "0%" o cerca de él. **Saque** las sondas del líquido y **agítelas** suavemente para **eliminar** el exceso de líquido. **Mantenga** la sonda justo encima de la solución y debería estabilizarse en un 70% aproximadamente. **Vuelva** a sumergir las sondas en la solución para confirmar que el % de OD es del 0%.

Sección 2: Medidas del agua y sedimentos del río

Seguridad: use guantes y EPI apropiados cuando tome muestras. Lea las etiquetas de las botellas para adivina los conservantes químicos y lea las evaluaciones de riesgo para una manipulación segura (Ver el Apéndice).

Importante: Los objetivos en el muestreo de agua y sedimentos son obtener muestras que sean verdaderas representaciones del agua o los sedimentos en el punto de recolección. Eso significa preservar la muestra de acuerdo con las pautas dadas a continuación y evitar cualquier posible contaminación. Por favor, siga cuidadosamente las siguientes pautas.

2.1. Muestreo de agua

-**recolectar** 1-2 litros de agua por sitio en botellas de HDPE pre-limpiadas (500 ml) (limpiadas con ácido hidroclicórico al 1% si es disponible y agua destilada).

-**enjuagar** las botellas de HDPE con agua de río en el sitio antes de recoger la muestra.

-**enjuagar** los frascos para su reutilización con una solución de ácido clorhídrico (1%), si se dispone de ella, y agua destilada hasta alcanzar un pH7. **Utilice** papeles de pH para comprobar que los frascos tienen un pH neutro (pH 7.0) y que no acidifican ninguna muestra.

-**preparar** las submuestras de la siguiente manera:

- Para **metales pesados, pruebas de aniones y cationes, y pruebas generales**, las muestras de agua deben filtrarse. Para ello, **recoja** el agua en botellas de HDPE y **guárdelas** en tubos de ensayo de PP o botellas de HDPE **después del filtrado** (consulte las secciones A - C para obtener instrucciones sobre el filtrado).
- Para las pruebas **DOC, biológicas, de pesticidas, de nitrógeno total** y de **fosfato total**, las muestras de agua **no** deben filtrarse. **Recolecte** las muestras directamente en el tubo de muestra de PP o en la botella de HDPE.
- **Recolecte** otros 500 ml de agua de muestra **filtrada**, para las pruebas de **alcalinidad y nitrato** en el laboratorio.

Notas:

-es necesario utilizar **ácido nítrico** para estabilizar las muestras para las pruebas de **metales**. El ácido debe comprarse **ultrapuro** (<99,99% de base de metales traza) o destilado en el laboratorio (es mejor el doble destilado, pero el simple está bien). Si se utiliza ácido nítrico concentrado, la molaridad es de unos 15M y sólo se necesitan unas 2-3 gotas por cada 60 ml de muestra. La muestra debe tener un pH lo más cercano posible a 2. **Compruébelo** con papel de pH.

Por razones prácticas y de seguridad, añada el ácido nítrico a los tubos de ensayo en el laboratorio.

NB. Esto debe ser suministrado con instrucciones para su uso por SGS.

-si el **ácido nítrico** no está disponible, la muestra debe **filtrarse in situ** directamente en los tubos de ensayo. Las muestras deben trasladarse al laboratorio de análisis en un plazo de dos semanas, donde las muestras de metales y cationes deben acidificarse para garantizar que todos los materiales adsorbidos o precipitados vuelvan a la solución.

NB. Si las muestras de **cationes y aniones** se analizan **juntas**, **NO** se debe acidificar la muestra. Esto anulará el análisis de aniones.

-los tubos / frascos para pruebas de pesticidas pueden contener *tiosulfato de sodio* que puede ser **irritante** (Vea el Apéndice: Evaluación de riesgos para el muestreo, la preservación).

-**utilice** siempre el frasco / tubo correcto para las muestras, ya que son específicas para el componente que se está probando. Los tubos de plástico no pueden ser reemplazados por unos de vidrio y viceversa. No se debe permitir que los conservantes químicos contaminen de forma cruzada las muestras.

-**no utilice** botellas / tubos que no se suministran para esta visita de campo. Pueden contener productos químicos vencidos o no haber sido limpiados para este propósito, causando la contaminación de las muestras.

-**no enjuague** los tubos de ensayo de muestras / botellas pequeñas previamente sin usar con la muestra o el agua destilada antes de introducir la muestra.

Preparación de muestras filtradas:

La filtración se utiliza para eliminar la turbidez debido a cualquier partícula / sedimento orgánico e inorgánico y materiales biológicos para preservar la muestra de la degradación.

A. Usar un portafiltro

Equipo y materiales: portafiltros Swinex; empaquetadora; membranas de filtro de 0.20µm; agua destilada; pinzas; placas de Petri;

Montaje del equipo:

-**separar** las dos secciones del portafiltro y **enjuague** con agua destilada.

-**separar** un papel de filtro blanco de los discos / cubiertas de protección azules, sin dañar el filtro, y **colóquelo** dentro de la unidad de filtro con unas pinzas.

-si hay una redacción o una cuadrícula impresa en el filtro, debe estar orientada hacia arriba.

-**colocar** el anillo de goma "O" en la parte superior del papel de filtro y **atornille** las dos secciones entre sí.

-**acoplar** el portafiltro al tubo para bomba o a la jeringa siguiendo las Secciones B y C.



fijar el tubo de silicona en este extremo del filtro

Figura: (izquierda) portafiltro Swinex con dos secciones atornilladas. El tubo de entrada / jeringa está conectado a la parte inferior (ver la foto); **(medio)** portafiltro Swinex con la sección de retención del filtro abierta; **(derecha)** Las pinzas se utilizan para colocar y retirar el filtro en el portafiltro.

(Tenga en cuenta que la última foto muestra un portafiltro de laboratorio, que es diferente a un portafiltro Swinex)

Después de filtrar muestras de un sitio:

-pesar la botella vacía antes de bombear el agua en ella. **Pesar de nuevo** con el agua filtrada dentro. **Registrar** en la hoja de datos de campo.

-abrir la unidad de filtro y **retire** el papel de filtro con unas pinzas y **colóquelo** en una placa de Petri (mantenga solo el primer papel de filtro por sitio, si se usa más de uno).

-escribir claramente en la placa de Petri el número de sitio, el nombre, la fecha y la cantidad de agua que ha pasado por el filtro (por ejemplo, 213ml).

-use agua destilada para **limpiar** la unidad de filtro antes y después de cada sitio.

-dejar que el papel de filtro **se seque naturalmente durante la noche** (tapa parcialmente cubierta) y **selle** la placa de Petri con parafilm **al día siguiente**.

B. Usar una bomba peristáltica

Equipo y materiales:

Bomba peristáltica Geotech; Cable de alimentación combinado de AC/DC; batería recargable; Cable de alimentación de DC con conectores de batería de automóvil; tubo de silicona; agua destilada; Botella de HDPE de 500ml; Portafiltro Swinex con una nueva membrana insertada (Consulte la sección A más arriba); tubos/botellas para recoger muestras filtradas; Botellas de HDPE (1 litro) (1 o 2).



Montaje del equipo:

***Verifique** que el botón de encendido / apagado de la bomba esté en la posición de apagado. **Conecte** los cables de alimentación al suministro de 12 VDC en la parte posterior de la bomba;

***Levantar** la palanca en el cabezal de la bomba y **muévela** hacia la izquierda para abrir el cabezal de la bomba;

***Colocar** el tubo a través del cabezal de la bomba;

***Mover** la palanca hacia la derecha para bloquear y cerrar la cabeza de la bomba con el tubo dentro de ella;

***Colocar** el portafiltro Swinex, con una **nueva membrana para cada sitio**, a la tubería de silicona (si el filtro se atasca, se puede necesitar más de un filtro de papel para un sitio. Esto se puede minimizar al asegurarse de que haya No hay partículas grandes y flotantes en la muestra recolectada).

Filtrando la muestra:

- recolectar** 1-2 litros de muestra de agua en botellas de HDPE.
- pesar** la botella de recogida de muestras vacía en la que se filtrará la muestra (p.e. los metales).
- colocar** el extremo izquierdo del tubo de silicona en la botella de HDPE.
- colocar** el extremo derecho del tubo de silicona en el tubo/botella de recolección de muestras.
- ajustar** la dirección de la bomba en "avance" con el botón "atrás / adelante".
- encender** la bomba y **ajustar** la velocidad a 3-4 (marcada en el dial).
- Una vez llenado la botella de recogida de muestras, **vuelva a pesar** la botella de recogida de muestras y **calcule** el nuevo peso/volumen aproximado de agua en la botella.
- etiquetar** la botella de recogida de muestras con el nº de emplazamiento, el nombre, la fecha y **la cantidad de agua que contiene la botella. Apriete** bien el tapón y **asegúrelo** con parafilm.
- repita** los pasos anteriores para la siguiente muestra (ie.la DQO).
- si hay muchos sedimentos, el papel de filtro puede **obstruirse**, en cuyo caso **retire** el papel de filtro siguiendo el procedimiento que se indica a continuación y **utilice** un nuevo papel de filtro.
- NB.** Es necesario conservar todos los papeles de filtro utilizados en un sitio.-después de recoger todas las muestras de agua filtrada para el sitio, **apague** la bomba.
- después de recoger todas las muestras de agua filtrada para el sitio, **apague** la bomba.

Después de filtrar muestras:

*** Mantener el papel de filtro –**

- retirar** la mitad inferior del filtro Swinex asegurándose de no torcer el tubo de silicona.
- retire** el papel de filtro con unas pinzas y **colóquelo** en una caja de Petri etiquetada con el número del sitio, el nombre, la fecha y **la cantidad total pesada de agua** que ha pasado por el filtro (por ejemplo, 213 ml).
- deje** que el papel de filtro **se seque de forma natural durante la noche** (con la tapa parcialmente cubierta) y **selle** la caja de Petri con parafilm **al día siguiente**.
- NB.**si se utiliza más de un papel de filtro debido a la gran cantidad de sedimentos presentes, siga este procedimiento para todos los papeles de filtro utilizados.

*** Limpieza del tubo de silicona -**

- coloque** un extremo del tubo en una botella de agua destilada.
- encienda** la bomba mientras mantiene un recipiente de residuos en el extremo derecho del tubo para recoger el agua que limpia el tubo y la parte superior del soporte Swinex. Ahora el tubo está limpio y listo para su uso en el siguiente sitio;
- la tubería se puede reutilizar en los sitios siempre que se siga este procedimiento y no muestre daños mecánicos;

Nota: mantenga el tubo limpio y libre de polvo durante el transporte entre los sitios.

C. Usar una jeringa:

Equipo y materiales: jeringa de 50ml (1 por sitio); Portafiltro Swinex con una nueva membrana insertada (Consulte la **Sección A** más arriba); tubos / botellas para recoger muestras filtradas; Botellas de HDPE de 1 litro (1 o 2);

-llenar una jeringa nueva con la cantidad necesaria de agua de una botella de HDPE de 1 litro;

-colocar la jeringa en la entrada superior del filtro Swinex;

-colocar un tubo de PP limpio de botella de HDPE para recoger la muestra filtrada y comprima la jeringa hasta que la cantidad requerida de agua haya sido filtrada;

-una vez que la muestra de agua se haya agregado al tubo de recolección de muestras, la tapa debe estar completamente apretada y luego asegurada con parafilm;

Nota: Use una jeringa nueva para cada sitio, ya que la limpieza adecuada de la jeringa puede ser difícil.

