

Muestreo de la calidad de agua

**Breve descripción:**

El presente componente formativo contiene los temas necesarios para que el aprendiz pueda reconocer el proceso para llevar a cabo el muestreo de calidad de agua, los materiales que debe utilizar, los equipos, los procedimientos, el área de muestreo para finalmente elaborar el informe de resultados.

**Octubre 2023**

Tabla de contenido

[1. Alistamiento de materiales y equipos de muestreo de calidad de agua 5](#_Toc151551579)

[1.1. Calibración de equipos 6](#_Toc151551580)

[1.2. Materiales 7](#_Toc151551581)

[1.3. Elementos de protección personal 9](#_Toc151551582)

[2. Preparación del área de muestreo 11](#_Toc151551583)

[2.1. Técnicas de adecuación del área 13](#_Toc151551584)

[2.2. Técnicas de aseo e higienización 14](#_Toc151551585)

[3. Toma de muestras de agua y embalaje 15](#_Toc151551586)

[3.1. Tipos de muestreo 24](#_Toc151551587)

[3.2. Formatos 25](#_Toc151551588)

[3.3. Tipos de embalaje 27](#_Toc151551589)

[4. Informe de operaciones de muestreo de calidad de agua 30](#_Toc151551590)

[Síntesis 33](#_Toc151551591)

[Material complementario 35](#_Toc151551592)

[Glosario 36](#_Toc151551593)

[Referencias bibliográficas 38](#_Toc151551594)

[Créditos 39](#_Toc151551595)

**Introducción**

El muestreo de la calidad del agua es una práctica fundamental que implica recolectar muestras de agua de diversas fuentes naturales para evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos que indican su salud y calidad. Esto se hace para monitorear y proteger los recursos hídricos, identificar contaminantes y garantizar el acceso a agua segura y limpia. A continuación, se presenta una descripción de los contenidos que abarca este componente formativo:

**Video 1.** Muestreo de la calidad de agua



[**Enlace de reproducción del video**](https://www.youtube.com/watch?v=unzhDEOxRcM)

|  |
| --- |
| **Síntesis del video: Muestreo de la calidad de agua** |
| La importancia de medir la calidad del agua radica en la capacidad de determinar las características de los recursos hídricos y contribuir a la realización de proyectos de investigación científica que aseguren la preservación de los cuerpos de agua en beneficio de actividades productivas, la salud humana y los ecosistemas. Para garantizar la calidad de este procedimiento, es fundamental establecer objetivos claros que guíen una planeación adecuada. Esto implica considerar las estaciones de muestreo, los parámetros a evaluar, los procedimientos para la preservación, conservación, embalaje y envío de muestras, así como la documentación requerida.  El presente componente formativo tiene como objetivo proporcionar los conocimientos necesarios para llevar a cabo un muestreo de calidad del agua, abarcando desde la preparación previa al muestreo, el alistamiento de materiales, la preparación del área y el reconocimiento de los parámetros hasta la elaboración de un informe operacional.  Es importante recordar que el agua es un recurso vital para la vida, y la contaminación local de este recurso puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana. Por lo tanto, la medición de la calidad del agua desempeña un papel esencial en la protección de estos aspectos. |

# Alistamiento de materiales y equipos de muestreo de calidad de agua

El alistamiento de equipos y materiales es un paso crítico en el proceso de muestreo de calidad de agua. Para garantizar el éxito de esta operación, es fundamental contar con una lista de chequeo que incluya todos los elementos necesarios para llevar a cabo el muestreo de manera efectiva y precisa.

Entre los elementos clave se encuentran las botellas muestreadoras, que varían según la profundidad y el tipo de agua a muestrear, las sondas multiparamétricas para mediciones in situ, los contenedores adecuados para el almacenamiento de las muestras, y cuerdas o cables para manipular las botellas en cuerpos de agua profundos. Además, es esencial contar con equipo de protección personal, como guantes, gafas de protección y chaleco salvavidas, si es necesario.

Herramientas como termómetros, GPS y linternas son esenciales para obtener datos precisos y asegurarse de que el muestreo se realice en el lugar correcto y en las condiciones adecuadas. Asimismo, los materiales de limpieza y conservación, como soluciones de limpieza y reactivos de preservación, son cruciales para mantener la integridad de las muestras.

La documentación, que incluye hojas de campo, fichas técnicas y manuales de equipos, es esencial para registrar datos relevantes y asegurar un proceso de muestreo organizado. Etiquetas y rotuladores son necesarios para identificar adecuadamente las muestras y los recipientes.

A continuación, se presentan los elementos y equipos típicamente requeridos para el muestreo de calidad de agua:

1. **Envases:** número y tipo de envases a utilizar.
2. **Etiquetas:** las muestras se rotularán con etiqueta indicando: número/nombre de la muestra, fecha y hora.
3. **Neveras:** neveras utilizadas para el transporte de las muestras.
4. **Reactivos preservantes:** Los reactivos para análisis de agua son los encargados de determinar los componentes que tiene y principalmente se utilizan para saber los niveles de contaminación que puedan presentarse.
5. **Equipos de medición:** los tipos más conocidos de aparatos para análisis de aguas son: pH-metros, medidores de conductividad, fotómetros, turbidímetros, termómetros y equipos químicos de control.
6. **Elementos de protección personal:** Los elementos de protección son esenciales para garantizar la seguridad de los trabajadores durante los trabajos en campo.
7. **Plan de muestreo:** deberá designarse un plan de muestreo para responder a los objetivos de un proyecto o programa de calidad del agua.
8. **Formatos de registro:** formatos de registro de datos en campo y formatos de cadena de custodia.
9. **Otros:** otros elementos como GPS, mapas, cámara fotográfica, cintas, marcadores, lapicero y bolsas “Ziploc”.
10. **Adicionales:** elementos adicionales en caso de pérdida, ruptura, daño o contaminación, que puede ocurrir durante el muestreo.

## Calibración de equipos

La calibración de los equipos hace referencia al proceso mediante el cual se compara y documenta la medición de un equipo respecto a una referencia estándar. Para la calibración de un equipo es importante contar con otro equipo de mayor precisión, que arroje el valor verdadero a partir del cual se va a realizar la calibración.

