

UCAM / UNAH

Proyecto Perú

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



**Preparado por: J.Forrest, E.Barnes,
con las aportaciones de otros, y la Universidad Nacional de Huanta, Perú,
julio 2026**

(Traducción original por J.Porturas)

5to 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 – lecho y orilla.

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**, **c** y **e** 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 (HI98494)

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

Equipo y materiales:

Hanna Multiparameter (HI98494) y accesorios; Llave Allen (para sacar las sondas); sonda pH extra; sonda DO extra; sonda EC extra; tapas DO Smart de repuesto; solución de calibración de Conductividad (HI70031); sulfato de sodio; solución de calibración rápida; pH 4.01 buffer (HI70004P); pH 7.01 buffer (HI70007P); pH 10.01 buffer (HI70010P); pilas (AAA); agua estilada; solución de almacenamiento de Electrodo (HI70300); Sodium sulfite (Na_2SO_3), contenedor (250+ml),



Chequeo y acción:

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

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

Revisa y recarga cada pocos meses.

***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** del líquido que haya dentro.

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

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

Nota: después de una prolongada falta de uso (2+ meses), 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 sulfito de sodio* (200ml) durante una hora, si los depósitos permanecen.

*Solución: mezclar sulfito sódico (1gr) por 100ml de agua destilada y dejar 10 min para que se disuelva.

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 'Escape', luego **"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 muy importante para la calibración de la sonda de oxígeno disuelto: 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"

***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). **Llena** un tercio de un vaso de precipitados con el tampón necesario para que cubra la sonda y **coloca** la sonda en el vaso. Siga las "instrucciones" de la pantalla hasta que aparezca **"listo"**. **Repita** con el siguiente tampón hasta que los tres tampones estén calibrados y la pantalla muestre **'ok'**.

-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. (Ver p34 en el Manual de Hanna).

NB. 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).

-EC: seleccione **'Calibrar conductividad'** y, a continuación, **'Restablecimiento de fábrica'**. Calibre siguiendo las instrucciones que aparecen en pantalla utilizando la solución 1413µ. **Llene** un tercio del recipiente de almacenamiento u otro recipiente adecuado con el tampón necesario para que cubra la sonda y **coloque** la sonda en el recipiente. Siga las «instrucciones» que aparecen en pantalla hasta que se muestre **'ok'**.

-%DO: es mejor calibrar al llegar al lugar general de despliegue. Pueden producirse si la altitud y la presión barométrica difieren mucha entre el lugar de calibración y los lugares de medición. de calibración y los lugares de medición. (Véase la página 36 del manual).

-para calibrar a 0%: coloque la sonda de OD en el recipiente que se ha llenado dos tercios con solución de oxígeno cero. La sonda de OD tarda en estabilizarse, pero debería hacerlo al "0%" o cerca de él.

Retire la sonda de OD del líquido y **agítela** suavemente para eliminar el exceso de líquido.

Manténgala justo por encima de la solución y debería estabilizarse en aproximadamente el 70%. **Vuelva a sumergir** las sondas en la solución para confirmar que el % de OD es 0%.

-para calibrar al 100%: ponga un poco de agua en el recipiente. **Coloque** la sonda en el recipiente pero no la apriete y espere 15 minutos antes de **pulsar 'Start'** para iniciar la calibración.

***Para sustituir el tapón DO Smart** (Ver Hanna Manual página 16)

Nota: con una sonda nueva, Hanna recomienda sumergirla en la solución de oxígeno cero durante un máximo de 8 horas. horas.

NB. Asegúrese de que la solución de oxígeno Zero se mezcla correctamente: puede que se suministre en dos botellas que deben mezclarse para crear la solución.

NB: la solución de sulfito de sodio es una alternativa al uso de una solución sin oxígeno. Mezcle 1 g de sulfito de sodio con 100 ml de agua destilada. Siga las instrucciones anteriores para la calibración al 0 % y al 100 %.

1.2.Mettler Toledo (FiveGo)

Measuring: Dissolved oxygen (DO).

Equipment & Materials: Mettler Toledo (FiveGo), agua destilado.

Revisar y tomar medidas: revisar el estado de la batería y asegurarse de que el tapón contenga agua destilada cuando no se utilice.

