

INSTRUCTIVO PARA EL MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA, RESIDUAL NO DOMÉSTICA Y RESIDUAL DOMÉSTICA



**CENTRO DE CALIDAD DE AGUAS
UNIVERSIDAD DE
LOS LLANOS**

CONTENIDO

1.	Objeto	3
2.	Alcance.....	3
3.	Referencias normativas	3
4.	Definiciones	3
5.	Condiciones generales.....	5
6.	Contenido	11
6.1	Materiales y equipos de muestreo.....	11
6.2	Manipulación, transporte, almacenamiento y uso de los patrones y/o soluciones de referencia.	12
6.3	Toma de muestras.....	14
6.3.2	Preparación de los recipientes.....	14
6.3.3	Medición de los parámetros en campo In situ.....	14
6.3.4	Parámetros y recolección de muestras.....	16
6.3.5	Especificaciones para la recolección de muestras	20
6.3.6	Análisis requeridos para parámetros analizados mediante cálculos	23
6.3.7	Muestras para análisis microbiológicos	24
6.3.8	Muestras para análisis toxicológicos.....	25
6.3.9	Análisis para correlación.....	26
6.3.10	Blancos analíticos.....	26
6.4	Registro de la información	27
6.5	Preservación y refrigeración de muestras.....	27
6.6	Envío y entrega.....	28
6.7	Monitoreo puntual.....	29
6.8	Monitoreo compuesto	30
6.9	Monitoreo integral.....	32
6.10	Monitoreo de agua	32
6.10.1	Monitoreo de aguas superficiales.....	32
6.10.2	Monitoreo de agua residual no doméstica	33
6.10.3	Monitoreo de aguas residuales domesticas.....	33
6.10.4	Monitoreo de aguas subterráneas.....	34
7.	Flujograma: No aplica	38
8.	Documentos de referencia.....	38
9.	Listado de anexos:	39
10.	Historial de cambios:.....	39

1. Objeto

Establecer los criterios fundamentales y describir las técnicas básicas para el desarrollo de monitoreo del agua, tales como: Agua Superficial (**ASUP**), Agua Residual no Doméstica (**ARnD**), Agua Residual Doméstica (**ARD**) y Agua Subterránea (**ASUB**), que permitan realizar estudios de tipo fisicoquímico, microbiológico y toxicológico, para verificar la calidad del recurso, valorar fuentes de contaminación, evaluar sistemas de tratamiento, identificar alteraciones en los sistemas acuáticos y terrestres dentro del área de análisis. Lo anterior, cumpliendo la referencia normativa considerada.

2. Alcance

Monitoreo de Agua Superficial (**ASUP**), Agua Residual no Doméstica (**ARnD**), Agua Residual Doméstica (**ARD**) y Agua Subterránea (**ASUB**), Según el SM 4500-H⁺ pH Value, [B Método electrométrico]; SM 4500-O Oxigen (Disolved) [H Optical probe- Method]; SM 2510 Conductivity, [B Laboratory Method]; SM 2550 Temperature.

3. Referencias normativas

- Standard Methods Committee of the American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. 4500-H⁺ pH Value, [B Método electrométrico]; 4500-O Oxigen (Disolved) [H Optical probe- Method]; 2510 Conductivity, [B Laboratory Method]; 2550 Temperature. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 24th ed. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press; 2023
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Diseño de Programas de Muestreo. NTC-ISO 5667-1:1995. Bogotá D.C.: El Instituto, 1995. 15p
- NTC-ISO 5667-1 y NTC-ISO 5667-2,
- UNE-EN ISO 5667-3
- NTC-ISO 5667-4,
- NTC-ISO 5667-5,
- NTC-ISO 5667-6,
- NTC-ISO 5667-10,
- NTC-ISO 5667-11 GTC-30,
- GTC-31,
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Sistemas de Gestión de Calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC – ISO 9001:2015. Bogotá D.C.: El Instituto, 2015 56p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Guía Técnica Colombiana GTC 45 (2012). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. 2da Edición. Bogotá D.C. 36p.
- Colombia Ministerio del trabajo. Decreto Número 1072 del 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Bogotá D.C. El Ministerio. 326 P.

4. Definiciones

- **Accidente de trabajo:** Suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, y que produce en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, incluso fuera del lugar y horas de trabajo (GTC 45 (2012) - Decisión 584 de la Comunidad Andina de Naciones).
- **Área de trabajo:** Espacio físico en el que se realizan actividades relacionadas con el trabajo, bajo el control de la organización (GTC 45 (2012)).
- **Blanco:** es un sistema físico que no contiene muestra real y por consiguiente no debería contener el analito de interés, pero que debe contener todos los reactivos que se utilizan en el método de muestreo y análisis, y debe ser sometido a las mismas condiciones y al mismo procedimiento que las muestras. Los blancos de muestreo son botellas llenas de agua grado reactivo que deberá tener la calidad recomendada por el método respectivo. La función de los blancos es demostrar que las muestras no sufrieron procesos de contaminación cruzada, ni alteraciones en el transcurso del muestreo, preservación y almacenamiento, y verifican el estado de limpieza de los envases.
- **Calibración:** proceso mediante el cual se establece la relación entre la indicación de un instrumento o sistema y el valor establecido para un patrón de medición.
- **Carta de control:** trazos gráficos de los resultados de las pruebas con relación al tiempo o secuencia de las

mediciones, en donde se establecen límites estadísticos que pueden ser preventivos, de peligro o de acción.

- **Consecuencia:** Resultado, en términos de lesión o enfermedad, de la materialización de un riesgo, expresado cualitativa o cuantitativamente.
- **Competencia.** Atributos personales y aptitud demostrada para aplicar conocimientos y habilidades.
- **Elemento de Protección Individual (EPI):** Dispositivo que sirve como barrera entre un peligro y alguna parte del cuerpo de una persona.
- **Equipo de protección personal:** Dispositivo que sirve como medio de protección ante un peligro y que para su funcionamiento requiere de la interacción con otros elementos. Ejemplo, sistema de detección contra caídas.
- **Exposición:** Situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros.
- **Identificación del peligro:** Proceso para reconocer si existe un peligro
- **Incidente:** Evento(s) relacionado(s) con el trabajo, en el (los) que ocurrió o pudo haber ocurrido lesión o enfermedad (independiente de su severidad) o víctima mortal. (GTC 45 (2012)).
Nota 1: Un accidente es un incidente que da lugar a una lesión, enfermedad o víctima mortal.
Nota 2: Un incidente en el que no hay como resultado una lesión, enfermedad ni víctima mortal también se puede denominar como “casi-accidente” (situación en la que casi ocurre un accidente).
Nota 3: Una situación de emergencia es un tipo particular de accidente.
Nota 4: Para efectos legales de investigación, tener en cuenta la definición de incidente de la resolución 1401 de 2007 del Ministerio de la Protección Social o aquella que la modifique, complemente o sustituya.
- **Medidas de control:** Medida(s) implementada(s) con el fin de minimizar la ocurrencia de incidentes.
- **Monitoreo:** recolección de muestras, mediciones y observaciones sistemáticas con un propósito predeterminado, de cualquier variable o atributo ambiental.
- **Muestra compuesta:** es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras.
- **Muestra duplicada:** es una muestra de la cual dos porciones se depositan en dos botellas diferentes, con el fin de garantizar la repetibilidad y representatividad del proceso de muestreo.
- **Muestra integrada:** es aquel producto de la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad.
- **Muestra puntual:** es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento.
- **Muestra:** porción de un material extraído de un volumen total que puede o no contener los constituyentes en las mismas proporciones que están presentes en un volumen total.
- **Peligro:** Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de estos (GTC 45 (2012)).
- **Personal expuesto:** Número de personas que están en contacto con peligros.
- **Preservante:** sustancia química que se adiciona a la muestra para evitar cambios que afecten los analitos de interés, como resultado de reacciones físicas, químicas y biológicas que pueden ocurrir entre el tiempo del muestreo y el análisis.
- **Probabilidad:** Grado de posibilidad de que ocurra un evento no deseado y pueda producir consecuencias.
- **Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (NTC-ISO 9000).
- **Riesgo:** Combinación de la probabilidad de que ocurra(n) un(os) evento(s) o exposición(es) peligroso(s), y la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por el (los) evento(s) o la(s) exposición(es). (GTC 45 (2012)).
- **Testigo:** es una solución de concentración conocida de la especie química a analizar, preparada en el laboratorio con agua grado reactivo; su función es soportar y monitorear las condiciones de transporte, preservación y almacenamiento de las muestras.
- **Toma muestra:** dispositivo utilizado para obtener una muestra de agua o suelo.

5. Condiciones generales

Las actividades de planeación y ejecución de los monitoreos de agua, requieren de la revisión previa de la solicitud de prestación del servicio por el Coordinador técnico del Centro de Calidad de Aguas y el cliente, ya sea por vía electrónica u otros medios de comunicación. Con el fin de definir en conjunto, lo que se requiere para el servicio, dejando por escrito las decisiones tomadas. En base a la información enviada por el cliente, se procede con la generación de muestras en el "FO-GAA-236 Formato de Identificación y Generación de muestras", con la asignación de la campaña, la elaboración del plan de monitoreo "FO-GAA-223 Plan de muestreo de Aguas" y la realización del acta inicial "FO-GAA-152 Formato Acta de Inicio o Finalización Monitoreos". Así mismo, se procede a realizar el alistamiento de los materiales y equipos necesarios para la ejecución del monitoreo de acuerdo con los parámetros solicitados, diligenciando el "FO-GAA-159 Formato lista de material de muestreo".

Antes de iniciar la actividad en campo, el personal de muestreo debe reunirse con el cliente en el sitio de muestreo para concertar lo referente al desarrollo del monitoreo, donde se debe socializar del plan de muestreo y firmar el acta de inicio por parte del cliente y el personal de muestreo. Además de concertar las medidas de seguridad que deben aplicarse con el objetivo de prevenir incidentes o accidentes de trabajo.

Al finalizar la toma de muestras el personal de muestreo debe garantizar que todos los recipientes queden totalmente cerrados, sin permitir el escape de muestra o compuestos con el fin de garantizar la representatividad de la muestra y a su vez los resultados que se emiten por parte del laboratorio. Adicionalmente se deben realizar los controles de calidad del monitoreo (Blancos, duplicados y triplicados) y estos deben estar debidamente etiquetados. Las etiquetas utilizadas para la rotulación de recipientes también hacen parte del sistema de gestión de calidad del Centro de Calidad de Aguas (CCA) FO-GAA-221 Formato de etiqueta de muestreo, por lo que las correcciones se deben hacer como se determina en la Norma NTC ISO 9001 y NTC ISO 17025.

Quando ocurran errores en los registros, cada error debe ser tachado, no debe ser borrado, hecho ilegible ni eliminado, y el valor correcto debe ser escrito al margen. Todas estas alteraciones a los registros deben ser firmadas o visadas por la persona que hace la corrección. En el caso de los registros guardados electrónicamente, se deben tomar medidas similares para evitar la pérdida o cambio de los datos originales.

5.1 Condiciones y aspectos de seguridad y salud en el trabajo a tener en cuenta

En la *tabla 1*. se brinda información de los diferentes aspectos en seguridad y salud en el trabajo que se deben tener en cuenta en la realización de las actividades, de acuerdo al área o lugar en donde se encuentre el grupo de trabajo, se deberá realizar una inspección general de su entorno con el objetivo de tener una percepción clara de los riesgos que lo rodean y así determinar qué elementos de protección personal son los más adecuados para minimizar incidente y/o accidente por consecuencia de las actividades de monitoreo.

En caso de realizar actividades en áreas privadas o donde se requiera algún permiso para el ingreso, es necesario contar con una planeación, gestión de la documentación y autorización necesaria para la ejecución de actividades previamente.

Antes de manipular un equipo, elemento o sistema, verificar el estado en que se encuentra. Si se encuentra averiado o presenta alguna novedad, realizar el reporte al área o personal encargado.

Durante el desarrollo del monitoreo y al finalizar el mismo, es importante garantizar las condiciones de orden y aseo apropiadas para el área de trabajo, así como la disposición adecuada de los residuos generados.

Tabla 1. Aspectos de seguridad y salud en el trabajo

ALISTAMIENTO, CARGUE Y DESCARGUE DE MATERIALES Y EQUIPOS				
PELIGRO	RIESGO	IMPACTOS	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Condiciones de seguridad – Mecánico (material de vidrio)	Manipulación de recipientes o material de vidrio	Cortaduras, lesiones.	-Verificar el buen estado del material y desechar todo aquel que se encuentre defectuoso. - Realizar la actividad con orden y aseo en el lugar de trabajo. -Utilizar guantes de nitrilo de alta densidad según la necesidad. -Contar en sitio con botiquín de primeros auxilios.	Técnico de campo

Biomecánico– manipulación manual de cargas	Cargue y descargue de materiales - Manipulación de cavas termoplásticas , equipos de campo.	Dolores osteomuscul ar, lumbago, hernia s	-Adoptar posiciones adecuadas, levantar la carga en posición combinada de pies, rodillas flexionadas y espalda recta. -No exceder los límites para el levantamiento de cargas personal, 25kg (hombres) y 12,5 kg (mujeres). -Si la carga excede el peso mínimo permisible, acudir a la ayuda de otra persona. -Cuando se realizan desplazamientos largos que requieran el levantamiento de cargas se deben realizar pausas de acuerdo con el nivel de cansancio y esfuerzo de cada persona.	Técnico de campo
Condiciones de seguridad- objetos, superficies irregulares, zonas subestandar en áreas de desplazamiento, caída de objetos.	Desplazamient o a pie al área de toma de muestra, actividades en campo abierto.	Golpes, lesiones o caídas a nivel o altura inferior	-Verificar que el área de desplazamiento esté libre de obstáculos. -Asignar personal calificado y físicamente apto para la ejecución de esta actividad. -Verificar las condiciones del suelo que no presente sustancias derramadas, arena, u objetos que puedan generar caídas. -verifique las condiciones del terreno (humedad, inestabilidad, falta de firmeza). -No pararse directamente sobre tapas de cajas y rejillas antes de ejecutar la actividad realice inspección del área, haga uso del casco en caso de ejecutar actividades debajo de árboles donde pueda existir una caída de objetos. -En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el muestreo.	Técnico decampo
Condiciones de seguridad – accidentes de Tránsito.	Desplazamient o en transporte vehicular.	Lesiones, golpes, fracturas, muerte.	-Respetar normas de tránsito y límites de velocidad. -Notificar maniobras agresivas por parte del conductor. -Notificar cualquier anomalía en el vehículo. -Garantizar el cumplimiento de sistema GPS y control de velocidad del vehículo. -Garantizar la realización de preoperacionales del vehículo cargo del conductor. -En zonas con problemas de orden público, notificar ala autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el desplazamiento al sitio de muestreo.	-Técnico de campo -Conductor
Condiciones de seguridad – Orden públicos.	Enfrentamient os armados en la zona, secuestros, extorsión.	Robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público.	-En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el muestreo. -En caso de robo notificar inmediatamente al jefe encargado.	Técnico de campo
TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS				
PELIGRO	RIESGO	IMPACTOS	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Biomecánico -Postura prolongada mantenida, forzada, anti gravitacional	Sobre esfuerzo en toma de muestra con balde	Lesión, lumbalgia, caída por sujeción	-Verificar el buen estado del lazo. -Realizar un amarre a la sog a utilizada para sujetar el balde. -Realizar pausas si lo requiere en la ejecución del trabajo. -Mantener una buena postura en la toma de muestra con cuerda y balde. -Pedir ayuda a un compañero en caso de que se requiera. -Uso permanente de guantes de carnaza o	Técnico de campo