Con la calibración de los equipos se garantiza la confiabilidad de la medición, dado que aspectos como las variaciones de temperatura, el daño o uso de las piezas de los equipos pueden afectar la funcionalidad del equipo, poniendo en riesgo la efectividad y veracidad del resultado en la medición.

Es fundamental tener en cuenta que las normas de calidad actuales establecen la calibración de los equipos como uno de los requisitos fundamentales. Por lo tanto, cada laboratorio debe determinar la frecuencia de calibración, que generalmente oscila entre 6 meses y 1 año, dependiendo de las características y el uso de cada equipo en particular.

La calibración garantiza la precisión de las mediciones y el óptimo funcionamiento de los equipos. Además, facilita la identificación de errores en el instrumento de medición y controla el proceso, lo que asegura el cumplimiento de los requisitos establecidos en el sistema de calidad.

Una vez completada la calibración, se emite un certificado de calibración que contiene los resultados del procedimiento. Según la Norma ISO/IEC 17025 (ISO, 2017), el certificado de calibración debe incluir información como el título, nombre y dirección del laboratorio, identificación del usuario, método utilizado, fechas relevantes, resultados de la calibración, ítems calibrados, desviaciones del método y la identificación de las personas que autorizan el informe.

## Materiales

Los materiales utilizados para medir la calidad del agua desempeñan un papel crucial en la obtención de datos precisos y fiables sobre diversos parámetros que afectan su salud y aptitud para usos específicos. Estos materiales se seleccionan cuidadosamente para garantizar la exactitud de las mediciones y deben mantenerse en condiciones óptimas para evitar resultados erróneos. Aquí se describen algunos de los materiales comunes utilizados en la medición de la calidad del agua:

* **Neveras:** las neveras utilizadas en el transporte de muestras de agua son fundamentales para mantener la calidad de las muestras. Deben contar con aislamiento térmico para evitar cambios de temperatura, bloquear la luz y el calor, ser resistentes a golpes y vibraciones, tener un tamaño adecuado, sellado hermético, facilidad de limpieza y etiquetado adecuado. También pueden contar con dispositivos de registro de temperatura para garantizar que las muestras se mantengan en condiciones óptimas durante el transporte. Estos elementos son esenciales para preservar la integridad de las muestras hasta que lleguen al laboratorio para su análisis.
* **Envases:** los envases utilizados en el muestreo de calidad de agua varían según el tipo de compuestos a analizar y las necesidades específicas del proceso. Los envases de plástico, como el polietileno, el policarbonato o el teflón, son apropiados para el análisis de compuestos inorgánicos. Por otro lado, los envases de vidrio son más adecuados para compuestos orgánicos. Además, los envases de colores oscuros u opacos se utilizan para reducir la actividad fotosensible de ciertos compuestos en la muestra. La elección del tipo de envase adecuado es esencial para garantizar resultados precisos en el análisis de agua y preservar la integridad de las muestras.
* **Reactivos Preservantes:** son sustancias o procesos utilizados en algunas muestras para prevenir reacciones químicas no deseadas con agentes externos. Debido a la potencial peligrosidad de estos reactivos, es fundamental que se manipulen con precaución. Algunos de estos reactivos pueden ser ácidos y representar riesgos para la piel y los ojos del técnico que realiza la preservación de las muestras. Por esta razón, es esencial utilizar equipos de protección personal, como gafas y guantes, para garantizar la seguridad durante el proceso.
* **Equipos de medición:** los equipos de medición o sondas multiparámetros son dispositivos electrónicos utilizados para realizar mediciones de diversos parámetros en campo. Estos equipos proporcionan resultados inmediatos de parámetros como el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH (potencial de hidrógeno) y la conductividad. Son herramientas valiosas para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua y facilitan la toma de decisiones en situaciones de muestreo en el campo. Las imágenes muestran ejemplos de este tipo de equipos.
* **Elementos de protección:** son sustancias o procesos utilizados en algunas muestras para prevenir reacciones químicas no deseadas con agentes externos. Debido a la potencial peligrosidad de estos reactivos, es fundamental que se manipulen con precaución. Algunos de estos reactivos pueden ser ácidos y representar riesgos para la piel y los ojos del técnico que realiza la preservación de las muestras. Por esta razón, es esencial utilizar equipos de protección personal, como gafas y guantes, para garantizar la seguridad durante el proceso.

Estos materiales son esenciales para llevar a cabo un muestreo de calidad de agua confiable y garantizar que las muestras sean representativas y libres de contaminación.

## Elementos de protección personal

Los Elementos de Protección Individual (EPI) son esenciales para garantizar la seguridad de los trabajadores durante los trabajos en campo, proporcionando condiciones óptimas para llevar a cabo las actividades de muestreo de la calidad del agua de manera segura y protegida. A continuación, se especifican los materiales que se deben utilizar como EPI en estos trabajos:

1. **Protección general:** los guantes, tapabocas, protector de oídos, casco, gafas, chaleco y las botas son los elementos transversales que se utilizan en todos los trabajos relacionados con el muestreo de la calidad del agua.
2. **Muestreo de aguas superficiales:** se utilizan elementos de protección personal específicos, incluyen guantes de látex o de nitrilo para proteger las manos de posibles contaminantes presentes en el agua, un chaleco salvavidas para asegurar la flotabilidad y la seguridad en caso de estar cerca de cuerpos de agua, y un casco para proteger la cabeza en situaciones donde pueda haber riesgo de caídas u objetos que caigan desde altura. Estos elementos son fundamentales para minimizar los riesgos y garantizar la seguridad en el muestreo de aguas superficiales.
3. **Muestreo de agua potable:** es esencial tomar medidas adicionales para garantizar la pureza y calidad de la muestra. Por lo tanto, se requiere que el operario utilice cofia, tapabocas y guantes de látex o nitrilo. Estos elementos de protección personal ayudan a prevenir la contaminación de la muestra por parte del operador, asegurando que no se introduzcan contaminantes externos durante el proceso de recolección. Esto es crucial para mantener la integridad de la muestra y obtener resultados precisos en los análisis posteriores.
4. **Muestreo de agua residual:** es fundamental utilizar equipos de protección personal adecuados para garantizar la seguridad del operador y prevenir la contaminación. Por lo tanto, se recomienda el uso de guantes, botas y un traje de protección. Estos elementos ayudan a proteger al operador de posibles exposiciones a sustancias nocivas presentes en las aguas residuales, minimizando así los riesgos para la salud y garantizando un manejo seguro durante el proceso de muestreo.