Nota: Confirma la presión atmosférica y calibra en cada sitio.

i.**Encienda** el equipo.

ii.**Ajuste de la presión atmosférica:** esto es importante al medir el oxígeno disuelto y **variará entre cada sitio**.

-Presione 'Configuración' hasta que aparezca el valor de la presión atmosférica en mbar. **Ajuste** el valor utilizando las pestañas de flecha hasta el valor de presión atmosférica dado por el multiparamétrico.

-Presione 'Leer' para confirmar el valor introducido.

iii.**Calibración:** una calibración de un punto es adecuada para agua con una concentración de oxígeno superior a 1 ppm.

-Sostenga el sensor en el aire y **presione 'Cal'** y cuando la pantalla muestre **'100%', presione 'Leer'**.

iv.**Coloque** el sensor en el canal y **presione 'Leer'**. Cuando la letra **'A'** deje de parpadear y se mantenga estable, registre el valor. **Nota:** esto puede tardar un poco.

v.**Medición de OD:** utilice el botón **'Mode'** para cambiar entre **'%' y 'ppm'**.



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 (1000 ml).

-**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.

-**recolectar** las muestras de agua utilizando el balde extensible desde el centro del canal, justo debajo de la superficie, si es posible.

-**enjuagar** el valde y las botellas de HDPE con agua **3 veces** antes de recolectar cada muestra.

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

- Para las pruebas de **aniones y cationes**, así como para las pruebas generales, es necesario filtrar las muestras de agua. **Recojer** el agua en botellas de HDPE (1 litro) y filtre la cantidad necesaria en los tubos o botellas de muestra de PP proporcionados por SGS.
- En el caso de los **metales**, la muestra debe filtrarse con filtros de 0,45 µm para compararla con los niveles reglamentarios. Para el análisis hidroquímico, el agua debe filtrarse con filtros de 0,22 µm.

En el caso de los metales, debe **añadirse ácido nítrico** a la muestra tan pronto como sea posible para reducir su pH a 2 (véase más abajo).

- Para las pruebas de DQO, biológicas, de pesticidas, de nitrógeno total y de fosfato total, las muestras de agua no deben filtrarse. **Recoja** las muestras directamente en las botellas de muestra de PP proporcionadas.

Nota: Las botellas de muestra de pesticidas deben llenarse hasta el borde.

Nota: Las botellas de muestra **DOC** deben contener ácido sulfúrico añadido para reducir la muestra a un pH de 2.

- Para las pruebas de **alcalinidad** en el laboratorio, se debe utilizar agua sin filtrar en botellas de HDPE.

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.

-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.

-Las botellas suministradas para las pruebas de plaguicidas pueden contener tiosulfato de sodio, que puede ser **irritante (véase el apéndice: Evaluación de riesgos para la conservación de muestras)**.

-**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. 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. La filtración recoge y conserva el filtrado en un papel de filtro.

A. Usar un portafiltro

Equipo y materiales: portafiltros Swinex; 'gaskets'; membranas filtrantes de 0,22 μm (análisis hidroquímico) o 0,45 μm (niveles reglamentarios); 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 (0.20 μm) 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.

-**asegurarse** de que las juntas de goma 'O' (no se muestran en las imágenes a continuación) en ambas mitades de la unidad de filtro estén en su lugar y atornille las dos secciones juntas.

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

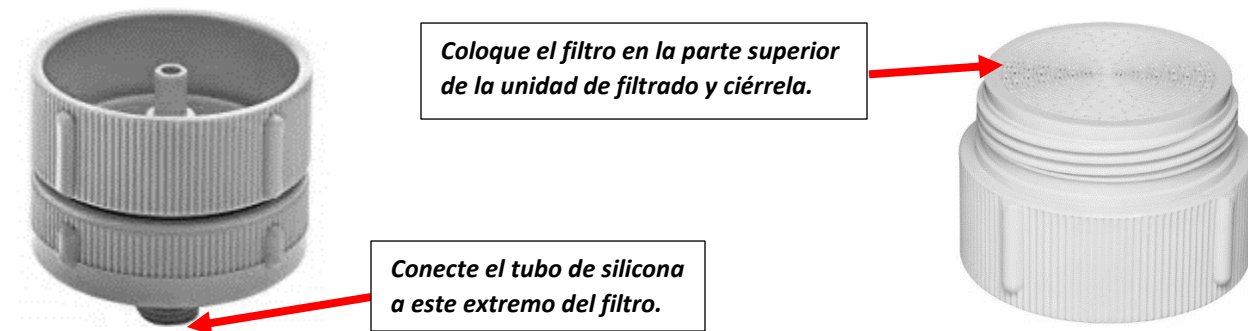


Figura: (izquierda) portafiltro Swinex con dos secciones atornilladas. El tubo de entrada / jeringa está conectado a la parte inferior (ver la foto); **(derecha)** portafiltro Swinex con la sección de retención del filtro abierta.