			<p>vaqueta para la sujeción del lazo y de nitrilo para contacto con muestra de agua recolectada.</p> <p>-Mantener una distancia mínima de 40 cm del punto de lanzamiento del balde.</p>	
Condiciones de seguridad	- Inmersión encuerpos de agua.	-Ahogamiento. -Lesiones	<p>-Uso de trajes fontaneros o botas pantaneras en caso de que el caudal sea por debajo de la caña de la bota, uso de mascarilla con filtros para vapores orgánicos. En caso de contacto, lavar con abundante agua limpia la zona afectada de manera inmediata.</p> <p>- Uso de chalecos salvavidas de 100 newtons cuando se ingrese a un cuerpo de agua.</p> <p>-Inspección del área antes de ingresar al agua.</p> <p>-La profundidad máxima recomendada para ingresar al agua para hacer la medición de caudal, medición de temperatura in situ, toma de muestra de agua o actividad que requiera una inmersión en el agua es de 1,20m (esto por seguridad del analista y seguridad del equipo).</p> <p>- Si hay lluvias en la zona o señales de aumento del nivel del agua suspender la actividad inmediatamente.</p>	Técnico de campo
Biológico (picaduras y mordeduras)	Exposición a vectores, animales ponzoñosos y venenosos, animales acuáticos, contacto con agua contaminada	Envenenamiento, irritación, lesiones.	<p>-Uso de dotación de río, trajes fontaneros cuando el caudal sobrepase la caña de la bota, de lo contrario usar botas pantaneras punta de acero (en caso de que el caudal sea por debajo de la caña de la bota).</p> <p>-Realizar inspección visual en compañía de alguien, antes de ingresar a cualquier área, procure transitar en lugares con maleza baja si el área lo permite, utilice un objeto que le permita despejar o divisar las zonas por donde camina, si se evidencian Serpientes, Babillas o cualquier animal ponzoñoso alejarse, evitar correr, gritar y/o golpearlos. Retornar al área cuando el animal se haya retirado.</p> <p>-Antes de ingresar a un cuerpo de agua verifique el estado y claridad del agua, usar vara o rama que le permita conocer la profundidad, estabilidad del suelo y divisar cualquier objeto que se encuentre antes de pisar.</p> <p>-En cuerpos de agua donde haya presencia de arena se deben arrastrar los pies bajo el agua para evitar pisar cualquier animal acuático que pueda generar una lesión.</p> <p>-En caso de mordedura o picadura, activar la emergencia y dirigir a la persona afectada a una zona segura y centro asistencial médico más cercano.</p> <p>-Mantener a la persona afectada en reposo e impedirle cualquier movimiento, ya que la actividad muscular o esfuerzo físico aumenta el ritmo cardíaco y circulación de sangre, por lo que cualquier agente extraño que haya ingresado por vía intravenosa por consecuencia aumentará su acción tóxica.</p> <p>-Prestarle los primeros auxilios si se requiere y tiene las competencias para realizarlo.</p> <p>-Notificar al coordinador de seguridad, si el tipo de emergencia lo permite se debe trasladar a la persona afectada en algún vehículo disponible para ser atendida en el centro asistencial médico más cercano, de lo contrario llamar a las autoridades competentes para hacer el traslado del trabajador lo más pronto posible.</p> <p>-El coordinador HSE debe reportar a través de</p>	Técnico de campo

			la línea vital de la ARL la emergencia presentada.	
Fenómenos naturales	Inmersión en cuerpo de agua (Creciente de agua súbita).	Ahogamiento, lesiones, muerte.	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de chalecos salvavidas de 100 newtons durante la ejecución de la actividad. -Inspección del área antes de ingresar al agua, estabilidad de suelo. -La profundidad máxima recomendada para ingresar al agua para hacer la medición de caudal, medición de temperatura in situ, toma de muestra de agua o actividad que requiera una inmersión en el agua es de 1,20m (esto por seguridad del analista y seguridad del equipo). -si hay lluvias en la zona o señales de aumento del nivel de agua suspender la actividad inmediatamente. 	Técnico de campo
Químico	Exposición a gases, vapores sustancias químicas	Asfixia, trastorno, cefalea, desmayo	<ul style="list-style-type: none"> -Inspeccionar el estado de la máscara y darle el uso adecuado a la misma. -Utilizar los demás EPP necesarios según las sustancias a manipular. (gafas de seguridad, guantes de nitrilo, máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y gases ácidos). -En caso de presentar sofocación, suspender inmediatamente las actividades y llevar al trabajador al aire libre. -Verificar dirección del viento en caso de que se presente una emergencia por gases tóxicos. -Realizar monitoreo de atmosferas en caso de que se requiera. -Usar máscara de gases si el área lo requiere o por condiciones especiales de exposición a gases y vapores tóxicos. 	Técnico de campo
Condiciones de seguridad-locativo	Tránsito por zonas irregulares, escaleras, desniveles, caída de objetos.	Caída, lesiones musculares yóseas.	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar que el área de desplazamiento esté libre de obstáculos. -Asignar personal calificado y físicamente apto para la ejecución de esta actividad. -Verificar las condiciones del suelo que no presente sustancias derramadas, arena, u objetos que puedan generar caídas. -verifique las condiciones del terreno (humedad, inestabilidad, falta de firmeza). -No pararse directamente sobre tapas de cajas y rejillas. -Antes de ejecutar la actividad realice inspección del área, haga uso del casco en caso de ejecutar actividades debajo de árboles donde pueda existir una caída de objetos. -En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el muestreo. 	Técnico de campo
Condiciones ambientales de precipitación.	Fuertes lluvias, tormentas eléctricas y demás.	-Resfriados, poca visibilidad, se dificulta el tránsito de vehículos y personal, caída de rayos.	<ul style="list-style-type: none"> -Usar dotación de invierno. -Suspender el tránsito del vehículo cuando las condiciones de lluvias fuertes lo requieran. -Si se llegan a presentar fuertes lluvias buscar un sitio cercano donde protegerse o acudir al vehículo que los acompañe para resguardarse. -En caso de presentarse condiciones de precipitación o lluvias fuertes en la ejecución de actividades se debe seguir el protocolo de seguridad frente a lluvias o tormentas eléctricas, -Si las condiciones se muestran adversas suspender la actividad. -Tener en cuenta que después de lluvias fuertes 	Técnico de campo

			<p>se debe dejar un tiempo prudencial para volver a ingresar al área de trabajo.</p> <p>-En caso de que la actividad requiera de medición de atmósferas se debe suspender la actividad, debido a que el equipo no puede ser operado en condiciones de precipitación.</p>	
Físico (radiaciones no ionizantes).	Ejecución de actividades en áreas externas (Temperaturas extremas calor o frío-radiaciones solares))	Deshidratación, insolación, desmayo, golpe de calor.	<p>- Hidratación constante, realizar pausas de descanso a la sombra.</p> <p>-Utilizar capuchón y ropa de trabajo (camisa manga larga tipo industrial).</p> <p>-Aplicar protocolo golpe de calor en caso de requerirse.</p>	Técnico decampo
Físico (agua a altas temperaturas)	Exposición a agua a altas temperaturas -Contacto con tuberías o superficies calientes	Quemadura, irritación.	<p>-Uso de guantes de alta temperatura en puntos de monitoreo donde lo amerite.</p> <p>-Uso de ropa adecuada para la ejecución de actividades (camisa industrial manga larga, pantalón tipo industrial azul oscuro 100% algodón) – se deberá hacer uso de prendas de otra clase (trajes ignífugos, overol, etc.) de acuerdo con la condición del área en donde se realiza la actividad.</p> <p>-si es necesario manipular una llave toma muestra, es necesario realizar una apertura suave para conocer la presión del agua en caso de que salpique y genere daños.</p> <p>-Mantener distancia y evitar el contacto directo con la superficie caliente.</p> <p>-No caminar, saltar, transitar y apoyarse debajo o sobre tuberías de áreas de producción.</p>	Técnico de campo
Físico - Ruido	Exposición a ruidos.	Irritabilidad, cansancio, dolores de cabeza	Usar tapa oídos de copa en las áreas donde haya presencia de ruidos dentro de las diferentes áreas.	Técnico de campo
Condiciones de seguridad - Eléctrico	Exposición a zonas eléctricas cercanas (dependiendo del sitio de monitoreo)	Lesiones físicas, asfixia, quemaduras	<p>-No ingrese sin autorización en áreas señalizadas con riesgo eléctrico.</p> <p>-Usar equipos intrínsecamente seguros dentro del área.</p>	Técnico de campo
Condiciones de seguridad - Mecánico	Manipulación de llaves toma muestras	Quemadura, contacto con agua contaminada por sustancias químicas	<p>-Reportar el mal estado de las llaves toma muestras al área encargada.</p> <p>-Abrir con precaución y de manera suave la llave toma muestra teniendo en cuenta que puede esparcir por la presión sustancias desconocidas a temperaturas altas.</p> <p>-Usar guantes de alta temperatura para protegerse las manos.</p> <p>-Usar gafas de seguridad en caso de salpicaduras.</p> <p>-Usar elementos de protección personal requeridos.</p> <p>-Usar ropa de trabajo de tipo industrial (camisa industrial manga larga, pantalón tipo industrial azul oscuro 100% algodón).</p>	Técnico decampo
Químico	Manipulación de sustancias químicas	Irritación en vías respiratorias, piel, ojos, garganta, quemaduras y dificultad	<p>-Al preservar las muestras verificar que no haya personas cerca.</p> <p>-Inspeccionar el estado de la máscara y cartuchos y darle el uso adecuado a la misma.</p> <p>-Utilizar los demás EPP necesarios según las sustancias a manipular. (Gafas de seguridad, guantes de nitrilo, máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y gases ácidos).</p>	Técnico de campo

		respiratoria.	-En caso de presentar sofocación, suspender inmediatamente las actividades y llevar al trabajador al aire libre. -Verificar dirección del viento en caso de que se presente una emergencia por gases tóxicos. -Realizar monitoreo de atmósferas en caso de que se requiera. -Usar máscara de gases si el área lo requiere o por condiciones especiales de exposición a gases y vapores tóxicos.	
Condiciones de seguridad – Mecánico (material de vidrio)	Manipulación de recipientes o material de vidrio	Cortaduras, lesiones.	- Verificar el buen estado del material y desechar todo aquel que se encuentre defectuoso. - realizar la actividad con orden y aseo en el lugar de trabajo. Utilizar guantes de nitrilo de alta densidad según la necesidad. -Contar en sitio con botiquín de primeros auxilios.	Técnico de campo
Biomecánico– manipulación manual de cargas	Cargue y descargue de materiales - Manipulación de cavas termoplásticas, equipos de campo.	Dolores osteomusculares, lumbago, hernias.	-Adoptar posiciones adecuadas, levantar la carga en posición combinada de pies, rodillas flexionadas y espalda recta. -No exceder los límites para el levantamiento de cargas personal, 25kg (hombres) y 12,5 kg (mujeres). -Si la carga excede el peso mínimo permisible, acudir a la ayuda de otra persona. -Cuando se realizan desplazamientos largos que requieran el levantamiento de cargas se deben realizar pausas de acuerdo con el nivel de cansancio y esfuerzo de cada persona.	Técnico de campo
Condiciones de seguridad –Orden públicos.	Enfrentamientos armados en la zona, secuestros, extorsión	Robos, atracos, asaltos, atentados de orden público	-En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el muestreo. -En caso de robo notificar inmediatamente al jefe encargado.	Técnico de campo
EMBALAJE Y TRANSPORTE DE MUESTRAS, SOLUCIONES DE REFERENCIA Y REACTIVOS				
PELIGRO	RIESGO	IMPACTOS	MEDIDAS DE CONTROL	RESPONSABLE
Condiciones de seguridad – Mecánico (material de vidrio)	Manipulación de recipientes o material de vidrio	Cortaduras	- Verificar el buen estado del material y desechar todo aquel que se encuentre defectuoso. - realizar la actividad con orden y aseo en el lugar de trabajo. Utilizar guantes de nitrilo de alta densidad según la necesidad. -Contar en sitio con botiquín de primeros auxilios.	Técnico de campo
Químico	Manipulación de sustancias químicas	Irritación en vías respiratorias, piel, ojos, garganta, quemaduras y dificultad respiratoria	-Al preservar las muestras verificar que no haya personas cerca. -Inspeccionar el estado de la máscara y cartuchos y darle el uso adecuado a la misma. -Utilizar los demás EPP necesarios según las sustancias a manipular. (Gafas de seguridad, guantes de nitrilo, máscara de media cara con filtros para vapores orgánicos y gases ácidos). -En caso de presentar sofocación, suspender inmediatamente las actividades y llevar al trabajador al aire libre. -Verificar dirección del viento en caso de que se presente una emergencia por gases tóxicos. -Realizar monitoreo de atmósferas en caso de que se requiera. -Usar máscara de gases si el área lo requiere o por condiciones especiales de exposición a gases y vapores tóxicos.	Técnico de campo

Biomecánico– manipulación manual de cargas	Cargue y descargue de materiales - Manipulación de cavas termoplásticas, equipos de campo.	Dolores osteomuscul ar, lumbago, hernias	-Adoptar posiciones adecuadas, levantar la carga en posición combinada de pies, rodillas flexionadas y espalda recta. -No exceder los límites para el levantamiento de cargas personal, 25kg (hombres) y 12,5 kg (mujeres). -Si la carga excede el peso mínimo permisible, acudir a la ayuda de otra persona. -Cuando se realizan desplazamientos largos que requieran el levantamiento de cargas se deben realizar pausas de acuerdo con el nivel de cansancio y esfuerzo de cada persona.	Técnico de campo
Condiciones de seguridad – accidentes de tránsito	Desplazamiento en transporte vehicular.	Lesiones, golpes, fracturas, muerte.	-Respetar normas de tránsito y límites de velocidad. -Notificar maniobras agresivas por parte del conductor. -Notificar cualquier anomalía en el vehículo. -Garantizar el cumplimiento de sistema GPS y control de velocidad del vehículo. -Garantizar la realización de preoperaciones del vehículo. -En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el desplazamiento al sitio de muestreo.	-Técnico de campo -Conductor.
Condiciones de seguridad – Orden públicos.	Enfrentamiento armados en la zona, secuestros, extorsión	Robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público	-En zonas con problemas de orden público, notificar a la autoridad pertinente, con el fin de tener certeza que el área está completamente segura para realizar el muestreo. -En caso de robo notificar inmediatamente al jefe encargado.	-Técnico de campo -conductor

Nota 5: En caso de que las condiciones del desarrollo del monitoreo representen un riesgo para la seguridad e integridad de los analistas involucrados, la actividad deberá suspenderse mientras se establecen las condiciones óptimas de seguridad para la ejecución de este, de lo contrario deberán tomar registro y notificar oportunamente al jefe inmediato con el fin de tomar las acciones correctivas.

6. Contenido

6.1 Materiales y equipos de muestreo

Una vez definido el tipo de muestra y los parámetros a analizar se procede al alistamiento de materiales y equipos necesarios para la ejecución del monitoreo (Tabla 2). La selección de estos debe ser de acuerdo con el tipo de agua a monitorear, a los análisis requeridos y a las condiciones del punto de muestreo. Adicionalmente, los recipientes destinados a la recolección de muestras deben someterse a un proceso de limpieza y desinfección existente en el laboratorio previo al monitoreo, según los parámetros a determinar y según el instructivo para el lavado de material de muestreo del centro de calidad de aguas “*Instructivo general para el Lavado de Material (FO-GAA-157)*”. Además, se debe prever la pérdida, ruptura y contaminación de los mismos durante el transporte o en campo. Los recipientes deben ser transportados en neveras o en cavas, debidamente tapados y rotulados.

Es necesario revisar los equipos que se llevan a campo para la medición de datos in situ antes, durante y después del desplazamiento, con el fin de verificar las condiciones de operación, para esto se debe realizar la respectiva verificación de la calibración del equipo siguiendo el manual de operación del mismo. Los datos obtenidos en la verificación serán registrados en la bitácora “*Verificación equipos de campo*” y en el formato de “*Informe de muestreo de datos In Situ*” (FO-GAA-163) cuando se esté en campo, de igual manera, dichos datos deberán alimentar el registro digital de las cartas de control correspondientes, y posteriormente se debe diligenciar el “*Formato control de uso diario de equipos de laboratorio (FO-GAA-129)*”.