Es importante que todos los trabajadores estén debidamente capacitados en el uso de estos EPI y que los utilicen en todo momento durante los trabajos en campo. Esto garantiza su seguridad y contribuye a la integridad de las muestras de agua recolectadas.

# Preparación del área de muestreo

La preparación es un paso crucial en el proceso de recolección de muestras de agua. Dependiendo de los objetivos del muestreo y la información proporcionada por el cliente, se define el área específica que se va a estudiar. A continuación, se describen los pasos involucrados en la preparación del área de muestreo:

1. Ubicación de los puntos de muestreo.
2. Acceso y logística.
3. Seguridad.
4. Identificación de peligros.
5. Comunicación.
6. Planificación del tiempo.
7. Documentación.

La preparación del área del muestreo hace referencia a todas aquellas actividades realizadas previamente y que son determinantes en el momento de llevar a cabo satisfactoriamente el estudio. Es importante tener en cuenta algunos criterios, los cuales se presentan a continuación:

1. **Ubicación del punto de muestreo:** esto se logra mediante el uso de coordenadas UTM u otros sistemas de referencia geoespacial, marcadores físicos si es necesario y registros detallados. La documentación y organización de esta información son esenciales para garantizar la precisión y la reproducibilidad de los resultados del muestreo a lo largo del tiempo y en diferentes investigaciones.
2. **Acceso:** esto implica la realización de actividades como la demarcación de caminos, la poda de vegetación y la ubicación de marcas que faciliten el acceso al punto de muestreo. Estas medidas contribuyen a garantizar que el equipo de muestreo pueda llegar de manera segura y eficiente a los lugares designados para recolectar las muestras de agua.
3. **Seguridad:** esto implica tomar medidas de cómo proteger el equipo contra daños o pérdidas, y garantizar la integridad física del personal mediante el uso de chalecos salvavidas, cuerdas, arneses y sistemas de comunicación en caso de riesgos públicos o emergencias. La seguridad es esencial para llevar a cabo un muestreo efectivo y seguro.
4. **Representatividad:** se debe realizar un análisis del área de muestreo y seleccionar un sitio que refleje las características predominantes del lugar. Es importante evitar zonas con agua estancada o turbulenta y proporcionar referencias específicas, como la cercanía a puentes, postes, rocas grandes, árboles o puntos de referencia de kilometraje vial. Esto garantiza que la muestra sea representativa de la ubicación y el entorno que se está evaluando.

## Técnicas de adecuación del área

La preparación del lugar de muestreo es esencial para garantizar la calidad de las muestras y la seguridad del personal. Implica considerar las características naturales del sitio, eliminar peligros potenciales, mantener el entorno limpio y ordenado, asegurar un acceso adecuado, establecer protocolos de limpieza, evaluar riesgos y seguir protocolos de seguridad. Esta preparación contribuye a obtener muestras de alta calidad y a proteger la salud del equipo de muestreo.

A continuación, se estimarán los aspectos a tener en cuenta para la adecuación:

* **Evaluar condiciones:** es esencial evaluar las condiciones de la zona de muestreo, considerando si es un área húmeda, resbaladiza, con pendientes o terreno irregular, y si existe riesgo de caídas. En caso de condiciones adversas, se deben tomar medidas de seguridad, como utilizar calzado adecuado, como botas de caucho, o colocar tablones o maderos para reducir la humedad y mejorar la seguridad en el área de muestreo.
* **Entorno seguro:** es importante verificar si el área de muestreo está rodeada de árboles o vegetación densa que pueda albergar fauna indeseada, como serpientes o arbustos espinosos, que puedan representar un riesgo para la seguridad del técnico encargado del muestreo. En tales casos, es necesario llevar a cabo una labor de "poda" para limpiar la zona y garantizar un entorno seguro y libre de obstáculos que puedan afectar la integridad del personal encargado del muestreo.
* **Personas no autorizadas:** es fundamental evitar que personas ajenas al equipo de muestreo se acerquen al área de trabajo, tanto por razones de seguridad como para prevenir la posible contaminación de las muestras. La presencia de personas no autorizadas puede representar riesgos adicionales y comprometer la integridad del proceso de muestreo. Por lo tanto, es importante establecer medidas para restringir el acceso y garantizar que solo el personal debidamente capacitado y equipado participe en las actividades de muestreo, contribuyendo así a mantener la calidad y la confiabilidad de las muestras recolectadas.
* **Vía de evacuación:** es fundamental garantizar una vía de evacuación eficiente en el área de muestreo para asegurar la seguridad del personal en caso de emergencia. Esto implica identificar y establecer rutas claras y seguras que permitan a los trabajadores abandonar rápidamente el área en situaciones inesperadas. La planificación y la comunicación de estos procedimientos de evacuación son esenciales para que todos los miembros del equipo estén informados y sepan cómo actuar en caso de emergencia.
* **Iluminación y ventilación:** seleccionar lugares con buena iluminación durante los monitoreos diurnos y sitios bien ventilados para la preservación de muestras, es crucial para garantizar la seguridad y el bienestar del personal involucrado en el muestreo de calidad de agua.

## Técnicas de aseo e higienización

La preparación del lugar de muestreo no solo implica la organización del sitio de trabajo, sino también la realización de procesos de limpieza, desinfección e higienización para evitar la contaminación y el crecimiento de gérmenes que puedan afectar la calidad de la muestra. Estos procesos incluyen la limpieza para eliminar residuos visibles, la desinfección para eliminar microorganismos no visibles y la higienización que combina ambas acciones.

Entre los productos que se utilizan para realizar la higienización se encuentran:

1. **Detergentes**

Son compuestos que reaccionan a la suciedad y facilitan su eliminación. Funcionan ante grasas, sales minerales, también tienen la capacidad de ablandar residuos sólidos, de disolver y dispersar la suciedad.