Después de filtrar muestras de un sitio:

-**pese** la **botella vacía** antes de bombear el agua a través del filtro. **Vuelva a pesar** la botella al final del proceso de filtrado. **Anota** ambos pesos en la hoja de datos de campo y **calcula** la cantidad de agua que ha pasado por el filtro.

-**abrir** la unidad de filtro y **retire** el papel de filtro con unas pinzas y **colóquelo** en una placa de Petri (mantenga todos los papeles de filtro por sitio, si se usa más de uno). Los papeles de filtro atrapan la carga suspendida que también puede analizarse.

-**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 / los filtros (por ejemplo, 813ml).

Nota: 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. Una vez secos, varios papeles de filtro pueden almacenarse uno detrás de otro en una placa de Petri.

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

-**dejar** que el papel / papeles de filtro **se seque naturalmente durante la noche** (tapa parcialmente cubierta) y **selle** la placa / placas 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 1000ml; 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 totalmente hacia la derecha para bloquear y cerrar la cabeza de la bomba con el tubo dentro de ella;

***Pase** primero **agua destilada** por el tubo para limpiarlo y asegurarse de que funciona correctamente. A continuación, **pase** una pequeña cantidad de **agua de muestra** por el tubo antes de colocar la unidad de filtrado.

***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).

Filtrando la muestra -

-**recolectar** una muestra de agua en botellas de HDPE (1 litro).

-**coloque** el otro extremo del tubo de silicona en la botella de recolección de muestras.

-**coloque** el otro extremo del tubo de silicona en la botella de HDPE vacía.

-**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).

-hacia el final del filtrado, **asegúrese** de que todos los sedimentos de la muestra de agua se **extraen** a través del filtro por agitando suavemente el frasco de la muestra.

-una vez llenado la nueva botella de recogida de muestras, **vuelva a pesar** la botella de recogida de muestras y **calcule** el nuevo peso/volumen aproximado de agua filtrado en la botella.

-**etiquetar** la nueva botella de recogida de muestras que contiene el agua filtrada con el nº del sitio y la fecha.

-**utilice** la botella de agua filtrada para llenar cada una de las botellas de muestras (p.e. metales) con la cantidad necesaria de agua filtrada.

***El filtro se obstruye -**

-si el filtro **se obstruye** con sedimentos, el agua dejará de pasar a través de él.

-**abra** el filtro, **retire** el papel filtrante y **sustitúyalo** por uno nuevo.

-**NO limpie** el filtro.

-**Almacene** (Ver abajo) todos los papeles filtrantes (un río con mucho sedimento en suspensión puede necesitar más de 6+ papeles filtrantes para filtrar 1000ml).

-después de recoger todo el agua filtrado para el sitio, **apague** la bomba.

***Mantener el papel de filtro –**

-**abre** el filtro Swinex.

-**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, 813 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 sedimento presente, siga este procedimiento para todos los papeles de filtro utilizados. Una vez secos, pueden guardarse varios papeles de filtro uno detrás de otro en una caja de Petri.

***Limpieza de la unidad de filtrado -**

-**Desmante** la unidad de filtrado de la tubería y **limpie** completamente ambas secciones de la unidad con agua destilada (antes de filtrar la muestra de otro sitio).

***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 cuando se usa en el campo.

C. Usar una jeringa para filtrar:

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+)

-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 reducir 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 sólo debe añadirse a los tubos de ensayo en condiciones controladas, de acuerdo con los procedimientos de evaluación de todos los riesgos.

-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 ser de material más fino: limo o arena. Si es posible, tome la muestra justo debajo de la superficie del lecho o la orilla del río. Llene la bolsa hasta una profundidad de aproximadamente 5 cms (1 kg).

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

-**Orilla del río: recoja** 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 luego **escurrir** la mayor parte del agua antes de sellar;

-en el laboratorio se puede extraer una submuestra de 50+grs y archivar el resto para el futuro.