Toma de muestras para prueba de metales pesados

En el caso de las muestras de agua destinadas al análisis de "metales", la muestra de agua debe guardarse en tubos de ensayo de plástico que contengan 0.5 ml o 3 gotas de ácido nítrico (70%, 99,99% de base de metales traza), según proceda, para llevar la solución a un **pH de 2**.

Nota: experiencias pasadas indican que los cambios de presión atmosférica en la altitud pueden causar que el **ácido nítrico escape** de los tubos de ensayo, si estos han sido prellenados.

En este caso, debe seguirse el siguiente procedimiento –

-se debe llevar una botella de ácido nítrico bien cerrada, regularmente monitoreada y cuidadosamente almacenada durante las visitas de campo.

-solo una persona debe ser designada y responsable del manejo de la botella del ácido nítrico en todo momento.

-el ácido nítrico debe añadirse sólo a tubos de ensayo en condiciones controladas, en línea con los procedimientos de evaluación de todo riesgo, con una pipeta (ver la sección 'Uso de pipeta').

-ácido nítrico debe añadirse en primer lugar a los tubos de ensayo y la muestra de agua añadir posteriormente con una pipeta.

-una vez que la muestra de agua se ha añadido al tubo de ensayo, la tapa debe ser bien ajustada y luego asegurada con *parafilm*.

2.2. Muestreo de sedimentos

A. Recogida de muestras de sedimentos

***Equipos y materiales:** contenedores para muestras (pequeños); o bolsas de plástico (pequeñas: 2-3 por sitio); cuchara/espátula/pala; rotulador; guantes;

***Colección de las muestras:**

-recoger muestras de sedimentos en todos los sitios si es posible, del **lecho del río** (permanentemente bajo el agua) y de **las orillas** (raramente bajo el agua);

-La muestra debe consistir en material **más fino**: limo/arena. Si es posible, tome la muestra justo por debajo de la superficie del lecho del río o de la orilla. Llene el recipiente con la muestra hasta una profundidad de aproximadamente 3cms;

-**Lecho del río: recoja** una muestra de un lugar tan alejado del canal como sea práctico (seguro);

-**Orilla del río: recoger** una muestra de un lugar **más alto** de la orilla o de la ribera del lago que se vea claramente afectado ocasionalmente por el río cuando está en crecida;

-**Deje** reposar el contenedor/bolsa y **escurra** la mayor cantidad de agua posible antes de sellarlo;

-**Sellar** el contenedor/bolsa con *parafilm* y **etiquetar** claramente el contenedor con el número del sitio, el nombre del sitio, la fecha y la hora de la recogida.

B. Registro del tamaño de los sedimentos

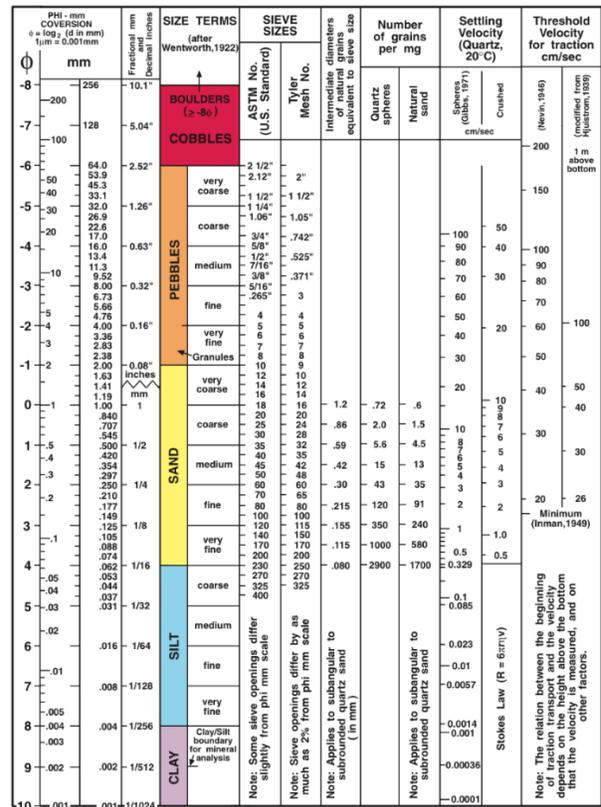
Durante la visita, es necesario registrar el tamaño del sedimento que ocupa el canal del río.

Los datos sobre el **tamaño de los sedimentos** se registran por observación con referencia a la tabla de **escala de sedimentos de Wentworth** - véase más abajo.

Se debe hacer una estimación del porcentaje aproximado de los principales tipos de sedimentos (cualitativos, no cuantitativos) que ocupan el cauce del río. Se debe emplear la terminología indicada en la tabla de la escala de sedimentos de Wentworth (por ejemplo, 50% de arena fina, 50% de guijarros finos-medios).

Estos datos se pueden volver a comprobar posteriormente consultando las fotografías tomadas del cauce.

Material	Size
Sand	<2mm
Gravel	2mm – 15mm
Pebbles	15 – 60mm
Cobbles	60 – 250mm
Boulders	250mm+



Sección 3: Medidas de campo y pruebas

3. 1 Medidas fisicoquímicas

Los parámetros tales como pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y ORP en muestras de agua dependen de muchos factores ambientales que incluyen la presión del aire, la temperatura y la actividad bacteriana. Por lo tanto, estos parámetros son altamente susceptibles a cambios rápidos después de la recolección. Las mediciones deben tomarse en el sitio para garantizar valores precisos para estos parámetros. Las mediciones se muestran en tres pantallas del multiparámetro.

Todos los medidores deben calibrarse de acuerdo con la **Sección 1** antes de tomar las medidas.

1. Hanna Multiparameter (HI98194)

Mediciones: pH, conductividad, total disuelto sólidos (TDS), Oxígeno disuelto (OD), Presión atmosférica y la temperatura de agua.

Equipo y materiales: Hanna Multiparameter (HI98194) (calibrado); agua destilada; tejidos;

Montaje del equipo:

-**limpiar** el electrodo con agua destilada, asegurándose de que el agua entre en el espacio al final del sensor, para eliminar cualquier residuo de la solución salina en la que está almacenada.

-la sonda (electrodo) se puede sumergir directamente en el río / lago para hacer las medidas.

A. Medición de pH:

***Unidad de medida:** pH

-**colocar** el extremo del sensor en el agua, asegurándose de que esté completamente sumergido en el agua.

-**seleccionar** el modo 'pH'.

-**esperar** hasta que desaparezca la pantalla "inestable" y luego **lea** el resultado.

B. Medición de la conductividad eléctrica (CE):

***Unidad de medida:** rango bajo ($\mu\text{S}/\text{cm}$), rango alto (mS/cm)

-mientras el extremo del sensor está en el agua [Ver más arriba], **seleccione** el modo "conductividad".

-**esperar** hasta que desaparezca la pantalla "inestable" y luego **lea** el resultado.

C. Medición de sólidos disueltos totales (SDT):

***Unidad de medida:** Alta (ppt) / Baja (ppm)

-**mantenga** el sensor en el agua [Ver más arriba], **seleccione** el modo 'SDT / TDS'.

-**esperar** hasta que desaparezca la palabra "inestable" en la pantalla y luego **lea** el resultado.

D. Medición de oxígeno disuelto (OD):

***Unidad de medida:** % y mg/l de DO

-**mantenga** el sensor en el agua [Ver arriba], seleccione el modo '**DO**'.

-**espere** hasta que desaparezca la indicación 'inestable' y luego **lea** el resultado.

E. Medición de ORP:

***Unidad de medida:** mV

-**mantenga** el sensor en el agua [Ver arriba], seleccione el modo '**ORP**'.

-**espere** hasta que desaparezca la indicación 'inestable' – puede durar 5 minutos - y luego **lea** el resultado.

F. Medición de la temperatura del agua:

***Unidad de medida:** °C (grados centígrados)

-**mantenga** el sensor en el agua [Ver arriba], seleccione el modo '**Temperatura del agua**'.

-**espere** hasta que desaparezca la indicación 'inestable' y luego **lea** el resultado.

G. Medición de la presión atmosférica (presión atmosférica):

***Unidad de medida:** mbar

-la presión atmosférica se muestra cuando se enciende el medidor. **Lea** el valor.

Después de las mediciones:

-**limpiar** las sondas con agua destilada inmediatamente después de su uso.

-**recoloque** la tapa de plástico en el sensor de pH para protegerlo.

-**almacenamiento:** cuando termine de utilizar el multiparámetro, **coloque** un poco de solución de almacenamiento (1 cm) en el recipiente de almacenamiento para mantener húmedos todos los sensores y atornille el recipiente de almacenamiento al multiparámetro.

2. Tiras de prueba de alcalinidad y medidor de mano

A. Tiras de prueba de alcalinidad

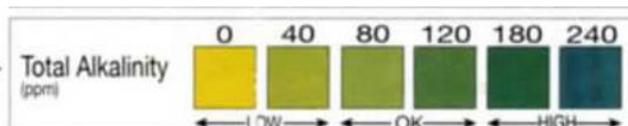
Equipo: Tiras reactivas (p.e. Lamotte)

-**se utilizan** como las tiras de pH y se sumergen

en la muestra. Las tiras reactivas están diseñadas para ser leídas inmediatamente después de ser sumergidas en la muestra.

-**Registre** cuál de las opciones (es decir, 0, 40, 80, 120, 180, 240 mg/L (ppm)) se indica en la escala.

-si el color tiende hacia el siguiente punto de la escala, esto sugiere que el verdadero resultado podría estar entre los dos puntos de la escala, **registre** la lectura más baja con un signo "+".



B. Probador de alcalinidad Hanna

Equipo: Hanna Colorímetro de alcalinidad de agua dulce HI-775 - Checker®HC, Kit de reagent, Pilas (AAA),

-**Ponga** a 'cero' el Checker®HC **colocando** el vial vacío dentro del comprobador y **pulsando** el botón.

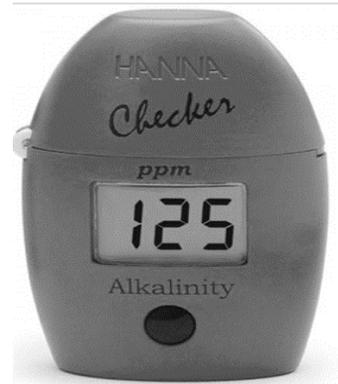
-**Sacar** la ampolla, **añadir** la muestra de agua hasta la línea en el vial y pulsar el botón.

-cuando se le indique, **retire** el vial y **añada** 10 ml de reactivo con la pipeta suministrada.

-**Vuelva a colocar** el vial en el Checker®HC, **pulse** el botón y lea el resultado.

-Después de cada uso, **limpiar** bien el vial con agua destilada.

NB: Compruebe después de cada visita que hay suficiente reactivo.



3.2. Mediciones de la tasa de descarga del río

Seguridad: siempre que sea posible, evite entrar al río. Las mediciones deben tomarse mientras se está en el agua del río **solo** si el río es **poco profundo**, el lecho es resistente y el caudal es lento.