1. **Desinfectantes**

La desinfección puede lograrse mediante métodos físicos, como el uso de vapor de agua o aire caliente, o mediante métodos químicos que involucran el uso de compuestos clorados, sales de amonio, formaldehído, alcoholes y otros productos químicos diseñados para eliminar o reducir la carga microbiana en las superficies.

**¡Recuerde!**

Los detergentes y desinfectantes deben ser tratados con precaución debido a que algunos de ellos pueden afectar la salud del operario que realiza la higienización, deben ser debidamente rotulados y guardados en áreas especialmente destinadas y en un lugar seguro. Algunos reaccionan ante la luz y a altas temperaturas o son corrosivos ante algunos metales. Es importante tener a la mano la ficha técnica de los productos químicos.

# Toma de muestras de agua y embalaje

La toma de muestras de agua es un proceso que involucra la recolección de datos en el lugar (“in situ”) y la obtención de muestras hidrobiológicas. Los parámetros “in situ” deben ser registrados en el campo, ya que pueden experimentar cambios una vez que las muestras lleguen al laboratorio. Estos parámetros, que son recomendados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), se miden utilizando una sonda multiparámetros u otro equipo de medición adecuado.

**Tomas de muestras “in situ”**

La toma de muestras de agua "in situ" se refiere a la recolección de datos y muestras directamente en el lugar donde se encuentra el cuerpo de agua que se va a analizar. Este proceso implica medir diversos parámetros y características del agua en su entorno natural, sin la necesidad de llevar las muestras al laboratorio. Algunos de los parámetros in situ más comunes que se miden durante la toma de muestras de agua incluyen:

* **Temperatura:** variaciones drásticas en este parámetro pueden causar daños en la flora y fauna acuáticas, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.
* **Conductividad:** es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. Las sales minerales son buenas conductoras y las materias orgánicas y coloidales tienen poca conductividad.
* **Oxígeno disuelto:** las concentraciones de oxígeno disuelto están influenciadas por factores como la temperatura, la presión y la salinidad del agua. Bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden indicar contaminación por materia orgánica u otros factores que afectan negativamente la calidad del agua y la vida acuática.
* **Potencial de hidrógeno:** es una medida que indica la concentración de iones de hidrógeno en el agua y se expresa en una escala que va desde 0 (muy ácido) hasta 14 (muy alcalino), con 7 siendo neutro. En el contexto del muestreo de agua, se busca mantener el pH dentro de un rango específico, generalmente entre 6 y 9, ya que valores fuera de este rango pueden tener efectos negativos en los organismos acuáticos y en la salud del ecosistema.

Una vez tomados los datos in situ, se procede a la toma de las muestras que serán enviadas al laboratorio, sumergiendo un balde limpio para obtener la muestra de agua, o tomar cada envase, enjuagar los recipientes con el agua del sitio de muestreo y llenarlos directamente del cuerpo de agua, tapar los recipientes asegurando que no haya fugas. Es importante tener en cuenta que la etiqueta de cada envase debe tener consignados los datos correspondientes, almacenar los frascos en las neveras portátiles, verificando que se realizó la preservación de la muestra (aplicación de reactivo según el parámetro) o adición de hielo, sellar las neveras (embalaje) y enviar las muestras al laboratorio junto con el formato de la cadena de custodia.

En el laboratorio se analizarán los parámetros fisicoquímicos según su naturaleza de la siguiente manera:

* **Parámetros inorgánicos:** turbiedad, color, sólidos totales, sólidos totales disueltos, sólidos totales en suspensión y sólidos sedimentables, iones como nitratos, nitritos, sulfato, fosfatos, cianuro, cloruros, dureza total y cálcica, alcalinidad total, acidez y metales (Al, B, Ca, Mg, Ag, Ni, K, Si, Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu Hg y As).
* **Parámetros orgánicos:** aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).
* **Parámetros biológicos:** coliformes totales, coliformes fecales o termotolerantes. huevos y larvas de Helmintos, bacterias heterotróficas, Escherichia coli, Salmonella, Pseudomona Aeuroginosa.

**Toma de muestras hidrobiológicas**

La diversidad de organismos acuáticos en los cuerpos de agua proporciona una valiosa fuente de información sobre la calidad del agua. Algunos de estos organismos pueden considerarse indicadores biológicos, ya que su presencia o ausencia refleja ciertos aspectos de la salud del ecosistema acuático. En Colombia, el protocolo de monitoreo del agua (IDEAM, 2018) identifica diversas comunidades hidrobiológicas que son objeto de estudio en cuerpos de agua lóticos (como ríos y quebradas) y lénticos (como lagos y embalses).

Es importante destacar que la recolección de este material biológico requiere de permisos específicos, de acuerdo con los Decretos 3016 de 2016, 1076 de 2015 y 309 de 2000. Estos permisos autorizan la colecta y el transporte de especímenes y aseguran que el proceso se realice de manera legal y controlada. Además, una vez que los organismos son recolectados, deben ser debidamente ingresados en colecciones biológicas registradas ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, lo que contribuye a mantener la trazabilidad y la integridad de los datos relacionados con la biodiversidad acuática en el país.

**Tabla 1.** Comunidades hidrobiológicas objeto de estudio en los muestreos de calidad de agua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Comunidad biológica** | **Lótico** | **Léntico** |
| **Fitoplancton** |  | **X** |
| **Zooplancton** |  | **X** |
| **Perifiton** | **X** | **X** |
| **Macroinvertebrados acuáticos** | **X** | **X** |
| **Macrófitos** | **X** | **X** |
| **Peces** | **X** | **X** |

1. **Fitoplancton**

Organismos microscópicos unicelulares capaces de realizar fotosíntesis, se encuentran flotando en lagos, lagunas, ciénagas, humedales, estanques, embalses y algunos ríos con velocidad lenta. Son de vida corta, por lo cual responden rápidamente a cambios ambientales. Entre estos organismos se encuentran las algas, que son ampliamente utilizadas como indicadores de calidad de agua, pues algunas se encuentran en ambientes muy enriquecidos de nutrientes, otras son sensibles a vertimientos químicos u orgánicos, otras pueden desarrollar crecimiento excesivo conocidos como floraciones algales, capaces de generar condiciones tóxicas perjudiciales para la vida (IDEAM, 2018).