Tabla 2. Equipos, materiales y reactivos utilizados para el monitoreo de agua

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS	OTROS
Multiparámetro HACH– para medición de pH, Conductividad y Oxígeno disuelto.	Botellas vidrio ámbar 75, 125, 250, 500 y 1000 ml	Soluciones Buffer de pH cartas de control (5.0 y 8.0)	Sistema de filtración al vacío (bomba de vacío, embudo de filtración, Erlenmeyer con desprendimiento)
Medidor de caudal “STREAM FLOWMETER MFP51 GEOPACKS”	Recipientes plásticos 500, 1000, 2000, 3000ml y 5 galones.	Soluciones Buffer de pH (4.0, 7.0 y 10.0)	Cámara fotográfica
Medidor de caudal electromagnético HACH-FH950	Frascos de vidrio boca ancha 100 ml	Ácido clorhídrico -HCl	Cronómetro
Sonda de Nivel	Schott 250 y 500 ml	Ácido sulfúrico -H ₂ SO ₄	Membranas de filtración de 0.45µ
GPS Garmin 60CSX	Viales de 20 ml con sus respectivas tapas y septas	Ácido nítrico -HNO ₃	Jabón extran
Termómetro digital	Sellador de Viales	Hidróxido de sodio - NaOH	Papel filtro cualitativo
Botella de Van Dorn	Papel aluminio	Cloruro de potasio -KCl	EPP's
	Bailer	Tiosulfato de Sodio - Na ₂ S ₂ O ₃	Cuerda para sujetar
	Papel indicador de pH	Citrato de Potasio -C ₆ H ₅ K ₃ O ₇	Cinta de enmascarar
	Etiquetas adhesivas	Acetato de Zinc - ZnC ₄ H ₆ O ₄	Bisturí
	Agua destilada, tipo I y II	Sulfato de hierro -FeSO ₄	Cinta transparente
	Barras aforadas	Etilendiaminotetraacético (EDTA)	Cinta de señalización
	Cavas de plástico		Pipetas
	Balde		Probetas
	Servilletas		Bolsas plásticas sello hermético
	Barra metálica		Marcador indeleble

En la manipulación de los reactivos es importante cumplir con las normas de seguridad y de protección personal para sustancias químicas, siguiendo las recomendaciones estipuladas en las fichas de seguridad de cada una de ellas, las cuales deben ser llevadas a campo, ya que estos pueden causar lesiones a la salud, debido a sus características irritantes, corrosivas, explosivas y/o reactivas.

Finalmente, si se solicita la toma de muestras para análisis diferentes a los que generalmente se realizan, se debe consultar con el personal de laboratorio que realiza las pruebas; esto con el fin de suministrar las indicaciones pertinentes relacionadas al tipo de recipiente, volumen y preservación de la muestra.

6.2 Manipulación, transporte, almacenamiento y uso de los patrones y/o soluciones de referencia.

6.2.1 pH

- Soluciones técnicas de tampón para pH con certificado de inspección de calidad. Los valores de pH son datos exactos en la medición de la solución tampón que se emplea en la calibración (utilizar tampones nuevos, puede reducir la incertidumbre general de la medición ya que los resultados son más reproducibles). La escala de pH reconocida internacionalmente se basa en materiales de referencia estándar (SRM, por su sigla en inglés) seleccionados por el NIST (National Institute of Standards and Technology, EE.UU.).
- **Manipulación:** usar siempre protección personal (guantes de nitrilo y gafas de seguridad), así sea corta la

exposición o la actividad que se realice con el equipo. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, no comer en el sitio de trabajo; leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto; rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados evitando su deterioro físico. Es importante, no realizar las lecturas en el recipiente original, por lo que la muestra se debe re-ensasar (cantidad requerida) y sobre esta medir; finalmente desechar la muestra (no retornar el material contaminado al recipiente original).

- **Transporte:** no transportar con sustancias explosivas, sólidos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos; además, no transportar con sustancias incompatibles, mantener los envases bien sellados y no transportar con ningún tipo de alimento.
- **Almacenamiento:** almacenar en lugares frescos, secos y con ventilación. En especial, lejos de fuentes de calor e ignición, separado de materiales incompatibles. Importante, rotular los recipientes adecuadamente y almacenar entre temperaturas de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.
- **Temperatura de medición:** todas las soluciones Buffer deben estar a una temperatura de medición de 20°C a 25°C .
- **Relación de la temperatura con el valor de pH:** cuando la calibración del equipo se somete a temperaturas diferentes de 20°C en las soluciones Buffer, se deben tener en cuenta los siguientes valores de pH, según la tabla 6.2.1.

Tabla 3. Relación de la temperatura con el valor de pH

Solución Tampón trazable a SRM según NIST PH 10.00		Solución Tampón trazable a SRM según NIST PH 07.00		Solución Tampón trazable a SRM según NIST PH 04.00		Solución Tampón trazable a SRM según NIST. PH 08.00	
T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH
0	10.25	0	7.13	0	4.01	0	8.15
5	10.18	5	7.07	5	4.00	5	8.10
10	10.12	10	7.05	10	4.00	10	8.07
15	10.06	15	7.02	15	4.00	15	8.04
20	10.00	20	7.00	20	4.00	20	8.00
25	9.97	25	6.98	25	4.01	25	7.96
30	9.93	30	6.98	30	4.02	30	7.94
35	9.91	35	6.96	35	4.03	35	7.92
40	9.89	40	6.95	40	4.04	40	7.90
45	9.83	45	6.95	45	4.05	45	7.87
50	9.78	50	6.95	50	4.06	50	7.85

6.2.2 Conductividad

- **Solución de cloruro de potasio (KCl) 0.01M** certificado y trazable a NIST (Conductividad= 1.41 mS/cm)
- **Solución de cloruro de potasio (KCl) 0.001M** certificado y trazable a NIST (Conductividad= 0.147 S/cm)
- **Manipulación:** usar siempre protección personal (guantes de nitrilo y gafas de seguridad), así sea corta la exposición o la actividad que se realice con el equipo. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, no comer en el sitio de trabajo; leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto; rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados evitando su deterioro físico. Finalmente, la manipulación de las muestras debe ser realizada alejada de las fuentes de Calor.
- **Transporte:** el transporte de este tipo de muestra no es considerado de gran peligro. Sin embargo, se recomienda no transportarlo con ningún tipo de alimento, los envases deben estar en buen estado y sellados completamente, separados de otros reactivos.
- **Almacenamiento:** No se necesita un almacenamiento específico, pero si se recomienda lugares frescos, secos y con ventilación, lejos de fuentes de calor. Separado de materiales incompatibles como agentes oxidantes, metales y ácidos. Se deben rotular los recipientes adecuadamente y evitar su deterioro.
- **Temperatura de almacenamiento:** entre los 10°C a 25°C .
- **Temperatura de medición:** cuando se miden soluciones que no están en la temperatura de referencia, el medidor se debe ajustar automáticamente al valor de la conductividad entre una temperatura de 20°C a 25°C .

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA			
	INSTRUCTIVO PARA EL MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA, RESIDUAL NO DOMÉSTICA Y RESIDUAL DOMÉSTICA			
	Código: IN-GAA-126	Versión: 09	Fecha de aprobación: 10/09/2024	Página: 14 de 40

6.2.3 Cloro residual

- **Manipulación:** usar siempre protección personal (guantes de nitrilo y gafas de seguridad), así sea corta la exposición o la actividad que se realice con el equipo. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, no comer en el sitio de trabajo. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto.
- **Transporte:** el transporte de este tipo de muestra no es considerado de gran peligro. Sin embargo, se recomienda no transportarlo con ningún tipo de alimento. Los sobres deben ser transportados separados de otros reactivos y sellados completamente.
- **Almacenamiento:** no se necesita un almacenamiento específico, pero si se recomienda lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, exposición directa de la luz y humedad excesiva. Separado de materiales incompatibles como agentes oxidantes.

Nota 6: Si se presume o tiene certeza de la presencia de cloro residual, éste se debe medir junto con los parámetros In-Situ y se debe hacer el respectivo tratamiento de las muestras según el parámetro a muestrear.

6.3 Toma de muestras

La toma de muestras debe realizarse de acuerdo al tipo de muestra (puntual, compuesta y/o integrada) y a la solicitud del cliente para cada parámetro.

6.3.1 Identificación de las muestras

La identificación de las muestras se realiza acorde a la metodología de identificación de muestras que sea establecida para la prestación del servicio; en el caso de los servicios prestados por el Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos, cada botella y/o recipiente debe contener la etiqueta adoptada "Formato de etiqueta de Muestreo (FO-GAA-221)", para su identificación, con letra legible (marcador indeleble) y asegurada con cinta transparente.

Figura 1: Etiqueta de para la identificación de muestras del CCA. Formato de etiqueta de muestreo. FO-GAA-221.

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA			
	FORMATO DE ETIQUETA DE MUESTREO			
	Código: FO-GAA-221	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06/03/2019	Página: 1 de 1
CENTRO DE CALIDAD DE AGUAS				
Fecha:	Hora:	Preservante:		
O2:	pH:	T° del Agua:		
Campaña N°:				
Empresa y/o Distrito:				
Ciudad / Departamento:				
Identificación de la Muestra:				
Tipo de Muestra:		Puntual	Compuesta	Integral
Aguas	Suelos	Sedimentos	Lodos	Otros
Punto de Muestreo:				
Responsables:				

6.3.2 Preparación de los recipientes

Primero se debe verificar que todos los recipientes y material de muestreo estén perfectamente lavados y purgados de acuerdo a lo requerido según cada parámetro "Instructivo general para el Lavado de Material (FO-GAA-157)". Durante la toma de muestras, los recipientes deben ser purgados con el agua de la muestra a monitorear mínimo tres veces. Sin embargo, los recipientes utilizados para parámetros como "Grasas y aceites, DBO₅, Compuestos orgánicos, Análisis de cromatografía y Análisis microbiológicos", se deben tomar directamente sin purgar y deben estar previamente lavados por el personal encargado del lavado de material del Centro de calidad de aguas (CCA), según el instructivo general para lavado de recipientes.

6.3.3 Medición de los parámetros en campo In situ

En campo se deben tomar parámetros In situ tales como pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad; los datos son tomados con equipos portátiles como multiparámetros, medidores de pH, conductímetros, entre otros. Además, los datos tomados en campo deben ir consignados en físico en el formato "Informe de muestreo de datos In situ" (FO-GAA-163) o "Formato in situ aguas subterráneas" (FO-GAA-157) del Centro de Calidad de

Aguas de la Universidad de los Llanos según aplique. Finalmente, una vez terminado el monitoreo, se deben reportar los datos in situ (escaneados) al personal encargado de recibir la información de campo.

El análisis de los parámetros In situ, se debe realizar según lo establecido en la propuesta y plan de monitoreo basado en la solicitud de muestreo. Adicionalmente, se deben tomar duplicados de los parámetros "In situ" una vez por monitoreo, a uno de los puntos de muestreo de manera aleatoria y estos se deben confirmar o rechazar, mediante la aplicación de los criterios estadísticos establecidos en cada procedimiento. Por ejemplo, los valores de los duplicados serán aceptados si se encuentran dentro del rango $RPD \leq 10\%$ y rechazados cuando estos sean superiores al 10%. En caso de ser rechazados el análisis se debe realizar nuevamente.

Cálculo del RPD:

$$RPD = [(X1 - X2) / (X1 + X2) / 2] * 100$$

(Ecuación #1)

Dónde:

X1 es el resultado de la muestra

X2 es el resultado del duplicado

En la siguiente tabla se exhibe los parámetros In situ según el tipo de agua a monitorear.

Tabla 4. Parámetros In situ según el tipo de agua a monitorear

MATRIZ	pH	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TURBIEDAD (UNT)	OXÍGENO DISUELTADO (mg/L)	COLOR RESIDUAL (mg/L)	CAUDAL (L/s)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/L)	CONDUCTIVIDAD (Us/cm)
SUP	X	X	X	X	X		X	X	X
ARnD	X	X	X	X	X		X	X	X
ARD	X	X	X	X	X		X	X	X
SUB	X	X	X	X	X			X	X

Convenciones: (SUP) Superficial, (ARnD) Aguas Residuales no Domésticas, (ARD) Aguas Residuales Domésticas y (SUB) Subterráneas.

Reporte de resultados:

En el reporte de las unidades de concentración se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Concentraciones menores a 1 mg/L o mg/kg (tabla 5) se reportan con 2 cifras significativas (ejemplo: 0.36).
2. Concentraciones mayores a 1 mg/L o mg/kg (tabla 5) se reportan con 3 cifras significativas (ejemplo: 1.25 o 12.6).
3. Si el dígito final que va a eliminar es mayor a 5, se debe aumentar en 1 el dígito final que queda (ejemplo 8.236 → 8.24).
4. Si el dígito final que va a eliminar es menor a 5, no realizar cambios (ejemplo: 8.231 → 8.23).
5. Si el dígito final que va a eliminar es 5 seguido de un número que no sea 0, el que se queda se aumenta (ejemplo: 8.2353 → 8.24).
6. Si el dígito que va a eliminar es 5 seguido de 0, se debe tener en cuenta el próximo número, si es un número impar debe aumentar y si es un número par queda igual (ejemplos: 8.23503 → 8.24 o 8.23502 → 8.23).

Tabla 5. Número de cifras significativas para el reporte de resultados

RANGOS DE CONCENTRACIÓN	UNIDADES	NÚMERO DE CIFRAS SIGNIFICATIVAS
0.01 – 0.99	mg/L – mg/kg	2 cifras significativas 0.012 mg/L – 0.18 mg/kg
1 - 999	µg/L - mg/L - mg/kg	3 cifras significativas 21.5 µg/L – 1.28 mg/L 128 mg/kg

Medición de caudal en cuerpos de agua:

La medición del caudal se realiza teniendo en cuenta las condiciones del punto de muestreo y los requerimientos de cliente, también según lo establecido en el instructivo “*Instructivo para la medición de caudales del centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos (IN-GAA-127)*”. En dado caso de que el caudal no pueda ser medido, esto debe ser registrado como observaciones en el formato “*Informe de muestreo datos in situ-aguas (FO-GAA-163)*” y posteriormente escanear el formato para mantener la trazabilidad de la información. Finalmente, es importante tener en cuenta las condiciones del cuerpo de agua para la medición del caudal, por ejemplo:

- Represamientos de agua en puntos aguas arriba o aguas abajo del punto de medición.
- Áreas accidentadas por piedras grandes o árboles caídos.
- Meandros.

6.3.4 Parámetros y recolección de muestras

Los análisis que se realizan en las muestras tomadas corresponden a lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 y/o a la Resolución 0631 de 2015, o en los documentos que los modifiquen o los deroguen. Sin embargo, estos análisis dependen también del tipo de actividad a ejecutar establecida por el cliente y de lo que requiera la autoridad ambiental.

Tabla 6. Parámetros, recipientes y preservación de muestras

DETERMINACIÓN	TIPO DE RECIPIENTE	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN (ml)	PRESERVACIÓN	TIPO DE ALMACENAMIENTO	
					RECOMENDADO	MÁXIMO
Fisicoquímicos: Conductividad Turbidez Ácidos Carboxílicos Surfactantes	P	S-C	2000	Refrigeración ≤6°C	28 d 24 h 7 d 48 h	28 d 48 h 7 d 48h
Aniones: Nitratos Nitritos Cloruros Sulfatos Fluoruros	P	S-C	500	Refrigeración ≤6°C	48h 48h 28d 28d 28d	48h 48h 28d 28d 28d
Acidez total	P	S	500	Refrigeración ≤6°C	24 h	14 d
Alcalinidad total CO ₃ – HCO ₃	P	S	500	Refrigeración ≤6°C	24h 24h Sospecha actividad biológica 6 h	14d 14d
Color verdadero	P	S-C	500	Refrigeración ≤6°C	24 h	48 h
Color aparente	P	S-C	500	Refrigeración ≤6°C	24 h	48 h
Sólidos suspendidos totales	P	S-C	2000	Refrigeración ≤6°C	7 d	7 d
Sólidos disueltos Solidos totales	P	S-C	1000	Refrigeración ≤6°C	7 d 7 d	7 d 7 d
Sólidos sedimentables	P	S-C	1 galón	Refrigeración ≤6°C	48h	48h
Distribución y tamaño de partículas en sólidos suspendidos	A	S	1000	Minimizar el contacto con el aire, llenar completamente refrigerar a ≤6°C	24 h	24 h
DQO Dureza total Nitrógeno Amoniacal Nitrógeno Kjeldahl	A	S-C	1000	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2 Refrigerar a ≤6°C	7 d 6 m 7 d 7 d	28 d 6 m 28 d 28 d