Teoría: la tasa de descarga de agua se calcula utilizando la velocidad ($v_1 - v_5$) y la profundidad ($d_1 - d_5$) medidas a intervalos iguales a lo largo de una sección transversal seleccionada (ver figura abajo) del río.

Para esto, primero seleccione una sección adecuada del río. Tome una medida de ancho, calcule los intervalos para las mediciones de profundidad y velocidad, y mida la velocidad y la profundidad en estos intervalos (consulte la figura a continuación).

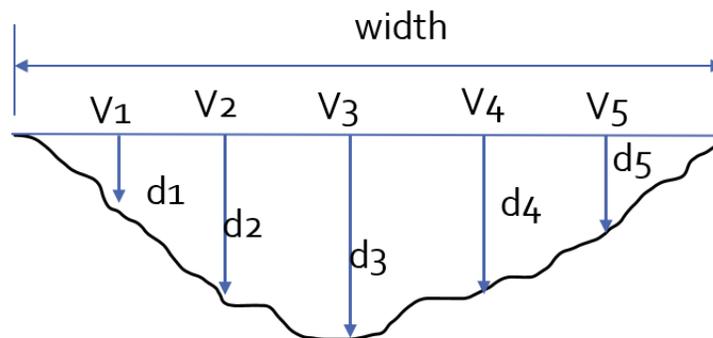


Figura: una sección transversal del río que muestra los puntos donde las mediciones necesitan ser tomadas

1. Ancho del río

Estas mediciones pueden realizarse con una cinta métrica o con un distanciómetro láser telescópico.

*Medición: metros (m)

A. Usando una cinta métrica:

-colocar la cinta métrica en un **ángulo de 90°** a la orilla del río.

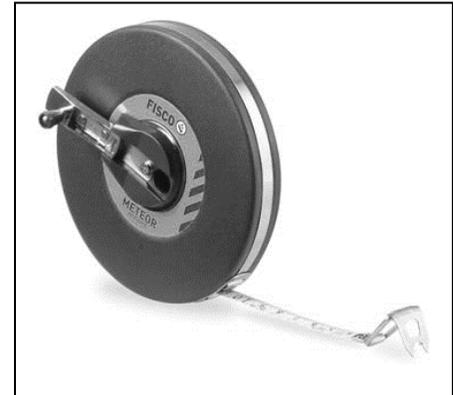
-medir el ancho desde el punto de un lado del río donde el **agua toca la orilla** hasta donde toca la orilla en el otro lado, **a través de la superficie** del río.

-si la orilla es **fangosa**, la medida tendrá que hacerse desde donde la superficie del agua actual está en contacto con la orilla firme.

-si la orilla tiene una **proyección**, la cinta métrica debe ser colocada bajo el alero de donde la superficie del agua está en contacto con la orilla firme.

-asegurarse de que la cinta se tira firmemente **justo por encima de la superficie** y no se arrastra bajo el agua.

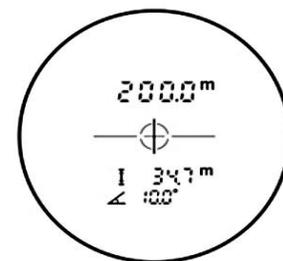
-si el ancho del río se compone de **más de un solo cauce** (trenzado), entonces el ancho de todos los cauces tiene que medirse para obtener el ancho total. También, se debe medir la profundidad y velocidad en cada lecho.



B. Usando Laser Works LW600SPI (600m 6 x) monocular telescopio medidor laser (Foto 2):

Usar este método cuando el río no es muy ancho y/o es difícil llegar al otro lado del río.

Teoría:



-el medidor mide tanto la altura como la distancia si el láser se proyecta en ángulo. Para mediciones de ríos, **mantenga el ángulo del láser a cero**.

Método:

-encender el medidor.

-pararse al borde de la orilla del río, o sea donde el agua toca la orilla.

-apuntar el medidor a un **ángulo de 90°** a la orilla opuesta, donde el agua toca la orilla.

Nota: usted debe agacharse para obtener una adecuada alineación adecuada justo por encima de la superficie del río = un ángulo de 0°.

-**mantener** el medidor **muy estable** y presionar el botón '**mode**'.

-**mirar** por el ocular hasta que aparezca la letra '**Y**' en la pantalla.

-**pulsar** el botón '**on/off**' y se visualizará en la pantalla el ancho, en metros.

-**repetir** 2-3 veces para confirmar el resultado.

*Véase también la guía en la **Sección A**.



C. Usando un Caudalímetro OTT MF Pro

(Véase la sección 4 "Descarga" más abajo)

2. Profundidad del río

***Medición en: metros (m)**

A. Usando una regla métrica

Una medición de profundidad no dará una verdadera medida de la profundidad a través del cauce del río. Por lo tanto, es mejor realizar **5** mediciones y luego calcular la profundidad media.

-**dividir** la medida del ancho del río entre **seis** para obtener **cinco** lugares en el que se mida la profundidad en seis intervalos iguales a través del río (es decir: el ancho = 12.0 metros; $12.0 / 6 =$ cada 2.00 metros).

-**usar** una regla de un metro para medir la profundidad del **agua**.

-**no empuje** la regla dentro del lecho(sedimentos) del río.

-**sostener** la regla **verticalmente** y leer la profundidad.

B. Usando un Caudalímetro OTT MF Pro

(Véase la sección 4 "Descarga" más adelante)

3. Velocidad

***Medición: metros / segundo (m/s)**

A. Método de 'Flowmeter': sólo se adapta a los canales pequeños.

-las grabaciones se deben **tomar** en los mismos puntos que las medidas de profundidad a través del río.

-**colocar** el medidor en el río desde la superficie a **40% de la profundidad** (desde el lecho del río a 60%



de la profundidad).

-**asegúrese** de que **no hay perturbaciones** río arriba (por ejemplo, es decir si hay alguien en el río) y que el 'flowmeter' está orientado río arriba.

-el medidor se debe **sostener** en una posición **vertical, orientado directamente a la corriente**.

-**mantener** el medidor en esta posición por lo menos **un minuto** para grabar el flujo promedio porque en muchos sitios el flujo varía en períodos muy cortos de tiempo.

B. Usando un Caudalímetro OTT MF Pro

(Véase la sección 4 "Descarga" más adelante)

4. Descarga: calculando del caudal del río con un caudalímetro OTT MF pro

a. Introducción

Es importante calcular la descarga del río con precisión en los estudios del río / agua. En los estudios de calidad del agua, la descarga se puede utilizar para dar mediciones precisas de las cantidades absolutas de trazas de metales en un punto específico en un momento dado en un río.

A la hora de utilizar el caudalímetro OTT MF pro, algunas cuestiones importantes a tener en cuenta son qué sección del río utilizar y cuándo realizar las mediciones.

**** Recuerde que ningún perfil de un río es uniforme en todo su ancho y las medidas siempre deben tomarse de orilla a orilla.**

*Es mejor utilizar tramos rectos, lejos de rífls o pozas. Trate de asegurarse de que el lecho del río no sea muy desigual con grandes rocas o en secciones turbulentas o con remolinos (para evitar reflujos).

*Si se necesita una medición de descarga para corresponder con el muestreo de la calidad del agua, el tiempo no es una consideración. Si desea una medición de flujo base, es mejor tomar las mediciones al menos cinco días después de que cesen las lluvias. Si se requieren perfiles de descarga de tormentas, mida cuándo cesan las lluvias y, posteriormente, a intervalos de cinco horas.



Fig 1. Tramo típico de un río (Eustace Barnes)

b. Métodos y procedimientos

***Protocolo de campo:** siempre tome las medidas del río con al menos otra persona presente. Si alguien te pregunta qué estás haciendo, explícalo.

***Equipo necesario:** caudalímetro y estuche, varillas de vadeo, destornillador, cinta métrica, clavijas, cuaderno, bolígrafos, cámara y tarjeta SD.

***Vestimenta:** botas de agua y botas de goma, según las características del río. Puede ser aconsejable un chaleco salvavidas, si se está midiendo un río más grande.

NB. Asegúrese de que todo el equipo eléctrico esté completamente cargado el día anterior.



Fig 2. Configuración del medidor de flujo y la línea de etiqueta con cinta métrica (derecha) (Eustace Barnes)

c. En la orilla del río

i. Montaje del caudalímetro OTT MF pro

***Conecte** el soporte del medidor portátil al medidor portátil.

***Conecte** el medidor portátil y móntelo en la varilla usando la abrazadera del soporte.

***Conecte** el cable del sensor al medidor portátil.

***Coloque** el sensor del medidor de flujo en la carretera de vadeo - afloje la cabeza del sensor, deslice el sensor hacia abajo por la varilla, apriete la cabeza del tornillo para fijar y alinear el sensor. **Agregue** varillas según sea apropiado para la profundidad del río.

Coloque la cinta al otro lado del río con clavijas. Asegúrese de que la cinta esté perpendicular al flujo del río, esté tensada y no se arrastre en el agua. Fijar con clavijas al banco.

Nota. No importa si la orilla del río está alineada con 0.0 m en la cinta métrica, el medidor de flujo se ajusta para esto.

ii. Ahora está listo para comenzar

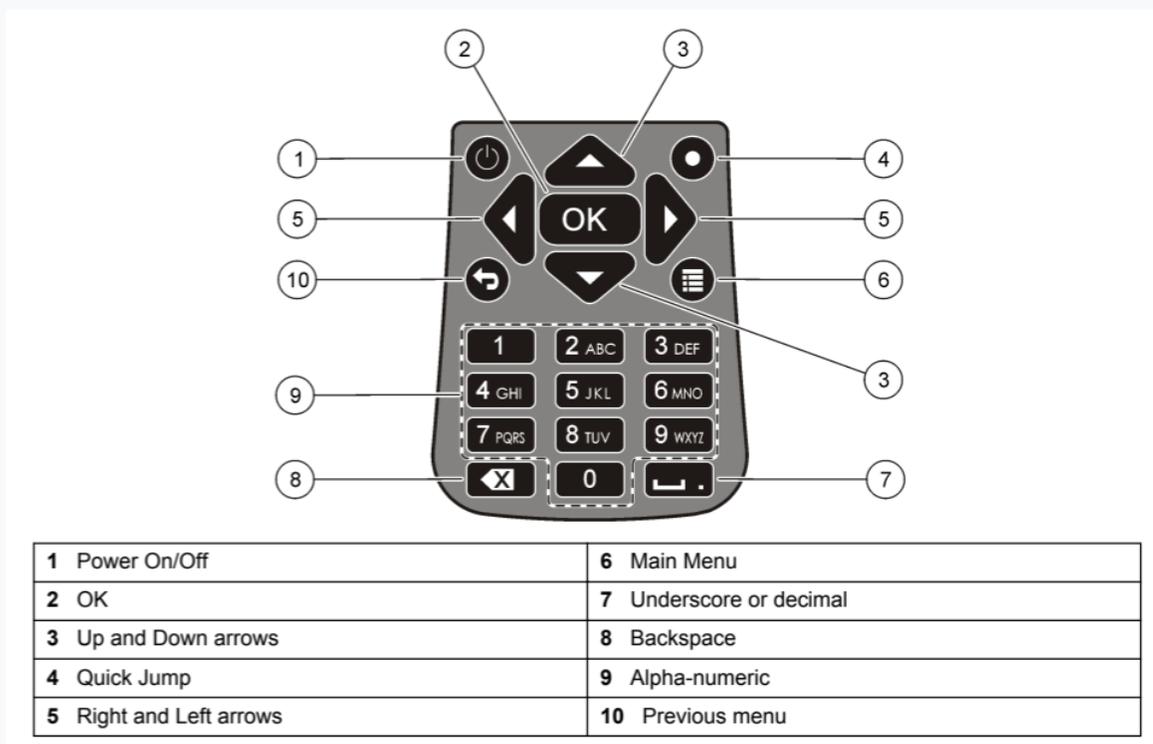
Estará recopilando datos a intervalos regulares a través del río. Esos intervalos se denominan estaciones. Como regla general, las estaciones deben estar separadas por 0.5 m. Si hay una

sección donde el río es más profundo o el caudal es más alto, los intervalos deben reducirse. Consulte los intervalos de estación recomendados en la figura 3 a continuación.