-**sellar** el contenedor/bolsa 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

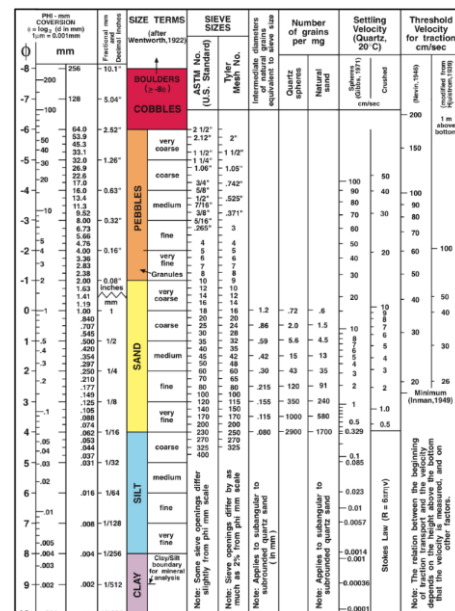
Durante la visita, es necesario registrar el tamaño del sedimento que ocupa el canal del río.

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.

<u>Material</u>	<u>Size</u>
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 (HI98494)

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

Equipo y materiales: Hanna Multiparameter (HI98494) (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. Esto puede tardar un poco.

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 **sonda 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

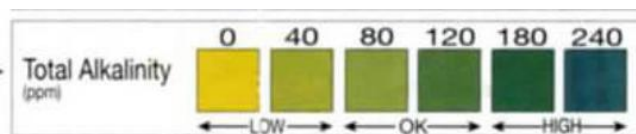
A. Tiras de prueba de alcalinidad

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 (dos segundos) después de ser sumergidas en la muestra.

-**Registre** cuál de las opciones (es decir, 0, 40,, 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 (opcional).

-**retirar** el vial del equipo, **añadir** la muestra de agua hasta la línea "blanca" del vial y presione el botón.

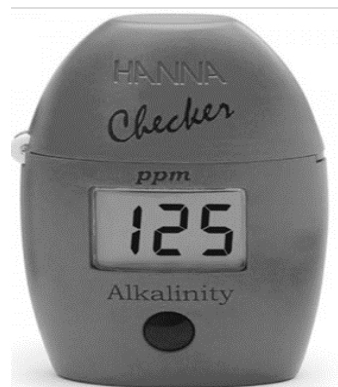
-**limpie** y **seque** el vial antes de colocarlo en el medidor.

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

-**limpie** y **seque** el vial antes de colocarlo en el medidor.

-**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. **NUNCA** limpie el interior del medidor.



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).

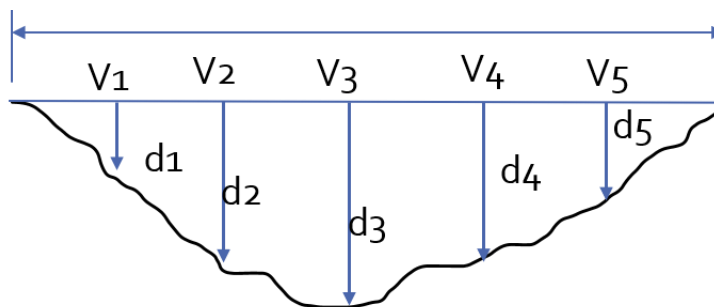


Figura: una sección transversal del río que muestra los puntos donde las mediciones necesitan ser tomadas

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.

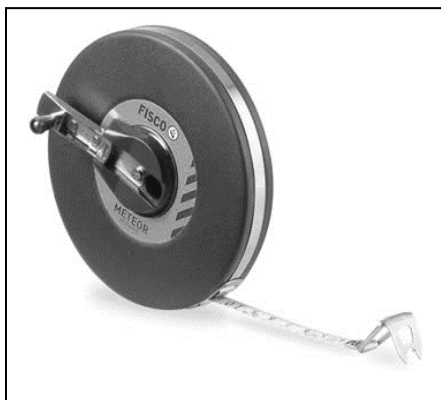
-medir el ancho desde el punto de un lado del río donde el **agua toca la orilla** hasta donde toca la orilla en el otro lado, **a través de la superficie** del río.

-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.