² Nitrógeno orgánico COT Cálculos: ¹ Nitrógeno total					7 d 7 d	7 d 28 d
¹² Fenoles	A	S-C	500	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2 Refrigerar a ≤6°C	28 d	28d hasta la extracción, 2d después de la extracción
Fósforo total Cálculos: Fosfatos totales Fósforo orgánico Fosforo inorgánico	A	S-C	500	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2 Refrigerar a ≤6°C	28 d	28 d
Fósforo disuelto (Ortofosfatos) Cálculos: Fosfatos disueltos	A	S-C	500	Filtrar por membrana de 0.45 µm Refrigerar a ≤6°C	24h	48h
⁸ Carbamatos	A	S-C	125	Adicionar (Tiosulfato de Sodio y Citrato de Potasio) Refrigerar a ≤6°C	6 h	48 h
Metales totales Con Mercurio Con Boro y Sodio	P	S-C	500	Adicionar HNO ₃ hasta pH <2 Refrigerar a ≤6°C Sin digestar para B y Na	6 m 28 d 28 d	6 m 28 d 6 m
Metales disueltos Con excepción del Sílice y Sodio	P	S-C	500	Filtrar por membrana de 0.45 µm, Adicionar HNO ₃ hasta pH <2 Refrigerar a ≤6°C	6 m	6 m
Sílice disuelta	P	S-C	500	Filtrar por membrana de 0.45 µm Refrigerar a ≤6°C	28 d	28 d
Cr+6	P	S	500	Adicionar NaOH hasta pH >9 Refrigerar a ≤6°C	28 d	28 d
³ Sulfitos	A	S	500	Minimizar el contacto con el aire, para cada 100 ml de muestra agregar 1 ml EDTA y refrigerar a ≤6°C	6 h	48 h
⁴ Sulfuros	P	S-C	500	Minimizar el contacto con el aire, adicionar NaOH y Acetato de Zinc hasta pH >9, llenar el recipiente completamente y refrigerar a ≤6°C.	7 d	28 d
Cianuros	P	S-C	500	Minimizar el contacto con el aire, adicionar NaOH hasta pH >12, llenar el recipiente completamente y refrigerar a ≤6°C	24 h	14 d

⁵⁻⁶ DBO ₅	A	S-C	1000	Llenar completamente sin dejar espacio o burbuja de aire Refrigerar a ≤6°C	6 h	48 h
¹¹ Grasas y aceites Hidrocarburos no polares	Schott	S	500	Llenar 3/4 partes del recipiente dejando espacio en la cabeza, adicionar HCl o H ₂ SO ₄ hasta pH <2 y Refrigerar a ≤6°C	28 d	28 d
¹⁰ Coliformes totales Coliformes fecales (Termotolerantes y E-Coli) Heterótrofas Aerobios totales	Schott	S	250	Minimizar el contacto con el aire, llenar el recipiente dejando un espacio en la cabeza y refrigerar a ≤6°C	24 h	24 h
⁹ Bacterias sulfato reductoras (BSR). Anaerobios totales ⁹ Bacterias productoras de ácido (BPS).	Schott	S	250	Minimizar el contacto con el aire, llenar el recipiente completamente y refrigerar a ≤6°C	24 h	48 h
¹⁰ Análisis de corrosión (tasa)	P	S-C	1 galón	Refrigeración ≤6°C	48 h	90 d
⁶⁻¹¹ PHA's	A	S	1000	Tapar la boca del recipiente con papel aluminio Refrigeración ≤6°C	7 d	7d Hasta la extracción y 40 d después de la extracción
⁶⁻¹¹ PCB's	A	S-C	1000	Tapar la boca del recipiente con papel aluminio Refrigeración ≤6°C	7 d	7d Hasta la extracción y 40 d después de la extracción
⁶⁻¹¹ POF's	A	S-C	1000	Tapar la boca del recipiente con papel aluminio Refrigeración ≤6°C	7 d	7d Hasta la extracción y 40 d después de la extracción
⁶⁻¹¹ POCl's	A	S-C	1000	Tapar la boca del recipiente con papel aluminio Refrigeración ≤6°C	7 d	7d Hasta la extracción y 40 d después de la extracción
HC's	A	S	1000	Adicionar HCl 1:1, 5 ml de la solución ácida por cada litro de muestra hasta pH <2 y refrigerar a ≤6°C	7 d	7d Hasta la extracción y 40 d después de la extracción
⁷ BTEX's	VIAL	S	15	Refrigeración ≤6°C	7 d	14 d
⁷ VOA's	VIAL	S	15	Refrigeración ≤6°C	7 d	14 d
⁶⁻⁷ THM's	VIAL	S	15	Refrigeración ≤6°C	7 d	14 d
⁷ AOX's	VIAL	S	15	Refrigeración ≤6°C	7 d	14 d
Fenol HPLC	A	S-C	1000	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2 Refrigeración ≤6°C	28 d	28 d

Toxicidad (<i>Daphnia pulex</i> , <i>Scenedesmus</i> sp., <i>Oreochromis</i> sp.)	P	S	5 galones	Refrigeración $\leq 6^{\circ}\text{C}$	3 d	30 d
Fenoles CG	A	S-C	1000	Adicionar H_2SO_4 a $\text{pH} < 2$ Refrigeración $\leq 6^{\circ}\text{C}$	-14 d	-14 d Después de extracción 45 d

¹Nitrógeno total: es la sumatoria de Nitritos (NO_2^-), Nitratos (NO_3^-), Nitrógeno Amoniacal (NH_3) y Nitrógeno Kjeldahl.

²Nitrógeno orgánico: es el resultado de Nitrógeno Kjeldahl menos el Nitrógeno Amoniacal.

³Sulfitos: para este análisis, si las muestras presentan temperaturas superiores a 50°C , los recipientes deben llenarse en su totalidad sin dejar espacio de aire y luego se dejan en reposo hasta alcanzar una temperatura inferior a 50°C . Por último, se descarta solo el volumen necesario para poder adicionar la cantidad de solución EDTA requerido para su preservación. Es importante que la muestra no quede con aire.

⁴Sulfuros: esta muestra debe ser tomada y preservada con NaOH y Acetato de Zinc hasta un pH por encima de los 9.0.

⁵DBO₅: para este análisis se deben tener en cuenta todas las medidas necesarias para evitar que la muestra se oxigene. Por ejemplo, evitar tomarla en caídas o en puntos donde la aireación de la muestra es evidente, por lo que, es recomendable ubicar un punto donde el agua se encuentre en reposo. Para el caso de los vertimientos o tuberías de descarga, se debe acondicionar el punto de muestreo de tal forma que cumpla con las condiciones establecidas; si no es posible adecuar la toma de la muestra, esta debe ser recogida sobre las paredes del recipiente evitando incrementar a la aireación de la muestra.

Además, si las muestras han sido tratadas o tienen presencia de cloro u otros alógenos desinfectantes, es necesario añadir un agente reductor a los frascos de colecta, para detener la acción bactericida durante el transporte y almacenamiento de las muestras, agregando Sulfito de Sodio (Na_2SO_3).

⁶PHA's, PCB's, POCI's, POF's, THM's y DBO₅: para estos parámetros se debe verificar la presencia de Cloro residual. En el caso de estar presente, las muestras se deben someter a un proceso de deoloración con Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

⁷BTEX's, VOA's, THM's y AOX's: estos parámetros deben ser tomados con contra muestra con el fin de asegurar los criterios de calidad establecidos en el laboratorio. En caso de no contar con la disponibilidad de viales, estos pueden ser reemplazados por recipientes ámbar, con contratapa de aluminio y sin espacio de aire, con la condición de que sea informado al laboratorio de Cromatografía Ambiental para que tomen las medidas correspondientes.

⁸Carbamatos: para este análisis, si la muestra de agua contiene Cloro residual se debe agregar 8 mg de Tiosulfato de Sodio por cada 100 ml de muestra. Sin embargo, antes de adicionar la muestra de agua, el recipiente debe contener la cantidad necesaria de Tiosulfato de Sodio, luego se llena con la muestra de agua dejando un espacio en el cuello de la botella para la expansión por el congelamiento.

⁹BSR y BPS: para estos análisis se requiere que en la etiqueta se relacione el oxígeno disuelto del agua In situ. Por otro lado, los Coliformes totales, coliformes fecales, BSR y BPS se deben guardar en una cava aparte con pilas de gel refrigerantes.

¹⁰Análisis de Corrosión (tasa): para este análisis se requiere que en la etiqueta se relacione la temperatura del agua In situ.

¹¹PHA's, PCB's, POCI's, POF's, G & A, Hidrocarburos no Polares: Para estos análisis se deberá tomar una muestra por triplicado una vez por monitoreo en uno de los puntos a muestrear de manera aleatoria, con el fin de garantizar los controles de calidad establecidos por el laboratorio.

¹²Fenoles: Para este análisis, si las muestras han sido tratadas con cloro u otros alógenos desinfectantes, es necesario añadir un agente reductor a los frascos de colecta, con el fin de detener la acción bactericida durante el transporte y almacenamiento de las muestras. Así, el tratamiento se debe realizar con "Sulfato de hierro" (FeSO_4).

Convenciones:

- **(P)** plástico
- **(A)** ámbar
- **(S)** simple o puntual
- **(C)** compuesta
- **(h)** horas
- **(d)** días
- **(PHA's)** Hidrocarburos Poli-aromáticos
- **(PCB's)** Compuestos Bifenilos Poli-clorados
- **(POF's)** Pesticidas Organofosforados
- **(POCl's)** Pesticidas Organoclorados
- **(HC's)** Hidrocarburos extractables
- **(BETX's)** Benceno, etilbenceno, toluenos y xilenos
- **(VOA's)** Aromáticos Orgánicos Volátiles
- **(THM's)** Trihalometanos
- **(COT)** Carbono orgánico total,
- **(Cr+6)** Cromo Hexavalente
- **(CO3 – HCO3)** Carbonatos – Bicarbonatos
- **(NH3)** Nitrógeno amoniacal
- **(CT-CF)** Coliformes totales – Coliformes fecales
- **(AOX's)** Halogenados purgables
- **HC's** Hidrocarburos extractables
- **(CG)** Cromatografía de gases

Nota 7: El pH final para todas las muestras que se preservan debe ser verificado en campo, preferiblemente con cinta medidor de pH (papel indicador prueba test tornasol).

6.3.5 Especificaciones para la recolección de muestras

Tabla 7. Especificaciones para la recolección de muestras

Parámetros	Método de recolección	Tipos de agua y punto de muestreo de aplicación		
		Agua superficial	Agua residual no doméstica	Agua residual doméstica
Fisicoquímicos: Conductividad Turbiedad Ácidos carboxílicos. Surfactantes Acidez Alcalinidad CO ₃ – HCO ₃ Color Aniones: Nitratos Nitritos Cloruros Sulfatos Fluoruros Sólidos: Totales Disueltos Suspendidos Sedimentables	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Los recipientes para estos parámetros se deben purgar y sumergir de 10 a 15 cm de profundidad desde la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, en un ángulo de inclinación de 45°, llenar hasta el cuello y tapar.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (cuerpos lenticos): utilizar un dispositivo de mecanismo cerrado (Botella Van Dorn) llenar el recipiente hasta el cuello y tapar.</p> <p>Dispositivo de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, llenar hasta el cuello y tapar.</p>	Cuerpos de aguas lenticos y loticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.
DQO Dureza total Fenol Nitrógeno Amoniacal Nitrógeno Kjendhal Nitrógeno total Nitrógeno orgánico COT Fosforo Total Cr+6 Fenol HPLC	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Los recipientes para estos parámetros se deben purgar y sumergir de 10 a 15 cm de profundidad desde la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, en un ángulo de inclinación de 45°, llenar hasta el cuello, agregar preservante (H₂SO₄ o HNO₃ hasta pH <2 o NaOH hasta pH >9 según corresponda) y tapar.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (cuerpos lenticos): utilizar un dispositivo de</p>	Cuerpos de aguas lenticos y loticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.

Metales: Totales Disueltos	<p>mecanismo cerrado (Botella Van Dorn) llenar el recipiente hasta el cuello, agregar preservante (H_2SO_4 o HNO_3 hasta pH <2 o NaOH hasta pH >9 según corresponda) y tapar.</p> <p>Dispositivo de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, llenar hasta el cuello, agregar preservante (H_2SO_4 o HNO_3 hasta pH <2 o NaOH hasta pH >9 según corresponda) y tapar.</p>			
Sulfuros Cianuros	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Los recipientes se deben purgar y sumergir de 10 a 15 cm de profundidad desde la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, en un ángulo de inclinación de 45°, agregar preservante (NaOH hasta pH >9 o >12 según corresponda), llenar sin dejar cámara de aire y tapar inmediatamente.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (cuerpos lentos): utilizar un dispositivo de mecanismo cerrado (botella VanDorn), agregar preservante (NaOH hasta pH >9 o >12 según corresponda), llenar sin dejar cámara de aire y tapar inmediatamente.</p> <p>Dispositivo de salida de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída del agua, llenar hasta que el agua rebose, evitar al máximo la entrada de oxígeno, agregar preservante (NaOH hasta pH >9 o >12 según corresponda), llenar sin dejar cámara de aire y tapar inmediatamente.</p>	Cuerpos de aguas lentos y loticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.
DBO5	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: No purgar el recipiente, sumergir de 10 a 15 cm de profundidad desde la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, en un ángulo de inclinación de 45°, llenar completamente sin dejar cámara de aire y tapar inmediatamente.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (cuerpos lentos): utilizar un dispositivo de mecanismo cerrado (Botella Van Dorn) llenar completamente sin dejar cámara de aire y tapar inmediatamente.</p> <p>Dispositivo de salida de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída del agua, llenar hasta que el agua rebose, evitar al máximo la entrada de oxígeno y tapar inmediatamente.</p>	Cuerpos de aguas lentos y loticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.
Grasas y Aceites	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: No purgar el recipiente, ubicar el recipiente sobre la superficie del agua en un ángulo de inclinación de 45°, en dirección contraria a la corriente realizando un barrido de izquierda a derecha sobre la superficie, llenar 3/4 partes de su capacidad, agregar preservante (HCL hasta pH</p>	Cuerpos de aguas lentos y loticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de

	<p><2) y tapar.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (Cuerpos lenticos): Utilizar un dispositivo de mecanismo cerrado (Botella Van Dorn), trasvasar a un balde y realizar la toma desde el balde según la metodología de toma de muestras desde un balde, llenar hasta 3/4 partes de la capacidad del recipiente, agregar preservante (HCL hasta pH <2) y tapar.</p> <p>Dispositivo de salida de agua o vertimientos: ubicar un balde en la caída de agua, tomar la muestra desde el balde de manera que se tome la muestra de la superficie, haciendo un barrido de izquierda a derecha, hasta llenar 3/4 partes de su capacidad con la muestra de agua.</p>		<p>receptores.</p> <p>- Refinería</p>	<p>agua receptores.</p>
<p>Fenol CG</p> <p>PHA's</p> <p>PCB's</p> <p>POF's</p> <p>POCl's</p> <p>HC's</p>	<p>Aplica en cuerpos de agua, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Sumergir el recipiente de 10 a 15 cm de la superficie del agua, en dirección contraria a la corriente, (en el caso de los HC's y Fenol CG, preservar con HCL hasta pH <2 y H₂SO₄ hasta pH <2 respectivamente), llenar sin dejar cámara de aire, colocar una lámina de aluminio para evitar contaminación con los ftalatos de la tapa y tapar.</p> <p>Muestras a determinadas profundidades (cuerpos lenticos): utilizar un dispositivo de mecanismo cerrado (Botella Van Dorn), (en el caso de los HC's y Fenol CG, preservar con HCL hasta pH <2 y H₂SO₄ hasta pH <2 respectivamente), llenar sin dejar cámara de aire, colocar una lámina de aluminio para evitar contaminación con los ftalatos de la tapa y tapar.</p> <p>Dispositivo de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, (en el caso de los HC's y Fenol CG, preservar con HCL hasta pH <2 y H₂SO₄ hasta pH <2 respectivamente) llenar hasta que el agua rebose, colocar una lámina de aluminio para evitar contaminación con los ftalatos de la tapa y tapar.</p>	<p>Cuerpos de aguas lenticos y loticos.</p>	<p>- Sistema de tratamiento.</p> <p>- Vertimientos.</p> <p>- Cajas de inspección.</p> <p>- Cuerpos de aguas receptores.</p> <p>- Refinería</p>	<p>-Sistemas de tratamiento.</p> <p>- Pozos sépticos.</p> <p>- Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.</p>
<p>BTEX's</p> <p>VOA's</p> <p>THM's</p> <p>AOX's</p>	<p>Aplica en cualquiera que sea el punto de muestreo: utilizar viales de 20 ml, de los cuales se deben envasar 15ml aproximadamente y ajustar la tapa con un sellador de viales.</p>	<p>Cuerpos de aguas lenticos y loticos.</p>	<p>- Sistema de tratamiento.</p> <p>- Vertimientos.</p> <p>- Cajas de inspección.</p> <p>- Cuerpos de aguas receptores.</p> <p>- Refinería</p>	<p>-Sistemas de tratamiento.</p> <p>- Pozos sépticos.</p> <p>- Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.</p>
<p>Coliformes totales</p> <p>Coliformes Termotolerantes y E-Coli)</p> <p>Heterótrofas</p> <p>Aerobios totales</p>	<p>Aplica en cuerpos de aguas, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Los recipientes no se purgan, se deben sumergir de 10 a 15 cm de profundidad de la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, quitar la tapa dentro del agua y llenar hasta el cuello (3/4 partes de su capacidad) y tapar.</p> <p>Si se trata de agua estancada, tomar la muestra a 30 cm de profundidad quitando la tapa dentro del agua para evitar polvo y partículas</p>	<p>Cuerpos de aguas lenticos y loticos.</p>	<p>- Sistema de tratamiento.</p> <p>- Vertimientos.</p> <p>- Cajas de inspección.</p> <p>- Cuerpos de aguas receptores.</p> <p>- Refinería</p>	<p>-Sistemas de tratamiento.</p> <p>- Pozos sépticos.</p> <p>- Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.</p>

