

Guía de muestreo de agua con fines agrícolas



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESTRATÉGICOS AGRARIOS

Guía de muestreo de agua con fines agrícolas



GUÍA DE MUESTREO DE AGUA CON FINES AGRÍCOLAS

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

Angel Manuel Manero Campos

Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Carmen Inés Vegas Guerrero

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Iván Ramos Pastor

Jefe del INIA

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Primera edición digital:

Mayo, 2025

Publicado:

Mayo, 2025

Disponible en:

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

ISBN:

978-9972-44-183-7

Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

www.gob.pe/inia

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones:

Janet Flores / **Teléfono:** 964173509 / **Correo electrónico:** comite_publicaciones@inia.gob.pe

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-04098

Autores: Douglas Lenin Contreras Pino, Jhoselyn Diana Ospina Gomes, Patricia Verástegui Martínez **Colaborador:** Harold

R. Quispe - Melgar / **Editora general:** Cinthia S. Quispe Apaza / **Revisión de contenido:** Héctor A. Ramírez Maguiña /

Diseño y diagramación: Miguel Álvarez Escalante



Tabla de contenido

Presentación	7
<hr/>	
1. Introducción	9
<hr/>	
2. Fuentes de agua	11
<hr/>	
3. Muestreo de agua	19
<hr/>	
4. Metodología de muestreo de agua	23
4.1. Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección	23
4.2. Parámetros recomendados para el monitoreo de calidad del agua	24
4.3. Selección de puntos de muestreo	24
4.4. Volumen de la muestra de agua	25
4.5. Toma de muestras en diferentes fuentes de agua	26
4.6. Rotulado y etiquetado	32
4.7. Preservación de la muestra	36
4.8. Medición de los parámetros del agua <i>in situ</i>	38
4.9. Condiciones de transporte de las muestras de agua	39
4.10. Registro de datos en cadena de custodia	40
4.11. Envío de las muestras al laboratorio	41
4.12. Análisis en laboratorio, reporte de resultados y estándares de calidad del agua para riego	41
<hr/>	
5. Glosario	51
<hr/>	
6. Referencias bibliográficas	55
<hr/>	
7. Anexos	59
<hr/>	



Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) que desarrolla actividades de investigación, transferencia tecnológica, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos; además de la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético.

El INIA, a través de la Dirección de Servicios Estratégicos Agrarios (DSEA), viene ejecutando el proyecto de inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia tecnológica en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego en la pequeña y mediana agricultura en los departamentos de Lima, Áncash, San Martín, Cajamarca, Lambayeque, Junín, Ayacucho, Arequipa, Puno y Ucayali”, con CUI N° 2487112, el cual tiene como uno de sus objetivos, investigar, transferir y desarrollar capacidades en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego.

En línea con este objetivo, una de las herramientas básicas empleadas en el manejo de recursos hídricos es el análisis del agua. Este análisis es usado para determinar la idoneidad del agua para uso agrícola, a través de la evaluación de sus características físicas, químicas y biológicas. Sin embargo, la precisión de los resultados del análisis depende en gran medida del muestreo, el cual debe seguir una serie de procedimientos y criterios que permitan obtener muestras que representen adecuadamente las características de la fuente de agua. Gran parte de los errores en el análisis de agua se producen debido a la elección de un método de muestreo incorrecto, la contaminación de la muestra o el uso de materiales o equipos inadecuados.

En este contexto, la “Guía de muestreo de agua con fines agrícolas” ofrece directrices sobre la toma de muestras de agua de diversas fuentes hídricas. El documento detalla los tipos de muestras, los métodos de preservación, el registro de datos y los parámetros clave para evaluar la calidad del agua utilizada en el riego de cultivos.

Este documento está dirigido a productores y profesionales del sector agrícola y de la administración de los recursos hídricos, que requieren gestionar adecuadamente la calidad del agua con fines agronómicos.

M. Sc. Jorge Juan Ganoza Roncal
Presidente Ejecutivo
Instituto Nacional de Innovación Agraria



1. Introducción

El agua es un componente fundamental de los sistemas agroalimentarios (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023). En consecuencia, los cultivos manejados bajo riego presentan ventajas significativas en comparación con aquellos que dependen exclusivamente de las lluvias. La productividad de los cultivos regados puede incrementarse entre dos a cinco veces por unidad de superficie en comparación con la agricultura en secano (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017, 2021). Aunque, la agricultura de regadío representa aproximadamente el 20 % de la superficie cultivada a nivel mundial, contribuye con el 40 % de la producción de alimentos en todo el mundo. Por ello, las fuentes de agua superficiales (ríos, lagos y lagunas) y subterráneas son esenciales para mantener la productividad agrícola (FAO, 2017).

El agua natural que fluye por las cuencas hidrográficas y otros cuerpos de agua son utilizadas para riego; pero puede contener contaminantes inorgánicos, residuos de fertilizantes y metales pesados. Se recomienda el monitoreo constante ya que estas sustancias pueden resultar tóxicas para los seres vivos a determinadas concentraciones (Quinteros et al., 2019). La contaminación de las fuentes de agua se debe a actividades humanas como la minería, la producción industrial e incluso la agricultura intensiva (Foster et al., 2018; Baeza, 2016). Es por ello, que organizaciones como el Codex Alimentarius (2019) establece límites máximos de concentración de elementos tóxicos en los alimentos, incluyendo los productos agropecuarios. Por otro lado, se ha determinado ciertas características del agua que repercuten directamente en el crecimiento de las plantas, como la salinidad, sodicidad y contenido de algunos elementos tóxicos (Ayers y Wescot, 1995). Por lo tanto, la evaluación continua de la calidad del agua para riego es imprescindible.

Dado el riesgo de contaminación del agua, el monitoreo de su calidad es fundamental para garantizar la productividad de los cultivos, la producción de alimentos inocuos y la seguridad alimentaria (Molden, 2007). Por lo tanto, la disponibilidad de metodologías adecuadas para el muestreo de agua es importante para obtener resultados representativos.

En ese sentido, el muestreo es un aspecto crítico en un programa de monitoreo de calidad de agua para fines agrícolas. En resumen, la etapa de recolección de la muestra de agua es crucial para obtener resultados representativos, y es en esta etapa cuando ocurren una serie de errores que pueden comprometer la precisión de los resultados (American Public Health Association [APHA], 2017). Una planificación adecuada desde la etapa de gabinete hasta llegar a la fase de campo asegura que las muestras recolectadas en las diferentes fuentes de agua sean relevantes y representativas. Por ello, el presente manual tiene como objetivo brindar información que sirva de guía para la toma de muestras de agua con fines de uso agrícola.



2. Fuentes de agua

Las fuentes de agua son sistemas que proveen el recurso hídrico necesario para el desarrollo de la vida, éstas desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico y el sostenimiento de actividades humanas (Postel y Thompson, 2005).

Existen diferentes fuentes de agua para aprovechamiento agrícola (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016), a continuación, se describen las principales:

a. Lagos y lagunas

Almacenan gran cantidad de agua indispensable para muchas actividades económicas. Son alimentados constantemente por ríos y arroyos, su calidad depende de la composición del agua de los ríos y de las actividades antrópicas que se realizan en su entorno (Wetzel, 2001) (Figura 1).