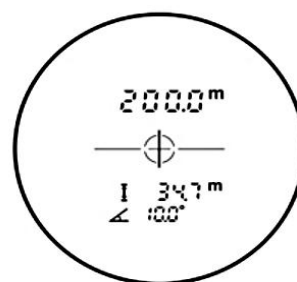
-si el ancho del río se compone de **más de un solo cauce** (trenzado), entonces el ancho de todos los cauces tiene que medirse para obtener el ancho total. También, se debe medir la profundidad y velocidad en cada lecho.



B. Usando Laser monocular telescopio medidor laser:

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.

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**' hasta que aparezca un 'diamante' en el centro de la pantalla.

-**apuntar** el medidor **a un ángulo de 90°** a la orilla opuesta, donde el agua toca la orilla y coloca el 'diamante' en el centro de la pantalla, sobre una roca justo por encima del nivel del agua, en la orilla opuesta.

-**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**.



2. Profundidad del río

*Medición en: metros (m)

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 (3 mediciones si el ancho es menor de 1 metro) 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).

A. Usando una regla métrica

-**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 medidor de velocidad ('Flowmeter') – Geopacks o Valeport

-**Utilice** una pértiga para medir la profundidad del agua: el caudalímetro Valeport tiene una escala en la pértiga.

-**No** introduzca el caudalímetro en el lecho del río.

-Sujete el caudalímetro **verticalmente** y lea la profundidad.

3. Velocidad

*Medición: metros / segundo (m/s)

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

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

-**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 'Flowmeter Valeport': no es adecuado para canales muy grandes o muy pequeños.

-**Coloque** la base del caudalímetro en el **lecho del río**.

-**Asegúrese** de que no hay **ningún** obstáculo río arriba (por ejemplo, alguien en el río) y de que el caudalímetro está orientado **río arriba**.

-El caudalímetro debe sostenerse **verticalmente**, orientado directamente hacia la corriente.

-**Mantenga** el caudalímetro en posición para anotar el caudal medio, ya que en muchos lugares el caudal varía en periodos de tiempo muy cortos. El Valeport promedia el caudal del río durante un período de tiempo específico establecido por el usuario (por ejemplo, 15 segundos).

-**Registre** también la *desviación estándar* indicada: una cifra alta indica mucha variación en el caudal, mientras que una cifra baja indica poca variación. La *desviación estándar* debería ser significativamente menor que la velocidad.

4. Descarga: calculando del caudal del río

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 o sedimentos en un punto específico en un momento dado en un río.

A la hora de utilizar el 'flowmeter', 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 reflujo).

*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.

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:** flowmeter, cinta métrica, cuaderno, bolígrafos y cámara.

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

i. En el campo: a la orilla 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.

ii. En el campo: 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 1.0 metros cuando el río no es muy ancho (hasta 10 metros) y por 2.0 metros más o menos cuando el río es más ancho (10-20 metros). 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 2 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 2. "Intervalo de estación" ideal de mejores prácticas en diferentes anchos de río.

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. Cálculo del caudal del río -

Calcular una **anchura media** a partir de cinco lecturas tomadas en el lugar (opcional).

Calcular una **profundidad media** a partir de todas las lecturas realizadas en el lugar.

Calcular el área de la **sección transversal (CSA): anchura media x profundidad media**

Calcular la **velocidad media** a partir de todas las lecturas de velocidad realizadas con uno de los caudalímetros.

Calcular el caudal: sección transversal x velocidad media

iv. 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.

5. 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 muestreo pueden obtenerse de dos maneras -

A. Usar: 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.

5.Lee el altitud 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 HNO_3 , 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 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; Bromcresol / Rojo de Metilo en bolsita de polvo; Envase de 250ml; Agua destilada; Medir cilindro (100ml);



***Recolección de muestras:** recoger 100ml de agua filtrado. Manténgalo en un refrigerador hasta que esté listo para la titulación, pero déjelo a temperatura ambiente para realizarla.

***Configuración del Equipo:**

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

Nota: utilice un cartucho de 1,6 N cuando el agua sea más neutra (pH 5+) y uno de 0,16 N cuando el agua sea muy ácida (pH <6).

-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.

Nota: debe modificarse si se cambia el cartucho 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 con gotas del 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.