	contaminantes llenar hasta el cuello (3/4 partes de su capacidad) y tapar. Dispositivo de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, abrirlo mientras cae agua en el mismo, llenar hasta el cuello y cerrar inmediatamente.			
Bacterias sulfato reductoras (BSR) Anaerobios Totales Bacterias productoras de ácido (BPS)	Aplica en cuerpos de aguas, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: Los recipientes de estos parámetros no se purgan, se deben sumergir de 10 a 15 cm de la superficie del agua en dirección contraria a la corriente, llenar sin dejar cámara de aire y tapar. Dispositivo de aguas o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, abrirlo mientras cae agua en el mismo, llenar completamente sin dejar cámara de aire y cerrar inmediatamente	Cuerpos de aguas lenticos y loticos.	- Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería	-Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.
Toxicidad	Aplica en cuerpos de agua lenticos, sistemas de tratamiento y depósitos de almacenamiento de agua temporal o permanente: sumergir el recipiente de 10 a 25 cm de la superficie en dirección contraria a la corriente y llenar completamente sin dejar cámara de aire. Cuerpos loticos: la muestra debe colectarse en la mitad de la corriente y a una profundidad media en contra a la corriente, sumergir el recipiente, abrirlo dentro del agua y tomar la muestra. Dispositivo de salida de agua o vertimientos: ubicar el recipiente en la caída de agua, abrirlo mientras cae agua en el mismo, llenar el recipiente sin dejar cámara de aire y tapar.	Cuerpos de aguas lenticos y loticos.	- Sistema de tratamiento. - Vertimientos. - Cajas de inspección. - Cuerpos de aguas receptores. - Refinería	-Sistemas de tratamiento. - Pozos sépticos. - Cajas de inspección y/o registros de cuerpos de agua receptores.

6.3.6 Análisis requeridos para parámetros analizados mediante cálculos

Tabla 8. Análisis requeridos para parámetros analizados mediante cálculos

Análisis para cálculos – informes técnicos CCA		
Parámetros calculados	Matriz	Perfiles a solicitar en Sistema de Identificación de Muestras
RAS	Agua	RAS, Metales (Ca, Mg y Na)
Porcentaje de Sodio posible (PSP)	Agua	Na, Ca, Mg, CO ₃ , HCO ₃ , Mn, Al, Fe, K, NH ₃ y sulfatos
Salinidad potencial	Agua	Sulfatos y Cloruros
Salinidad efectiva	Agua	Na, Ca, Mg, CO ₃ , HCO ₃ , Mn, Al, Fe, K, NH ₃ y sulfatos
Carbonato de Sodio residual (ESR)	Agua	CO ₃ , HCO ₃ , Ca y Mg
Fosfato total / disuelto Ortofosfatos, Fósforo orgánico / inorgánico	Agua	Fósforo total / disuelto
Contenido de sales	Agua	Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Nitritos
Saturación de Oxígeno	Agua	Oxígeno disuelto, temperatura del agua y altitud
Balance iónico	Agua subterránea	Alcalinidad, CO ₃ , HCO ₃ , conductividad, Cloruros, Nitratos, Nitritos, NH ₃ , Sólidos disueltos, Sulfatos, Ca, Mn, Al, Fe, Mg, K y Na

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA			
	INSTRUCTIVO PARA EL MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA, RESIDUAL NO DOMÉSTICA Y RESIDUAL DOMÉSTICA			
	Código: IN-GAA-126	Versión: 09	Fecha de aprobación: 10/09/2024	Página: 24 de 40

Nitrógeno total	Agua	NH ₃ , Nitrógeno Kjendhal, Nitratos y Nitritos
Dureza cálcica	Agua	Ca
Nitrógeno orgánico total	Agua	Nitrógeno Kjendhal y NH ₃
Índice de Langerier	Agua	Na, Ca, Mg, Ba, Fe, pH, temperatura, Cloruros, Sulfatos, CO ₃ , HCO ₃ , sólidos disueltos.

6.3.7 Muestras para análisis microbiológicos

Pretratamiento de recipientes para tomas de muestras microbiológicas con presencia de cloro o metales:

Declaración: En aguas residuales que han sido tratadas con cloro u otros alógenos desinfectantes es necesario añadir un agente reductor a los frascos de colecta, esto con el fin de detener la acción bactericida durante el transporte y almacenamiento de las muestras. Así, el tratamiento se debe realizar con tiosulfato de sodio Na₂S₂O₃ 0.025N. Para un volumen de muestra de 250 ml se agregarán 0.2 mg/L de una solución de tiosulfato de sodio al 10%. Se debe agregar tiosulfato de sodio a los frascos colectores y esterilizar a 121°C por 15 minutos a 15 psi.

Agente quelante: En cuerpos de agua que se presume una alta concentración de metales como el níquel, cobre o zinc es necesario el uso del agente quelante ácido etilendiaminotetraacético EDTA, que reduce la acción inhibitoria del crecimiento microbiano. Para un volumen de muestra de 250 ml, se agregarán 0.25 ml de EDTA al 15%. Se debe agregar el EDTA a los frascos colectores y esterilizar a 121° C por 15 minutos a 15 psi.

Este tipo de análisis se aplica para cualquier tipo de agua.

❖ Poblaciones anaerobias (estrictas)

Se considera un organismo anaerobio a aquel que no puede crecer o proliferar en presencia de Oxígeno. En este grupo se incluyen las bacterias sulfato reductoras (BSR), las bacterias tiosulfato reductoras (BTR) y los anaerobios totales. A continuación, se describen algunas indicaciones bajo las cuales las muestras deben ser tomadas (crudo y gas) y de igual manera pueden ser aplicables en pruebas de recuento de aislamiento de poblaciones:

En primer lugar, el recipiente debe ser de vidrio estéril, polietileno o polipropileno, preferiblemente de 250 a 500 ml de volumen. No obstante, la botella como la tapa, debe ser fabricada en un material compatible para muestras de agua y crudo/combustible (no deben ser de poliestireno). Los frascos de vidrio se esterilizan por autoclave a 121°C durante 15 minutos, antes de su respectiva entrega por parte del laboratorio de microbiología.

Cuando se toman muestras de llaves de paso, válvulas o puntos de drenaje en tanques, se debe asegurar que la superficie externa esté completamente limpia; en caso contrario se puede utilizar un trapo limpio humedecido con alcohol al 70%. Además, para reducir la contaminación o la presencia de otros microorganismos externos, la muestra de agua debe caer directamente sobre el recipiente.

Por otro lado, se debe tener en cuenta el diseño del punto de muestreo, localización, altura, observar si cuenta con filtros u otros aditamentos que puedan ser inapropiados para el muestreo microbiológico. En cierto modo, se debe hacer un estimado del volumen de líquido o combustible en la línea de muestreo, para dejar fluir un volumen equivalente antes de tomar la muestra (purgar la línea). Las muestras para poblaciones anaerobias pueden ser tomadas de sistemas con flujo (ductos) o de sistemas estáticos (tanques de almacenamiento). Antes de tomar la muestra en sistemas con flujo se debe abrir la válvula y dejar que la muestra de agua fluya por varios minutos. Cuando se toman muestras en fondos de tanques o en espacios abiertos, se requieren de instrumentos o materiales de muestreo especiales.

Además, previo a realizar la toma de muestras, se debe hacer un lavado de manos antes de colocarse los guantes (estos deben ser resistentes a solventes y a combustibles), así mismo los equipos de monitoreo deben estar completamente limpios y el personal de muestreo debe asegurarse de que el área circundante al sitio de monitoreo esté limpia, en caso de observar posibles fuentes de contaminación, estas deben ser registradas en la bitácora de campo como observaciones del monitoreo.

Cuando se toman muestras en varios estratos de un tanque, estas deben realizarse de la superficie al fondo. En sistemas que contienen combustible y agua, se debe permitir la separación del agua antes de realizar la recolección de muestras. Sin embargo, algunas muestras pueden contener baja cantidad de agua o bastante emulsión, en este caso se puede tomar más de una muestra para garantizar la cantidad de agua necesaria para

la prueba. Por último, es importante establecer condiciones anoxigénicas en las muestras, por lo que los recipientes deben llenarse completamente sin dejar cámara de aire. Si durante el monitoreo se toman datos IN SITU como Oxígeno disuelto, o si se observa color, u olor se debe reportar los formatos físicos y digitales “*informe de muestreo datos in situ-aguas (FO-GAA-163)*” o “*Formato in situ aguas subterráneas*” (FO-GAA-157) según aplique.

❖ **Poblaciones aerobias (facultativas)**

Se considera un organismo aerobio a aquel que requiere de Oxígeno para permanecer metabólicamente activo. En este grupo se incluyen los aerobios totales, mesófilos totales y coliformes (pseudomonas, bacterias productoras de limo, productoras de ácido, degradadoras de fenoles o hidrocarburo, *Escherichia coli*, coliformes totales, mesófilos totales, heterótrofos totales, hongos y levaduras). A continuación, se describen algunas indicaciones bajo las cuales las muestras deben ser tomadas y de igual manera pueden ser aplicables en pruebas de recuento de aislamiento de poblaciones de aerobios totales, coliformes termo tolerantes y coliformes totales:

Las muestras para recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes deben ser tomadas en recipientes que resistan altas temperaturas durante la esterilización. Además, durante la esterilización o el almacenamiento no deben producir o liberar sustancias químicas o tóxicas que puedan impedir la viabilidad microbiológica o estimular el crecimiento. Al tomar la muestra se debe dejar una cámara de aire en el recipiente (aproximadamente de 2.5 cm) para facilitar la mezcla por agitación antes de la prueba.

Es importante limpiar o desinfectar los recipientes de transporte y utilizar técnicas asépticas para evitar la contaminación de la muestra. Así mismo, mantener el recipiente semi-cerrado hasta tomar el volumen considerado, no contaminar la superficie interna de la tapa o el tapón y cuello del recipiente, llenarlo sin precipitaciones y ajustar de nuevo la tapa y el tapón inmediatamente. Una vez ingresados al laboratorio, las muestras deben ser generadas con prioridad.

6.3.8 Muestras para análisis toxicológicos

Este tipo de análisis aplica en cuerpos de agua loticos y vertimientos. Las muestras de agua se pueden tomar en un solo recipiente, teniendo en cuenta las cantidades requeridas para cada análisis solicitado (ver tabla 9). Es importante, minimizar la aireación durante la recolección de las muestras de efluentes para reducir la pérdida de químicos volátiles. A menos de que las muestras sean usadas en el sitio, el mismo día de colecta, de ser así es recomendable refrigerarlas a 4°C hasta su uso, con el fin inhibir la degradación bacteriana, la transformación química y la pérdida de sustancias tóxicas volátiles.

Tabla 9. Recipientes y volumen de agua requerido para el análisis toxicológico

Análisis	Volumen requerido	Recipiente	Tipo de preservación
Toxicidad aguda en camarón (<i>Daphnia pulex</i>)	500 ml	Plástico	Refrigeración a 4°C
Toxicidad aguda en algas (<i>Scenedesmus</i> sp.)	1 L	Plástico	Refrigeración a 4°C
Toxicidad aguda en peces (<i>Oreochromis</i> sp.)	20 L	Plástico	Refrigeración a 4°C

Si el efluente ha sido clorado, se recomienda medir el Cloro residual inmediatamente después de que la muestra sea tomada. Esto con el fin de minimizar la pérdida de toxicidad por volatilización de constituyentes tóxicos. Los recipientes se llenan completamente sin dejar cámara de aire. Además, se recomienda de ser posible que se incluyan dentro de los análisis a realizarse la batería completa de ensayos (*Daphnia*, algas y peces), tanto para vertimientos como para cuerpos de agua receptores y especificar claramente en las observaciones cuales son las pruebas toxicológicas para incluir.

Nota 8: las pruebas que incluyen el perfil toxicológico del IDEAM no son pruebas rutinarias y solo se deben incluir a solicitud expresa del cliente, cuando éste tenga la obligatoriedad de aplicar este procedimiento por requerimiento de un ente gubernamental.

6.3.9 Análisis para correlación

Para realizar correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y los parámetros hidrobiológicos se requieren tomar los siguientes parámetros:

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos a tener en cuenta en muestreos de aguas superficiales con muestreo hidrobiológico

Nutrientes	IN SITU	Otros
Fósforo total	Oxígeno disuelto	Sólidos suspendidos
Fósforo reactivo disuelto	pH	DBO ₅
Sílice disuelto	Caudal	DQO
Nitratos	Turbiedad	Alcalinidad, conductividad
Nitritos	Temperatura del Agua	Dureza
Nitrógeno amoniacal		Cloruros
Nitrógeno Kjendhal u orgánico		Sulfatos
Nitrógeno total		Metales pesados disueltos*
		Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes

*Estos son tomados en cuerpos de agua loticos y sólo cuando el muestreo incluya hidrobiológicos. Los metales a generar son los mismos que están dentro de la propuesta, es decir, los que siempre se toman para cada campo en particular. Los siguientes metales se deben incluir en caso de que la propuesta no los incluya: Cd, Cr, Ag, Zn, Cu, As.

6.3.10 Blancos analíticos

Los blancos analíticos son muestras de agua tipo I y/o II, y según el parámetro debe ser tomado una vez por monitoreo (preferiblemente al inicio del monitoreo). Por el contrario, los blancos viajeros son muestras suministradas por el laboratorio, las cuales deben ser transportadas y preservadas en iguales condiciones a las demás muestras tomadas en campo y son utilizadas para detectar si existe contaminación cruzada por el manejo, transporte o almacenamiento de las muestras.

➤ Coliformes totales y *Escherichia coli* (blanco viajero).

Este blanco es suministrado por la unidad de Biotecnología - Microbiología y se envasa en un recipiente Schott estéril de 250 ml de agua desionizada esterilizada. El volumen inicial del agua es marcado en el recipiente para visualizar las pérdidas de volumen, en este caso se deja documentada la observación en el área, quedando como antecedente para su posterior análisis de resultados. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado y sellado.

➤ Carbamatos (blanco viajero)

Este blanco es suministrado por el Laboratorio de Aguas en un recipiente de vidrio ámbar de 125 ml de agua tipo II previamente lavado, luego se preserva con Tiosulfato de Sodio y Citrato de Potasio antes de salir al sitio de muestreo. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado y sellado.

➤ Toxicológicos (blanco viajero)

Este blanco es suministrado por la unidad de biotecnología - ecotoxicología en un recipiente de plástico de 2 L, preparado con agua de dilución utilizada para las pruebas de laboratorio. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado.

➤ THM's, AOX's, VOAS's y BTEX's (blancos viajeros)

Estos blancos son envasados en viales de HEADSPACE, preparados con agua de tipo II. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado.

➤ PAH's, Fenoles x HPLC, Hidrocarburos extractables, POF's, POCI's y PCB's (blancos viajeros)

Estos blancos son envasados en un recipiente de vidrio ámbar de 1 L, preparado con agua de tipo II. Estas muestras deben contener contra-tapa de papel aluminio. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado y sellado.

➤ Metales

Este blanco es llenado en campo en un recipiente de plástico de 500 ml con agua tipo I previamente lavado. Este blanco se preserva durante el desarrollo del monitoreo.

➤ DQO

Este blanco es llenado en campo en un recipiente de vidrio ámbar de 500 ml con agua de tipo II. Este blanco se preserva durante el desarrollo del monitoreo.

➤ Físicoquímicos

Este blanco es llenado en campo en un recipiente de plástico de 2 L con agua de tipo II. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado.

➤ Aniones

Este blanco es llenado en campo en un recipiente de plástico de 500 ml con agua de tipo II. Es necesario que, durante su transporte, este blanco se conserve refrigerado.