1. **Zooplancton**

Organismos microscópicos heterótrofos, es decir incapaces de realizar fotosíntesis, entre estos se encuentran los protozoarios, rotíferos, cladóceros, copépodos, ostrácodos, cnidarios, y platelmintos. Así como el fitoplancton la presencia o ausencia de estos organismos pueden inferir en la calidad de un cuerpo de agua (IDEAM, 2018).

1. **Perifiton**

Es un conjunto de organismos que incluye bacterias, hongos, algas, protozoarios y rotíferos que se adhieren a sustratos naturales y artificiales en las orillas de cuerpos de agua. Su estudio se divide en muestras cualitativas, que generan un listado de especies presentes, y muestras cuantitativas, que miden la biomasa. El análisis del perifiton es crucial para comprender la salud de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua, ya que estos organismos pueden indicar cambios ambientales y de biodiversidad en estos hábitats.

1. **Macroinvertebrados acuáticos**

Son animales que habitan en el sustrato o fondo de los cuerpos de agua, aunque también pueden encontrarse en la superficie o nadar. Este grupo incluye insectos, moluscos, crustáceos y platelmintos, entre otros. Los macroinvertebrados son particularmente útiles en los estudios de calidad del agua debido a su sensibilidad a los cambios ambientales, su facilidad de recolección y su ciclo de vida corto, lo que facilita su identificación y estudio. La presencia o ausencia de ciertas especies de macroinvertebrados bentónicos puede servir como indicadores de la calidad de un cuerpo de agua y de su salud ecológica.

1. **Macrófitas**

Son plantas que crecen en ambientes acuáticos, y su distribución puede variar según las condiciones del agua y el entorno. Son utilizadas como indicadores de la calidad del agua.

Para muestrear macrófitas, se utiliza un cuadrante de 1 m x 1 m. Se determina el porcentaje de cobertura y se lista las especies presentes. Si no se pueden identificar en el campo, se colectan muestras para su análisis en laboratorio. Este proceso permite evaluar la diversidad y la presencia de macrófitas en un ecosistema acuático y, por ende, la calidad del agua en ese lugar.

1. **Peces**

Son evaluados como parte de la evaluación de la calidad de un cuerpo de agua. Se utilizan métodos de muestreo cualitativos y cuantitativos, seleccionados según los objetivos, el tiempo y los recursos disponibles. Algunos de los métodos de pesca utilizados incluyen la electropesca, así como artes tradicionales como atarrayas, redes y jaulas. Estos métodos permiten recopilar información sobre la diversidad de especies de peces presentes en el ecosistema acuático y ayudan a determinar la calidad del agua en ese lugar específico.

**¿Cómo tomar las muestras de fitoplancton y zooplancton?**

Se pueden tomar muestras cualitativas que consiste en la determinación de los organismos, generando un listado con las especies que convergen en el cuerpo de agua, identificando la presencia de especies tóxicas. En la toma de muestras cuantitativas se busca conocer la biomasa en un volumen de agua determinado.

¿Y en campo cómo se toman dichas muestras?

**Muestras cualitativas:**

* Se obtienen desde una embarcación utilizando redes cónicas diseñadas para fitoplancton y zooplancton.
* La operación dura aproximadamente 10 minutos a velocidad constante.
* El agua filtrada se colecta en un tubo colector y se transfiere a envases ámbar de unos 250 ml de capacidad.
* Se añade alcohol para preservar las muestras, y en el caso del fitoplancton, se agregan gotas de Lugol.
* Se utilizan redes con mallas de diferentes tamaños (23 micras para fitoplancton y 55 micras para zooplancton).

**Muestras cuantitativas:**

* Implican la recolección de muestras de agua a diferentes profundidades con una botella tipo Van Dorn.
* Se cierra la botella a la profundidad deseada para tomar la muestra.
* Las muestras de diferentes profundidades se combinan en un balde y se extraen aproximadamente 300 ml.
* Estas muestras se colocan en frascos ámbar de boca ancha.
* Se utiliza alcohol para preservar las muestras, y si son de fitoplancton, se añaden gotas de Lugol.

**¿Cómo tomar las muestras de perifiton?**

Se puede utilizar un cepillo de dientes nuevo para hacer raspados suaves en diferentes sustratos (como raíces, rocas, palos o madera en descomposición) que se encuentren en las orillas de los cuerpos de agua. Luego, se recolecta el material raspado en un volumen de agua de aproximadamente 100 ml. Para preservar estas muestras, se les añade alcohol, y si se trata de muestras de fitoplancton, también se les aplican gotas de Lugol.

En el caso de las muestras cuantitativas, el procedimiento es similar, pero el área y el número de raspados se determinan según los objetivos específicos del estudio. La toma de muestras cuantitativas proporcionará datos más precisos sobre la biomasa y la composición del perifiton en un área determinada, lo que puede ser importante para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua.

**¿Cómo tomar las muestras de macroinvertebrados acuáticos?**

* **Muestreo cualitativo:** este método se utiliza para identificar las especies presentes en un área y generar un registro de ellas. Implica la recolección de organismos sin necesariamente cuantificar su densidad.
* **Muestreo cuantitativo:** este método se utiliza para determinar la densidad de organismos en un área específica.
* **Muestreo cuantitativo en ecosistemas lóticos (ríos y quebradas):** se utiliza una red Surber, que se coloca en el sustrato con los marcos abiertos en contra de la corriente. Luego, se agita el sustrato manualmente para que los organismos puedan ingresar a la red. Una vez recogidos los organismos, se depositan en frascos plásticos de boca ancha de aproximadamente 500 ml.

Muestreo cuantitativo y cualitativo en ecosistemas lénticos (lagos, humedales, embalses): en este caso, se utiliza una draga Eckman, un dispositivo que se envía al fondo del agua para recoger sedimento y los organismos presentes en él. Después de eliminar gran parte del sedimento, los organismos se transfieren a frascos plásticos de boca ancha de aproximadamente 500 ml.