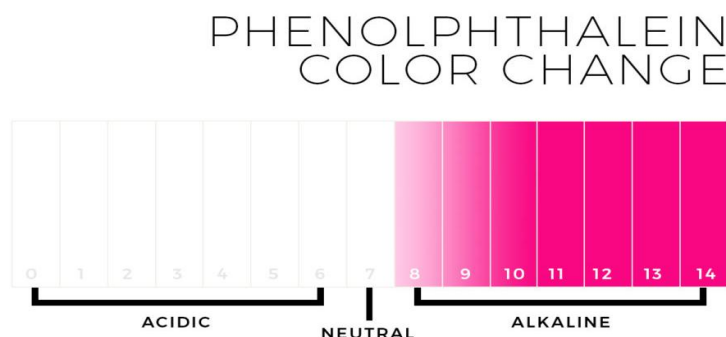
-**comenzar** con el cartucho de **1.6N** (alta concentración) en el Titulador a no ser que el sitio sea conocido por ser especialmente ácido, en cuyo caso usar el cartucho de 0.16N (baja concentración).

*Prueba 1: Phenolphthalein –

–vaciar el sachet de Phenolphthalein en la muestra de agua de 100ml y **agitar suavemente** o **colocar** en el agitador magnético hasta que **se disuelva completamente**.

Nota:

- si **no** hay ningún cambio en el color, la muestra de agua queda transparente, luego proceda al Prueba 2.
- 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) hasta el momento que la muestra de agua queda transparente y luego proceda al Prueba 2.



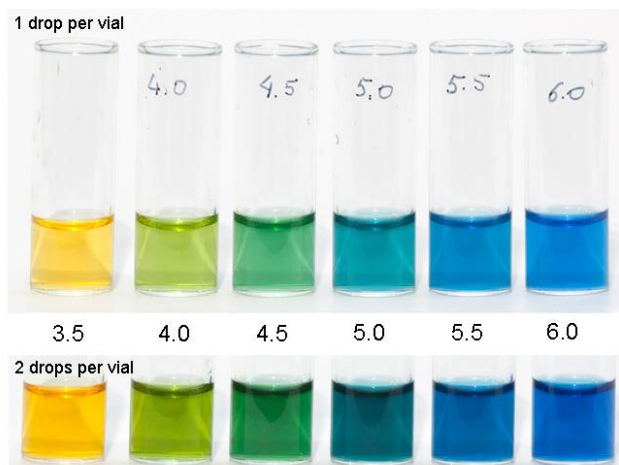
*Prueba 2: Verde de Bromcresol/Rojo de metilo –

-**añadir** el sachet de **Bromcresol** a la misma muestra de agua y **agite suavemente** o **colocar** en el agitador magnético hasta que se disuelva completamente.

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

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 o **colocar** en el agitador magnético 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 Bromocresol/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** utilizando el cartucho de 1,6 N cuando 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.

-**gire** y **retire** el cartucho del titulador y **coloque** la tapa en el cartucho. Sin embargo, el cartucho puede dejarse en el titulador durante la noche en un lugar seguro, si se va a utilizar al día siguiente.

Sección 5: AL FINAL DEL TRABAJO AL CAMPO

1. Hanna Multiparameter (HI98494)

- 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 sonda" en la tapa y **coloque** el sensor en la tapa.
- cuando haya terminado 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.
- no deje agua en el recipiente de almacenamiento principal.
- 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. Flowmeter Geopacks

- limpiar** y secar el equipo.
- retirar** las pilas de la unidad de control y guárdelas.

3. Flowmeter Valeport

- 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.

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. 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

7. '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.

8. 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 $CaCO_3$. 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 $CaCO_3$.

***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 ($\mu S/cm$) y se indica como conductividad a $25^\circ C$. El agua destilada debe estar en el rango de 0,5-3,0 $\mu S/cm$. Las corrientes de agua dulce oscilan entre 50 y 1500 $\mu S/cm$, pero lo ideal es que se sitúen en el rango de 150 a 500 $\mu S/cm$ para mantener una vida acuática diversa. Normalmente, el agua potable oscila entre 200 y 800 $\mu S/cm$, y el agua de mar, en torno a 5 S/m (o 50.000 $\mu S/cm$).