Nota 9: los blancos deben ser transportados en las mismas condiciones de las muestras en campo, con el fin de garantizar que las muestras no sufrieron procesos de contaminación cruzada, ni alteraciones en el desarrollo del muestreo, preservación, almacenamiento y transporte.

Para asegurar la calidad de los blancos analíticos es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Recolectar los blancos en recipientes con las mismas características contempladas para la toma de muestra (es decir vidrio o plástico).
- Se debe evitar la contaminación durante su manipulación y transporte.
- Mantener la refrigeración durante todo el proceso.
- Los blancos viajeros deben ser solicitados a cada unidad (Unidad analítica de Aguas y Unidad de Microbiología) por el personal de muestreo del Centro de Calidad de Aguas, previo al desarrollo del monitoreo.

6.4 Registro de la información

Los resultados obtenidos en campo, así como las observaciones, deben registrarse en los formatos físicos del Centro de Calidad de Aguas “Informe de muestreo de datos In situ” (FO-GAA-163) ó “Formato in situ aguas subterráneas” (FO-GAA-157) según aplique. Una vez consolidada y entregada la información, se guardará como registro físico en la unidad de muestreo.

Finalmente, una vez terminado el monitoreo, se deben reportar los datos in situ en los formatos escaneados al personal encargado de recibir la información de campo, el cual dará el visto bueno de la información registrada en los formatos físicos y en el formato digital y posteriormente será el encargado de enviar los formatos in situ a la unidad analítica de aguas. Por otra parte, el formato de solicitud de análisis “FO-GAA-155 formato de solicitud de análisis para muestras de aguas” deberá enviarse junto con los demás formatos de manera digital.

Así mismo, los datos obtenidos de las mediciones de caudal se registran en los formatos físicos según el equipo empleado: “Formato medición de caudal de área de velocidad Stream Flowmeter MFP51 Geopacks (FO-GAA-109)”, “Formato medición de caudal por área de velocidad sensor electromagnético HACH FH 950 (FO-GAA-150)” ó el “Formato medición de caudal método volumétrico (FO-GAA-151)” del Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos. Posteriormente se deben pasar los datos al formato utilizado de manera digital para hacer el respectivo reporte al personal encargado.

6.5 Preservación y refrigeración de muestras

Las muestras deben ser preservadas en el sitio de muestreo donde fueron recolectadas y de acuerdo a lo establecido en la Tabla 6 “Análisis, Recipientes y Preservación de Muestras”. Posteriormente, las muestras deben ser refrigeradas a una temperatura menor o igual a 6°C.

Cuando el monitoreo es compuesto, la preservación y refrigeración de las muestras y de cada alícuota debe realizarse inmediatamente después de cada toma hasta la composición.

Preservación de Muestras con soluciones:

Las técnicas de preservación pueden solamente retardar los cambios químicos y biológicos que sobreviven inevitablemente al remover la muestra de la fuente original. Los cambios que pueden ocurrir en una muestra

 UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA			
	INSTRUCTIVO PARA EL MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA, RESIDUAL NO DOMÉSTICA Y RESIDUAL DOMÉSTICA			
	Código: IN-GAA-126	Versión: 09	Fecha de aprobación: 10/09/2024	Página: 28 de 40

pueden ser químicos o biológicos. En el primer caso ocurren ciertos cambios en la estructura química de los constituyentes que son una función de las condiciones físicas.

Los cationes metálicos pueden precipitarse como hidróxidos o formar complejos con otros constituyentes; los cationes y/o aniones pueden cambiar su estado de valencia bajo ciertas condiciones de reducción u oxidación. Otros constituyentes pueden disolverse o volatilizarse en el transcurso del tiempo. Los cationes metálicos tales como el hierro y el plomo pueden ser adsorbidos en superficies (vidrio, plástico, cuarzo, etc.). Los cambios biológicos sucedidos en una muestra pueden transformar la valencia de un elemento o radical en otra valencia distinta. Los constituyentes solubles pueden convertirse a materiales.

Los métodos de preservación son relativamente limitados y son dirigidos a:

- Retardar la acción biológica.
- Retardar la hidrólisis de complejos y compuestos químicos
- Reducir la volatilidad de los compuestos

Los métodos de preservación se limitan al control de pH, adición química, refrigeración y congelación. La refrigeración a temperaturas cercanas al punto de congelación o más bajas es la mejor técnica de conservación disponible pero no resulta aplicable a todo tipo de muestras.

A continuación, en la tabla 11 se presentan los diferentes tipos de preservación utilizados para las muestras de aguas:

Tabla 11. Persevantes utilizados para muestras de aguas

Preservante	Acción	Aplicable a:
Ácido Clorhídrico (HCl)	Inhibidor bacteriano y rompedor de emulsiones.	Grasas y aceites, hidrocarburos no polares, hidrocarburos extractables.
Ácido Nítrico (HNO ₃)	Solvente metálico, previene la precipitación	Metales
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	Inhibidor bacteriano Formación de sal con bases orgánicas	Muestras orgánicas (DQO) Amoníaco, aminas, fosforo, dureza, Fenoles.
Hidróxido de sodio (NaOH)	Formación de sal con compuestos volátiles	Cianuros, ácidos orgánicos
Refrigeración	Inhibidor bacteriano, retrasa las trazas de reacción química	Acidez, alcalinidad, materiales orgánicos, DBO, color etc. Organismos biológicos

Procedimiento preparación de reactivos

- **Cloruro de Potasio (KCl) 3.0 M:** Disolver 111,2 g de KCl grado analítico en 500 ml de agua destilada y/o tipo II.
- **Solución de hidróxido de sodio 6N/ Cianuros y sulfuros:** Pesar 150g de NaOH, disolver en agua destilada y/o tipo II y aforar a 1l. Preservar la muestra hasta pH 12-12.5.
- **Solución de EDTA/Sulfitos:** Disolver 2.5 g de EDTA disódico en 100 ml de agua destilada y/o tipo II. Adicionar 1ml de solución de EDTA por cada 100ml de muestra.
- **Solución sulfato de amonio:** Disolver 33 g de Sulfato de Amonio en 75 ml de agua destilada y/o tipo II y adicionar 6,5 ml de Hidróxido de Amonio y aforar a 100 ml.
- **Solución estándar de ácido clorhídrico 0,1 N/ Alcalinidad:** Preparar a partir de un Titrisol Solución estándar de Ácido Clorhídrico 0,01 N. Medir 100ml de solución de HCl 0.1N y diluir con agua destilada y/o tipo II a 1l.
- **Titrisol de pH 4.0, 7.0 y 10.0/ pH:** Preparar a partir de titrisoles y a aforar a 500ml, como se indica en la etiqueta del titrisol.
- **Tiosulfato De Sodio Na₂SO₃.5H₂O:** Disolver 3.5 g de Na₂SO₃.5H₂O grado analítico en 1 litro de agua, esta solución debe ser fresca, preparar semanalmente.
- **Acetato de Zinc 2N:** Disuelva 220 gr de acetato de zinc en 800 ml de agua desionizada, trasvase cualitativamente a un balón aforado clase A de 1000ml y complete a volumen hasta la línea del aforo.

6.6 Envío y entrega

La entrega de las muestras debe realizarse según el “*instructivo general para la recepción, identificación y manejo de las muestras (IN-GAA-131)*” del Centro de Calidad de Aguas.

Adicionalmente, las muestras que deban ser enviadas a otro laboratorio se deben relacionar en el “*formato de custodia de muestreo*” FO-GAA-154, el cual debe ser firmado por el analista y el conductor responsable del transporte de las muestras hasta el laboratorio, con el fin de corroborar el inventario de las muestras tomadas, enviadas y entregadas.

6.7 Monitoreo puntual

En un monitoreo puntual, las muestras se deben tomar en un lugar representativo y en un periodo de tiempo determinado. Las muestras se toman con un recipiente (balde), sumergiéndolo en el cuerpo de agua o colocándolo sobre una descarga de agua o vertimiento según el punto de muestreo y posteriormente realizar el llenado de los recipientes teniendo en cuenta el análisis y condiciones especiales de cada parámetro.

Antes de realizar la toma de muestras se debe verificar las condiciones de limpieza del sitio de muestreo, para poder iniciar con la toma de muestras según el plan de muestreo. Durante el monitoreo puntual se debe realizar la medición de los datos in situ como oxígeno disuelto, pH/T °C, temperatura, conductividad y caudal en un lugar representativo. Las muestras para grasas y aceites, hidrocarburos no polares, coliformes totales y fecales, heterótrofas, BSR, BPA, VOA's, THM', AOX's, y toxicológicos son las primeras muestras en ser tomadas en cada uno de los puntos de muestreo de manera directa en el cuerpo de agua; posteriormente el llenado de los demás análisis solicitados se realizará directamente de la muestra tomada del balde, iniciando con la DBO5 y los sulfuros.

➤ Tuberías de descarga libre

Las muestras derivadas de las tuberías deben ser tomadas bajo la caída del agua con un balde y llenado hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes según el parámetro a analizar. Si el flujo del agua sobresale el ancho del diámetro del recipiente, se recomienda realizar un barrido en la recolección de la muestra para que sea más representativa. Una vez llenado el balde, homogenice la muestra con una varilla de agitación y proceda al llenado de los recipientes. Es importante, evitar el contacto con el tomador de la muestra y minimizar el tiempo de recogida y llenado de los recipientes, para que no se produzca ningún tipo de contaminación, ni cambios en la muestra. No obstante, la toma de muestras se realiza simultáneamente con el aforo y la medición de los datos In situ.

Nota 10: Las muestras para grasas y aceites, hidrocarburos no polares, coliformes totales y fecales, heterótrofas, BSR, BPA, VOA's, THM', AOX's y toxicológicos son las primeras muestras en ser tomadas en cada uno de los puntos de muestreo de manera directa en el cuerpo de agua.

Nota 11: Las muestras de DBO₅ y Sulfuros serán las primeras en recolectarse del recipiente aforado (balde).

➤ Canales circulares, trapezoidales y rectangulares:

La toma de muestras en los canales se realiza en la mitad del flujo de agua, a una profundidad aproximada de 10 a 25 cm del nivel del agua en contra de la corriente, según el método de recolección de la muestra. En caso, de que la muestra no pueda ser tomada, debido a que el flujo del canal es pequeño, se debe obstruir la salida para generar represamiento y elevar el nivel del agua. Después de la obstrucción del canal y de que las características físicas del agua sean homogéneas, se procede a recolectar las muestras con un balde hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes, según el análisis requerido. Una vez llenado el balde, homogenice la muestra por agitación con un tubo plástico limpio y proceda al llenado de los recipientes teniendo en cuenta las Notas 10 y 11 mencionadas anteriormente. La toma de muestras debe realizarse simultáneamente con el aforo y la medición de los datos In situ.

➤ Corrientes superficiales:

La toma de muestras en corrientes superficiales (ríos, quebradas y arroyos) se realiza en la mitad del cauce, tomando una muestra puntual en la sección transversal del punto de muestreo con un balde hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes según el análisis requerido. Este procedimiento debe hacerse a una profundidad aproximada de 10 a 25 cm del nivel del agua en contra de la corriente, según el método de recolección de la muestra. Una vez llenado el balde, homogenice la muestra por agitación y proceda al llenado de los recipientes. No obstante, la toma de muestras se realiza simultáneamente con el aforo y la medición de los datos In situ.

Nota 12: El balde debe estar previamente lavado y purgado, luego es llenado con la muestra hasta el volumen de aforo necesario y se procede con el llenado de cada uno de los recipientes según el análisis requerido. En este caso, se tiene en cuenta que para los análisis de cromatografía ambiental tales como, POCI's, POF's, PCB's PHA's, Hidrocarburos Extractables, VOAS's, BTEX's, AOX's, THM's no puede haber contacto con los polímeros (ftalatos), material (plástico) con que está fabricado el balde, ya que genera contaminación cruzada o interferencia en el estudio de la muestra, por lo que estos deben ser tomados en el menor tiempo posible.

6.8 Monitoreo compuesto

El muestreo compuesto se realiza en aquellos parámetros cuyos componentes son estables bajo condiciones de recolección, preservación y almacenamiento. No se aplica en parámetros cuyos componentes cambian inevitablemente con el tiempo, por lo que estos deben ser medidos de manera puntual durante el monitoreo compuesto, tales como:

- Gases disueltos: CO₂, Oxígeno disuelto, Cloro residual
- pH y temperatura
- Grasas y aceites Hidrocarburos
- Compuestos orgánicos volátiles (THM's, AOX's, VOAS's y BTEX's)
- Coliformes totales y fecales, heterótrofos, BSR, BPA
- Distribución de tamaño de partícula
- Sulfitos
- Cromo hexavalente
- Alcalinidad total
- Acidez total
- Toxicidad (*Daphnia pulex*, *Scenedesmus* sp. y *Oreochromis* sp.)

Los hidrocarburos, las grasas y aceites, se deben tomar de manera puntual en cada alícuota durante todo el monitoreo. Si se realiza duplicado de un punto estas muestras se deben tomar de la misma manera. Para los demás análisis relacionados, se debe tomar la muestra puntual en una alícuota al azar durante el monitoreo o según lo estipulado por el cliente.

La composición de las muestras se realiza con cada una de las alícuotas tomadas simultáneamente con las muestras de Grasas y Aceites de manera puntual durante el monitoreo.

En el monitoreo compuesto se debe realizar la medición de los parámetros In situ en cada una de las alícuotas o según lo solicite el cliente; cuando el DBO₅ corresponda a una muestra compuesta se debe reportar el dato del oxígeno disuelto de la muestra compuesta y registrar en la etiqueta del recipiente. Es importante tener en cuenta que las variaciones en las concentraciones de oxígeno disuelto, pH y temperatura, pueden producir cambios en algunos constituyentes inorgánicos, como el Hierro (Fe), el Magnesio (Mg), la alcalinidad y/o la dureza. Aunque estas modificaciones, también pueden alterar algunos analitos orgánicos.

Antes de comenzar un monitoreo compuesto, se debe determinar:

- El número de muestras puntuales que se deben tomar
- El volumen total necesario para la composición
- El volumen mínimo requerido para tomar en cada alícuota

En un monitoreo compuesto se toma de cada muestra puntual un volumen proporcional al caudal o al tiempo de muestreo. Es decir, cuando la composición de las muestras es proporcional al caudal, se calcula la cantidad requerida de cada muestra puntual (alícuota), para obtener una muestra compuesta así:

6.8.1 Cálculo de la alícuota

- Sumar todos los caudales puntuales, para obtener un caudal total (Q_T)
- El valor obtenido (V_1) es el volumen de muestra que se deberá utilizar de cada alícuota para la composición de las muestras.
- Cada alícuota debe refrigerarse inmediatamente hasta el momento de componer todas las muestras.

$$V_1 = V * Q_i / n * Q_p$$

(Ecuación #2)

V_1 = volumen de la alícuota para la muestra compuesta

V = volumen total a componer (mínimo 2 L)
 Q_i = caudal puntual tomado de cada muestra
 Q_p = caudal promedio durante el muestreo
 n = número de alícuotas

Otra forma de medir el caudal se hace utilizando un método volumétrico, el cual consiste en colocar un recipiente aforado de tal manera que recoja todo el flujo del agua y se toma el tiempo que tarda en llenarse o en llegar hasta un volumen determinado. Por lo que, el caudal se calcula dividiendo el volumen recogido (en litros), por el tiempo (en segundos); este valor es el caudal en litros por segundos (L/s) (ecuación #3).

$$\text{Caudal} = \frac{\text{volumen (L)}}{\text{tiempo (s)}}$$

(Ecuación #3)

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando, el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga; para este método es importante evitar la pérdida de muestra en el momento de aforar, así como represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.

Con las anteriores ecuaciones se garantiza que las alícuotas (volúmenes) son proporcionales al flujo durante intervalos de tiempos regulares (Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edición, página 1-40 sección 1060 B. Collection of Samples).

Nota 13: Cuando no se tienen datos del caudal o el volumen es intermitente, se realiza un monitoreo compuesto tomando alícuotas de volúmenes iguales, el volumen necesario de la muestra a componer se determina dividiendo el volumen total requerido de la muestra compuesta entre la cantidad de muestras puntuales.

6.8.2 Llenado de recipientes en un monitoreo compuesto

El número de alícuotas y el tiempo de monitoreo es asignado por el cliente. Cada alícuota es tomada en un recipiente diferente, la cual se enumera de tal forma que indique el orden en que se toma la muestra y así evitar posteriores confusiones.