Feet	Meters	Number of stations
< 1.6	< 0.5	5 to 6
> 1.6 and < 3.3	> 0.5 and < 1	6 to 7
> 3.3 and < 9.8	> 1 and < 3	7 to 12
> 9.8 and < 16.4	> 3 and < 5	13 to 16
> 16.4	≥ 5	≥ 22

Fig 3. "Intervalo de estación" ideal de mejores prácticas en diferentes anchos de río. (Manual de instrucciones de OTT MF pro)

Para empezar, mire hacia **rio arriba**, justo debajo de la cinta métrica, para que las distancias se puedan leer fácilmente. Coloque el sensor frente a sus pies para que las lecturas no se vean afectadas por ellos. Las orillas del río están a su izquierda (LEW) y derecha (REW).



iii. Configuración de la información del río

- 1. Encienda** el medidor de flujo. Si aparece un mensaje de que el sensor no está conectado, espere un momento o vuelva a conectar el cable del sensor al medidor.
- Una vez conectado, **haga clic** el botón '**OK**'.
- Desplácese** hacia abajo hasta "**perfilador**" (profiler). Haga clic en '**OK**'.
- Introduzca** el nombre del operador mediante el teclado del menú principal y haga clic en '**OK**'.
- En el menú "**perfilador**", **seleccione** "**río**" (river). Haga clic en '**OK**'.

6. **Ingrese** el nombre del río o el código del sitio. Haga clic en 'OK'.

7. **Ignore** la referencia del medidor de personal. Haga clic en 'OK'.

iv. Inicio de la recopilación de datos

Mientras está de pie en el río, mirando río arriba con el sensor y la cinta métrica frente a usted, sostenga la varilla de vadeo / medidor de flujo **verticalmente** en el río con el sensor **apuntado** río arriba (el sensor es la perilla ovalada cubierta de plástico negro).

1. En el menú de información de la estación, **seleccione "borde / obstrucción"** (border / obstruction). Haga clic en 'OK'.

2. En "**seleccionar tipo de borde**", **seleccione 'izquierda'** (left) (LEW) o '**derecha'** (right) (REW) según el lado del canal desde el que esté comenzando. Haga clic en 'OK'.

***En la primera estación, probablemente en la orilla del río.**

3. **Regrese** al menú "información de la estación" (station information). **Seleccione "Distancia a la vertical"** (distance to vertical). Haga clic en 'OK'.

4. **Introduzca** la "distancia a la vertical" de la cinta métrica. Esta es la medida de la cinta métrica en la orilla del río (**NOTA** - No necesita ser cero). Haga clic en 'OK'.

5. **Regrese** al menú "información de la estación". **Seleccione "establecer profundidad"** (set depth). Haga clic en 'OK'.

6. **Introduzca** la cifra de profundidad máxima que se muestra (**NB.** Es "**cero**" en la primera estación). Haga clic en 'OK'.

*Los datos de la primera estación ahora están **completos**, no hay flujo de canal.

7. **Muévase** a la segunda estación en el río. **Desplácese** hacia abajo hasta '**siguiente'** y haga clic en 'OK'.

8. **Ingrese** el número de referencia de la siguiente estación; la pantalla muestra el número de estación anterior. Haga clic en 'OK'.

9. En el menú "información de la estación", **desplácese** hacia abajo hasta "**Distancia a la vertical**". Haga clic en 'OK'.

10. **Ingrese** la distancia dada en la cinta métrica, la distancia desde la orilla del río. Haga clic en 'OK'.

11. En el menú "información de la estación", **desplácese** hacia abajo hasta "**establecer profundidad**". Haga clic en 'OK'.

12. En el menú "información de la estación", **desplácese** hacia abajo hasta "**medir velocidad**". Haga clic en 'OK'.

13. **Seleccione "un punto"** si el río tiene menos de 50 cm de ancho. **Seleccione "dos puntos"** si el río tiene más de 50 cm de ancho. Haga clic en 'OK'.

14. Si se **selecciona "un punto"**, aparece un cuadro con "0.6". Haga clic en 'OK'.

15. En la siguiente pantalla, aparece un nivel (línea) en un gráfico. **Ajuste** la altura del sensor **levantando** la varilla hacia arriba y hacia abajo hasta que un **cuadrado verde** esté **alineado** con el nivel (línea). Si no está alineado, aparecerá amarillo o rojo. Haga clic en "**capturar**" (capture).

Mantenga la varilla / sensor muy estable y el medidor registrará durante **10 segundos** y emitirá un pitido. Haga clic en '**OK**'.

16. Haga clic en "**verificar**" para comprobar la lectura. Una vez confirmado, **seleccione** "**principal**" y haga clic en '**OK**'.

17. **Vaya** a la estación 3. **Repita** 14-23 arriba. Trabajando al otro lado del río, repita para cada estación hasta llegar a la orilla opuesta.

***Para terminar.**

18. Una vez en la orilla opuesta, **desplácese** hacia abajo hasta "**borde / obstrucción**". Haga clic en '**OK**'.

19. **Seleccione** "**menú de tipo de borde**", **desplácese** hacia abajo a la izquierda (LEW) o derecha (REW) del canal. (Lo contrario de lo que seleccionó para la estación 1). Haga clic en '**OK**'.

20. En el menú "información de la estación", **seleccione** "**resumen del canal**" (channel summary). Haga clic en '**OK**'.

Usando el botón '**cont**' y haga clic en '**OK**'; puede ver el perfil del área, luego el perfil de velocidad y luego el perfil de descarga. Las estaciones con un flujo de canal superior al 10% se muestran en rojo. Puede ajustar esto, consulte a continuación. Haga clic en '**OK**'.

21. En el menú "información de la estación", **seleccione** "**guardar datos**" (save data) y salga. Haga clic en '**OK**'.

22. **Ingrese** un nombre de archivo (código de sitio más fecha). Haga clic en '**OK**'.

23. Desde "**perfilador**" el menú, **desplácese** hacia abajo hasta "**archivos**" (files). Haga clic en '**OK**'.

24. **Desplácese** hacia abajo por los 'archivos' para encontrar su archivo. Haga clic en '**OK**'.

25. **Verifique** los datos, luego "**grave**" (record) datos. Haga clic en '**OK**'.

26. **Vuelve** automáticamente a la lista de archivos. Haga clic en "**listo**".

NOTA - donde las estaciones registran más del 10% de la descarga total, es necesario insertar nuevas estaciones.

v. Insertar o eliminar una estación

Las opciones Prev, Next, Ins y Del se muestran en la parte inferior de la pantalla de la "estación". **Prev** y **Next** se utilizan para navegar a una estación anterior o posterior. **Ins** y **Del** se utilizan para insertar o eliminar una estación.

***Para insertar –**

Por ejemplo, después de que se hayan tomado medidas en 10 estaciones, un usuario puede desear insertar una nueva estación entre las estaciones 3 y 4. Los pasos a continuación describen cómo hacer esto.

1. **Seleccione** '**Prev**' y **presione** '**OK**' hasta que la pantalla muestre la información de la Estación 3.

2. Seleccione 'Ins' y haga clic en '**OK**'. El instrumento agrega una nueva estación llamada Estación 4. Las estaciones siguientes reciben automáticamente nuevos números secuenciales.

***Para Eliminar–**

3. Para eliminar la estación actual (cuando está en modo no fijo), **seleccione 'Del'** y **presione 'OK'**.

vi. Haciendo una estimación de la descarga del río

Una vez que haya realizado el proceso anterior con el caudalímetro OTT MF pro, es una buena idea comprobar si la lectura es correcta. Hay algunos trucos de campo fáciles que se pueden utilizar para asegurarse de que sus medidas sean correctas. Sin embargo, esto no sustituye a la toma de medidas reales.

NB. 1 metro cúbico = 1,000 litros

Entonces, lo que puede parecer una lectura baja, aún representa un flujo de canal alto. 0.5 metros cúbicos / segundo = 500 litros por segundo.

***Ejemplos resueltos –**

Para canales con los siguientes anchos: 2 m, 5 m, 10 m, 15 m y 30 m. - con profundidades medias de 0.2 y 0.8 m - con velocidades medias de 0.2, 0.25, 0.8 y 1.2 m/s.

csa = área de la sección transversal; **ms** = metro cuadrado; **mc** = metros cúbicos; **D** = descarga.

Canales de 2 metros de ancho

1. (2 m de ancho, 0.2 de profundidad, 0.25 de velocidad). litros por segundo).	0.4 ms csa.	D = 0.1 mc/s (100)
2. (2 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.8 de velocidad). litros por segundo).	1.6 ms csa.	D = 1.28 mc/s. (1,280)

Canales de 5 m de ancho

3. (5 m de ancho, 0.2 de profundidad, 0.25 de velocidad).	1.0 ms csa.	D = 0.25 mc/s
4. (5 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.8 de velocidad).	4.0 ms csa.	D = 3.2 mc/s
5. (5 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.2 de velocidad).	4.0 ms csa.	D = 0.8 mc/s
6. (5 m de ancho, 0.8 de profundidad, 1.2 de velocidad).	4.0 ms csa.	D = 4.8 mc/s

Canales de 10 m de ancho

7. (10 m de ancho, 0.2 de profundidad, 0.25 de velocidad).	2.0 ms csa.	D = 0.5 mc/s
8. (10 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.8 de velocidad).	8.0 ms csa.	D = 6.4 mc/s
9. (10 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.2 de velocidad).	8.0 ms csa.	D = 1.6 mc/s

Canales de 15 m de ancho

10. (15 m de ancho, 0.2 de profundidad, 0.25 de velocidad).	3.0 ms csa.	D = 0.75 mc/s
11. (15 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.8 de velocidad).	12.0 ms csa.	D = 9.6 mc/s
12. (15 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.2 de velocidad).	12.0 ms csa	D = 2.4 mc/s

Canales de 30 m de ancho

10. (30 m de ancho, 0.2 de profundidad, 0.25 de velocidad).	3.0 ms csa.	D = 1.5 mc/s
11. (30 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.8 de velocidad).	12.0 ms csa.	D = 19.2 mc/s
12. (30 m de ancho, 0.8 de profundidad, 0.2 de velocidad).	12.0 ms csa	D = 4.8 mc/s

Por lo tanto, puede interpretar sus lecturas de descarga utilizando los ejemplos anteriores.