Figura 1. Laguna Choclocoya del departamento de Huancavelica

b. Ríos

Los ríos son una fuente esencial para la actividad agraria en las cuencas hidrográficas, arrastran aguas provenientes de las lluvias y su calidad está relacionada por el suelo por donde fluye; sus propiedades hidrológicas, químicas y biológicas son un reflejo del clima, la geología y la vegetación presentes en su cuenca de drenaje (Wetzel, 2011, citando a Hynes, 1970; Oglesby et al., 1972; Beaumont, 1975; Whitton, 1975; Likens et al., 1977, 1995). Asimismo, los ríos se ven afectados por los efluentes que se originan de las actividades humanas (Wetzel, 2001) (Figura 2).



Figura 2. Río Curimarca de la provincia de Jauja, departamento de Junín

c. Embalses

Hace referencia a cualquier cuerpo de agua que ha sido almacenado artificialmente para controlar o regular el uso del agua. Suelen ser obras de mayor magnitud que están diseñados para almacenar grandes volúmenes de agua de ríos para generar energía, riego de cultivos y abastecimiento de agua para la población (Theodore y Dupont, 2020; Wetzell, 2001) (Figura 3).



Figura 3. Embalse para almacenar agua de río

d. Cochas

Son pequeños reservorios de agua naturales o artificiales y cumplen un rol importante en la gestión hídrica. De formación natural se consideran a las pequeñas lagunas que se forman por el deshielo o por acción de la lluvia, mientras que las artificiales se construyen con materiales de la zona y funcionan como sistemas de recarga hídrica en microcuencas altoandinas que permiten almacenar e infiltrar agua de lluvia, para después ser usada para el riego de cultivos o consumo de animales (Vivanco, 2015) (Figura 4).



Figura 4. Cocha de origen natural

e. Manantiales

Un manantial es una fuente natural de agua que surge del suelo cuando un acuífero subterráneo se encuentra con la superficie terrestre (Freeze y Cherry, 1979) (Figura 5).



Figura 5. Manantial de Carhuacocha del departamento de Junín

f. Reservorios

Los reservorios son cuerpos de agua utilizados para su almacenamiento, regulación o control (Theodore y Dupont, 2020); diseñado para almacenar principalmente agua de lluvia que posteriormente se aprovecha para el riego de cultivos. Sin embargo, la calidad de su agua está ligada a los residuos que arrastra de las superficies. Se sugiere que estén revestidas con mantas de plástico para evitar la infiltración (Figura 6).



Figura 6. Reservorio revestido con geomembrana

g. Pozos

Son estructuras construidas para la extracción y aprovechamiento de aguas subterráneas (Theodore y Dupont, 2020; Kinkade-Levario, 2007). Los pozos de agua se clasifican según su método de construcción, se pueden cavar a mano, mediante incado a presión, por perforación con pala barreno o plataforma de perforación. La elección del método depende del propósito, las condiciones hidrogeológicas, la cantidad de agua requerida, la profundidad y el diámetro proyectados, además de los costos. Métodos como la excavación, barrenados, incado y la perforación a chorro son adecuados para pozos superficiales en depósitos no consolidados y con bajos rendimientos, mientras que las plataformas de perforación son esenciales para pozos profundos y en roca (Freeze y Cherry, 1979) (Figura 7).



Figura 7. Pozo con pared de ladrillos, extendida sobre la superficie del suelo (adaptado de Kompani - Zare et al., 2009)



3. Muestreo de agua

Es una herramienta de monitoreo, consiste en tomar una porción de agua de volumen adecuado para determinar sus características y condiciones actuales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015). La toma de muestra de agua natural debe realizarse en puntos establecidos o en un lugar determinado, aislado de las orillas y a mediana profundidad (ANA, 2016).

a. Tipos de muestra de agua

El muestreo de agua puede clasificarse en los siguientes tipos:

- **Muestra simple o puntual**

Se trata de una cantidad específica de agua tomada en un punto determinado para su análisis individual. Esta muestra refleja las condiciones y características naturales del cuerpo de agua. Se sugiere tomar este tipo de muestras, cuando la composición de una fuente de agua se mantiene estable durante un periodo prolongado o en áreas extensas (ANA, 2016) (Figura 8).



Figura 8. Toma de muestra simple

- **Muestra compuesta**

Está constituida por la mezcla homogenizada de múltiples muestras simples en un recipiente transparente, colectadas en el mismo punto y en diferentes tiempos. Se sugiere tomar muestras de este tipo cuando las características de las fuentes de agua varían a lo largo del tiempo. Se emplea para conocer el promedio de los parámetros del cuerpo de agua (ANA, 2016) (Figura 9).



Figura 9. Muestra de agua compuesta

- **Muestra integrada**

Está constituida por la mezcla homogenizada de múltiples muestras simples en un recipiente transparente, colectadas en diferentes puntos simultáneamente con la finalidad de conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua. Estas comprenden muestras integradas de área y profundidad. La primera consiste en tomar muestras simples en diferentes puntos de un área acuática específica. y en la segunda se toman muestras a lo largo de la columna de agua (ANA, 2016) (Figura 10).



Figura 10. Procedimiento de toma de una muestra en diferentes puntos del cuerpo de agua de manera simultánea. (A) Muestreo simple, (B) muestreo simple, (C) muestreo simple y (D) muestra compuesta



4. Metodología de muestreo de agua

4.1. Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección

Se deben realizar una serie de labores antes de la ejecución del muestreo, como la preparación de los materiales de trabajo, soluciones buffer de los medidores de pH y conductividad, formatos (registro de campo y cadena de custodia), dependiendo del tipo y la finalidad del muestreo, tal como se muestra en la Tabla 1 (ANA, 2016). Además, se deberá consensuar previamente con el laboratorio para definir los parámetros que serán analizados y definir el tipo de muestreo.

Tabla 1. Materiales y equipos necesarios para el muestreo de agua de los recursos hídricos superficiales

Medios de transporte	Vehículo para transporte terrestre (camioneta) y acuático (lancha).
Materiales	Cajas térmicas (Coolers) grandes y pequeños, frascos de plástico y vidrio, baldes de plástico transparente y limpios (4 - 20 litros de volumen), guantes descartables, mascarillas, pisetas y refrigerantes.
Equipos	GPS, multiparámetro, cámara fotográfica, botellas hidrográficas y brazo muestreador.
Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes (ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio), soluciones estándar (pH, conductividad, etc.). Los preservantes son utilizados cuando se requiere evitar cambios en las muestras que podrían afectar la precisión de los análisis. Por ejemplo: el ácido nítrico o el ácido sulfúrico, se emplean para acidificar las muestras, lo que previene la precipitación de metales y la proliferación bacteriana. El hidróxido de sodio se emplea para ajustar el pH a un nivel alcalino en muestras donde se necesita preservar la estabilidad de ciertos compuestos orgánicos y evitar su degradación o transformación (APHA, 1994).
Formatos	Etiquetas rotuladas (Anexo 1 y 2), registro de datos de campo (Anexo 4) y cadena de custodia (Anexo 5).
Permisos	<ul style="list-style-type: none"> ● Recursos hídricos marinos y lacustres: La Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI). ● Embalses: operador hidráulico. ● Otros permisos en caso se requieran en la zona de muestreo.
Material cartográfico	Mapa hidrográfico o marino según corresponda.
Indumentaria de protección	Zapatos de seguridad, botas de jebes largas y musleras, vestimenta de seguridad (pantalón, camisa de manga larga, casaca, chaleco, etc.), lentes, casco, gorra, ponchos impermeables, arnés y chaleco salvavidas.
Otros	Plumones indelebles, cinta adhesiva, lápices, papel toalla, libreta de campo, soga, cinta métrica, tablero y linterna.