La composición de las muestras (alícuotas) se realiza en un balde previamente limpio. Una vez realizada la composición, el personal técnico debe agitar la muestra constantemente y suavemente, de tal manera que se haga lo más homogénea posible. Durante la agitación, se debe tomar primero la muestra de la DBO y realizar la medición de los datos In situ, luego se tomará la muestra de sulfuros, cianuros, sólidos (disueltos, suspendidos, totales y sedimentables) y finalmente se procede a recolectar las demás muestras en cada uno de los recipientes según el análisis requerido.

➤ Tuberías de descarga libre:

La toma de muestras en tuberías de descarga libre, los datos y las mediciones se realizan de igual manera que una muestra puntual. Sin embargo, adicional se toma la alícuota correspondiente para la conformación de la muestra compuesta en la jornada de muestreo. La toma de la alícuota se realiza simultáneamente con el aforo del caudal y la medición de los parámetros In situ. Es importante, evitar el contacto con el tomador de la muestra y minimizar el tiempo de recogida, para que no produzca ningún tipo de contaminación, ni cambios en la muestra.

➤ Canales circulares, trapezoides y rectangulares:

La toma de muestras en canales, los datos y las mediciones se realizan de igual manera que una muestrapuntual.

➤ Aguas superficiales:

La toma de muestras, los datos y las mediciones se realizan de igual manera que una muestra puntual. Sin embargo, adicional se toma la alícuota correspondiente para la conformación de la muestra compuesta, que deberá ser tomada en diferentes lapsos de tiempo en el punto definido, según lo establecido por el cliente y/o la entidad ambiental. La toma de la alícuota se realiza simultáneamente con el aforo del caudal y la medición de los parámetros In situ.

6.9 Monitoreo integral

Este tipo de muestreo se aplica generalmente en cuerpos de agua. Las alícuotas se toman en diferentes puntos del área y en el mismo intervalo de tiempo, es decir, el personal de muestreo se ubica en diferentes puntos y toman la muestra al mismo tiempo. A continuación, se explica el procedimiento para la toma de muestras integradas según el tipo de aguas:

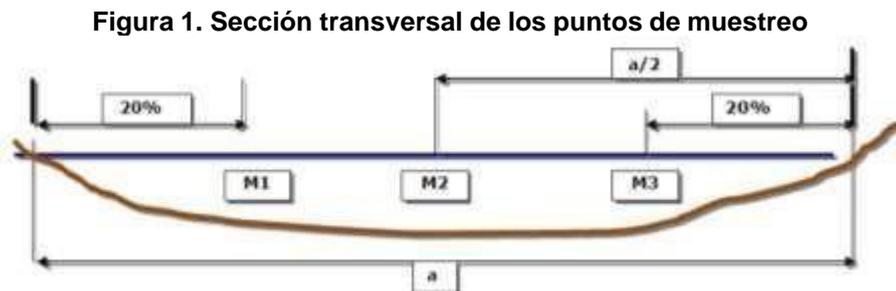
➤ Corrientes superficiales (cuerpos loticos)

La toma de muestras en corrientes superficiales (ríos, quebradas y arroyos) se realiza tomando una muestra puntual en la sección transversal del punto de muestreo con un balde hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes según el análisis requerido. Este procedimiento debe hacerse a una profundidad aproximada de 10 a 25 cm del nivel del agua en contra de la corriente, según el método de recolección de la muestra. Una vez llenado el balde, homogenice la muestra por agitación y proceda al llenado de los recipientes. No obstante, la toma de muestras se realiza simultáneamente con el aforo y la medición de los datos In situ.

En un monitoreo integral se utiliza el método de Incremento de Ancho Igual (EWI), para la obtención de muestras puntuales, generalmente se aplica en ríos de 10 a 100 metros de ancho. Cada muestra puntual representa un volumen de agua tomado en anchos iguales. El método (EWI) consiste en medir el ancho del cauce de orilla a orilla con una cinta métrica, luego el ancho se divide en cuatro secciones iguales de manera que se obtengan tres (3) verticales para la toma de la muestra, esto es a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la sección transversal del río (figura 1). Para determinar el volumen de cada muestra que se debe tomar en cada vertical, se tiene en cuenta el volumen total de la muestra requerida y se divide en tres partes iguales.

Los tres verticales de la sección transversal del punto de muestreo, se reparten de la siguiente manera (figura 1):

- **Primer vertical (M1):** a una distancia equivalente al 20% del ancho total del cauce medido desde la orilla.
- **Segundo vertical (M2):** Ubicada en el centro del cauce.
- **Tercer vertical (M3):** a una distancia equivalente al 20% del ancho total del cauce medido desde la orilla opuesta.



Dónde:

- **a** es el ancho del cauce en metros
- **M1, M2 y M3** corresponden a las verticales donde se toman las muestras.

Para grandes ríos se recomienda aumentar el número de verticales y se pueden tomar muestras a diferentes profundidades en cada vertical, generalmente al 20% y al 80% de la profundidad total del río. Es importante que todas las verticales sean muestreadas el mismo número de veces, ya que se integran para conformar un volumen de donde se tomará la alícuota correspondiente para la muestra compuesta en la jornada de monitoreo.

No obstante, el anterior procedimiento se aplica cuando la autoridad ambiental o el cliente, establezcan que tomar la muestra en la mitad del ancho del cauce no corresponde a una muestra representativa.

6.10 Monitoreo de agua

6.10.1 Monitoreo de aguas superficiales

Se consideran aguas superficiales:

- Cuerpos de agua loticos tales como: ríos, quebradas, arroyos y otros dependiendo de los requerimientos estipulados por el cliente.

- Cuerpos de agua lenticos tales como: ciénagas y lagos de los cuales se debe tener en cuenta información de coordenadas de cada punto de muestreo por parte del cliente. De lo contrario, se debe utilizar GPS y georeferenciar los puntos de muestreo, para así facilitar el monitoreo en fechas posteriores.

La ubicación de los puntos de muestreo debe ser suministrados por el cliente y deben proporcionar muestras representativas, donde se evidencien los cambios importantes en la calidad del agua. Si el propósito del monitoreo es controlar los efectos de una descarga, se deben tomar muestras aguas arriba y aguas abajo, agregando el punto de mezcla y sus efectos sobre el cuerpo receptor. Por otro lado, si en los puntos de monitoreo se observa otras descargas adicionales; estas deben ser monitoreadas y se debe realizar la medición de su respectivo caudal.

Precauciones de seguridad

Es importante tener en cuenta las condiciones físicas y ambientales del cuerpo de agua, ya que si estos impiden la toma de muestras se debe informar al cliente; para así establecer las directrices a seguir. O si se presentan situaciones en las que la toma de muestra representa alguna condición insegura para el personal, no se toma la muestra y no se realiza medición. Estos eventos deben ser registrados en el “formato de solicitud de análisis para muestras de aguas” y en el “Formato acta de inicio o finalización de monitoreos” del Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos.

6.10.2 Monitoreo de agua residual no doméstica

Se consideran los siguientes sistemas de agua residual no doméstica:

- Planta de tratamiento de aguas residuales industriales: sistemas de tratamiento primario, sistemas de tratamiento secundario y sistemas de tratamiento terciario.
- Cuerpos de aguas receptores: aguas arriba del vertimiento, aguas abajo del vertimiento y punto de mezcla.
- Aguas de proceso de refinería: aguas residuales formadas a partir de los diferentes procesos que involucran la refinación y exploración.
- Vertimientos.
- Cajas de Inspección.

Toma de muestras de agua residual no doméstica:

Las muestras son tomadas con un balde previamente limpio y deben ser recolectadas directamente del sistema de tratamiento o del volumen de agua, que permita la toma de muestras de manera representativa y que evite la contaminación de las mismas. La medición del caudal se debe realizar teniendo en cuenta las condiciones del punto de muestreo y en los métodos que pueden ser empleados para tal actividad. En situaciones en las que el proceso de toma de muestras represente alguna condición insegura para el personal, éste no se debe realizar. El evento se debe registrar en el “formato de solicitud de análisis para muestras de aguas” y en el “Formato acta de inicio o finalización de monitoreos” del Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos.

Toma de muestras en aguas de proceso:

La toma de muestras de aguas de procesos se realiza en:

- Aguas para el suministro de calderas o sometidas a un proceso de intercambio iónico.
- Aguas de sistemas de enfriamiento.
- Aguas residuales no domésticas (aguas de desalado de crudo, aguas ricas en H₂S, NH₃, sales, etc.).
- Aguas de inyección.

El monitoreo lo establece la misma industria con el fin de hacer seguimiento a la calidad fisicoquímica de los insumos aplicados a sus operaciones unitarias. Así como los residuos generados en los mismos. En el caso de vertimientos, la propuesta de muestreo la define la autoridad ambiental, donde se especifican los requerimientos mínimos de descarga residual, además de considerar parámetros específicos asociados al tipo de industria en observación.

6.10.3 Monitoreo de aguas residuales domésticas

Se consideran los siguientes sistemas de agua residual doméstica:

- Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas: sistemas de tratamiento primario, sistemas de tratamiento secundario y sistemas de tratamiento terciario.
- Pozos sépticos.
- Cajas de inspección y/o registros.

- Cuerpos de aguas receptores.

Toma de muestras de agua residual doméstica:

Antes de tomar las muestras de agua residual doméstica, se debe retirar el material flotante en cualquiera de los sistemas de tratamiento. Si la profundidad del agua en un pozo séptico o caja de inspección limita la toma directa de la muestra, se debe usar un balde y una soga o algún otro mecanismo para la extracción del respectivo volumen de agua, para posteriormente llenar los recipientes. Si bien, estos deben ser de uso exclusivo para aguas domésticas y así evitar contaminación en otro tipo de muestras.

Por otro lado, se debe realizar el cálculo de porcentajes de remoción a partir del valor de caudal registrado en los diseños de construcción de los sistemas. Para esto se debe solicitar el número de aportantes aproximados al sistema séptico y la clasificación del predio, ya sea permanente (residencias de diferente estrato) o temporal (oficinas temporales, casetas de vigilancia, casinos, baños públicos, escuelas, etc.) (RAS 2000).

6.10.4 Monitoreo de aguas subterráneas

Se consideran aguas subterráneas:

- Piezómetros
- Pozos profundos
- Aljibes

El agua subterránea es un recurso natural para el suministro económico y seguro de agua potable y el desarrollo de las comunidades en áreas urbanas y rurales. La contaminación de los acuíferos es causada por las actividades que se desarrollan en la superficie que generan descargas o lixiviados que no son controlados adecuadamente, creando cargas potenciales de polución. La contaminación por hidrocarburos es uno de los problemas medioambientales más importantes que aquejan a la industria del petróleo, ya que éstos afectan la calidad de las aguas subterráneas cuando son liberados hacia los mantos acuáticos.

La calidad de las aguas subterráneas se evalúa comparando según lo estipulado en el Artículo 38 del Decreto 1594/84, donde se establecen los criterios de calidad para la destinación del recurso para el uso humano y doméstico. Así mismo, teniendo en cuenta que Colombia no tiene una normatividad que regule la contaminación de las aguas subterráneas por VOAS (BTEXs,), se analizan estos compuestos (benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno y m,p-xileno) según los criterios de calidad establecidos en la legislación canadiense Alberta Risk Management Guidelines for Petroleum Storage Tank Sites 2001.

Las aguas subterráneas en la mayoría de los casos son químicamente estables y en general sus componentes cumplen con las siguientes relaciones (Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edición, página 1-23 Sección 1030 E. Checking Analyses' Correctness).

Para evaluar la calidad y la conveniencia de una fuente subterránea de agua pensada para consumo humano (potable), sería adecuado realizar muestreos mensuales o aún más frecuentes con el fin de evitar riesgos a la salud. En caso de que el monitoreo este enfocado en un objetivo diferente a la evaluación de fuentes para agua potable, se debe tener en cuenta que la frecuencia de los monitoreos podría variar dependiendo de factores que afectan la calidad del recurso hídrico.

El procedimiento que se debe tener en cuenta en la toma de muestras para el monitoreo de aguas subterráneas es el siguiente:

Determinación de la profundidad de agua:

La profundidad del pozo y del agua son los primeros datos que se toman en campo, y estos son registrados en el formato "Informe de muestreo de datos In situ" (FO-GAA-163) o "Formato in situ aguas subterráneas" (FO-GAA-157)". La medición de la profundidad se obtiene empleando una sonda de nivel (ver figura 2) que consta de un electrodo, una cinta métrica y un Led; este último, se activa con el contacto del agua y produce un sonido en frecuencia de tiempo corto e intermitente. Por último, para registrar la profundidad total del pozo, se deja caer la sonda hasta el fondo.

Figura 2. Sonda de nivel



En un piezómetro, si la sonda de nivel hace contacto con una capa de hidrocarburo, está activa la alarma emitiendo un sonido en frecuencia de tiempo constante. Desde ese momento se deja caer la sonda hasta que la alarma emita un sonido intermitente, indicando el contacto con el agua. En este caso, se debe calcular la longitud de la columna de hidrocarburo teniendo en cuenta las dos lecturas de la sonda (al nivel del agua restar el nivel de hidrocarburo) (ver figura 3).

Una vez realizada esta operación se debe extraer el hidrocarburo del piezómetro; siempre y cuando el nivel de hidrocarburo supere los 10 cm de espesor, se toma una muestra de hidrocarburo, en un recipiente ámbar de 125 ml o dos recipientes ámbar de 75 ml (mínimo requerido 100 ml), para posterior caracterización en laboratorio (El análisis a realizar sería Sim Dis cualitativo y/o según solicitud del cliente), el hidrocarburo sobrante debe ser desechado o depositado en el sistema de aguas aceitosas más cercano al punto de muestreo o en donde determine el cliente. Cuando se evidencie otro tipo de producto en el pozo, se debe solicitar al cliente la información sobre los análisis a generar. La purga del piezómetro y la toma de muestra para análisis se deben realizar con otro bailer (Figura 4), dado que el primero se impregnó de hidrocarburo.

Figura 3. Fases líquidas dentro del piezómetro

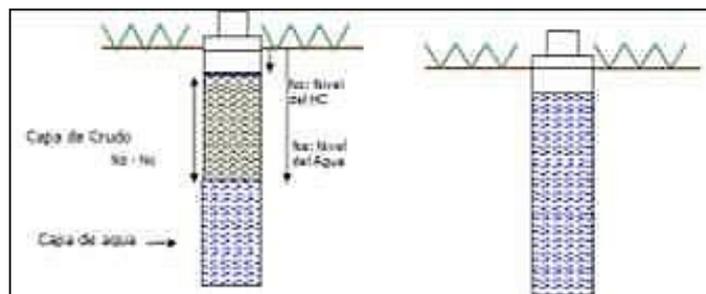


Figura 4. Bailer



Método de muestreo

Se implementa el método de muestreo a profundidad, el cual consiste en hacer bajar un dispositivo de muestreo (bailer) por el interior del pozo dejando que se llene de agua a una profundidad ya conocida, luego se recupera el dispositivo con la muestra y de ser necesario se transfiere a un recipiente más apropiado, este método solo es recomendado en el caso de pozos que no se bombean como los piezómetros.

En el caso de que la muestra deba ser tomada en un piezómetro, se debe realizar la purga del mismo, la cual consiste en la extracción y eliminación del agua almacenada (estancada) en repetidas ocasiones por medio de un bailer, con el fin de equilibrar las condiciones fisicoquímicas entre el pozo y proporcionar la toma de una muestra representativa y homogénea del acuífero. El volumen extraído dependerá de la cantidad de agua que

se encuentre en el pozo, se realiza un máximo de 10 bailados. Si a medida que se extrae el agua se nota una disminución considerable en el bailer se debe detener la actividad y esperar la recuperación del piezómetro, debido a que se corre el riesgo de secar totalmente el pozo y quedarse sin agua para los análisis.

Cuando se realice el primer bailado se deberá tomar una muestra para realizar la medición del oxígeno inicial, posteriormente se prosigue con la extracción y eliminación del agua almacenada, luego de la recuperación del pozo se procede a la recolección de las muestras; de la primera extracción se toma la muestra de Grasas y Aceites, pH y demás datos in situ que estén incluidos en la solicitud, luego los compuestos orgánicos volátiles y los metales. El llenado de las muestras restantes según los parámetros solicitados se realiza con un balde, el cual debe ser llenado con muestra recolectada directamente del bailer hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes.