3.3. Coordenadas GPS de los lugares de muestro

Las coordenadas GPS de cada lugar se presentan actualmente utilizando grados decimales en la página web de la UNDC UCAM. Sin embargo, muchas publicaciones requieren que los autores utilicen grados, minutos y segundos.

Las coordenadas GPS de cada sitio de muestro pueden obtenerse de dos maneras -

AUsar: GPS Finder - Garmin Etrex10

Este es un método generalmente inexacto porque para obtener una lectura precisa el dispositivo GPS Garmin requiere el contacto con un mínimo de ocho satélites. En gran parte del Perú y especialmente en valles profundamente incisos o en lugares remotos, como el valle de Cañete, esto no es posible. En estas situaciones, las coordenadas GPS calculadas para un lugar pueden estar muy lejos del lugar real. Sin embargo, este método debería ser preciso solo cuando hay una amplia llanura de inundación y es posible el contacto con los satélites.

A pesar de ello, registre siempre el resultado del GPS. Éste puede corregirse posteriormente con Google Earth (véase la sección B más adelante) si también se registran datos precisos del lugar, incluidas fotos.

1. Encienda el Garmin Etrex10 pulsando el botón "**Luz**".

La pantalla se abre con el cursor posicionado sobre la pestaña "**Map**".

2. Usa la palanca para volver a situar el cursor sobre la pestaña '**Mark waypoint**' y **pulse** la palanca para seleccionarlo.

3. Lea la "**Longitud**" y la "**Latitud**" del lugar (waypoint).

4. Para obtener la elevación, puede ser necesario seleccionar la pestaña "**Mark waypoint**" una segunda vez.

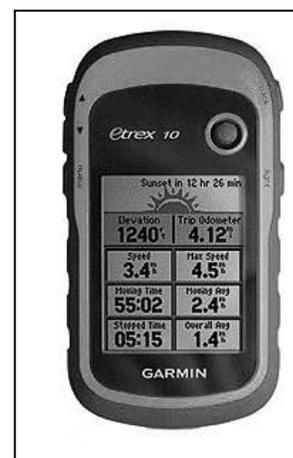
5. Usa la *palanca* para mover el cursor hasta el "**Title**" en la parte superior de la pantalla. **Pulse** la *palanca* una vez y luego - letra por letra o número por número - introduzca el nombre del sitio.

6. Mueva el cursor a la parte inferior de la pantalla cuando haya terminado y seleccione "**Done**".

7. Mueva el cursor a "**Note**" e introduzca los detalles del sitio (como se ha indicado anteriormente) según sea necesario.

8. Mueva el cursor hasta la parte inferior derecha de la pantalla y seleccione "**Done**".

9. Para encontrar los datos de los 'waypoints' almacenados, seleccione "**Waypoint Manager**" en la pantalla inicial y desplácese hacia abajo para encontrar los datos del sitio/sitio requeridos.



B. Usar: Google Earth Pro

Esto permite determinar con precisión las coordenadas GPS de cualquier lugar. En el programa Google Earth Pro, los datos del GPS se muestran automáticamente en la barra de información de la imagen en la esquina inferior derecha de la pantalla, de la siguiente manera Fecha de la imagen, latitud, longitud, elevación y altura del ojo. La información de longitud y latitud puede darse en una de las cinco formas siguientes: i. Grados decimales; ii. Grados, minutos, segundos; iii. Grados, minutos decimales; iv. Universal Transverse Mercator; v. Sistema de referencia de cuadrícula militar.

Estos pueden ser seleccionados en la pantalla yendo a 'Herramientas' en la barra de tareas. En 'Herramientas' vaya a opciones y se mostrarán las cinco opciones. Haga clic en la opción deseada.

1.Descargue y abra la aplicación "**Google Earth Pro**".

2.Busque la ubicación del sitio deseado.

3.Posicione el cursor con precisión en la ubicación del sitio.

4.Lee las coordenadas GPS en la parte inferior de la pantalla.

Sección 4: Pruebas del Laboratorio

Las pruebas químicas para componentes que se degradan rápidamente deben realizarse lo antes posible después de la recolección de muestras. La alcalinidad se prueba mejor después de la recolección de la muestra. Las pruebas de nitrato deben realizarse dentro de las 48 horas posteriores a la recolección de la muestra, siempre que se proporcionen las condiciones de almacenamiento adecuadas (acidificadas con 99.9% de HNO₃, a 4°C).

Por razones prácticas, se recomienda que ambas pruebas se realicen al final de cada día. Las muestras deben recogerse en botellas llenas hasta la punta, sin espacio para la cabeza.

Seguridad: Siempre use guantes, gafas de seguridad y un mandil de laboratorio durante las pruebas. Consulte las etiquetas para el contenido químico y lea las evaluaciones de riesgo para una manipulación segura.

4.1. Prueba de Nitrato

Las concentraciones de nitrato en muestras de agua se analizan utilizando un método espectrofotométrico. El cambio en el color se debe a la formación de un compuesto nitro rojo, como resultado se mide la reacción entre ácido sulfúrico, iones nitrato y un derivado de ácido benzoico.

***Unidad de medida: mg/l NO₃-N y mg/l NO₃**

Equipos y materiales: Spectroquant Move 100; Filtro y papel de filtro; Pinzas; Agua destilada; Solución estándar de nitrato; Pipetas y puntas de pipeta; Sostenedor de tubos de ensayo; Nitrato: el kit de prueba de la célula (célula pruebas & NO₃ - 1K de polvo); Destornillador pequeño de cabeza plana;

Chequeo y Acción:

***Pila:** encienda el Spectroquant Move100 y verifique el nivel de la batería. Si el nivel de la batería es baja, reemplácelas con 4 pilas AA. (Un destornillador pequeño de cabeza plana es necesario para abrir el compartimento de la batería).

***Polvo:** limpiar el equipo para sacar polvo. Es muy importante que el polvo no entre en el compartimento celular.

***Problemas de longitud de onda:** en caso de duda, verifique antes de visitas de campo utilizando estándares de color.



Configuración del Equipo:

-insertar el soporte del tubo de ensayo y hacer un alineamiento la flecha en el soporte con la flecha del Move 100.

Seguridad: se debe visitar la página web siguiente –

http://www.merckmillipore.com/GB/en/product/msds/MDA_CHEM-114542?Origin=PDP

Preparación de la muestra:

***Muestras en blanco –**

-para cada lote de prueba (uno por día), ejecute una muestra en **blanco** usando **agua destilada** (provista en un tubo de plástico de punta azul).

-usar 1.5 ml de agua destilada.

***Controles de calidad –**

-para cada lote de prueba (uno por día) ejecute una verificación de estandarización utilizando la **solución estándar CC20**.

-usar 1.5 ml de la solución de CC20.

***Muestras de agua –**

-las muestras de **agua sin filtrar** recolectadas en el río se pueden usar sin tratamiento adicional.

-si la muestra es turbia, se necesita filtración antes de esta prueba.

-se utiliza 1.5 ml de cada muestra de agua para esta prueba.

Pruebas de muestras

A.Reacción de nitratos usando el ‘Merck test kit’:

-añadir una micro cuchara de polvo $\text{NO}_3\text{-1K}$ a **2** tubos de ensayo de la célula (la temperatura del tubo debe estar en el nivel atmosférico de $15^\circ\text{-}25^\circ\text{C}$) y **agite vigorosamente** durante **un minuto**. Después de un minuto, cualquier material no disuelto no afectará la prueba.

-el **‘Blanco’**: añadir 1.5ml (2 x 750 micro litros con una pipeta) de agua destilada a uno de los 2 tubos de ensayo de la célula usando una pipeta (Ver las instrucciones para usar la pipeta), si es posible, sin tocar los lados de la probeta.

-**agitar suavemente** el tubo de ensayo de la célula, sosteniéndolo por el lado de su tapa.

Nota: el tubo de ensayo de la célula se pondrá muy caliente.

-dejar reposar **diez minutos** en un sostenedor de tubos de ensayo.

-el **‘Standard’**: añadir 1.5ml de la solución ‘Standard’ (CC20) a uno de los 2 tubos de ensayo de la célula usando una pipeta y repite las instrucciones arriba.

-**las muestras**: repetir todo el proceso para preparar todas las muestras usando 1.5ml del agua del río (las muestras) a los tubos de ensayo de la célula.

-el color de la celda cambiará de incoloro a rosa / rojo claro según la concentración de nitrato.

Después de 10 minutos de tiempo de reacción, use el Spectroquant Move 100 para leer la concentración (Ver más abajo).

B.Leyendo el cambio de color Spectroquant Move 100:

-**prender** el Spectroquant Move 100. Todas las pruebas posibles se muestran en la pantalla (incluyendo nitratos) y tienen un código numeral.

-si no se conoce el código numeral del método, **busque** en la pantalla la tecla 'No.5' para obtener la prueba requerida (ie.14542 de nitrato – chequea el 'Nitrato test kit') y luego **seleccione** el número de código correcto (ie.320).

-cuando se encuentra el código correcto, **pulsar** una sola vez la tecla '**enter**' (tecla 'No.8') para seleccionar la prueba requerida.

Nota: cuando el número de método es conocido, el número del método se marcar directamente usando la tecla 'shift' en lugar de tener que desplazarse cada vez para encontrar el código correcto de la prueba.

-un contador por la pantalla cuenta '*10 minutos*' automáticamente. Cuando termina, **empezar** a hacer el análisis.

-al principio, **limpiar** la probeta en '**Blanco**' para asegurarse de que esté limpia y colóquelo en el soporte de la probeta del Spectroquant Move 100, con los dos cuadrados negros en la probeta alineada con la flecha en el soporte.

-**presionar** firmemente en el soporte de la probeta y **cubrir** con la tapa para que la luz no puede entrar.

-**pulsar 'enter'** dos veces, luego el botón '**No.9 / zero**' cuando la pantalla le solicite y siga las instrucciones.

-cuando la pantalla muestra '**Test**', retirar el '**Blanco**' e introducir el '**Standard**' que se probará.

-presionar el botón '**rojo**' y luego leer el resultado. El resultado debe ser '9.0 +/- 0.9'. Si no es, se debe repetir el proceso para verificar el equipo.

-cuando la pantalla muestra '**Test**', retirar el '**Standard**' e introducir la primera '**muestra**' que se probará.

-usa las flechas para cambiar las unidades – **NO₃-N** (aparece primero) y **NO₃** (buton no.2).

-quitar la primera muestra e **insertar** la segunda muestra y pulse '**Test**' y leer el resultado y así sucesivamente para las demás muestras, si es que hay más muestras a probar.

NB. se debe hacer todos as pruebas dentro de 60 minutos del inicio.

Uso de tubos de ensayos

Algunas precauciones deben tomarse de acuerdo con las buenas prácticas, pero más medidas adicionales son necesarias cuando se usan tubos de ensayo en altitud porque los contenidos están sujetos a cambios en la presión atmosférica –

-**no permita** que rebose el tubo de ensayo ya que esto puede contaminar el sistema de filtro.

-siempre **apretar** el tapón del tubo de ensayo y **sellar** con parafilm.

-**etiquetar** el tubo de ensayo con el número de sitio, nombre del sitio, fecha y hora.