Adaptado de ANA (2016).

4.2. Parámetros recomendados para el monitoreo de calidad del agua

La evaluación de las características del agua dependerá del objetivo del muestreo, el cuál debe definirse en la etapa de planificación del monitoreo. En esta fase se determinarán los parámetros que se buscan obtener a partir de las muestras de agua. Los lineamientos del ANA (2016), y Ayers y Westcott (1985) (Tabla 2) deben ser considerados para el análisis de agua destinado al sector agrícola.

Tabla 2. Parámetros recomendados para el monitoreo de calidad de agua en recursos hídricos con fines agrícolas (Categoría 3)

Parámetros	Categoría 3
Parámetros de campo	Temperatura (T), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD).
Parámetros químicos - físicos	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅), aceites y grasas (A y G). N-NO ₃ , sulfatos, metales (arsénico (As), aluminio (Al), boro (B), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), mercurio (Hg), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), zinc (Zn)).
Parámetros microbiológicos	Coliformes termo tolerantes, <i>Escherichia coli</i> , huevos y larvas de helmintos.
Parámetros de uso agronómico	Contenido de sodio, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos.

Adaptado de ANA (2016), y Ayers y Westcot (1985).

4.3. Selección de puntos de muestreo

Se debe realizar el reconocimiento del lugar para establecer los puntos de muestreo de agua. Asimismo, se debe evitar tomar muestras a partir de zonas con características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que afecten las características naturales del agua (ANA, 2016). Los criterios para establecer los puntos de muestreo son:

- **Accesibilidad:** el punto de muestreo debe estar ubicado en un lugar fácilmente accesible con las vías de acceso vehicular y peatonal.
- **Representatividad:** el punto de muestreo debe mostrar las características totales del cuerpo de agua.
- **Seguridad:** para garantizar la seguridad del personal encargado del muestreo, es importante considerar tanto las condiciones meteorológicas como el entorno del punto de muestreo.

4.4. Volumen de la muestra de agua

El volumen de agua necesario para cada muestreo varía dependiendo del tipo de análisis que se quiera realizar. La Tabla 3 detalla los volúmenes de agua requeridos según el parámetro que se desee evaluar.

Tener en cuenta que estos volúmenes podrían variar según los requerimientos del laboratorio donde se realizarán los análisis, por lo que es recomendable consultar los volúmenes requeridos de cada laboratorio.

Tabla 3. Volúmenes recomendados de muestreo según parámetro a medir

Parámetros	Volumen recomendado
Parámetros físicos y químicos generales (pH, conductividad, turbidez, sólidos disueltos)	500 ml a 1 litro
Metales pesados (arsénico, mercurio, plomo, cadmio, etc.)	500 ml a 1 litro (en frascos de vidrio o plástico, idealmente con ácido nítrico para preservarlos)
Análisis microbiológicos (coliformes, <i>E. coli</i> , otros patógenos)	100 ml (en frasco estéril, sin preservantes)
Nutrientes (nitratos, fosfatos, amonio)	100 ml (en frasco estéril, sin preservantes)
Contaminantes orgánicos (pesticidas, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles)	1 litro (en frascos de vidrio ámbar con tapa de teflón, idealmente sin espacios de aire)
Oxígeno disuelto (si no se mide in situ)	100 a 250 ml (en un frasco que pueda llenarse hasta el tope para evitar la entrada de aire)

4.5. Toma de muestras en diferentes fuentes de agua

La toma de muestras varía según el tipo de fuente de agua. A continuación, se detalla el tipo de muestreo que debe emplearse en cada caso. Esta información ha sido tomada de la metodología del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales descrito por el ANA (2016), y también es aplicable, en determinados casos, a fines agrícolas.

a. Toma de muestra de agua en lagos y lagunas

Para este caso, se sugiere tomar una muestra compuesta. Los puntos de muestreo en lagos y lagunas varían según su extensión. Además, el muestreo se debe realizar con un brazo muestreador.

Primero, La persona encargada del muestreo debe ubicarse en un punto de fácil acceso (Figura 11A); luego, debe enjuagar el envase tres veces con el agua que se va a muestrear; posteriormente, se debe tomar una muestra simple por cada punto de muestreo (Figura 11B), y mezclar las muestras simples de los cuatro puntos en un recipiente y finalmente, llenar el envase (Figura 11C).

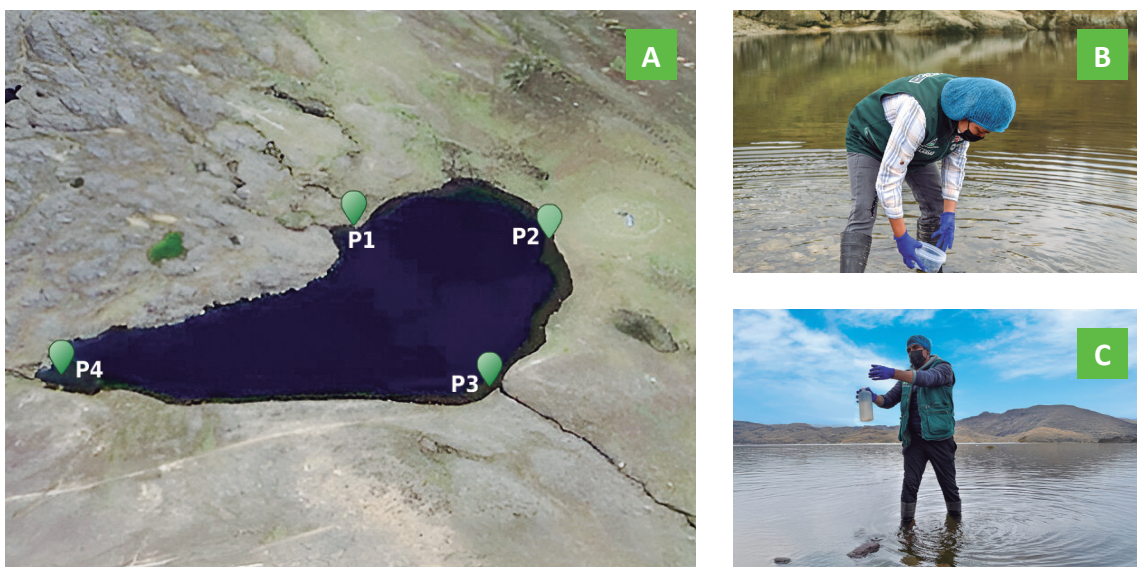


Figura 11. Muestreo de agua en sistemas lacustres. (A) Distribución de puntos de muestreo en una laguna, (B) toma de muestra simple en los cuatro puntos establecidos y (C) obtención de una muestra compuesta representativa

b. Toma de muestra en ríos

Se debe de identificar el punto de muestreo (Figura 12A); luego ubicarse en el punto medio de la corriente principal (Figura 12B), tomar muestras simples de agua en contracorriente en tiempos diferentes a una profundidad entre 15 a 30 cm con la indumentaria adecuada (Figuras 12C); obtener una muestra compuesta homogenizando las muestras simples (Figura 12D). Medir directamente los parámetros de campo en el río o a partir de un volumen de muestra adecuada.