Una vez llenado el balde, homogenice la muestra por agitación y proceda al llenado de los recipientes. Es importante, minimizar el tiempo de recogida y llenado de los recipientes, para que no se produzca ningún tipo de contaminación, ni cambios en la muestra. Finalmente, se procede a recolectar una muestra de agua para realizar la medición del oxígeno disuelto final.

Nota 14: En aljibes y pozos profundos la recolección de muestras se realiza con un balde previamente limpio y llenado hasta el volumen de aforo necesario para el posterior llenado de los recipientes según el parámetro a analizar. Una vez llenado el balde, homogenice la muestra por agitación y proceda al llenado de los recipientes.

Es importante, minimizar el tiempo de recogida y llenado de los recipientes, para que no se produzca ningún tipo de contaminación, ni cambios en la muestra. La recolección de muestras se realiza simultáneamente con la toma de los datos In situ.

Lavado del Bailer

El bailer debe ser lavado antes y después de la recolección de las muestras siguiendo el siguiente procedimiento:

- Lavar con jabón extran y un cepillo o churrusco, para retirar cualquier sustancia o partículas que puedan estar depositadas en el recipiente.
- Enjuagar con abundante agua desionizada.

Si el cliente envía la solicitud con los análisis para piezómetros, ya sea por decreto o por auto establecido por la autoridad ambiental competente, los parámetros a monitorear son los estipulados en esta solicitud, si no es enviado los análisis establecidos se deben implementar según las siguientes especificaciones:

Piezómetros nuevos:

Para piezómetros nuevos se establecen ciertos parámetros específicos (tabla 11) los cuales son requeridos para realizar un balance iónico.

- Balance Iónico (Aniones/cationes) = 0.9-1.1
- STD Calculado/Conductividad= 0.55-0.7
- STD Medidos/STD Calculados= 1.0-1.2

Tabla 12. Análisis para piezómetros nuevos con balance iónico

Análisis		
Profundidad	pH/temperatura	Oxígeno disuelto
Alcalinidad	HCO ₃	CO ₃
Conductividad	NH ₃	Sólidos disueltos
Fenol total	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	Cr+6
Grasas y Aceites/Hidrocarburos totales		
Metales Disueltos (Filtrados) Ca, Mg, Na, Fe, Al, K, Mn, Ba, V, Ni		
VOA's (BTEX's)		

Análisis para piezómetros antiguos y/o de control:

A continuación, se observan los análisis a realizar en los piezómetros:

Tabla 13. Análisis para piezómetros antiguos y/o de control

Análisis		
Profundidad	pH/temperatura	Oxígeno disuelto
Conductividad	Sólidos disueltos	Fenol total
Grasas y Aceites/Hidrocarburos totales		
VOA's (BTEX's)		

Prueba de Baldeo o Slug para pozos subterráneos de monitoreo – Piezómetros

Las pruebas baldeo (o slug) permite registrar la recuperación de carga en el pozo de monitoreo después de un cambio instantáneo en el volumen de agua almacenado, este puede ser realizado por la rápida introducción de un objeto sólido causando un abrupto incremento (falling head) o por la extracción del agua. Después de este cambio en el nivel, se mide la recuperación del nivel de agua hasta sus condiciones estáticas. El arreglo lineal de los datos de recuperación indica el valor de la conductividad hidráulica del acuífero, lo cual representa la facilidad con la que el suelo deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo.

Para las pruebas se debe utilizar: un muestreador manual tipo bailer para extraer agua del pozo y generar abatimiento. Una vez extraída el agua registrar la recuperación en el nivel del agua mediante el uso de una sonda aproximadamente 2 horas, cumpliendo 26 ciclos distribuidos en intervalos variados de tiempo, tal como se presentan en la Tabla 13, o hasta que el pozo alcance como mínimo el 60% de recuperación.

Tabla 14. Intervalos de tiempo en los cuales se registran los datos de recuperación del pozo

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo (min)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Ciclo	10	11	12	13	15	16	17	18	
Tiempo (min)	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	15.0	20.0	25.0	
Ciclo	19	20	21	22	23	24	25	26	
Tiempo (min)	30.0	40.0	50.0	60.0	75.0	90.0	105	120	

Para realizar la prueba de baldeo, se debe realizar las siguientes actividades:

Determinación del nivel del agua y la profundidad del pozo:

Este es el primer dato In situ que se debe medir y registrar en el formato "Formato prueba de baldeo o slug Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos. Usar una sonda de nivel (que consta de un electrodo, una cinta métrica y un led), introducirla en el piezómetro para realizar la medición. Al entrar el electrodo en contacto con el agua se activa una alarma que emite un sonido en frecuencia de tiempo corto e intermitente. Con la sonda se debe registrar el nivel del agua y el nivel del fondo del piezómetro.

Extracción del agua para generar el abatimiento:

Usar el bailer limpio para extraer un volumen de agua de 15 a 20 litros aproximadamente, o hasta encontrar nivel mínimo (fondo) del pozo. Este procedimiento debe ser rápido y sin interrupciones para generar abatimiento y evitar recuperación lenta del pozo, de no realizarse de esta forma la prueba se altera.

Lectura del nuevo nivel del agua:

Inmediatamente después de extraer el último volumen de agua con el bailer, introducir la sonda de nivel para registrar el nivel de agua en un to y continuar para completar los ciclos.

Registro de información:

Registrar los niveles en cada intervalo de tiempo, en el formato "Formato prueba de baldeo o slug Centro de Calidad de Aguas de la Universidad de los Llanos. Si por algún motivo, no se puede tomar una lectura, dejar el espacio en blanco y continuar con el siguiente tiempo.

Las mediciones deben realizarse hasta que el pozo recupere mínimo el 60% de su nivel inicial (nivel en t_0), o que haya transcurrido 2 horas desde la medición t_0 , completando los registros en cada tiempo solicitado (o lo que primero se cumpla).

Para determinar el porcentaje de recuperación que tiene un pozo en un tx, se debe plantear la siguiente ecuación:

$$\% \text{ recuperacion} = 100 - \left(\frac{N.\text{agua}_x - N.\text{agua}_i}{N.\text{agua}_0 - N.\text{agua}_i} \times 100 \right)$$

En donde:

- N. agua_x: Nivel del agua en tiempo que se requiere estimar el porcentaje.
- N. agua₀: Nivel del agua en el t_0 , después de realizar el abatimiento
- N. agua_i: Nivel inicial del agua

Dado que la extracción debe ser continua, no se recomienda realizar la toma de muestras y la prueba "slug" (baldeo) el mismo día, para evitar alteraciones en las dos actividades, por lo tanto, se recomienda dejar una semana de diferencia entre las dos actividades.

Si se encuentra capa de hidrocarburo en el pozo se deben registrar los niveles del agua y de hidrocarburo al iniciar la actividad y durante la recuperación del piezómetro.

7. Flujograma: No aplica

8. Documentos de referencia

- ✓ ACKER, F., RUSSEL, B. & HAGAN, E. 2002. Subsampling Procedures for USGS NAWQA Program Periphyton Samples. Protocol P 13-48. En: Protocols for the analysis of algal samples collected as part of the U.S. Geological Survey National Water-Quality Assessment program. (Eds.) Charles, D., Knowles, C. & Davis, R. Patrick Center for Environmental Research-Phycology Section.
- ✓ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition.
- ✓ ARANGÚREN, N., BOLÍVAR. A., CANOSA. A., GALVIS. G., MOJICA. J. I., DONATO. J. CH., RUEDA-DELGADO. G., RUIZ. E. & SCHMIDT-MUMM. U. 2002 Manual de métodos en limnología. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Limnología, 2002 76p
- ✓ BRUN-BLANQUET, J. 1932. Plant Sociology: the Study of Plant Communities. (Transl. by G.D. Fuller and H.S. Conard), MacGraw Hill, 438 p.
- ✓ KLEMM, D.J., STORBER, Q.J. and LAZORCHAK, J.M. 1993 Fish Field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Washintong, EPA.
- ✓ BIGGS, B. 1996. Patterns in benthic algae of streams. En: Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems. (Eds.) Stevenson, R.J., Bothwell, M. L., Lowe, R.L. Academic Press. USA.31-51.
- ✓ ESTEVES, F. 1988. Fundamentos de limnología. Ed. Interciencia LTDA. Pag.128. HAUER, R.F.; LAMBERTI, A.G. 1996. Methods in Stream Ecology. Academic Press.877p.
- ✓ ISO 5667-1; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Diseño de Programas de Muestreo.
- ✓ ISO 5667-2; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo.
- ✓ ISO 5667-4; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Guía para el Muestreo de Lagos Naturales yartificiales.
- ✓ ISO 5667-10; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Residuales ISO 5667-11; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Subterráneas.
- ✓ ISO 5667-14; Water Quality –Sampling – Part 14: Guidance on the Quality Assurance of Environmental Water Sampling and Handling.
- ✓ ISO 5667-16; Water Quality –Sampling – Part 16: Guidance on the Bio Testing of Samples.

- ✓ ISO 5667-18; Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Muestreo de Aguas Subterráneas en Sitios Contaminados.
- ✓ Manual de Campo para el Muestreo de la Calidad del Agua en <http://ag.arizona.edu/AZWATER/publications/handbook/espanol/contents.html>
- ✓ ANDI; Manual de Caracterización de Aguas Residuales Industriales.
- ✓ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Informe Final – Asesoría Experto Internacional; Red de Calidad del Recurso Hídrico de Bogotá D.C.
- ✓ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Sistema de Información – Componente Hidrológico – Redes, Mediciones, Observaciones y Procesos Básicos.
- ✓ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; VI Fase de Seguimiento de Efluentes Industriales y Corrientes Superficiales de Bogotá D.C.
- ✓ Guía para el monitoreo de Vertimientos, aguas superficiales y Subterráneas-IDEAM.
- ✓ Instructivo para el Monitoreo de Agua Potable, Superficial, Subterránea, Residual Industrial y Residual Doméstica del Centro de Manejo Integral de Muestras (CEMIM), INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO – (ICP-ECOPETROL).
- ✓ Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia (IDEAM, 2007).
- ✓ “Instructivo para la medición de temperatura In Situ ([IN-GAA-125](#))”
- ✓ “Instructivo para el monitoreo de agua superficial, subterránea, residual no doméstica y residual domestica ([IN-GAA-126](#))”.
- ✓ “Instructivo para la medición de caudales ([IN-GAA-127](#))”
- ✓ “Instructivo para la medición de pH en aguas In Situ ([IN-GAA-128](#))”
- ✓ “Instructivo para la determinación de conductividad de aguas In Situ ([IN-GAA-129](#))”
- ✓ “Instructivo para la determinación de oxígeno disuelto en aguas In Situ ([IN-GAA-130](#))”
- ✓ “Instructivo general para la determinación de cloro libre y total en aguas ([IN-GAA-206](#))”
- ✓ Formato medición de caudal por área velocidad Stream Flowmeter MFP51 GEOPACKS ([FO-GAA-109](#))
- ✓ Formato medición de caudal por área velocidad sensor ELECTROMAG HACH FH 950 ([FO-GAA-150](#))
- ✓ Formato medición de caudal método volumétrico ([FO-GAA-151](#))
- ✓ Formato acta inicio o finalización monitoreos ([FO-GAA-152](#))
- ✓ Formato de solicitud de análisis para muestras de aguas ([FO-GAA-155](#))
- ✓ Formato in situ aguas subterráneas ([FO-GAA-157](#))
- ✓ Formato lista de chequeo agua superficial ([FO-GAA-158](#))
- ✓ Formato lista de material de muestreo ([FO-GAA-159](#))
- ✓ Informe de muestreo datos In Situ ([FO-GAA-163](#))
- ✓ Lista de chequeo agua residual no domestica ([FO-GAA-164](#))
- ✓ Lista de chequeo agua residual domestica ([FO-GAA-167](#))
- ✓ Formato medición de caudal área velocidad sensor inducción ([FO-GAA-168](#))
- ✓ Formato para entrega y recepción de muestras (FO-GAA-197)
- ✓ Formato de registro fotográfico ([FO-GAA-207](#))
- ✓ Plan de muestreo Unillanos ([FO-GAA-223](#))
- ✓ Formato informe de muestreo datos In Situ monitoreo compuesto ([FO-GAA-233](#))

9. Listado de anexos: Este documento no tiene anexos.

10. Historial de cambios:

Versión	Fecha	Cambios	Elaboró / Modificó	Revisó	Aprobó
01	22/02/2019	Documento Nuevo	Elkin Yesid Suárez Tecnólogo Monitoreos	Marco A. Torres Director ICAOC	Marco A. Torres Director ICAOC

PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA
**INSTRUCTIVO PARA EL MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA,
RESIDUAL NO DOMÉSTICA Y RESIDUAL DOMÉSTICA**

Código: IN-GAA-126 **Versión:** 09 **Fecha de aprobación:** 10/09/2024 **Página:** 40 de 40

02	15/05/2019	Actualización instructivo metodología SM4500 O – H, cambio de ARI a ARnD	<i>Karen Mendoza Responsable unidad</i>	<i>Marlene Estrada Líder Técnico Lab</i>	<i>Mario GutiérrezProf. de Calidad</i>
03	14/06/2019	Cambio de preposición en la redacción de la preservación de análisis, se incluyen los controles de calidad establecidos en la toma de muestras de compuestos orgánicos volátiles, G&A, Hidrocarburos no polares, PHA's, PCB's, POCÍ's, y POF's.	<i>Karen Mendoza Responsable unidad</i>	<i>Marlene Estrada Líder Técnico Lab</i>	<i>Juan M. Trujillo Director CCA</i>
04	28/02/2020	Revisión General. Se actualizan numerales: 1. Objeto. 2. Alcance 3. Referenciasnormativas. 4. Definiciones. 5.1. Condiciones y aspectos de seguridad y salud en el trabajo a tener en cuenta. 6.4. Registro de la información. 8. Documentos de referencia.	<i>Andrés Zarate Profesional</i>	<i>Karen Mendoza Tecnólogo Unidadde muestreo</i>	<i>Juan M. Trujillo Director CCA</i>
05	18/03/2022	Correcciones de redacción, Reporte de datos escaneados y no digitalizados en el ítem, así como la eliminación del registro de información en bitácora de campo 6.3.3 y 6.4. Corrección de fórmula de cálculo de alícuota en el ítem 6.8.	<i>Esteban Rodríguez Responsable de unidad</i>	<i>Karen Mendoza Prof. de Calidad</i>	<i>Juan M. Trujillo Director CCA</i>
06	03/08/2022	Adición del Pretratamiento de recipientes para tomas de muestras microbiológicas con presencia de cloro o metales en el numeral 6.3.7 Muestras microbiológicas	<i>Yair Zapata Responsable deunidad microbiología</i>	<i>Karen Mendoza Prof. de Calidad</i>	<i>Juan M. Trujillo Director CCA</i>
07	20/09/2023	Cambio de viñetas y redacción general, modificación numeración de tablas, se agregaron los nombres de reactivos y se agregaron reactivos en la tabla 2, se agregó nota 6 en el numeral 6.2.3, se separó e independizó fenoles en la tabla 6, se modificó la numeración de los parámetros descritos al final de la tabla 6, adición proceso de tratamiento de muestras con presencia de cloro para DBO ₅ y Fenoles en la tabla 6.	<i>Frayther Parrado Responsable de Unidad</i>	<i>Yair Zapata Prof. de Calidad</i>	<i>Marco Aurelio Torres Director CCA</i>
08	26/01/2024	Se separan los parámetros de acidez y alcalinidad con el fin de que las muestras no presenten interferencias (intercambio de CO ₂) al momento del análisis.	<i>Frayther Parrado Responsable de Unidad</i>	<i>Yair Zapata Prof. de Calidad</i>	<i>Marco Aurelio Torres Director CCA</i>
09	10/09/2024	Se extraen algunas referencias y se agregan las referencias que aplican al instructivo de muestreo. Se actualizó la tabla 6 con respecto a los tipos de recipientes, preservación y tiempo de análisis para algunos parámetros. Se actualizó la tabla 7 y se agregaron especificaciones para toma de muestras según cada parámetro y métodos de preservación. Se especifica el orden y paso a paso en el servicio de muestreo en general junto con los formatos utilizados para esto. Se agregaron los nombres de los formatos con sus códigos en el documento en general, Se organizaron los espacios en la tabla 1 y se mejora redacción con respecto a los aspectos de seguridad en cada actividad. Se realizan mejoras de redacción, organización y se modifican numerales en todo el documento.	<i>Frayther Parrado Responsable de Unidad</i>	<i>Yirley Rincón Prof. de Calidad</i>	<i>José Ismael Rojas Director CCA</i>