-**ver** también las instrucciones más arriba sobre el uso en altitud de los tubos de ensayo que contienen ácido.

Uso de Pipeta

- usar una punta de pipeta **nueva** al comienzo de cada prueba con muestra o líquido diferente.
- ajustar el volumen del líquido requerido en el mostrador giratorio girando el botón en el extremo. El contador entonces puede ser bloqueado usando el clip adyacente al giratorio(esto solo es para algunas pipetas).
- presionar el botón para obtener la primera posición y coloque la pipeta en el líquido. La pipeta entonces elaborará la cantidad necesaria de líquido automáticamente.
- para liberar** el líquido en un tubo de ensayo, **oprima** el botón lentamente hasta el punto final (hasta la segunda posición).
- al final de uso, **expulsar** la punta, presionando el botón en la parte frontal/sobre el contador.



4.2 Prueba de alcalinidad titulación

***Método:** Titulación - para identificar el cambio de color a pH 8.3 (color de rosa a incoloro) y a pH 4.5 (verde a rosado) en la muestra.

***Unidad de medida:** mg/l de carbonato de calcio.

***Equipos y materiales:** Titulador digital; Cartuchos de titulación (1.6N & 0.16N); Phenolphthalein en bolsita de polvo; Bromocresol / Rojo de Metilo en bolsita de polvo; Envase de 250ml; Agua destilada; Medir cilindro (100ml);



***Recolección de muestras:** recoger 100ml de agua filtrado.

***Configuración del Equipo:**

-**introducir** un cartucho en el Titulador y girar 90 grados para bloquearlo y dejarlo en su posición.

-se puede utilizar el cartucho hasta que esté vacío.

Nota: el cartucho contiene ácido sulfúrico (H_2SO_4).

-**quitar** la tapa del cartucho e inserte el tubo final desmontable. Debe ser cambiado si el cartucho cambia a una concentración diferente.

-**pulsar** en el botón de deslizamiento y mantenerlo presionado cuidadosamente hasta expulsar todo el aire en el tubo desmontable.

Nota: en esta etapa ninguna gota de ácido debe entrar en la muestra de agua.

Nota: es un peligro dejar caer ácido del tubo desmontable en esta etapa.

-para la titulación, **asegúrese** que el contador está en cero ('0') usando el botón grande y luego **gire** el botón al final de la titulación para dosificar el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

-una vez finalizada la prueba, **utilice** el botón grande para volver el contador a cero ('0').

***Uso del Equipo:**

-**usar** una probeta para medir con precisión 100ml de agua sin filtrar y póngalo en el matraz de 250ml.

-**comenzar** con el cartucho de **1.6N** (alta concentración) en el Titulador a no ser que el sitio sea conocido por ser especialmente ácido, en cuyo caso usar el cartucho de 0.16N (baja concentración).

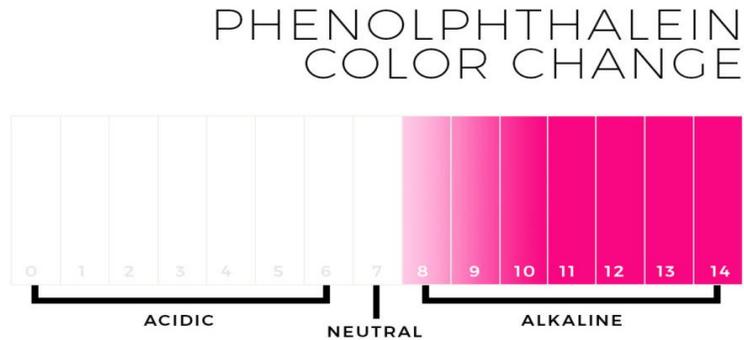
***Prueba 1: Phenolphthalein –**

–vaciar el sachet de Phenolphthalein en la muestra de agua de 100ml y **agitar suavemente** por un momento hasta que **se disuelva completamente**.

Nota:

a)si el agua se pone un **poco rosada**, esto indica que hay un alto nivel de alcalinidad (pH 8.3+): entonces inicie la titulación de Prueba 3 (Ver las instrucciones más abajo).

b) si **no** hay ningún cambio en el color, la muestra de agua queda transparente, luego proceda al Prueba 2.



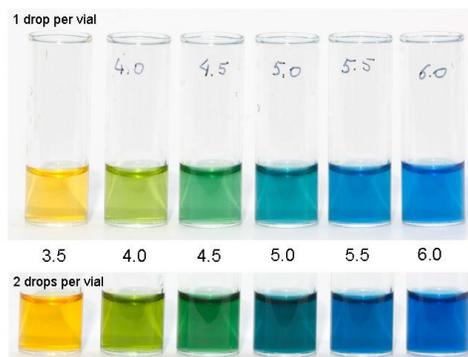
***Prueba 2: Verde de Bromcresol/Rojo de metilo –**

-añadir el sachet de **Bromcresol** a la misma muestra de agua y **agite suavemente** por un momento hasta que se disuelva completamente.

-es muy probable que la muestra se pone **verde** (pH 4.5 +): entonces **inicie** la titulación de Prueba 3 (Ver las instrucciones más abajo).

Sin embargo, si el pH de la muestra es **bajo** (pH < 4.5) se vuelve de color rosa (ver '**Resultados**' más abajo). **No hay que valorar**. Después de esto **no** se necesitan más pruebas.

Bromocresol Green pH Tester
pH Color Chart



***Prueba 3: Titulación –**

-**asegúrese** que el contador del Titulador se establece en **cero** (0000) y **ningunas burbujas** de aire quedan en el tubo desmontable.

-**colocar** el tubo desmontable el envase pero asegúrese que **no** entre el agua.

-**girar** el botón para dosificar el ácido sulfúrico (H_2SO_4) lentamente, una gota a la vez.

-**agitar suavemente** el envase cuando se añade el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

-**añadir** el ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta que la muestra cambia de color (**Prueba 1.**

Phenolphthalein: de rosado a incoloro; **Prueba 2. Verde de Bromcresol/Rojo de metilo:** verde a rosa hasta que ya **no** hay tinte de verde/azul en la muestra).

***Resultados:**

-**leer** y **anotar** el número que aparece en el contador (mg/l).

Nota: si el número que aparece en el contador es **<10** al tiempo que la muestra se vuelve rosado pálido, entonces el cartucho se debe cambiar al 0.16N y se debe rehacer la prueba 2. El contador **NO** debe establecerse en cero, se debe continuar con la puntuación añadida a la partitura original del contador.

Después de que todas las pruebas estén completas:

-**diluir** la muestra con agua (del grifo) y **deséchelo** en el suelo - no en el agua.

-cuando haya completado todas las pruebas, **pulse** y **regresar** el botón de desplazamiento hasta el inicio.

-**quitar** el tubo desmontable y **limpiar** el exterior con agua destilada.

-**colocar** el tapón en el cartucho, **girar** y **retirar** del Titulador.

Sección 5: AL FINAL DEL TRABAJO AL CAMPO

1. Medidor de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS)

-**sumergir** la sonda (electrodo) en la "solución de limpieza del electrodo" durante 30 minutos.

-**limpiar** la sonda con agua destilada y ponga 3-4 gotas de "solución de almacenamiento de 15.sonda" en la tapa y **coloque** el sensor en la tapa.

-las pilas deben **retirarse** si se van a guardar durante mucho tiempo.

-**limpiar** el exterior del medidor con un pañuelo humedecido con agua o etanol al 70% (de preferencia).

2. Caudalímetro

-**limpiar** y secar el equipo.

-**retirar** las pilas de la unidad de control y guárdelas.

3. Caudalímetro OTT MF Pro

-**limpiar** con agua o etanol al 70% (preferiblemente), y secar, especialmente la unidad manual, los cables y el impulsor.

-**retire** las pilas de la unidad de control y guárdelas

4. Bomba Geotech

-**comprobar** que todas las piezas están en la caja.

-**limpiar** el equipo con un pañuelo de papel húmedo en busca de depósitos de polvo y limpiar la caja, si es necesario.

NB. Si la bomba se devuelve a la UCAM, la batería debe dejarse bien guardada en Perú, pero tendrá que recogerse antes de iniciar el siguiente viaje.

5. Titulador

-**limpiar** con un pañuelo húmedo para eliminar el polvo.

-**comprobar** que los cartuchos estén tapados y que las tapas estén bien ajustadas.

-**poner** las almohadas indicadoras en las bolsas apropiadas con las etiquetas correctas.

6. Espectrómetro Move 100

-**limpiar** con un pañuelo húmedo para eliminar el polvo.

-las celdas usadas deben enviarse para la eliminación de desechos químicos en el contenedor que contiene una guía de riesgos para su eliminación segura.

-las celdas no utilizadas deben guardar lejos de la luz solar ya una temperatura de 15-25°C para su uso en la próxima visita de campo.

7. Botellas de HDPE

-**limpiar** las botellas de HDPE empapando en ácido al 1% de HCl durante 2 a 4 horas.

-**lavar** con abundante agua destilada hasta pH7.

-**secar y guardarlo** lejos de la luz solar y el polvo para la próxima visita de campo (preferiblemente en una bolsa de polietileno).

8. 'Hoja de inventario' en el archivo de Excel 'Lista de verificación'

-**completar** la 'Hoja de inventario' en el archivo de Excel 'Lista de verificación'.

-**incluir** las cantidades y calidad de cada equipo y producto químico.

-esto se utilizará para planificar la próxima visita de campo.

9. Botellas y tubos para laboratorios

-**preparar** las botellas y los tubos para enviarlos a los laboratorios apropiados separándolos de acuerdo con las pruebas pertinentes y los números de sitio.

Sección 6: GLOSSARIO DE TERMINOS

1. Parámetros de calidad del agua

***Alcalinidad:** capacidad del agua de absorber H⁺. En otras palabras, es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos = capacidad de neutralización de ácidos. Sin esta capacidad de neutralización de ácidos, cualquier ácido añadido a una corriente provocaría un cambio inmediato en el pH.

La alcalinidad es la suma del equivalente molar de los aniones que reaccionarán con H⁺ menos el equivalente molar de H⁺ ya presente en el agua. Generalmente, esto equivale a la cantidad de iones de carbonato y bicarbonato en el agua, por lo que la alcalinidad de carbonato suele representar la alcalinidad.

La medida de la alcalinidad es importante para determinar la capacidad de un arroyo de neutralizar la contaminación ácida procedente de la lluvia o de las aguas residuales. Es una de las mejores medidas de la sensibilidad del arroyo a los aportes ácidos. Se mide en mEq/l de CaCO₃. Una alcalinidad suficientemente alta es realmente importante para el éxito de las especies de agua dulce. La mayoría de las aguas fluviales se sitúan entre 100-200 mg/l de CaCO₃.

***Demanda química de oxígeno (DQO):** medida indicativa de la cantidad de oxígeno consumido por las reacciones en una solución medida. La aplicación más común de la DQO es la cuantificación de la cantidad de contaminantes oxidables que reducirán el oxígeno disponible y, en consecuencia, la calidad del agua para la vida acuática.

Las concentraciones de DQO en las aguas superficiales oscilan entre 20 y 200 mg/l, según el nivel de contaminantes. Las aguas residuales tratadas se vierten en un rango de 75-100 mg/l.