Figura 12. Técnica de muestreo de agua en ríos. A) Área de muestreo, B) ubicación del personal a cargo del muestreo en el punto medio de la corriente principal, C) toma de muestra de agua simple y D) mezcla de las muestras simples en un recipiente y obtención de una muestra de agua compuesta en un río

c. Toma de muestra de agua en canales con y sin revestimiento

Ubicarse en un punto de fácil acceso (Figura 13A), sostener la botella por debajo del cuello y sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua para obtener un volumen adecuado (Figura 13B).

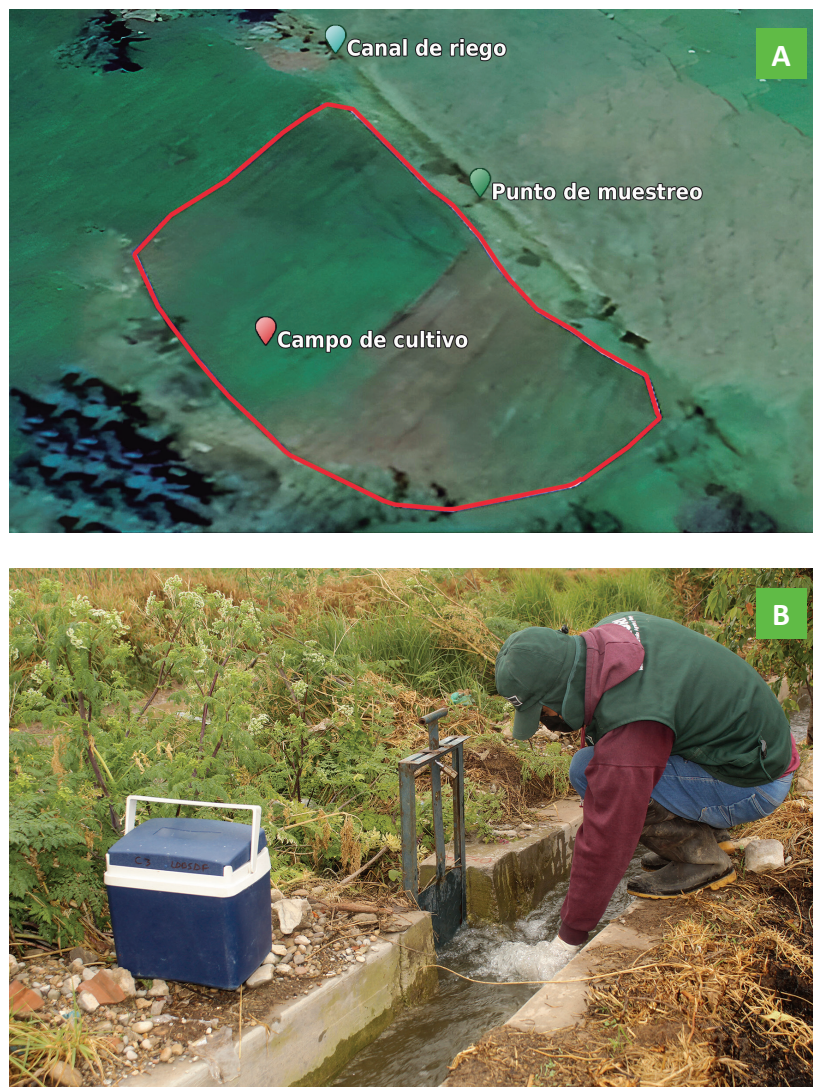


Figura 13. Descripción de toma de muestra en canal. A) Ubicación de puntos de muestreo en canal de riego y B) toma de muestra simple en canal con revestimiento

d. Toma de muestra de agua en un reservorio o cochas artificiales de agua

Ubicarse en un punto de fácil acceso (Figura 14A), tomar un recipiente y enjuagarlo al menos dos veces antes de recolectar las muestras. Posteriormente, recolectar un volumen de agua (Figura 14B).



Nota: evitar la recolección de agua con partículas en suspensión, películas superficiales o sedimentos del fondo.



Figura 14. Descripción de toma de muestra en reservorio o cochas artificiales. A) Área de muestreo en un reservorio de agua y B) toma de muestra simple de agua

e. Toma de muestra de un pozo de agua subterránea

Utilizar un brazo muestreador para extraer un volumen de agua del pozo (Figura 15), dejar un espacio de aire equivalente aproximadamente al 1 % del volumen del recipiente para permitir la expansión térmica durante el envío, tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo.

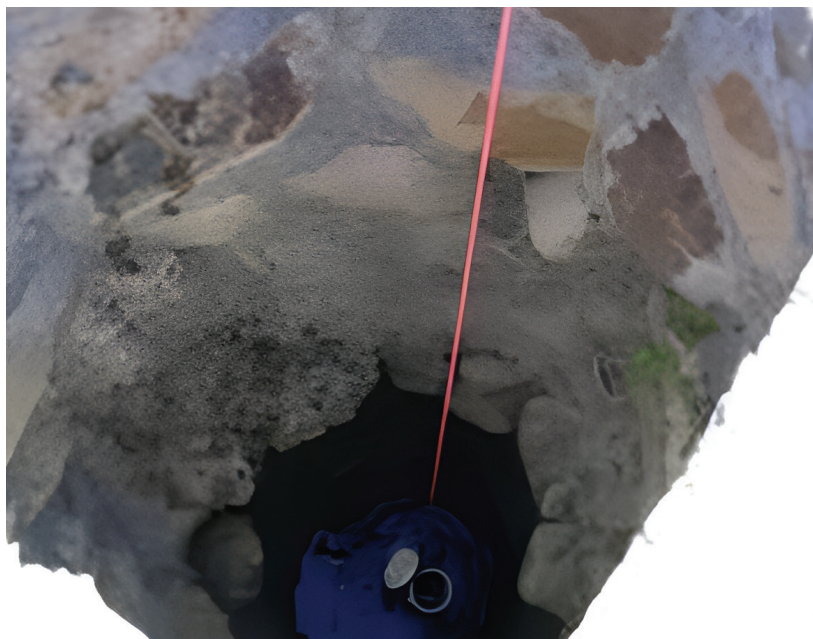


Figura 15. Toma de muestra en pozo de agua subterránea

f. Toma de muestra de agua en un lago cerca de una actividad contaminante

Identificar los puntos de muestreo en el lago (Figura 16), tomar una muestra simple en cada punto de muestreo con un brazo muestreador, todas las muestras simples recolectadas en cada uno de los puntos deben ser analizadas por separado para evaluar su calidad. Medir los parámetros directamente en el lago o tomar un volumen de agua en cada punto de muestreo.