## Tipos de muestreo

El muestreo de agua es una parte crucial de la evaluación de la calidad en diferentes tipos de cuerpos de agua, ya que cada entorno acuático tiene sus propias características y desafíos únicos. Para abordar estas diferencias, se utilizan varios tipos de muestreo, que se clasifican en función del tipo de agua a evaluar. A continuación, se describen algunos de estos tipos de muestreo:

1. **Agua superficial**

* **Definición:** muestreo realizado en ríos, quebradas, arroyos, embalses, lagos. Aquí se incluye el análisis de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos.
* **Finalidad:** garantizar que el agua cumpla con los criterios aceptables de acuerdo a su uso.

1. **Agua residual doméstica**

* **Definición:** muestreo que se realiza en las plantas de tratamiento de agua residual. Las muestras se recogen en varios puntos (inicio o final de la descarga) para evaluar el rendimiento.
* **Finalidad:** garantizar que el tratamiento del agua residual cumple con los estándares según la normatividad.

1. **Agua residual industrial**

* **Definición:** muestreo que se realiza en las industrias para evaluar rendimiento.
* **Finalidad:** garantizar que se cumplan los estándares del tratamiento del agua residual según la normatividad.

1. **Agua potable**

* **Definición:** muestreo que se realiza para verificar que los sistemas de tratamiento funcionen correctamente.
* **Finalidad:** garantizar que el tratamiento del agua potable cumpla con la normatividad y sea apta para consumo humano.

1. **Agua de mar**

* **Definición:** muestreo realizado a profundidad con equipos especiales.
* **Finalidad:** verifica la calidad del agua a diferentes profundidades.

1. **Agua subterránea**

* **Definición:** muestreo que incluye la utilización de una amplia gama de equipos.
* **Finalidad:** verifica pruebas de cumplimiento, estableciendo condiciones de referencia y evaluando la naturaleza y el alcance de la posible contaminación.

1. **Agua de lastre**

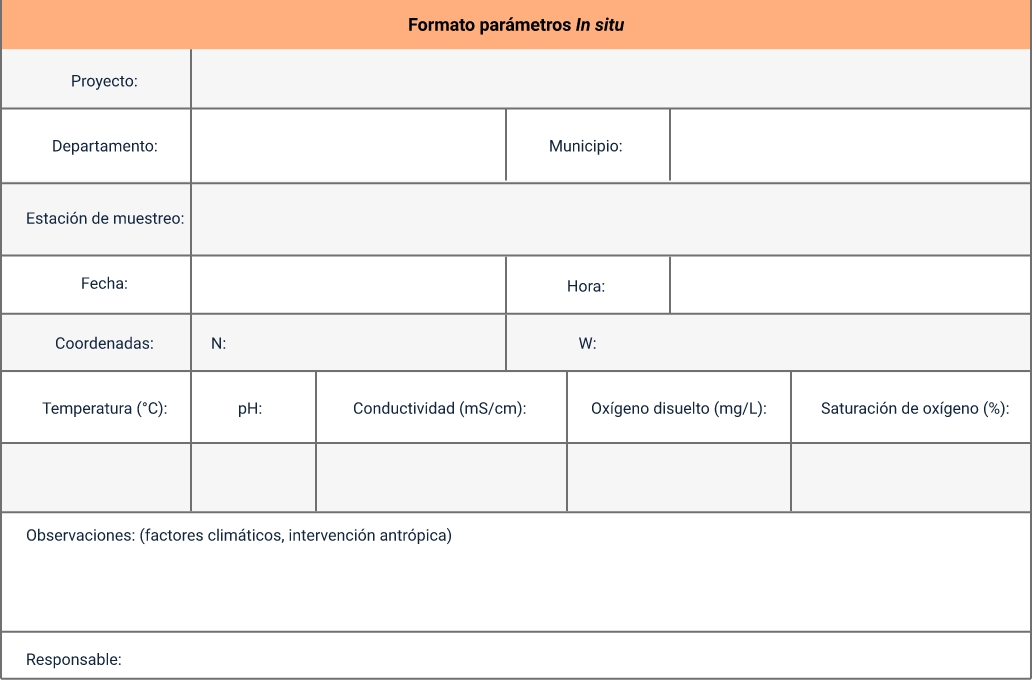
* **Definición:** muestreo para identificar especies potencialmente no deseadas en el agua de lastre.
* **Finalidad:** garantiza que el tratamiento de este tipo de agua sea el adecuado.

## Formatos

Se debe diligenciar un formato de registro de datos en campo, estos muestran los datos recolectados durante el muestreo. Un formato debe contener la siguiente información:

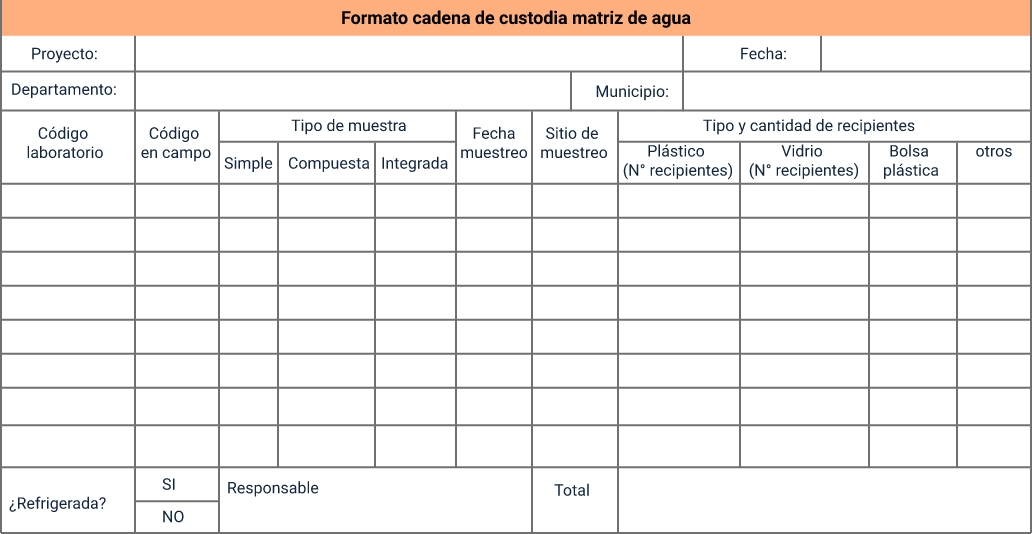
* Título del muestreo.
* Proyecto o investigación a la que pertenece.
* Departamento.
* Municipio.
* Nombre de la estación de muestreo.
* Coordenadas.
* Hora.
* Registro de los parámetros.
* Observaciones.