Se suele expresar como masa de oxígeno consumida sobre el volumen de la solución en miligramos por litro (mg/l).

***Conductividad:** una medida de la capacidad del agua para pasar el flujo eléctrico determinada por la concentración de iones presentes. Estos iones conductores proceden de sales disueltas y materiales inorgánicos como álcalis, cloruros, sulfuros y compuestos de carbonato.

Las sales disueltas y otras sustancias químicas inorgánicas conducen la corriente eléctrica. A medida que la salinidad aumenta, la conductividad también lo hace. Los compuestos orgánicos, como los azúcares,

los aceites y los alcoholes, no forman iones que conduzcan la electricidad. En la mayoría de los casos, la conductividad está positivamente correlacionada con los sólidos totales disueltos (TDS).

La conductividad se mide en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y se indica como conductividad a 25°C . El agua destilada debe estar en el rango de $0,5\text{-}3,0 \mu\text{S}/\text{cm}$. Las corrientes de agua dulce oscilan entre 50 y $1.500 \mu\text{S}/\text{cm}$, pero lo ideal es que se sitúen en el rango de 150 a $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ para mantener una vida acuática diversa. El agua desionizada de alta calidad debería tener un máximo de $0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C , mientras que el agua potable típica está en el rango de 200 a $800 \mu\text{S}/\text{cm}$.

***Oxígeno disuelto (OD):** una medida compleja de la cantidad de oxígeno (O_2) disuelto en el agua, expresada como porcentaje de un máximo teórico o como cantidad absoluta en mg/l . El oxígeno entra en el agua por difusión desde la atmósfera, por aireación al caer sobre rocas y cascadas, y como producto de la fotosíntesis y los vientos. Los niveles de OD están determinados por la temperatura, la presión atmosférica, la salinidad y el pH.

Los niveles de OD determinan la idoneidad de las masas de agua para la vida. Cuando los niveles de OD caen por debajo de $5,0 \text{ mg}/\text{l}$, la vida acuática se ve sometida a estrés y por debajo de $2 \text{ mg}/\text{l}$ se produce hipoxia en los peces. En concentraciones altas, el agua supersaturada (por encima del 115% - 120%) tampoco es apta para la vida. Las concentraciones de OD en las aguas marinas superficiales suelen ser de 6 a $10 \text{ mg}/\text{l}$.

***Dureza:** es una medida del contenido mineral (inorgánico) del agua, principalmente, la cantidad de calcio y magnesio disueltos; cuanto mayor sea la cantidad, más dura será el agua. En general, el agua dura reduce la toxicidad de los metales traza para la vida acuática; algunos iones metálicos forman precipitados insolubles y no están disponibles para los organismos.

La dureza del agua suele expresarse en miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio y magnesio disuelto, expresado como equivalente de carbonato de calcio y medido en mEq/l de CaCO_3 . Un rango de nivel aceptable para la dureza del agua es de $100\text{-}300\text{ppm}$. El agua dura no supone un riesgo importante para la salud. Puede provocar la acumulación de minerales en las tuberías, los accesorios y los calentadores de agua, así como un mal funcionamiento de los jabones y los detergentes.

***Potencial de reducción de oxígeno (ORP):** es una medida de la limpieza del agua y su capacidad para descomponer los contaminantes.

El potencial redox es una medida de la tendencia de una especie química a adquirir electrones de un electrodo o a perderlos y, por tanto, a reducirse u oxidarse, respectivamente. El potencial redox se mide en voltios (V) o milivoltios (mV). Cada especie química tiene su propio potencial redox intrínseco; por ejemplo, cuanto más positivo sea el ORP, mayor será la afinidad de la especie por los electrones y su tendencia a reducirse. El ORP puede reflejar el potencial antimicrobiano del agua.

El nivel de ORP recomendado para piscinas y spas es de $650\text{-}750\text{mV}$ - a este nivel los patógenos serán eliminados instantáneamente. A niveles de ORP inferiores a 500 mV , los patógenos mueren en una hora o más. El agua del grifo suele ser segura como agua potable a 300 mV .

Las lecturas de ORP deben citarse en relación con un electrodo de hidrógeno estándar (SHE) para que sean comparables.

***% (atmosférico) de oxígeno:** la concentración de oxígeno atmosférico es de $\sim 21\%$, pero solo $\sim 1\%$ de oxígeno en el agua. Donde el aire y el agua se encuentran, esta disparidad hace que las moléculas de

oxígeno del aire sean absorbidas directamente por el agua. Cuanto mayor sea el movimiento del agua, mayor será la tasa de absorción. El agua también muestra una mayor absorción de oxígeno a temperaturas más bajas y mayores presiones.

Aunque las moléculas de agua contienen un átomo de oxígeno, los organismos acuáticos que viven en aguas naturales necesitan oxígeno disuelto (OD) (véase más arriba).

***pH (potencia de hidrógeno):** el pH es una medida de lo ácido/básica que es el agua. El valor numérico del pH viene determinado por la concentración molar de iones de hidrógeno (H⁺). Cuanto mayor sea la concentración de H⁺, menor será el pH, y cuanto mayor sea la concentración de OH⁻, mayor será el pH. En un pH neutro de 7 (agua pura), la concentración tanto de los iones H⁺ como de los iones OH⁻ es de 10⁻⁷ M. Por lo tanto, los iones H⁺ y OH⁻ siempre están emparejados: a medida que la concentración de uno aumenta, la del otro disminuye; independientemente del pH, la suma de los iones siempre debe ser igual a 10⁻¹⁴ M.

En general, el agua con más iones de hidrógeno libres tiene un pH inferior a 7 y se considera ácida, mientras que el agua que tiene más iones de hidroxilo libres con un pH superior a 7 es básica (alcalina). El rango normal de pH en los sistemas de aguas superficiales es de 6,5 a 8,5, y el de los sistemas de aguas subterráneas es de 6 a 8,5.

***Sólidos totales disueltos (TDS):** el TDS es la cantidad total de iones con carga móvil, incluyendo minerales, sales o metales disueltos en un volumen determinado de agua, expresado en unidades de mg por litro de agua (mg/l), o partes por millón (ppm).

Los TDS comprenden sales inorgánicas (principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, sulfatos, bicarbonatos y cloruros) y trazas de materia orgánica disuelta en el agua.

Los niveles máximos de TDS recomendados por la OMS son de 300ppm. Cuanto más alto sea el TDS, mayor será la conductividad y menor el pH. Si el agua contiene minerales beneficiosos, 150-250 ppm es lo óptimo para la vida.

El TDS modifica el contenido mineral del agua (ríos), los niveles altos de TDS suelen perjudicar a las especies acuáticas. Además, las sales disueltas pueden deshidratar la piel de los animales acuáticos, lo que puede ser mortal.

***Nitrógeno total (TN):** es la suma del nitrato (NO₃), el nitrito (NO₂), el nitrógeno orgánico y el amoníaco (todos ellos expresados como N). El ciclo del nitrógeno es el medio por el que el nitrógeno atmosférico se pone a disposición de los organismos vivos. El nitrógeno es esencial para la vida, pero el exceso de nitrógeno provoca la eutrofización de las aguas naturales y supone un peligro para la vida. Los datos sobre la calidad del agua sugieren que los niveles de referencia adecuados para el TN oscilan entre 0,12 y 2,2 mg/l.

***Fosfato total (TP):** es una medida de todas las formas de fósforo, disuelto y en partículas. El TP es una buena forma de medir el fósforo en los lagos porque incluye tanto el orto-fosfato como el fósforo de los fragmentos vegetales y animales suspendidos en el agua del lago. Los niveles de TP son más estables y una media anual puede indicar la calidad del agua y el estado trófico de un lago. El fósforo suele considerarse el "nutriente limitante" en los ecosistemas acuáticos, es decir, los cambios en la concentración de fósforo tienen mayor impacto en la productividad que los cambios en las concentraciones de otros nutrientes.

Los niveles naturales de fósforo total en el agua suelen ser inferiores a 0,03 mg/l, mientras que los niveles naturales de fosfato suelen oscilar entre 0,005 y 0,05 mg/l.

***Turbidez:** la turbidez es una medida del grado en que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuanto más sólidos suspendidos totales (SST) haya en el agua, más turbia será y mayor será su turbidez. La turbidez es otra buena medida de la calidad del agua; cuanto mayor sea la turbidez, menor será la calidad del agua tanto para el consumo humano como para la vida acuática. La turbidez suele medirse en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Se trata de una medición óptica de la cantidad de luz dispersada por los materiales en suspensión, cuando se hace brillar una luz a través de una muestra de agua. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersa, mayor será la turbidez. Durante un periodo de bajo caudal, la mayoría de los ríos y lagos son bastante claros, con una lectura de turbidez inferior a 10 NTU.

***Temperatura del agua:** una medida que determina qué especies prosperan en cualquier masa de agua. Existe una relación inversa entre el oxígeno disuelto y la temperatura; el agua caliente retiene menos oxígeno disuelto que el agua fría, y puede no retener suficiente OD para la vida acuática. Algunos compuestos también son más tóxicos para la vida acuática a temperaturas más altas. Las fluctuaciones de la temperatura del agua tienen un impacto significativo en la vida.

2.La química del agua

***Aniones y cationes:** un ion es un átomo o molécula que tiene una carga eléctrica neta. Dado que la carga del electrón (considerada negativa por convención) es igual y opuesta a la del protón (considerada positiva por convención), la carga neta de un ion es distinta de cero debido a que su número total de electrones es desigual a su número total de protones.

Un catión es un ion con carga positiva, con menos electrones que protones, mientras que un anión tiene carga negativa, con más electrones que protones. Los cationes y los aniones se atraen entre sí debido a sus cargas eléctricas opuestas y forman fácilmente compuestos iónicos.

Los cationes más abundantes presentes en el agua son el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el sodio (Na) y el potasio (K); los aniones más abundantes son el bicarbonato (HCO_3), el cloruro (Cl) y el sulfato (SO_4). El ion disuelto dominante debe ser superior al 50% del total.

El agua es un compuesto de hidrógeno y oxígeno que resulta de la combustión del hidrógeno. Es un excelente disolvente y, en consecuencia, el agua natural no es químicamente pura; contiene minerales disueltos, sales y compuestos orgánicos y también sustancias dispersas y coloides dispersas, como los gases, en concentraciones y composiciones variables. El agua contiene diferentes proporciones de los siguientes iones, dependiendo de la fuente del agua:

Cations

- Calcium [Ca^{2+}]
- Magnesium [Mg^{2+}]
- Sodium [Na^+]
- Potassium [K^+]
- Ammonium [NH_4^+]
- Iron [$\text{Fe}^{2+/3+}$]
- Manganese [Mn^{2+}]

Ca^{2+}	HCO_3^-
Mg^{2+}	Cl^-
Na^+ K^+	NO_3^-
NH_4^+	SO_4^{2-}
CO_2	
SiO_2	
Organic	
Solids	

Anions

- Hydrogen carbonate [HCO_3^-]
- Chloride [Cl^-]
- Nitrate [NO_3^-]
- Sulphate [SO_4^{2-}]

Gases / Solids

- Carbon dioxide [CO_2]
- Oxygen [O_2]
- Silicate [SiO_2]

***Coliformes:** las bacterias coliformes contienen la enzima *B-galactosidasa* y son un indicador comúnmente utilizado de la calidad sanitaria del agua. Los coliformes pueden encontrarse en el medio acuático, en el suelo y en la vegetación. Aunque los coliformes en sí no suelen ser la causa de enfermedades graves, se utilizan para indicar que puede haber otros organismos patógenos de origen fecal, como bacterias, virus o protozoos causantes de enfermedades y muchos parásitos multicelulares. *Escherichia coli* (*E.coli*) es un coliforme con un periodo de incubación de 12-72 horas y una temperatura óptima de crecimiento de 37°C. A diferencia del grupo general de coliformes, *E.coli* es casi siempre de origen fecal y su presencia es, por tanto, una confirmación eficaz de la contaminación fecal. La mayoría de las cepas de *E.coli* son inofensivas, pero algunas pueden causar enfermedades graves en los seres humanos.