Figura 16. Área de muestreo y ubicación de los puntos de muestreo en un lago

4.6. Rotulado y etiquetado

Los recipientes con muestras de agua provenientes de diferentes fuentes hídricas, deben ser rotulados con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra debe contener la siguiente información (Anexo 1 y 2):

- Nombre del solicitante
- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de reactivo (ANA, 2016) (Figura 17).



Figura 17. Proceso de rotulado de muestras

El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales describe el uso de códigos para cuerpos de agua continentales naturales (Tabla 4), aplicables a los muestreos en estudios de agua con diversos fines (ANA, 2016).

Tabla 4. Siglas del tipo de cuerpo de agua

Cuerpo de agua	Sigla
Río	R
Quebrada	Q
Cocha	C
Manantial	F
Laguna natura o artificial, lago	L
Embalse o represa	E
Humedal, bofedal	H
Mar	M
Bahía	B
Estuario, manglar o marisma	G

Adaptado de ANA (2016).

Se recomienda utilizar la siguiente codificación para cuerpos de agua.
[CÓDIGO 1] [CÓDIGO 2] [CÓDIGO 3]

- **Código 1:** se relaciona con el tipo de cuerpo de agua donde se planea realizar el muestreo de agua, Tabla 5.

Tabla 5. Propuesta de codificación del cuerpo de agua para el rotulado

Código 1	Cuerpo de agua
CRS	Canal de riego sin revestimiento
CRC	Canal de riego con revestimiento
R	Río
L	Laguna

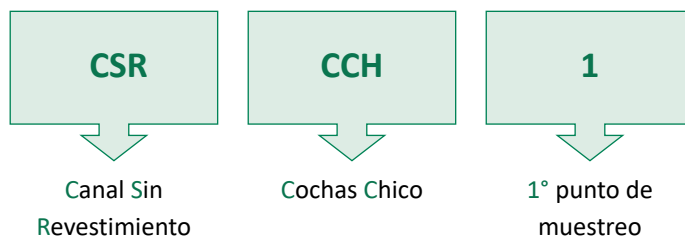


Nota: adaptado de Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, ANA (2016).

- **Código 2:** corresponde a las tres primeras letras del nombre del río, lago o laguna de donde fue tomada la muestra. Si esta información no está disponible o la muestra proviene de un canal de riego, se recomienda utilizar el nombre de la localidad. Para nombres compuestos, se debe usar la primera letra de la primera palabra y las dos primeras letras de la segunda.
- **Código 3:** corresponde al número de puntos muestreados, asignados de forma ascendente para identificar el punto más lejano al campo de cultivo cuando se tomen varias muestras.

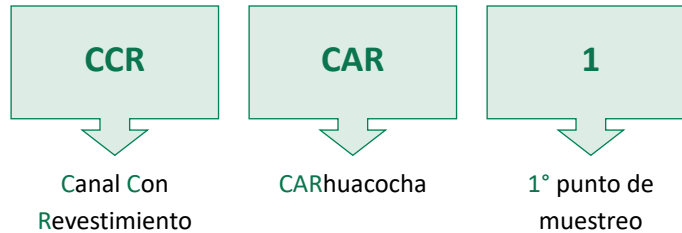
Ejemplo 1:

Cochas Chico es un anexo del distrito del Tambo, ubicado en la provincia de Huancayo, departamento de Junín. Si las muestras de agua se toman en un canal sin revestimiento en un punto ubicado dentro de Cochas Chico y se desconoce el nombre del río del cual proviene, se puede designar al primer punto de monitoreo como CSRCC1 y continuar la numeración en forma ascendente (CSRCC2, CSRCC3, etc.).

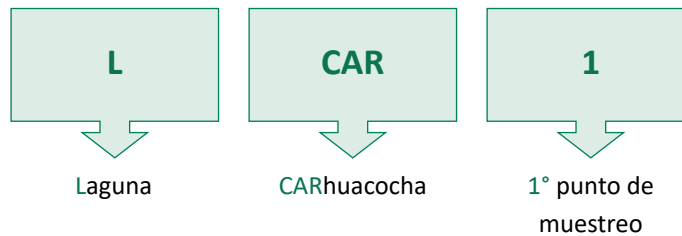


Ejemplo 2:

En caso la muestra tomada sea en un canal con revestimiento ubicado en Cochas Chico y dicha agua provenga de la Laguna Carhuacocha, ubicada en otra localidad, se usaría la siguiente nomenclatura: CCRCAR1.

**Ejemplo 3:**

Si las muestras de aguas son tomadas directamente en la Laguna Carhuacocha, le correspondería denominar dicho punto de muestreo como: LCAR1. En el Anexo 1 se puede considerar esta etiqueta para rotular los envases para la recolección de muestras de agua.



4.7. Preservación de la muestra

Después de recolectar las muestras de agua, según el parámetro que se va a evaluar, es importante añadir preservantes para retardar los cambios químicos o biológicos, Figura 18 y Anexo 3. Los reactivos utilizados, como ácidos, álcalis y formaldehído, deben ser manipulados adecuadamente de acuerdo con las normas de seguridad (ANA, 2016).



Figura 18. Adición de preservantes a las muestras de agua según el parámetro a evaluar

Según APHA (2017) algunos de los preservantes más utilizados son:

- **Ácido Nítrico (HNO_3)**

Uso: se emplea para acidificar las muestras, lo que previene la precipitación de metales y la proliferación bacteriana.

Aplicación: generalmente se añade a concentraciones de alrededor del 1 % al 5 % del volumen de la muestra.

Objetivo: mantener la estabilidad de los metales pesados y evitar la formación de compuestos insolubles que podrían interferir con el análisis.

- **Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)**

Uso: similar al ácido nítrico, el ácido sulfúrico se utiliza para acidificar la muestra.

Aplicación: se añade a la muestra para ajustar el pH a un nivel ácido.

Objetivo: prevenir la precipitación de metales y la actividad microbiana que podría alterar a composición de la muestra.

- **Hidróxido de Sodio (NaOH)**

Uso: se emplea para ajustar el pH a un nivel alcalino en muestras donde se necesita preservar la estabilidad de ciertos compuestos.

Aplicación: se añade para mantener un pH alto y evitar la descomposición o pérdida de compuestos que se descomponen en condiciones ácidas.

Objetivo: preservar la estabilidad de compuestos orgánicos y evitar su degradación o transformación.

- **Formaldehído**

Uso: para inmovilizar y preservar organismos presentes en las muestras de agua, evitando su descomposición o transformación antes del análisis. También se usa en estudios de microbiología del agua, para inhibir la actividad bacteriana y de otros microorganismos, que podrían alterar la química de la muestra o producir cambios en la concentración de ciertos compuestos.

Aplicación: se añade una pequeña cantidad de formaldehído (generalmente al 4 % de concentración) directamente a la muestra de agua, asegurando que el volumen del conservante sea suficiente para evitar la proliferación de microorganismos que puedan alterar la composición biológica.