**Tabla 2.** Formato de parámetros “in situ”



La cadena de custodia es un proceso crucial para garantizar la integridad y trazabilidad de las muestras de agua desde su recolección hasta la entrega de resultados en el laboratorio. Implica un control detallado de quién tiene posesión de las muestras en cada etapa del proceso. Se utiliza un formato de cadena de custodia que incluye información sobre el proyecto, el muestreador, las muestras y los responsables de custodia y transporte. Este registro se completa meticulosamente en cada cambio de responsabilidad, y todas las personas involucradas deben firmar y fechar dichos cambios. Esto asegura la calidad y confiabilidad de los resultados en el laboratorio. A continuación, se encuentra un ejemplo de un formato de cadena de custodia que puede utilizarse para documentar y mantener un registro de la posesión y manipulación de muestras desde el momento de su recolección hasta su entrega en el laboratorio:

**Tabla 3.** Formato de cadena de custodia matriz agua



## Tipos de embalaje

El embalaje es un proceso crucial para asegurar la protección y preservación adecuada de las muestras recolectadas en el campo. Los tipos de embalaje pueden variar según el tipo de muestra y su uso posterior en el laboratorio. A continuación, se describen algunos tipos comunes de embalaje:

1. **Embalaje primario**

Es crucial para contener y proteger la muestra de agua directamente en contacto con ella. Aquí hay algunas consideraciones clave:

**a) Material del envase:** puede ser de plástico o vidrio, elegido según la naturaleza de la muestra y los requisitos de análisis.

**b) Volumen del envase:** debe ser apropiado para la cantidad de muestra sin llenarse en exceso.

**c) Tapas y cierres herméticos:** las tapas deben sellar herméticamente para evitar fugas o contaminación.

**d) Etiquetado:** cada envase debe etiquetarse claramente con información relevante.

**e) Preservación:** algunas muestras requieren preservativos químicos para mantener su integridad.

**f) Limpieza y preparación:** los envases deben limpiarse adecuadamente antes de su uso.

**g) Compatibilidad:** debe ser compatible con la muestra y el análisis.

**h) Almacenamiento:** debe almacenarse adecuadamente para evitar cambios en la muestra.

El embalaje primario garantiza la integridad de la muestra y es fundamental para obtener resultados de análisis confiables en el laboratorio.

1. **Embalaje secundario o colectivo**

Es esencial para agrupar y proteger los envases primarios durante el transporte y el almacenamiento. Aquí hay algunas consideraciones clave:

**a) Agrupación de envases primarios**: el embalaje secundario debe diseñarse para contener una cantidad específica de envases primarios, lo que facilita el manejo y el transporte.

**b) Protección adicional:** debe proporcionar protección adicional a los envases primarios contra golpes, vibraciones y cambios de temperatura.

**c) Resistencia:** debe ser lo suficientemente resistente para soportar el apilado y la manipulación durante el transporte sin comprometer la integridad de las muestras.

**d) Etiquetado:** debe incluir información de identificación y manejo, como etiquetas de precaución y dirección del laboratorio.

**e) Aislamiento térmico:** en algunos casos, como el transporte de muestras sensibles a la temperatura, se pueden utilizar embalajes secundarios con aislamiento térmico.

**f) Sellado y cierres seguros:** debe contar con sistemas de cierre seguros para evitar cualquier fuga o contaminación.

**g) Control de temperatura:** si es necesario mantener una temperatura específica, se pueden utilizar envases secundarios con sistemas de control de temperatura.

**h) Cumplimiento de regulaciones:** debe cumplir con las regulaciones de transporte de sustancias peligrosas si corresponde.

**3. Embalaje terciario**

Cumple la función de reunir y organizar los embalajes primarios y secundarios para facilitar el transporte y almacenamiento de las muestras de agua de manera eficiente. Debe ser diseñado con materiales resistentes y duraderos que puedan soportar el apilado de neveras portátiles u otros contenedores utilizados en el proceso. Además, debe estar configurado de manera que se aproveche al máximo la capacidad de almacenaje, permitiendo transportar y manipular múltiples muestras de manera ordenada y segura. Esto garantiza que las muestras se mantengan protegidas y en condiciones adecuadas hasta llegar al laboratorio para su análisis.

La elección del tipo de embalaje depende del tipo de muestra, su tamaño, su estado físico y los requisitos específicos del análisis de laboratorio. Es esencial etiquetar adecuadamente cada muestra con información relevante, como la fecha de recolección, el lugar de muestreo y cualquier detalle importante para su identificación y trazabilidad. Además, se deben seguir los protocolos y regulaciones aplicables para el manejo y transporte de muestras, especialmente si se trata de sustancias peligrosas o biológicas.

# Informe de operaciones de muestreo de calidad de agua

El informe de operaciones de muestreo de calidad de agua es un documento esencial para registrar y documentar todas las actividades llevadas a cabo durante el proceso de muestreo. Proporciona una visión completa de las operaciones, los resultados obtenidos y los aspectos clave relacionados con el muestreo. Los elementos que debe contener este informe incluyen:

**Elementos del informe de operaciones**

1. **Título:** debe identificar de forma rápida y eficiente lo que se está realizando o de lo que se quiere hablar.
2. **Introducción:** se proporciona una breve descripción de los propósitos y objetivos del muestreo, así como una ubicación general del área de muestreo. Esta introducción permite al lector comprender el contexto y la importancia de las operaciones de muestreo que se detallarán en el informe.
3. **Objetivos:** deben responder al "porqué" se realizó el muestreo y deben estar alineados con los requisitos y las necesidades específicas del proyecto o estudio. Proporcionar una descripción precisa de los objetivos contribuye a contextualizar las operaciones de muestreo y a brindar un enfoque claro a las actividades realizadas.
4. **Metodología:** explicación detallada de los procedimientos y métodos empleados en la toma de muestras.
5. **Resultados:** deben incluir estadísticas, tablas y gráficos que reflejen el desempeño observado en relación con los parámetros de calidad de agua que se analizaron. Esta sección proporciona una visión objetiva de los hallazgos y permite a los lectores comprender las tendencias, variaciones y cualquier otra información relevante derivada de las muestras recopiladas.
6. **Conclusiones y recomendaciones:** se resumen los resultados obtenidos durante el proceso de muestreo y se ofrecen sugerencias para mejorar futuros muestreos y abordar posibles problemas en la calidad del agua. Las conclusiones resaltan las observaciones clave y la evaluación de la calidad del agua, mientras que las recomendaciones proporcionan orientación sobre cómo mejorar los procedimientos y abordar cualquier preocupación identificada.