***Metales:** en el agua pueden encontrarse muchos metales diferentes. Los más peligrosos son los metales "pesados", como el arsénico, el cadmio, el cromo, el cobre, el plomo, el mercurio y el selenio.

Arsénico: se presenta en una forma orgánica, que es inofensiva para el ser humano, y en una forma inorgánica, que puede tener importantes repercusiones en la salud.

La exposición a largo plazo al arsénico inorgánico está relacionada con un mayor riesgo de cáncer de pulmón, vejiga, piel, hígado, riñón, fosas nasales y próstata. Otros efectos son el engrosamiento y la decoloración de la piel, náuseas, dolor de estómago, vómitos, diarrea, etc.

Cadmio: es un metal natural que se encuentra en bajas concentraciones pero en niveles bastante altos en los lodos de depuradora.

Es un elemento no esencial para la vida acuática, que se ve potencialmente perjudicada por él. Se ha demostrado que causa efectos tóxicos en los riñones, defectos óseos, y tiene impactos en el sistema reproductivo.

Cromo: no se encuentra en la naturaleza en forma elemental, pero se pueden encontrar compuestos de cromo en el agua en cantidades mínimas.

El cromo trivalente es un oligoelemento esencial para el ser humano: elimina la glucosa de la sangre y también desempeña un papel vital en el metabolismo de las grasas. Sin embargo, el cromo hexavalente es extremadamente tóxico y es conocido por sus efectos cancerígenos genotóxicos. Puede provocar reacciones alérgicas y asmáticas, diarrea, hemorragias estomacales e intestinales, calambres y daños hepáticos y renales.

Cobre: se encuentra habitualmente en los sistemas acuáticos y procede tanto de fuentes naturales, como los depósitos geológicos, la actividad volcánica y la erosión de rocas y suelos, como de fuentes antropogénicas, como las actividades mineras, la agricultura, los lodos de las depuradoras y los pesticidas.

El cobre es un nutriente esencial en bajas concentraciones, sin embargo, en concentraciones más altas el cobre es tóxico para la vida acuática. Puede provocar efectos adversos en la supervivencia, el crecimiento, la reproducción, la función cerebral, la química sanguínea y el metabolismo.

Plomo: un metal pesado tóxico que no suele encontrarse de forma natural en el agua.

La exposición al plomo puede provocar nacimientos prematuros, retrasos en el desarrollo físico y mental de los bebés y problemas de aprendizaje. La acumulación de plomo en los adultos puede provocar hipertensión arterial y problemas renales, así como anemia, accidentes cerebrovasculares, daños en el sistema nervioso y cáncer.

Mercurio: es un metal natural muy tóxico y una potente neurotoxina.

Los científicos han encontrado altos niveles de acumulación de mercurio en una amplia gama de especies silvestres, causando peligrosos problemas reproductivos y neurológicos. Afecta a la función y al desarrollo del sistema nervioso central tanto en las personas como en la fauna salvaje.

El mercurio se bioacumula, lo que significa que aumenta su concentración con cada paso que se da en la cadena alimentaria. Cuando las personas consumen grandes cantidades de pescado que contiene mercurio, pueden sufrir problemas neurológicos y gastrointestinales.

Selenio: elemento natural presente en las rocas sedimentarias, los depósitos de fosfato y los suelos. El selenio puede entrar en las aguas superficiales a través de la meteorización y la erosión, o también puede ser liberado durante las actividades relacionadas con la minería y el riego para la agricultura.

En pequeñas cantidades, el selenio es un elemento esencial para los animales, pero en concentraciones más altas es tóxico. Se bioacumula en la cadena alimentaria acuática y la exposición crónica en peces e invertebrados acuáticos puede causar deformidad o mortalidad de las larvas. El selenio también es tóxico para las especies de aves que consumen organismos acuáticos con niveles excesivos.

***Pesticidas:** productos químicos diseñados para controlar las plagas (y las malas hierbas) y que pueden contener azufre, cloro, nitrógeno, fósforo y bromo, así como metales pesados como cobre, arsénico, plomo y mercurio. Los plaguicidas incluyen todo lo siguiente: herbicidas, insecticidas (incluidos los reguladores del crecimiento de los insectos, termitas, etc), antimicrobianos y fungicidas. Los más comunes son los herbicidas, que representan aproximadamente el 80% de todo el uso de plaguicidas, diseñados para proteger las plantas/cultivos de las malas hierbas, los hongos y los insectos.

La contaminación del agua se debe al uso inadecuado de plaguicidas, que introduce sustancias químicas en el agua, cambiando sus propiedades y suponiendo una amenaza para la vida humana y acuática.

3. Hidrología

***Drenaje endorreico:** cuenca de drenaje de sistema cerrado que retiene el agua y no permite su salida a otras masas de agua externas, como ríos u océanos, sino que converge en lagos o pantanos, permanentes o estacionales, que se equilibran por evaporación.

***Drenaje exorreico:** una cuenca de drenaje de sistema abierto en la que el agua drena hacia el mar. Es decir, fuera de la cuenca de drenaje. Dichas cuencas presentan muchos elementos y características complejas a lo largo del ciclo del agua de todo su sistema.

***Léntica:** se refiere al agua estancada, no fluyente, como el agua de charcas, estanques y acequias.

***Lótica:** se refiere al agua que fluye, como el agua de los arroyos y ríos.

4. Geología

***Flujo de carbono:** la cantidad de carbono que se intercambia entre las reservas de carbono de la Tierra -los océanos, la atmósfera, la tierra y los seres vivos- y se suele medir en unidades de gigatoneladas de carbono al año (GtC/año).

***Denudación:** los procesos de erosión, lixiviación y reducción de la tierra firme debidos a la retirada de material de las zonas más altas a las más bajas, como los valles fluviales, los lagos y los mares, con un relleno permanente de las tierras bajas.

***Disolución:** la disolución de rocas como la sal gema (halita), el yeso y las piedras caliza/tiza que produce elementos como cuevas, sumideros y grandes manantiales, creando un paisaje conocido como *karst*.

***Dolomítica:** roca sedimentaria carbonatada que contiene un alto porcentaje del mineral dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

***Intercambio de cationes:** intercambio de iones en el que un catión (como el sodio o el hidrógeno) se sustituye por otro u otros cationes (como el calcio y el magnesio en el agua dura).

***Oxidación:** pérdida de electrones durante una reacción por parte de una molécula, un átomo o un ion.

* **Reducción:** ganancia de electrones o cuando el estado de oxidación de un átomo, molécula o ion disminuye.

Sección 7: RECORD de DATOS

DATA RECORDING SHEET / RECORD de DATOS						
Date / Fecha:	Time / Hora:					
Site Name / Nombre del sitio:	GPS: (S) (W/O)					
Site code / Código del sitio:	Elevation / Altitud (metros):					
Air pressure (Presión de la atmosfera) (mbar):						
Air temperature (Temperatura del aire) (°C):						
Water data / Datos del agua	1	2	3	4	Av.	
pH						
Water temperature / Temperatura del agua (°C)						
Conductivity / Conductividad ($\mu\text{/cm}$)						
TDS (ppm)						
ORP (mV)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (mg/l)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (%)						
River data / datos del río	1	2	3	4	5	Av.
Width /Ancho (metros)						

Profundidad (metros)						
Velocity / Velocidad (m/s)						
Water colour / Color del agua:						
River bed sediment types / Tipos de sedimentos del lecho del río:	<i>Clay/Arcilla</i>	<i>Sand/Arena</i>	<i>Cobbles/Piedras</i>	<i>Silt/Limo</i>	<i>Pebbles/Guijarros</i>	<i>Rocks & Boulders/Rocas</i>
Principal sediment-riverbed colour / Color principal de los sedimentos:						
Water samples / Muestras de agua:						Size / Tamaño (ml)
Metals (Filtered) / Agua (Filtrado)	**Add Acid **					
Aniones + Cationes (Filtered / Filtrado)						
COD / DQO (Unfiltered / Sin filtrar)						
Coliformes (Unfiltered / Sin filtrar)						
Pesticides (Unfiltered / Sin filtrar)						
Other / Otros:						
Sediment samples / Muestras de sedimentos:						No. / Número
River bed / Lecho del río						
River bank / Orilla						
Filter paper	Empty bottle weight / Peso de la botella vacio:		Bottle weight with filtered water / Peso de la botella con agua filtrado:			
Other samples / Otras muestras: <i>algae / algas, plants / plantas,</i>						
Field Laboratory Tests / Pruebas del laboratorio del campo						
Alkalinity / Alkalinidad (mg/l CaCO ₃)	Result / Resultado					
Tester kit in field / en el campo						
Test strips / Tiras reactivas						
Titration / Titración						0.16N o 1.6N
Nitrates/ Nitratos (mg/l NO₃)						
Result / Resultado						
Test strips / Tiras reactivas						
Spectroquant						

Observations / Observaciones: <i>geology / geología, contamination / contaminación,</i>		
Data collectors / Recolectores de datos	Person / Persona	Universidad
River characteristics / Características del río		UCAM / UNDC
Water characteristics / Características del agua		UCAM / UNDC
Water samples / Muestras de agua		UCAM / UNDC
Sediment samples / Muestras de sedimentos		UCAM / UNDC
Photos / Fotos		UCAM / UNDC
Drone footage / Imágenes con drones		UCAM / UNDC

Sección 8: EVALUACIONES DE RIESGO

Las evaluaciones de riesgos aseguran que todas las personas involucradas en el trabajo de campo y el trabajo de investigación, estén conscientes de los riesgos asociados con los procedimientos y se proporciona una guía sobre cómo minimizar los riesgos. Lea las evaluaciones de riesgo antes de comenzar a trabajar.

Esta sección incluye evaluaciones de riesgos con respecto al muestreo de agua, conservación y pruebas de campo solamente. Las evaluaciones generales de riesgos de trabajo de campo se pueden encontrar como un documento separado, pregunte a los coordinadores de campo.

La lista de evaluaciones de riesgo incluía:

WCR01: Calibración de equipos para pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, medidas de ORP.

WCR02: Uso de tiosulfato de sodio para conservar muestras de agua para pruebas de pesticidas.

WCR03: Prueba de nitratos en muestras de agua utilizando los kits de prueba de células Merck.

WCR04: Prueba de alcalinidad en muestras de agua usando un titulador de Hach.

WBR01: Muestreo, preservación y ensayo de agua.

NOTA: las evaluaciones están en inglés.