***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: por lo general, el agua de los ríos sanos debe tener concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,5-8 mg/l y entre el 80 y el 120 % aproximadamente. Si los niveles de OD descienden por debajo de 5 mg/l, la vida acuática se ve sometida a estrés y por debajo de 2 mg/l se produce hipoxia en los peces. En concentraciones elevadas, el agua sobresaturada (por encima del 120%) tampoco es apta para la vida.

***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 100-300ppm. 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 650-750mV - a este nivel los patógenos serán eliminados instantáneamente. A niveles de ORP inferiores a 500 mV, los patógenos mueren en una hora, más o menos. El agua potable suele tener un ORP de 650+mV. Se considera que un nivel de ORP seguro para los peces de agua dulce es de 300+mV y por debajo de 150mv la vida acuática tendrá problemas.

***% (atmosférico) de oxígeno:** la concentración de oxígeno atmosférico es de ~21%, pero solo ~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 (NO_3), el nitrito (NO_2), 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^{2-}). 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		Anions
• Calcium [Ca^{2+}]	Ca^{2+}	• Hydrogen carbonate [HCO_3^-]
• Magnesium [Mg^{2+}]	Mg^{2+}	• Chloride [Cl^-]
• Sodium [Na^+]	Na^+	• Nitrate [NO_3^-]
• Potassium [K^+]	K^+	• Sulphate [SO_4^{2-}]
• Ammonium [NH_4^+]	NH_4^+	
• Iron [$\text{Fe}^{2+/\beta+}$]		
• Manganese [Mn^{2+}]		
	CO_2	Gases / Solids
	SiO_2	• Carbon dioxide [CO_2]
	Organic	• Oxygen [O_2]
	Solids	• 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.

DATA RECORDING SHEET / RECORD de DATOS						
Date / Fecha:			Time / Hora:			
Site Name / Nombre del sitio:			GPS: (S / 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 / M. Temperatura del agua (°C) MT.						
Conductivity / Conductividad (µ/cm)						
TDS (ppm)						
ORP (mV)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (M - Multiparameter) (ppm)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (MT - Mettler Toledo) (ppm)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (M - Multiparameter) (%)						
Dissolved Oxygen / Oxígeno Disuelto (MT -Mettler Toledo) (%)						
River data / datos del río	1	2	3	4	5	Av.
Width /Ancho (metros)						
Depth / Profundidad (metros) (GF)						
Depth / Profundidad (metros) (VF)						
Velocity / Velocidad (m/s) (GF)						
Velocity / Velocidad (m/s) (VF)						
St.deviation/Desviación estándar (VF)						
CSA (m²):	Discharge / Caudal (m³/s):					
Water colour / Color del agua:						

River bed sediment types / Tipos de sedimentos del lecho del río:	<i>Sand/Arena</i>	<i>Pebbles/Guijarros</i> <i>Rock & Boulders/Rocas</i>	<i>Cobbles/Piedras</i>
Principal sediment colour / Color principal de los sedimentos:			
Sediment samples / Muestras de sedimentos:		No. / Número	
River bed / Lecho del río			
River bank / Orilla			
Water samples / Muestras de agua:		Size / Tamaño (ml)	
Metals (Filtered) / Metales (Filtrado)		**Add Nitric Acid **	
Aniones + Cationes (Filtered / Física Química (Filtrado)			
COD / DQO (Unfiltered / Sin filtrar)		** Add Sulphuric Acid **	
Coliformes (Unfiltered / Sin filtrar)			
Pesticides (Unfiltered / Sin filtrar)			
Other / Otros:			
Empty bottle weight (gr) / Peso de la botella vacío:		Bottle weight with filtered water (gr) / Peso de la botella con agua filtrado:	Nett weight (gr) / Peso net:
Filter papers used / Filtros usados:			
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
Natural observations / Observaciones naturales: <i>algae / algas, plants / plantas, geology/geología,</i>			
Human impact observations / Observaciones del impacto humano: <i>land use / uso del terreno, contamination / contaminación,</i>			
Data collectors / Recolectores de datos		Person / Persona	Universidad
River characteristics / Características del río			UCAM / UNAH
Water characteristics / Características del agua			UCAM / UNAH
Water samples / Muestras de agua			UCAM / UNAH
Sediment samples / Muestras de sedimentos			UCAM / UNAH
Photos / Fotos			UCAM / UNAH
Drone footage / Imágenes con drones			UCAM / UNAH

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:

Nota: Estos no están disponibles en formato digital.

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.