En estudios de fitoplancton o zooplancton, se añade formaldehído al frasco de la muestra hasta que el volumen total de formaldehído sea aproximadamente el 1-2 % del volumen total de la muestra.

Objetivo: preservar organismos y/o inactivar bacterias u otros organismos que podrían alterar la composición de la muestra del agua.



Nota: el formaldehído es tóxico y debe ser manipulado con guantes y en áreas bien ventiladas. Además, se utiliza en casos específicos de preservación biológica y no es adecuado para análisis químicos del agua, ya que puede interferir con algunos parámetros.

4.8. Medición de los parámetros del agua *in situ*

El pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto son parámetros que se miden en campo. En ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda realizar su lectura directamente en el cuerpo de agua (ANA, 2016). Los valores de cada parámetro deben ser registrados en formato de registro de datos de campo. Posteriormente, se realiza el muestreo.

La calibración de los equipos antes de trasladarlos al campo y las muestras control son importantes para asegurar su correcto funcionamiento.



Figura 19. Evaluación de los parámetros en campo. (A) Lectura de pH, CE y temperatura en un recipiente y (B) lectura de oxígeno disuelto (OD) en el lago

4.9. Condiciones de transporte de las muestras de agua

Los recipientes con las muestras deben almacenarse adecuadamente para garantizar su llegada al laboratorio en condiciones óptimas. Para ello, los recipientes deben colocarse en posición vertical dentro de cajas térmicas (coolers) para evitar derrames, mantener la temperatura adecuada y protegerlos de la luz solar. Si los recipientes son de vidrio, deben ser embalados con bolsas de poliburbujas o materiales similares para minimizar el riesgo de roturas durante el transporte y para que las muestras se mantengan entre 3 a 5 °C, las bolsas de hielo deben ser distribuidas de manera uniforme en la caja térmica (ANA, 2016) (Figura 20).



Figura 20. Empaque y traslado de muestras de agua en una caja térmica. (A) Caja térmica con muestras de agua y bolsas de hielo y (B) traslado de las muestras de agua a laboratorio

4.10. Registro de datos en cadena de custodia

Se deben adjuntar formatos, donde se detallen la cadena de custodia y la información recopilada en campo, los cuales deben de coincidir con los datos consignados en la ficha de registro de campo.

Según el ANA (2016), los datos (Anexo 5 y Figura 21), que deben ser considerados son:

- El nombre de la institución que realiza el muestreo
- Datos del personal responsable de la toma de muestras
- Nombre del proyecto
- Código de la muestra
- Fecha y hora de muestreo
- Lista de parámetros de análisis por cada punto de muestreo



Figura 21. Registro de datos en la hoja de cadena de custodia

4.11. Envío de las muestras al laboratorio

Las muestras deben ser enviadas al laboratorio dentro de las 24 horas; sin embargo, el tiempo de almacenamiento de estas puede variar dependiendo del parámetro que se analice. Por lo que, para determinar si las muestras deben ser procesadas de inmediato o almacenadas, es esencial que estén correctamente identificadas y que los parámetros de los análisis estén claramente definidos (ANA, 2016). El responsable del muestreo debe asegurarse de que las muestras lleguen a las instalaciones del laboratorio, y sean entregadas con los datos para salvaguardar la cadena de custodia.

4.12. Análisis en laboratorio, reporte de resultados y estándares de calidad de agua para riego

Para realizar los análisis o ensayos físicos, químicos y microbiológicos en muestras de aguas, el laboratorio debe estar acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Esto con la finalidad de que los resultados sean confiables.

En la Figura 22 se presenta el flujograma del proceso de análisis de muestras de agua en el laboratorio, que comienza con la solicitud del análisis y concluye con la emisión del informe de resultados (Figura 23).

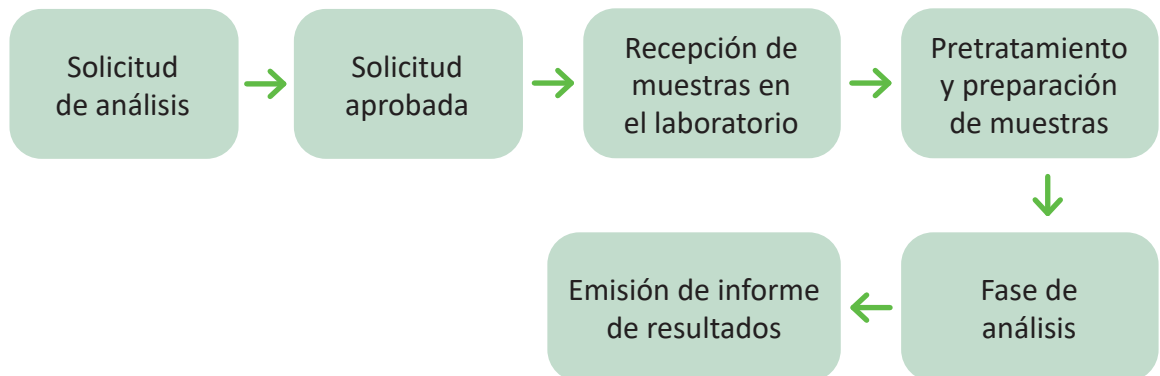


Figura 22. Proceso de análisis de muestras de agua en laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° -22/SU/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	:	
Propietario / Productor	:	
Dirección del cliente	:	
Solicitado por	:	
Muestreado por	:	
Número de muestra(s)	:	
Producto declarado	:	
Presentación de las muestras(s)	:	
Referencia del muestreo	:	
Procedencia de muestra(s)	:	
Fecha(s) de muestreo	:	
Fecha de recepción de muestra(s)	:	
Lugar de ensayo	:	Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Santa Ana
Fecha(s) de análisis	:	
Cotización del servicio	:	
Fecha de emisión	:	

Datos de identificación

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio						
Matriz Analizada						
Fecha de Muestreo						
Hora de Inicio de Muestreo (h)						
Condición de la muestra						
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente						
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (**)	unid. pH	0,1				
Conductividad Eléctrica	uS/cm	0,1				
Carbonatos (**)	mg/L	–				
Bicarbonatos (**)	mg/L	–				
Sulfatos (**)	mg/L	–				
Cloruros (**)	mg/L	–				
Nitratos (**)	mg/L	–				
Calcio (Ca) (**)	mg/L	–				
Magnesio (Mg) (**)	mg/L	–				
Sodio (Na) (**)	mg/L	–				
Potasio (K) (**)	mg/L	–				

Datos de la muestra

Concentraciones de parámetros



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 2
F-46 / Ver.04
www.inia.gob.pe

Figura 23. Estructura de un informe de análisis de muestras de agua

Una vez obtenidos los resultados del análisis en laboratorio, cada parámetro debe ser comparados con los estándares de calidad de agua para riego (categoría 3). En la Tabla 6 se brinda detalles de los parámetros que son indicadores de la calidad de agua para riego de los cultivos según Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM-ECA AGUA (2017).

Tabla 6. Estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Físicos-químicos				
Aceites y grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0.1	0.1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)		2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DBO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0.2	0.5
Fenoles	mg/L		0.002	0.01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L		1000	1000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsénico	mg/L		0.1	0.2
Bario	mg/L		0.7	**
Berilio	mg/L		0.1	0.1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0.01	0.05
Cobre	mg/L		0.2	0.5
Cobalto	mg/L		0.05	1
Cromo Total	mg/L		0.1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2.5	2.5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L		0.2	0.2
Mercurio	mg/L		0.001	0,01
Níquel	mg/L		0.2	1
Plomo	mg/L		0.05	0.05
Selenio	mg/L		0.02	0.05
Zinc	mg/L		2	24
Orgánicos				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0.04	0.045
Plaguicidas				
Paratión	µg/L		35	35

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0.004		0.7
Clordano	µg/L	0.006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001		30
Dieldrín	µg/L	0.5		0.5
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01
Endrin	µg/L	0.004		0.2
Heptacloro y Heptacloro y Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
Microbiológicos y parasitológico				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	0.05
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): después de filtración simple.

(c): para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

** Dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Decreto supremo 004-2017-MINAM (2017).

Tabla 7. Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

Elemento		Unidad de medida	Límite máximo
Aluminio	(Al)	mg/L	5.00
Arsénico	(As)	mg/L	0.10
Bario	(Ba)	mg/L	4.00
Berilio	(Be)	mg/L	0.10
Boro	(B)	mg/L	0.75
Cadmio	(Cd)	mg/L	0.01
Cianuro	(CN ⁻)	mg/L	0.20
Cloruro	(Cl ⁻)	mg/L	200.00
Cobalto	(Co)	mg/L	0.05
Cobre	(Cu)	mg/L	0.20
Cromo	(Cr)	mg/L	0,10
Fluoruro	(F ⁻)	mg/L	1.00
Hierro	(Fe)	mg/L	5.00
Litio	(Li)	mg/L	2.50
Litio (Cítricos)	(Li)	mg/L	0.075
Manganeso	(Mn)	mg/L	0.20
Mercurio	(Hg)	mg/L	0.001
Molibdeno	(Mo)	mg/L	0.01
Níquel	(Ni)	mg/L	0.20
Plata	(Ag)	mg/L	0.20
Plomo	(Pb)	mg/L	5.00
Selenio	(Se)	mg/L	0.02
Sodio porcentual	(Na)	%	35.00
Sulfato	(So ₄)	mg/L	250.00
Vanadio	(V)	mg/L	0.10
Zinc	(Zn)	mg/L	2.00

Norma Chilena [NCh] 1333 (1978).

Tabla 8. Directrices para la interpretación de la calidad del agua para riego

Potencial problema de irrigación	Unidad de medida	Grado de restricción en el uso		
		Ninguno	Ligero a moderado	Severo
Salinidad (Afecta la disponibilidad de agua al cultivo)				
EC _w	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
TDS	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltración (Afecta la tasa de infiltración de agua dentro del suelo. Evaluar usando los valores de EC_w y SAR en conjunto)				
SAR= 0 - 3	EC _w =	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
SAR= 3 - 6	EC _w =	> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
SAR= 6 - 12	EC _w =	> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
SAR= 12 - 20	EC _w =	> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
SAR= 20 - 40	EC _w =	> 2.9	5.0 - 2.9	< 2.9
Iones tóxicos específicos (Afecta a cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
Riego superficial	SAR	< 2	3 - 9	> 9
Riego por aspersión	me/L	< 3	> 3	
Cloro (Cl)				
Riego superficial	me/L	< 4	4 - 10	> 10
Riego por aspersión	me/L	< 3	> 3	
Boro (B)				
	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Efectos misceláneos (Afecta a cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO₃-N)				
	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonato (HCO₃) (Sólo riego por aspersión aérea)				
	me/L	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
Ph		Rango normal 6.5 - 8.4		

Ayers y Westcot (1985).

Para mayores detalles se puede consultar la fuente original.

Tabla 9. Determinaciones de laboratorio necesarias para evaluar problemas comunes de calidad del agua de riego

Parámetros del agua	Símbolo	Unidad	Rango habitual en el agua de riego	
Salinidad				
Contenido de sal				
Conductividad eléctrica	EC _w	dS/m	0 - 3	dS/m
(o)				
Sólidos Disueltos Totales	TDS	mg/l	0 - 2000	mg/l
Cationes y aniones				
Calcio	Ca ⁺⁺	me/l	0 - 20	me/l
Magnesio	Mg ⁺⁺	me/l	0 - 5	me/l
Sodio	Na ⁺	me/l	0 - 40	me/l
Carbonato	CO ₃ ⁻	me/l	0 - 1	me/l
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	me/l	0 - 10	me/l
Cloruro	Cl ⁻	me/l	0 - 30	me/l
Sulfato	SO ₄ ⁻	me/l	0 - 20	me/l
Nutrientes				
Nitrato-Nitrógeno	NO ₃ -N	mg/l	0 - 10	mg/l
Amonio-Nitrógeno	NH ₄ -N	mg/l	0 - 5	mg/l
Fosfato-Fósforo	PO ₄ -P	mg/l	0 - 2	mg/l
Potasio	K ⁺	mg/l	0 - 2	mg/l
Misceláneo				
Boro	B	mg/l	0 - 2	mg/l
Acidez/Basidad	pH	1 - 14	6.0 - 8.5	
Índice de Adsorción de Sodio	SAR	(me/l)	0 - 15	

Ayers y Westcot (1985).





5. Glosario

- **Alcalinidad:** se refiere a la cantidad de bases presentes en el agua, como bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-), que actúan como amortiguadores y ayudan a mantener un pH estable. Es un parámetro clave para determinar la calidad del agua y su adecuación para diferentes usos. No debe confundirse con el pH, aunque ambos están relacionados: el pH mide la concentración de iones de hidrógeno (H^+), mientras que la alcalinidad mide la capacidad del agua para resistir cambios en el pH.
- **Cadena de custodia:** proceso que garantiza la integridad y seguridad de las muestras de agua desde el momento de su recolección hasta su análisis en el laboratorio.
- **Caudal:** cantidad de agua que fluye en un río, canal o acequia en un tiempo determinado.
- **Calidad del agua:** características de una fuente de agua que influirán en su idoneidad para un uso específico. La calidad se define por ciertas características físicas, químicas y biológicas.
- **Capa o napa freática:** profundidad a la que se encuentra el agua subterránea. Es importante para saber cuánta agua hay disponible para los cultivos.
- **Cochas:** reservorios que se construyen con materiales de la zona en la microcuenca de los andes.
- **Coliformes termotolerantes:** grupo de bacterias que pueden sobrevivir y crecer a temperaturas altas, generalmente entre 44 y 45 °C. Este grupo incluye a las bacterias del tipo *Escherichia coli* (*E. coli*), que es un indicador clave de contaminación fecal en el agua.
- **Contaminación:** presencia de sustancias dañinas en el agua, como químicos o bacterias, que pueden afectar las plantas y el suelo.
- **Cuerpo de agua:** extensión de agua como río, lago, mar, océano, etc.
- **ECA-Agua:** Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua.
- **Embalse:** gran depósito que se forma artificialmente para almacenar agua de ríos o arroyos.
- **Fuentes de agua:** lugar de donde se obtiene el agua, como ríos, pozos o canales de riego.
- **GPS:** equipo de sistema de posicionamiento global para la ubicación de los puntos de muestreo.
- **Infiltración:** proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo y llega a las raíces de las plantas.
- **Laboratorio:** infraestructura diseñada para realizar ensayos químicos, físicos y microbiológicos.
- **Larvas de helmintos:** fases juveniles de los helmintos, que son gusanos parásitos como los nematodos, trematodos y cestodos. Estas larvas pueden estar presentes en el agua contaminada por heces humanas o animales y representan un riesgo para la salud tanto de las plantas como de las personas.
- **Manantial:** fuente de agua que aflora a la superficie en una cuenca hidrográfica.
- **Muestra de agua:** volumen de agua colectada en cuerpos receptores o vertimientos industriales con la finalidad de determinar parámetros físicos, químicos y/o biológicos.

- **Muestreo:** acción de tomar una porción representativa de agua que permita determinar características del cuerpo de agua.
- **Oxígeno disuelto (OD):** cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en fuentes de agua como ríos, lagos, lagunas, etc.
- **pH:** Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. Un pH equilibrado es clave para un buen crecimiento de las plantas.
- **Parámetros:** son las características o variables que se miden en el agua para evaluar su calidad y determinar si es apta para su uso agrícola. Los parámetros pueden ser físicos, químicos, biológicos o microbiológicos.
- **Punto de muestreo:** lugar exacto donde se toma la muestra de agua para análisis.
- **Protocolo:** documento que contiene pautas, guías, instrucciones, procedimientos para ejecutar una actividad en específico.
- **Reactivos:** sustancia química se utiliza para ensayos químicos.
- **Sedimentos:** partículas de tierra, arena o arcilla que pueden estar presentes en el agua y afectar su calidad.
- **Uso Agrícola:** uso del agua para regar los cultivos y mantenerlos saludables.





Two researchers in green jackets and blue caps are crouching on a gravelly bank. They are wearing blue gloves and using a blue handheld device. One is holding a white container. A black equipment case with various cables and a purple backpack are on the ground nearby.

A researcher in a green vest and blue cap stands in a stream, holding a long wooden pole. The vest has a logo that reads "Environmental Research Institute". They are also wearing a striped long-sleeve shirt and dark boots, and holding a clear plastic container.

The background shows a wide, shallow stream flowing through a green, grassy valley. In the distance, a large lake is visible, surrounded by rugged, brown mountains under a cloudy sky.

6. Referencias bibliográficas

- American Public Health Association. (1994). *Standard methods for the examination of water*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Ayers, R. S., y Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>
- Baeza, E. (2017). *Calidad de agua*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Codex Alimentarius. (2009). *Normas generales para contaminantes y toxinas en los alimentos y piensos (CXS 193-1995)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- Decreto Supremo N° 004-207-MINAM. (2017, 7 de junio). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Diario Oficial El Peruano, 7 de junio de 2017. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>
- Norma chilena 1333: Requisitos de calidad de agua para diferentes usos (1978). https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura: Tendencias y desafíos*. <https://www.fao.org/global-perspectives-studies/resources/detail/es/c/1169816/>
- Food and Agriculture Organization. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point*. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>

- Foster, S., Pulido-Bosch, A., Vallejos, Á., Molina, L., Llop, A., y MacDonald, A. M. (2018). Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: A major sustainability concern in semi-arid regions. *Hydrogeology Journal*, 26, 2781–2791. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1830-2>
- Freeze, A., y Cherry, J. (1979). *The groundwater*. University of Guelph. <https://fc79.gw-project.org/espanol/>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2008). *Sistema de riego INIA: Experiencias en comunidades, Lima-Perú*. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/120/1/Sistema_riego_Lima_2008.pdf
- Kinkade-Levario, H. (2007). *Design for water: Rainwater harvesting, stormwater catchment, and alternate water reuse*. New Society Publisher.
- Konikow, L. F., y Bredehoeft, J. D. (2020). *Groundwater resource development: Effect and sustainability*. The Groundwater Project. <https://pubs.usgs.gov/publication/70237791>
- Kompani-Zare, M., Samani, N., y Behrooz-Koohenjani, S. (2008). Parameters affecting the occurrence of quicksand and the drying up of large diameter wells that gain water from the bottom: A case study from Iran. *Hydrogeology Journal*, 17(5), 1175 - 1187.
- Molden, D. (2007). *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. International Water Management Institute (IWMI).
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos básicos para fiscalización ambiental*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *El estado de la alimentación y la agricultura: Gestión integrada de los recursos hídricos (C 2023/2)*. Conferencia, 43.º período de sesiones. Roma, 1-7 de julio de 2023.
- Postel, S. L., y Thompson, B. H. Jr. (2005). Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. *Natural Resources Forum*, 29(2), 98-108. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00119.x>

- Quinteros-Carabalí, J. A., Gómez-García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., y Carrera-Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Theodore, L., y Dupont, R. R. (2020). *Water resource management issues: Basic principles and applications*. CRC Press.
- Vivanco Pomacanchari, C. (2015). Obras hidráulicas de etapa prehispánica en Huaccana, Chincheros - Apurímac. *Arqueología y Sociedad*, 30, 315–333. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2015n30.e12267>
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3.^a ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02112-6>



7. Anexos

Anexo 1. Etiqueta para el rotulado de los envases para muestreo de calidad de agua.

SOLICITANTE: _____

CÓDIGO DE MONITOREO: _____

PARÁMETRO A ANALIZAR: _____

- pH
- Fósforo total
- Metales pesados
- Conductividad eléctrica
- Nitritos/Nitratos
- Coliforme termotolerantes
- Otros

FECHA Y HORA DE MUESTREO: _____

COORDENADAS: _____

DEPARTAMENTO: _____ PROVINCIA: _____

DISTRITO: _____ COMUNIDAD: _____


PROFUNDIDAD DE MUESTREO: _____

MUESTREADO POR: _____


OBSERVACIONES: _____

ANA (2016).

Anexo 2. Etiqueta para el rotulado de envases de muestreo de agua



IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA



Cliente:.....

Propietario/Productor:.....

DNI / RUC:.....

Distrito:.....Provincia:.....Departamento:.....

Ubicación UTM:...../.....Altitud:.....

Fecha de muestreo:...../...../.....

Tipo de análisis:.....

Fecha de Recepción:...../...../.....

Teléfono:.....

Correo:.....

Cód. Lab.:.....

F-44 / Rev 01

Laboratorio de suelos, aguas y foliares del Instituto Nacional de Innovación Agraria (2023).

Anexo 3. Conservación y preservación de muestra en función del parámetro evaluado

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
1.- Químico-Físicos			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días
Cianuro WAD			(24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido clorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			

Adaptado de ANA (2016).



Nota: conservación y preservación de muestras de agua extraído del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales - Autoridad Nacional del Agua (ANA).



Instituto Nacional de Innovación Agraria





D. : Av. La Molina 1981, La Molina
T. : (511) 240-2400
www.gob.pe/inia



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