Síntesis

A continuación, se describe el tema principal del componente formativo Muestreo de la calidad del agua, que es una herramienta esencial para evaluar y monitorear su estado. Este proceso consiste en la recolección de muestras representativas en diferentes puntos de una fuente de agua, como ríos, lagos o pozos. Estas muestras se analizan posteriormente en laboratorios para determinar la presencia de contaminantes y evaluar su concentración. El muestreo adecuado requiere de protocolos rigurosos para garantizar la representatividad y minimizar la posibilidad de errores. Además, es necesario considerar factores como el tiempo, la frecuencia y la ubicación de muestreo, para obtener resultados confiables y tomar medidas adecuadas para preservar la calidad del agua y proteger la salud humana y ambiental.

A continuación, se muestra un mapa conceptual con los elementos más importantes desarrollados en este componente.

En la síntesis del componente formativo se describen los temas principales del muestreo de la calidad de agua, entre ellos el aislamiento, la calibración de equipos, la preparación del área de muestreo y los parámetros para la toma de muestras."


Material complementario

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tema** | **Referencia APA del Material** | **Tipo de material**  **(Video, capítulo de libro, artículo, otro)** | **Enlace del Recurso o**  **Archivo del documento o material** |
| Toma de muestras de agua y embalaje | Huella verde (2018, 2 de noviembre). Monitoreo de la calidad del agua. [video]. YouTube**.** | **Video** | <https://www.youtube.com/watch?v=Z_yhTzWeWT4> |
| Calibración de equipos | “Hanna Instruments” México (2018, 22 de agosto). Calibración del medidor HI98194. [video]. YouTube**.** | **Video** | <https://www.youtube.com/watch?v=Wp-ci9Arynk> |
| 1.2 Materiales | “Hanna Instruments” Colombia (2019, 24 de enero). Vídeo Tutorial HI 98193 Medidor portátil Impermeable de Oxígeno Disuelto y DBO. [video]. YouTube**.** | **Video** | <https://www.youtube.com/watch?v=KDRwO0q6kPI> |

Glosario

**Cadena de custodia:** proceso de control y seguimiento para garantizar y proteger la calidad de la muestra de su contaminación o destrucción desde que se toma la muestra hasta el reporte de los resultados en el laboratorio.

**Calibración:** proceso que compara y documenta la medición de un equipo respecto a una referencia estándar.

**Certificado de calibración:** documento que contiene los resultados de la calibración de un instrumento.

**Embalaje:** proceso de almacenar, agrupar, envolver y transportar de manera temporal la muestra recolectada en campo en óptimas condiciones.

**Estación de muestreo:** lugar que por sus características fue definido previamente para recolectar la muestra de agua.

**Monitoreo:** proceso diseñado para muestrear y analizar parámetros fisicoquímicos y biológicos, para luego realizar un seguimiento periódico del proceso particular, para guiar las decisiones de gestión.

**Muestreo:** proceso de selección de una parte de algo que se considera representativo de un todo, para conocer y determinar las características del grupo al que pertenece.

**Parámetro:** variables in situ, variables fisicoquímicas e hidrobiológicas que hacen parte de la muestra de agua y que se analizan según los objetivos del estudio.

**Sonda multiparámetro:** dispositivo electrónico que se utiliza para realizar las mediciones de los parámetros en campo, arrojando el resultado inmediato como el oxígeno disuelto, temperatura, el potencial de Hidrógeno (pH), la conductividad.

Referencias bibliográficas

IDEAM. (2018). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Protocolo de Monitoreo y seguimiento del Agua: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocoloparaelmonitoreoyseguimientodelagua.pdf>

INS. (2011). Instituto Nacional de Salud. Obtenido de Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>

ISO. (2017). Organización Internacional para la Estandarización. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (ISO/IEC 17025:2017) : <http://colbiosa.com.ar/wp-content/uploads/2019/10/UNE-EN-ISO-IEC-17025-2017-2.pdf>

Créditos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nombre** | **Cargo** | **Regional y Centro de Formación** |
| Claudia Patricia Aristizabal | Responsable del Equipo | Dirección General |
| Norma Constanza Morales Cruz | Responsable de Línea de producción | Regional Tolima -  Centro de Comercio y Servicios |
| Diana Carolina Sánchez Rodríguez | Experto temático | Regional Tolima. Centro Agropecuario la Granja. |
| Jeimy Lorena Romero Perilla | Diseñador Instruccional | Regional Norte de Santander. Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. |
| Carolina Coca Salazar | Asesora Metodológica | Regional Distrito Capital. Centro de Diseño y Metrología. |
| Sandra Patricia Hoyos Sepúlveda | Corrección de estilo | Regional Distrito Capital. Centro de Diseño y Metrología. |
| Jaslyth Juliana Eraso Casanova | Experta Temática | Regional Putumayo -  Centro Agroforestal y Acuícola Arapaima. |
| Sergio Augusto Ardila Ortiz | Diseñador instruccional | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Viviana Esperanza Herrera Quiñonez | Metodóloga | Regional Tolima -  Centro de Comercio y Servicios |
| José Yobani Penagos Mora | Diseñador de Contenidos Digitales | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Veimar Celis Melendez | Desarrollador Fullstack | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez | Storyboard de Ilustración | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Maria Alejandra Briceño Vera | Producción | Regional Tolima -  Centro de Comercio y Servicios |
| Nelson Iván Vera Briceño | Produccióon audiovisual | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Oleg Litvin | Animador | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Veimar Celis Melendez | Actividad Didáctica | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Gilberto Naranjo Farfán | Validación de contenidos accesibles | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |
| Javier Mauricio Oviedo | Validación y vinculación en plataforma LMS | Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios |