

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**USO DEL *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR *IN SITU* EN LA
VIGILANCIA AMBIENTAL CIUDADANA DE LAS
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA SUPERFICIAL
EN LA QUEBRADA UTCUYACU-CATAC, PERIODO 2019-2020**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

Tesista: Br. YURFA MILAGROS ESPINOZA MENA

Asesor: Ing. CIRO WALTER FERNANDEZ ROSALES

Huaraz - Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**USO DEL *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR *IN SITU* EN LA
VIGILANCIA AMBIENTAL CIUDADANA DE LAS
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA SUPERFICIAL
EN LA QUEBRADA UTCUYACU-CATAC, PERIODO 2019-2020**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

Tesista: Br. YURFA MILAGROS ESPINOZA MENA

Asesor: Ing. CIRO WALTER FERNANDEZ ROSALES

Huaraz - Perú

2020

**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL.**

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: ESPINOZA MENA YURFA MILAGROS

Código de alumno: 091.0605.033 Teléfono: 954782335

Correo electrónico: yespinoza0110@gmail.com DNI o Extranjería: 71980928

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional
 Trabajo Académico Trabajo de Investigación
 Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Título Profesional o Grado obtenido:

Ingeniero Ambiental

4. Título del trabajo de investigación:

USO DEL Allium cepa COMO BIOINDICADOR IN SITU EN LA VIGILANCIA AMBIENTAL
CIUDADANA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA SUPERFICIAL EN
LA QUEBRADA UTCUYACU-CÁTAC, PERIODO 2019-2020.

5. Facultad de: CIENCIAS DEL AMBIENTE

6. Escuela, Carrera o Programa: Ingeniería Ambiental

7. Asesor:

Apellidos y nombres FERNANDEZ ROSALES CIRO WALTER Correo electrónico: cirofer29@yahoo.es

Teléfono: 957670796 N° de DNI o Extranjería: 31761595 ORCID: 0000-0003-0376-1406

8. Tipo de acceso al Documento

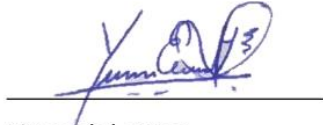
- Acceso público* al contenido completo.
 Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

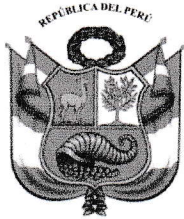
12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Firma:

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

Av. Centenario N° 200 – Teléfono (043) 640020 anexo 1103
HUARAZ - ÁNCASH - PERÚ



"Año de la universalización de la salud "

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorio Virtual - Plataforma Microsoft Teams de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el **Acto Académico de Sustentación y Defensa virtual** de la Tesis **"USO DEL *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR IN SITU EN LA VIGILANCIA AMBIENTAL CIUDADANA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA QUEBRADA UTCUYACU-CATAC, PERIODO 2019-2020"**, que presenta **ESPINOZA MENA YURFA MILAGROS** para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

APROBADA

Con el calificativo de: *Distinción* (16)

En consecuencia, **ESPINOZA MENA YURFA MILAGROS** queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM y Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 211-2020-UNASAM que incorpora la sustentación virtual), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM) y Instructivo para sustentación virtual de tesis (Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020).

Huaraz, 18 de noviembre de 2020

Dr. **HERACLIO FERNANDO CASTILLO PICÓN**
Presidente
Jurado de sustentación

Ing. **FRANCISCO CLAUDIO LEÓN HUERTA**
Primer miembro
Jurado de sustentación

Dra. **BHENNI JANETT TUYA CERNA**
Segundo miembro
Jurado de sustentación

Ing. **CIRO WALTER FERNANDEZ ROSALES**
Asesor de tesista

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han brindado todo su amor, apoyo y comprensión en este camino hacia mi vida profesional, son mi mayor inspiración para seguir superándome y alcanzar mis metas.

Yurfa M. Espinoza Mena.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Facultad de Ciencias del Ambiente, mi alma mater, por cultivar el compromiso de la búsqueda de la mejora continua de la calidad de vida de las personas en armonía con el ambiente.

A los representantes de la Comunidad Campesina “San Miguel de Utcuyacu” por su predisposición de tiempo, sus aportes e interés para el desarrollo de la investigación.

Al MSc. Mario Vladimir Leyva Collas (jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental – FCAM - UNASAM) por las facilidades en el análisis del agua para el desarrollo de la investigación.

Al jurado, por su disponibilidad de tiempo, por sus valiosos aportes y correcciones para enriquecer la presente investigación.

Al asesor, Ing. Ciro Walter Fernández Rosales, por su motivación y perseverancia durante todo el proceso de la investigación, así mismo por la enseñanza “todo ingeniero debe buscar soluciones”.

A mi familia, por su voluntad y apoyo incondicional en el cumplimiento de la investigación. Un especial agradecimiento a mis padres (Blas y Ceferina), a mis hermanas (Cintya, Helen y Miriam) y mi cuñado (Iban), porque a pesar del tiempo, los golpes y caídas siempre tenían la disposición de seguir apoyando.

RESUMEN

El agua es un recurso primordial para la vida, no obstante, cada vez es más escasa su disponibilidad debido al deterioro en su calidad, siendo un reto dentro de la gestión de este recurso el monitoreo periódico. El uso de bioindicadores es una alternativa sostenible de fácil aplicación y bajo coste, a nivel de laboratorio el bioensayo con *Allium cepa* como bioindicador ha mostrado una alta sensibilidad a las variaciones en la calidad del agua. En el presente trabajo de investigación se busca evaluar el uso del *Allium cepa* como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana para evidenciar el cambio de las características fisicoquímicas del agua superficial en la quebrada Utcuyacu.

El bioensayo con *Allium cepa* ha sido utilizado como una herramienta de valoración de las características fisicoquímicas de las aguas de la quebrada Utcuyacu - Cátac, mediante la inhibición del crecimiento radicular expresado en la cantidad y longitud radicular de la especie. A partir de la caracterización fisicoquímica del agua, se evalúa el crecimiento radicular en dos fases: la primera como piloto y la segunda con participación ciudadana para su validación. A nivel piloto, se evaluaron cuatro puntos de monitoreo, con una frecuencia de cinco días por un periodo de 40 días, mientras que, con participación ciudadana se evaluaron dos puntos de monitoreo, con una frecuencia de diez días por el periodo de 30 días.

Los resultados muestran que el punto de control (P-01) en un periodo de 30 días muestra una cantidad radicular promedio de 65 unidades y una longitud radicular promedio de 8.4 cm, mientras que el punto P-03 con influencia de pasivos ambientales mineros presenta una cantidad radicular de 53 unidades y una longitud radicular de 3.4 cm, con un porcentaje de inhibición del crecimiento radicular de 52%. En consecuencia, el crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana si evidencia el cambio de las características fisicoquímicas del agua superficial por ser susceptible a ella y progresiva en el tiempo, lo cual ratifica que la metodología aplicada y validada permite obtener indicios de alerta temprana sobre la alteración del agua, además de ser una herramienta de fácil aplicación y perceptible a la vista humana.

Palabras claves: bioindicador, inhibición, bioensayo, *Allium cepa*.

ABSTRACT

The water is a primary resource for life; however, its availability is increasingly scarce due to the deterioration in its quality, being a challenge within the management of this resource the periodic monitoring. The use of bioindicators is a sustainable alternative that is easy to apply and low cost. At the laboratory level, the bioassay with *Allium cepa* as a bioindicator has shown high sensitivity to variations in water quality. This research work seeks to evaluate the use of *Allium cepa* as a bioindicator in situ in citizen environmental surveillance to demonstrate the change in the physicochemical characteristics of surface water in the Utcuyacu stream.

The bioassay with *Allium cepa* has been used as a tool for assessing the physicochemical characteristics of the waters of the Utcuyacu - C  tac stream, by inhibiting root growth expressed in the quantity and root length of the species. From the physicochemical characterization of the water, the root growth is evaluated in two phases: the first as a pilot phase and the second with citizen participation for its validation. At the pilot level, four monitoring points were evaluated, with a frequency of five days for a period of 40 days, while, with citizen participation, two monitoring points were evaluated, with a frequency of ten days for the period of 30 days.

The results show that the control point (P-01) in a period of 30 days shows an average root quantity of 65 units and an average root length of 8.4 cm, while the point P-03 with the influence of mining environmental liabilities presents a root quantity of 53 units and a root length of 3.4 cm, with a percentage of inhibition of root growth of 52%. Consequently, the root growth of *Allium cepa* as a bioindicator in situ in citizen environmental surveillance does show the change in the physicochemical characteristics of surface water because it is susceptible to it and progressive over time, which confirms that the applied and validated methodology allows obtain early warning signs of water disturbance, as well as being an easy-to-apply tool that is visible to the human eye.

Key words: bioindicator, inhibition, bioassay, *Allium cepa*.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA.....	xiv
SIGLAS	xv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Variables	3
CAPITULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Calidad del agua.	9
2.2.2. Ecotoxicología.....	9
2.2.3. Bioindicador.....	11
2.2.4. Bioensayo con <i>Allium cepa</i> test.....	12
2.2.5. Vigilancia ambiental ciudadana	14
2.3. Definición de términos básicos	16

CAPITULO III	18
MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. Tipo de investigación	18
3.2. Diseño de investigación	18
3.3. Ámbito de estudio	20
3.4. Métodos o técnicas	25
3.4.1 Fase I: Evaluación piloto	25
3.4.1.1 Establecimiento de puntos de monitoreo.....	25
3.4.1.2 Caracterización fisicoquímica del agua superficial.....	28
3.4.1.3 Instalación del bioindicador <i>Allium cepa</i>	32
3.4.1.4 Evaluación periódica	34
3.4.2 Fase II: Evaluación ciudadana.....	35
3.4.2.1 Coordinación, autorización y designación	36
3.4.2.2 Taller participativo	36
3.4.2.3 Caracterización fisicoquímica del agua superficial.....	38
3.4.2.4 Instalación del bioindicador <i>Allium cepa</i>	40
3.4.2.5 Evaluación periódica	41
3.5. Población y muestra.....	43
3.6. Instrumentos validados de recolección de datos	43
3.7. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.....	43
CAPITULO IV	45
RESULTADOS	45
4.1. Caracterización fisicoquímica del agua superficial de la quebrada Utcuyacu.....	45
4.2. Crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i> como bioindicador	56
4.2.1. Cantidad radicular según la fase de evaluación.....	57
4.2.1.1. Cantidad radicular en la fase de evaluación piloto.....	57
4.2.1.2. Cantidad radicular en la fase de evaluación ciudadana.....	61
4.2.2. Longitud radicular según la fase de evaluación	62
4.2.2.1. Longitud radicular en la fase de evaluación ciudadana	62
4.2.2.2. Longitud radicular en la fase de evaluación ciudadana	67
4.3. Indicadores del crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i> para el uso como bioindicador <i>in situ</i> en la vigilancia ambiental ciudadana	68

CAPITULO V	73
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
5.1. Con respecto a la caracterización fisicoquímica del agua superficial de la quebrada Utcuyacu	73
5.2. Con respecto al crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i> como bioindicador en aguas superficiales con participación ciudadana	74
5.3. Con respecto a los indicadores del crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i> para el uso como bioindicador <i>in situ</i> en la vigilancia ambiental ciudadana	76
CAPITULO VI	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
6.1 CONCLUSIONES	80
6.2 RECOMENDACIONES	81
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	84
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
Tabla 1. Parámetros de muestreo en la fase de evaluación piloto	29
Tabla 2. Parámetros de muestreo en la fase de evaluación ciudadana	39
Tabla 3. Resultados de los parámetros de campo del agua superficial	46
Tabla 4. Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial y valores del ECA - Categoría 3, subcategoría D1	50
Tabla 5. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-01	69
Tabla 6. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-02	70
Tabla 7. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-03	71
Tabla 8. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-04	72
Tabla 9. Porcentaje de inhibición según fase de evaluación	76
Tabla 10. Criterios para la instalación del sistema de vigilancia ambiental ciudadana del agua superficial.	118

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 01. Procedimiento del bioensayo con <i>Allium cepa</i>	13
Figura 02. <i>Diseño de investigación</i>	19
Figura 03. Mapa de ubicación de la quebrada Utcuyacu	23
Figura 04. Mapa de pasivos mineros en la quebrada Utcuyacu	24
Figura 05. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo en la fase de evaluación piloto	27

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Panorama de los puntos de monitoreo	26
Fotografía 2. Muestreo del agua superficial en la fase de evaluación piloto	30
Fotografía 3. <i>Entrega al laboratorio de muestras de agua superficial en la fase de evaluación piloto</i>	31
Fotografía 4. Preparación del bioindicador <i>Allium cepa</i> en la fase de evaluación piloto	32
Fotografía 5. <i>Soporte para el bioindicador Allium cepa expuesto en el cauce del río</i>	33
Fotografía 6. Instalación del bioindicador en la fase de evaluación piloto	34
Fotografía 7. Evaluación periódica en la fase de evaluación piloto	35
Fotografía 8. Charla en el local comunal	37
Fotografía 9. Reconocimiento y preparación de materiales y equipos por los vigilantes comunales del agua	38
Fotografía 10. Muestreo del agua superficial en la fase de evaluación ciudadana	40
Fotografía 11. <i>Instalación del bioindicador en la fase de evaluación ciudadana</i>	41
Fotografía 12. Evaluación periódica en la fase de evaluación ciudadana	42
Fotografía 13. Comparación del crecimiento radicular en ambas fases de evaluación	78
Fotografía 14. <i>Comparación del crecimiento radicular en los puntos P-01 y P-04 a 15 días de exposición.</i>	79
Fotografía 15. Ubicación del bioindicador en los puntos de monitoreo	121
Fotografía 16. Vista de la presencia de musgos producto de la eutrofización en el punto P-04 (01/08/2019)	122
Fotografía 17. Vista del crecimiento radicular en el punto P-01	122
Fotografía 18. Comparación del crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i> entre los puntos P-04 (arriba) y P-01 (parte abajo)	123
Fotografía 19. Vista del crecimiento radicular en el punto P-01 a 30 días	124
Fotografía 20. Instalación del bioindicador con participación de vigilantes comunales	124

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

DENOMINACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ABREVIATURA
Metros cúbicos	m ³ /s	(MMC)
Centímetros		cm
Aceites y grasas	miligramo por litro	mg/L
Bicarbonatos	miligramo por litro	mg/L
Carbonatos	miligramo por litro	mg/L
Cianuro Wad	miligramo por litro	mg/L
Cloruros	miligramo por litro	mg/L
Conductividad	micro siemens	μS/cm
Fenol	miligramo por litro	mg/L
Fluoruros	miligramo por litro	mg/L
Fosfato	miligramo por litro	mg/L
pH		unidad de pH
Sulfatos	miligramo por litro	mg/L
Sulfuros	miligramo por litro	mg/L
DBO5	miligramo por litro	mg/L
DQO	miligramo por litro	mg/L
OD	miligramo por litro	mg/L
Nitratos	miligramo por litro	mg/L
Nitritos	miligramo por litro	mg/L
Aluminio	miligramo por litro	mg/L
Arsénico	miligramo por litro	mg/L
Cadmio	miligramo por litro	mg/L
Calcio	miligramo por litro	mg/L
Cobre	miligramo por litro	mg/L
Hierro	miligramo por litro	mg/L
Magnesio	miligramo por litro	mg/L
Manganeso	miligramo por litro	mg/L
Mercurio	miligramo por litro	mg/L
Níquel	miligramo por litro	mg/L
Plomo	miligramo por litro	mg/L
Zinc	miligramo por litro	mg/L
Cromo VI	miligramo por litro	mg/L

SIGLAS

SIGLA	DENOMINACIÓN
ANA	Autoridad Nacional del Agua
UNASAM	Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo"
FCAM	Facultad de Ciencias del Ambiente
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
STD	Sólidos totales disueltos
CE	Conductividad eléctrica
pH	Potencial de hidrógeno
ACP	Análisis de componentes principales
P-01	Punto de control
P-02	Punto de monitoreo 02
P-03	Punto de monitoreo 03
P-04	Punto de monitoreo 04

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con importantes recursos hídricos superficiales y ocupa el octavo puesto en el ranking de países con mayor disponibilidad de agua dulce. Sin embargo, el indiscriminado vertimiento de aguas residuales, la presencia de pasivos ambientales adyacentes a los cuerpos de agua, la erosión de suelos y la contaminación de origen geológico (DAR, 2017) han conllevado al deterioro de la calidad del agua y por ende ha generado limitaciones en su disponibilidad.

Desde el 2010 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha monitoreado la calidad del agua superficial en 129 unidades hidrográficas, teniendo como base el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Bauer et al., 2017), el cual se basa principalmente en el análisis físico y químico del agua. Dicho análisis brinda información del momento de la toma de muestra, pero no evidencia información temporal sobre los posibles contaminantes y los impactos en el ambiente (Loayza, 2014). Frente a ello, la presente investigación pretende evaluar una herramienta de predicción temprana para la vigilancia ambiental ciudadana de las características fisicoquímicas del agua superficial teniendo como bioindicador *in situ* al *Allium cepa*, el cual genera una alerta de contaminación que puede anticipar la afectación a la salud y futuros conflictos socioambientales.

La investigación fue desarrollada en la quebrada Utcuyacu, en el distrito de Cátac, provincia de Recuay en la región Ancash. Se realizó previamente la fase de evaluación piloto entre los meses de junio a setiembre con el objetivo de determinar

el crecimiento radicular del bioindicador *Allium cepa* y posteriormente se realizó la fase de evaluación ciudadana con representantes de la comunidad campesina “San Miguel de Utcuyacu” entre los meses de enero a febrero para validar el uso del bioindicador *in situ*. Se establecieron cuatro puntos de monitoreo durante la evaluación piloto y dos puntos de monitoreo durante la evaluación ciudadana, en ambos casos el punto de control se ubicó en la parte alta de la quebrada.

Uno de los principales hallazgos de la investigación fue la facilidad tanto en el manejo como en la percepción del crecimiento radicular del bioindicador *Allium cepa* por parte de los representantes de la comunidad. Por otro lado, los resultados mostraron que el punto ubicado aguas debajo de la presencia de pasivos ambientales mineros (P-03) presentó concentraciones que sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental, lo cual coincide con el menor crecimiento radicular del *Allium cepa*, siendo el porcentaje de inhibición del orden de 52% para dicho punto, a diferencia del punto de control (P-01) donde las concentraciones fueron mínimas y el crecimiento radicular fue mayor.

La investigación se estructuró en capítulos; así, en el capítulo I se encuentra la introducción, objetivos, hipótesis y variables de la investigación; el capítulo II, describe el marco teórico de la investigación, consistente en la descripción de los antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos; el capítulo III, describe el marco metodológico empleado en el proceso de la investigación, el diseño y metodología con sus respectivas fases: evaluación piloto y evaluación ciudadana; continúa el capítulo IV de resultados, donde se muestran los principales resultados obtenidos; luego el capítulo V de discusión de resultados, donde se realiza el análisis en comparación con las bases teóricas; y finalmente el capítulo VI donde se describen las conclusiones y recomendaciones.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el uso del *Allium cepa* como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana para evidenciar el cambio de las características

fisicoquímicas del agua superficial en la quebrada Utcuyacu - Cátac en el período 2019 - 2020.

1.1.2. Objetivos específicos

- a. Determinar las características fisicoquímicas del agua superficial de la quebrada Utcuyacu.
- b. Evaluar el crecimiento radicular del *Allium cepa* en la quebrada Utcuyacu con participación ciudadana.
- c. Identificar los indicadores del crecimiento radicular del *Allium cepa* para el uso como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana.

1.2. Hipótesis

El crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana sí evidencia el cambio de las características fisicoquímicas del agua superficial.

1.3. Variables

- **Variable independiente: características fisicoquímicas del agua superficial,** son las características que influyen en las condiciones y la aceptabilidad del agua, así como los elementos químicos presentes. Tales características son: temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, aceites y grasas, bicarbonatos, carbonatos, cianuro wad, cloruros, fenol, fluoruros, fosfato, sulfatos, sulfuros; además de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, aluminio, arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plomo, zinc y cromo VI.
- **Variable dependiente: crecimiento radicular del *Allium cepa*,** es el desarrollo fisiológico de la raíz, que ocurre por la formación de nuevas células a través del ciclo de división, ocurre en la zona meristemática (Borges et al., 2017).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel internacional existe una amplia diversidad de investigaciones sobre el uso de bioensayos con *Allium cepa* como bioindicador, mientras que, a nivel nacional las investigaciones son muy escasas. Sin embargo, constituyen los primeros indicios para considerarlo como una herramienta complementaria dentro del análisis de la calidad del agua. A continuación, se detallan las investigaciones relacionadas con los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación:

El estudio de Monitoreo de la calidad del agua de los ríos en el Perú, comprueba el cumplimiento del Estándar de Calidad de Agua para la clase III en función a cuatro parámetros que son indicativos de contaminación: temperatura del agua, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Los resultados mostraron que la temperatura varía de 13°C a 24°C, siendo estos valores acordes al clima de la zona y a las influencias del entorno; el pH varía dentro del rango de 6.5 a 8.5 y el oxígeno disuelto en su mayoría presenta valores por encima del estándar mínimo requerido de 4.0 mg/L. La conductividad eléctrica es muy variable y su incremento se debe a factores naturales (vulcanológicos) y humanos (actividad minera). (SENAMHI, 2007)

Finalmente, a partir de los parámetros monitoreados, se concluyó que muchos de los ríos son afectados por fuentes de contaminación antropogénicas que limitan su uso.

Análisis efectuados sobre los resultados de los estudios realizados por la Autoridad Nacional del Agua desde el 2012 hasta el 2016, en el capítulo “Calidad del agua” refiere lo siguiente:

Más del 50% de los recursos hídricos evaluados presentan un alto grado de contaminación debido al vertimiento de aguas residuales municipales, agrícolas, industriales, mineros informales, a los pasivos ambientales, la erosión de suelos y la contaminación de origen geológico. Así mismo, menciona que parámetros como el hierro (Fe), coliformes termotolerantes, manganeso (Mn), arsénico (As), plomo (Pb) y aluminio (Al) exceden el Estándar de Calidad Ambiental en por lo menos una cuenca hidrográfica. (Bauer et al. 2017)

En el estudio denominado “Análise da toxicidade por alteracões no crescimento radicular de *Allium cepa* expostas em águas do rio Pericumã”, evaluaron la toxicidad del agua de río durante la época de avenidas y estiaje por un periodo de 128 horas, encontrando los siguientes resultados:

Durante la época de avenidas muestran una longitud radicular máxima de 1.17 cm en el punto P1 (ubicado en la parte alta del río) y una longitud radicular mínima de 0.27 cm en el punto P2 (ubicado en la parte media del río, donde la acumulación de residuos en el cauce es frecuente). Mientras que, durante la época de estiaje la longitud radicular máxima fue de 1.31 cm en el punto P1 y la longitud radicular mínima fue de 1.12 cm en el punto P3 (ubicado en la parte baja del río, antes de la confluencia con el mar). Concluyendo que, los parámetros macroscópicos del crecimiento radicular del *Allium cepa* demostraron que el río Pericumã presenta una alta carga de desechos y efluentes supuestamente tóxicos que son superiores en la época de avenidas en los puntos ubicados en la parte media y baja del río donde el crecimiento de la longitud radicular fue mínimo. (Borges et al. 2017)

En la investigación “Uso de *Allium cepa* test como indicador de eficacia para el tratamiento de efluentes”; analizaron muestras de efluentes tratados y sin tratar provenientes de dos industrias del rubro laboratorio farmacéutico veterinario con el objetivo de determinar la eficacia del tratamiento de dichos efluentes, para lo cual consideraron como muestra control el agua de grifo.

Los resultados de los efluentes sin tratar del establecimiento E1 y E2 mostraron un porcentaje de inhibición del 51.1% y 71.41% respectivamente, mientras que en el caso de los efluentes tratados los valores fueron 44.89% y 37.3%. (López et al. 2016). Por consiguiente, se concluyó que la metodología aplicada al utilizar el *Allium cepa* test como indicador de eficacia si evidencia la efectividad de la disminución de la biotoxicidad y permite distinguir la posibilidad de elegir entre una modalidad de tratamiento u otra.

En el estudio “Diagnóstico de la ecotoxicidad de afluentes del río Guadalquivir, en el área comprendida entre Las Tipas y El Angosto de San Luis, provincia Cercado – Tarija”, emplearon el uso de dos bioensayos estandarizados de toxicidad aguda (semillas de *Lactuca sativa* y bulbos de *Allium cepa*) como bioindicadores para determinar el nivel de ecotoxicidad de cuerpos de agua influenciados por descargas de aguas domésticas, encontraron lo siguiente:

Los resultados mostraron porcentajes de inhibición del 72.1%, 94.0% y 67.3% en las quebradas Sossa, Sagredo y El Toro respectivamente, lo cual concuerda con los resultados fisicoquímicos que exceden el valor máximo permitido (OD, DBO5, dureza total, fósforo total, cromo total, nitritos, sulfuros totales y nitrógeno amoniacal) en dichas quebradas. Se concluyó que, la metodología aplicada de la evaluación de toxicidad de mezclas complejas empleando bioensayos permite brindar una mayor información sobre los efectos de los contaminantes siendo el bulbo de *Allium cepa* más sensibles. (Angulo, 2015)

Por otro lado, en el estudio denominado “Avaliação da qualidade ambiental através do teste da cebola (*Allium cepa* L.) exposta diretamente em leito de rios urbanos”, analizaron la calidad del agua al exponer *in situ* a la especie por un periodo de siete días teniendo como punto de control una laguna, obteniendo lo siguiente:

Los resultados mostraron una cantidad radicular de 138 raíces y una longitud radicular de 2.498 cm en el punto ubicado en la laguna, mientras que el punto ubicado en el río Bonito (influenciado por efluentes domésticos) presenta una cantidad radicular de 86 raíces y una longitud radicular de 0.153 cm. Por consiguiente, se concluyó que, la diferencia del crecimiento radicular indica la presencia de compuestos químicos genotóxicos que inhiben el normal crecimiento de las raíces. (Duarte et al. 2014)

La investigación “Pruebas de ecotoxicidad para establecer el potencial genotóxico del hipoclorito de sodio mediante bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) y semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) como bioindicadores”, determinó que:

El nivel de toxicidad del producto frente a las diversas concentraciones de uso doméstico mediante la inhibición radicular. Los resultados mostraron que, al cabo de las 72 horas de exposición al hipoclorito de sodio al 5% (versión comercial para uso doméstico) la longitud radicular de la *Lactuca sativa* fue de 1.8 cm en comparación con el control que obtuvo una longitud de 2.6 cm, mientras que la longitud radicular del *Allium cepa* fue de 1.1 cm comparado con la longitud del control de 3.0 cm. Concluyendo que, el *Allium cepa* es la especie más sensible al producto y es una alternativa como bioindicador determinante de la genotoxicidad de sustancias químicas vertidas en ríos. (Restrepo, Ortiz & Reyes, 2011)

En la “Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda”, evaluaron el nivel de toxicidad de la quebrada empleando bioensayos con *Allium cepa* (cebolla común).

Los resultados muestran que en las aguas más contaminadas el crecimiento radicular es menor a 1 cm, mientras que en las aguas regularmente contaminadas el crecimiento radicular oscila entre 1 cm a 4 cm y en las aguas menos contaminadas el crecimiento radicular fluctúa entre 4 cm a 5 cm. Concluyendo así, que los ensayos de toxicidad con la prueba de *Allium cepa* evidencian la contaminación severa en los cuerpos de agua, siendo considerada como evidencia del deterioro ambiental. (Montes 2002)

En el estudio “Efecto de plomo sobre el crecimiento radical de cebolla (*Allium cepa* L.)” determinaron que:

El efecto del plomo a diferentes concentraciones (2.5, 5.0, 7.5, 10.0 y 12.5 mg/L) sobre el crecimiento de raíces de bulbos de cebolla expuestas por un periodo de 144 horas mostraron que la inhibición de la especie se origina a partir de la concentración de 5.0 mg/l del plomo, donde la longitud radicular alcanzada es 3.0 cm mientras que el control (agua de grifo) presenta una longitud de 7.15 cm. En consecuencia, se concluye que el plomo si inhibe el crecimiento longitudinal de la raíz del *Allium cepa*. (Ochoa, Leyton, Sans, & Pepper, 1992)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad del agua.

El Perú cuenta con importantes recursos hídricos superficiales, no obstante, su uso está limitado debido a las alteraciones en las características fisicoquímicas del agua. “Es decir, no se puede precisar de una buena o mala calidad sin antes definir el uso al que se destina el agua porque que cada actividad exige una calidad adecuada” (Leyva, 2017; Coral, 2014; Barrenechea, 2004).

La evaluación de la calidad del agua se determina mediante las características físicas, químicas y microbiológicas que presenta en comparación con los valores establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental de Agua vigente aprobado por el D.S. N° 004-2017-MINAM y considerando la categoría del cuerpo de agua superficial aprobado por R.J. N° 056-2018-ANA. (ANA, 2020)

Desde el 2009, la Autoridad Nacional del Agua (ente rector y máxima autoridad técnico - normativa del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos - SNGRH) “ha ejecutado acciones de monitoreo, con el único objetivo de evaluar el estado de la calidad del agua de los diversos cuerpos naturales: ríos, lagos y lagunas” (ANA, 2016a).

Para dicha evaluación, el análisis fisicoquímico brinda datos precisos sobre las condiciones en el instante de la toma de muestra y ofrece una orientación del grado de contaminación, sin embargo, no brinda una información sobre los impactos en el ecosistema por las relaciones de causa-efecto entre los contaminantes que se encuentran por debajo del límite de detección. (Loayza, 2014)

2.2.2. Ecotoxicología

“La ecotoxicología es una ciencia que estudia los efectos de la presencia de sustancias químicas sobre la estructura y función de los ecosistemas. Fue acuñada por primera vez por Thuhaut en 1969” (Sobrero, 2017), “es definida como una disciplina de las ciencias ambientales que investiga los efectos en los ecosistemas a causa de un agente tóxico o nocivo, pudiendo ser evaluada y cuantificada por las respuestas que se observan en los bioensayos” (Sánchez & Vera, 2001). “Las

cuales son herramientas de diagnóstico y predicción temprana que sirven de pauta a los tomadores de decisión” (Castillo, 2004).

2.2.2.1. Bioensayos o ensayos biológicos

Los bioensayos o ensayos biológicos son pruebas que pueden ser consideradas como herramientas complementarias para determinar la calidad del agua. Diversos autores concuerdan en que presentan ventajas sobre el tradicional monitoreo de la calidad del agua, siendo viable su uso puesto que suministran resultados confiables, simples y rápidos de observar, además que son costo-efectivo. Por ejemplo, Castillo (2004) afirma que “los ensayos biológicos o bioensayos son procedimientos en los cuales se miden las respuestas de los organismos expuestos a una o varias sustancias, residuos o factores ambientales aislados o en combinación”. Así mismo, Garcés (2013) destaca que “el análisis de toxicidad ha desarrollado importantes aportes a la evaluación y control de la calidad del agua porque pueden ayudar a determinar si un efluente, o una sustancia vertida a un ecosistema representa un potencial riesgo tóxico para la flora y fauna, e incluso para el hombre”.

a. Tipos de bioensayos

Según (Sánchez & Vera, 2001), el tiempo de exposición pueden ser de corta duración (de 48 a 96 horas) y de larga duración (de siete días hasta varios meses). Según su tipología pueden ser:

- Prueba estática: “se emplea la misma solución durante toda la prueba y es de corta duración, el periodo de evaluación es de 96 horas y se requiere mantener las condiciones de temperatura del agua, oxígeno disuelto y con un extenso contenedor para evitar restringir la movilidad de los organismos”.
- Prueba con renovación: “la solución es renovada periódicamente cada 24 horas durante toda la prueba y considerando la especie utilizada y el toxico empleado”.
- Prueba de flujo continuo: “la solución es renovada continuamente por lo que su aplicación requiere de un gran espacio y uso de grandes cantidades de agua para la circulación y dilución”.

- Prueba de tanteo o screening test: “se realiza cuando un efluente o sustancia toxica es desconocida, por los cual es necesario considerar la velocidad con que el organismo es afectado por la sustancia evaluada”.
- Prueba de bioacumulación: “referida a la incapacidad de una especie a metabolizar y excretar el compuesto por lo que es acumulativo en su organismo. Para evaluar dicha acumulación se emplean concentraciones por debajo de la concentración letal media (CL50)”.
- Prueba de bioestimulación: “evalúa el efecto de un tóxico sobre la productividad primaria”.
- Prueba de cronicidad o subletalidad: “medido en función a la tasa de crecimiento como medida de subletalidad, para lo cual es necesario alimentar al organismo y mantener un flujo continuo o de renovación periódica del tóxico”.

2.2.3. Bioindicador

Un bioindicador es aquel organismo que por sus características brinda una respuesta ante algún contaminante que altere las condiciones normales del ambiente donde se encuentre. Para Cardenas (2006), “un bioindicador es un organismo vivo que permite cuantificar y calificar el nivel y evolución de la contaminación mediante su sensibilidad a diversas sustancias tóxicas”. De igual manera, Rosane (2009) menciona que “los bioindicadores son utilizados para detectar la presencia o efecto de contaminación y para detectar cambios o alteraciones en el medio debido a la exposición a sustancias toxicas”. Y finalmente, Gónzales, Vallarino, Pérez, & Low (2014) afirman que un “bioindicador es una especie estimadora a perturbaciones ambientales por sus características de sensibilidad, distribución, abundancia, dispersión, reproducción, entre otras”.

Los criterios para la selección del bioindicador dependen de la sensibilidad, disponibilidad, distribución, abundancia, facilidad en el mantenimiento y uso, conocimiento de la biología del organismo y procedencia siendo de la misma fuente de origen comercial o de sitios no contaminados.

2.2.3.1. Tipos de bioindicador

Se pueden diferenciar tres tipos de bioindicadores según su utilidad:

Detectores (viven naturalmente en un área y ante la presencia de estresores ambientales sufren un aumento en la mortalidad o una alteración en la actividad reproductiva o una disminución en su abundancia), explotadores (organismos que ante la desaparición de la competencia o por el enriquecimiento de nutrientes ocasionados por perturbaciones ambientales sufren un crecimiento poblacional explosivo) o acumuladores (organismos que debido a su resistencia a ciertos contaminantes pueden acumularlos en sus tejidos en concentraciones que pueden ser medidas sin sufrir un daño aparente). (González et al. 2014)

2.2.4. Bioensayo con *Allium cepa* test

“El test o prueba del *Allium cepa* como bioindicador en ensayos de toxicidad y genotoxicidad es reconocido a nivel mundial por el Programa Internacional de Bioensayos Vegetales, La Real Academia Sueca de las Ciencias y el Programa Gene-Tox” (López et al., 2016). “Fue introducido como un sistema de prueba por Levan (1938), al investigar los efectos de la colchicina sobre los cromosomas del *Allium cepa*”, posteriormente, Fiskesjö (1988) “empleó el test como bioindicador de la toxicidad de la contaminación del agua en el sur de Suecia por parte de la industria BT Kemi (hoy en día cerrado) que fabricaba herbicidas (phenoxyacetic acids)”. A partir de entonces, la utilidad del bioensayo como bioindicador de fácil manipulación y económica se ha intensificado.

2.2.4.1. Principio del *Allium cepa* test

Cuando un bulbo de cebolla (*Allium cepa*) se rehidrata, se produce una estimulación del crecimiento a nivel celular el cual permite la elongación de la raíz de la especie. Pero, si la hidratación se lleva a cabo en presencia de sustancias tóxicas, la división celular de los meristemas radiculares puede inhibirse, ya sea retardando el proceso de mitosis o destruyendo las células conllevando a impedir el normal crecimiento de la raíz. Dicho efecto, puede determinarse en forma indirecta al comparar la elongación de las raíces de cebollas expuestas y no expuestas a un tóxico, tal como se muestra en la Figura 01.

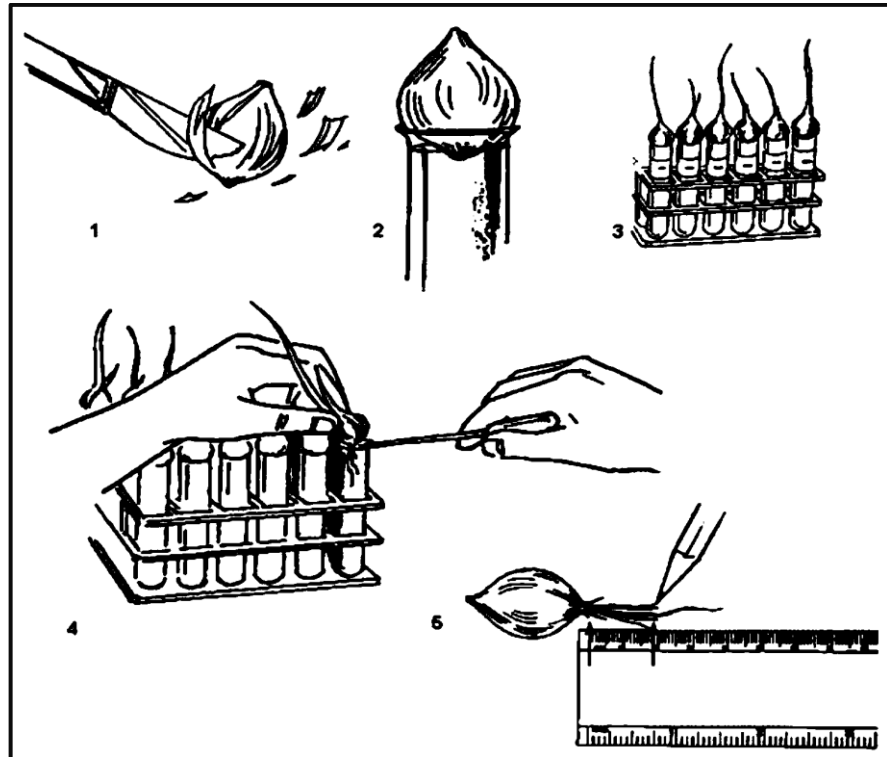


Figura 01. Procedimiento del bioensayo con *Allium cepa*

Fuente: Adaptado de Castillo (2004)

Así mismo, “la cuantificación del efecto se determina mediante el porcentaje de inhibición del crecimiento de las raíces respecto a la longitud promedio de las raíces del control según la siguiente ecuación” (Díaz et al., 2008):

$$IH \% = \left(\frac{\text{Longitud de control} - \text{Longitud de muestra}}{\text{Longitud de control}} \right) * 100$$

Donde:

IH% = porcentaje de inhibición.

2.2.4.2. *Allium cepa* (cebolla)

El *Allium cepa* es una planta vascular de la familia Liliaceae, desde las primeras décadas del siglo XX ha sido utilizada para diversos estudios fisiológicos y citogenéticos.

Los protocolos para el estudio de indicadores citológicos y citogenéticos se desarrollan mediante la exposición de las raíces adventicias obtenidas

del bulbo o semilla cuando son sometidas a ciertas sustancias químicas, a mezclas complejas, muestras de ríos, lagos, efluentes industriales, lixiviados de rellenos sanitarios, muestras y extractos de suelo, etc (Andrioli, 2011).

La clasificación taxonómica de la cebolla es la siguiente: Reino: Vegetal, División: Angiospermas, Orden: Liliiflorae, Familia: Liliaceae, Género: *Allium*, Especie: *Cepa L.*, Nombre científico: *Allium cepa L.*

2.2.5. Vigilancia ambiental ciudadana

Es indiscutible que tanto el crecimiento poblacional como el desarrollo de las actividades económicas repercuten en el incremento de los conflictos socioambientales, generando tensión y crisis entre la sociedad civil, el estado y las empresas privadas, debido a la percepción del deterioro de los recursos naturales como es el caso del agua. Es preciso tener presente el principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que considera que la manera más adecuada de tratar los temas ambientales es con la participación de los ciudadanos interesados. En consecuencia, la vigilancia ambiental ciudadana es un mecanismo de participación que busca integrar a la sociedad civil en la labor de fiscalización en favor del ambiente.

La Ley 28611 en el art. 130 y el D.L. N° 1013, aseveran que el Estado mediante el Ministerio del Ambiente debe promover la participación ciudadana. El Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales - D.S. N° 002-2009-MINAM, en su art. 21 define la participación ciudadana ambiental como un proceso que involucra a los ciudadanos de manera individual o grupal en la definición y aplicación de las políticas ambientales, así como su participación en los procesos de ejecución y fiscalización. Mientras que el reglamento de la Ley del Derecho a la Consulta Previa a los pueblos Indígenas u Originarios - D.S. N° 001-2012-MC, dispone la implementación de mecanismos de participación existentes en la legislación vigente en entidades públicas, así como el desarrollo de mecanismos adecuados a cada situación particular.

La Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental – Ley N° 28245 y el Reglamento de la Ley del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental - D.S. N° 019-2009-MINAM, consideran como uno de los mecanismos de la participación

ciudadana en la gestión ambiental a la vigilancia, la cual verifica los efectos ambientales generados por proyectos sujetos al sistema de evaluación ambiental.

La vigilancia ciudadana va más allá del ejercicio de participación, hace referencia al derecho de acceso a la justicia ambiental, a la formulación de denuncias ambientales y otras vías de participación en la acción del estado en el ejercicio de su potestad sancionadora; siendo los ciudadanos los principales recursos para la fiscalización de las leyes ambientales, debido a que ellos conocen la riqueza de la tierra y de sus atributos naturales más que el gobierno. (Aldana, 2016)

A nivel del Ministerio de Energía y Minas, la explotación de hidrocarburos (D.S. N° 019-2009-MINAM) y explotación de minerales (D.S. N°028-2008-EM) hacen un reconocimiento a la vigilancia ambiental y a la existencia de los comités de monitoreo y vigilancia en el subsector minero. Ello concuerda con la Ley Forestal y de Fauna Silvestre – Ley N° 29763, donde se reconoce el derecho a constituir comités de vigilancia y control forestal. Por otro lado, a nivel internacional, el Convenio 169 de la OIT señala que los pueblos indígenas tienen derecho a formular, aplicar y evaluar políticas, planes y programas que puedan afectarles a través del derecho a la participación, que es un mecanismo adicional y complementario a los establecidos a través de la participación ciudadana.

Cabe recalcar, que para el cumplimiento de dicho ejercicio ciudadano se debe contar con herramientas integrales y disponibles, así como el reconocimiento a la autonomía del comité de vigilancia ambiental.

Se ha presentado la propuesta del proyecto de Ley N° 3937 - Institucionalidad de la Vigilancia y el Monitoreo Ambiental y Social, Ciudadano e Indígena en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental que plantea el reconocimiento de la autonomía de las Organizaciones de Vigilancia y Monitoreo Ambiental y Social (OVMAS) y su acción en la gestión ambiental del Estado. Siendo su objetivo “Desarrollar actividades de vigilancia y monitoreo ambiental y social para contribuir en la protección, conservación y administración de las tierras y territorios, recursos naturales y medio ambiente, usos consuetudinarios y los derechos fundamentales y colectivos asociados. (Derechos Humanos Sin Frontera, 2017)

2.3. Definición de términos básicos

- **Agua superficial**, aguas naturales que se encuentran en contacto con la atmósfera y que discurren por ríos, arroyos, corrientes o están almacenadas en océanos, lagos, lagunas, reservorios, estuarios y humedales (ANA, 2016b).
- **Bioensayo**, estudio de las respuestas fisiológicas o poblacionales de organismos seleccionados que al ser expuestos permiten evaluar experimentalmente el efecto de los agentes contaminantes presentes en una muestra (Contero & Felicita, 2006).
- **Bioindicador**, también llamado biosensor sirve de “screening” o “ventana de observación” del poder contaminante de un agente físico o químico (Beltran, 2005).
- **Características fisicoquímicas del agua**, los parámetros físicos son: sabor y olor, color, turbidez, conductividad, temperatura. Mientras que los parámetros químicos son: pH, O₂, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, amoníaco, sulfuros, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, DBO₅, DQO y otros (SENAMHI, 2007).
- **Crecimiento radicular**, ocurre por la formación de nuevas células mediante el ciclo de división celular, que ocurre en la zona meristemática y por la extensión de las células ya formadas (Borges et al., 2017).
- **Indicador del crecimiento radicular**, son parámetros macroscópicos durante el crecimiento radicular como el cambio de color, forma, textura, grosor y longitud (Borges et al., 2017).
- **Quebrada**, es una hendidura en una montaña cuyo fondo contiene una corriente natural de agua de caudal bajo, que puede desaparecer durante la época de estiaje (ANA, 2016b)
- **Toxicidad**, es la capacidad de una sustancia para ejercer un efecto nocivo sobre un organismo dependiendo de las propiedades químicas del compuesto, la concentración, duración y frecuencia de la exposición al tóxico y su relación con el ciclo de vida del organismo (Diaz et al., 2008).

- **Vigilancia ambiental ciudadana**, es un mecanismo para la fiscalización ambiental que apoya a mejorar el desempeño de la gestión ambiental, que va de la mano con las acciones del Estado (MINAM, 2009).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Según la finalidad, la investigación fue aplicada; según el tratamiento de datos, fue cuantitativa de tipo observacional porque evalúa la relación causa - efecto mediante el registro de datos de observación.

3.2. Diseño de investigación

Se utilizó un diseño no experimental transeccional - descriptivo. La investigación se desarrolló bajo condiciones ambientales (*in situ*) y contempla dos fases: evaluación piloto y evaluación ciudadana. Durante la primera fase se determinó el crecimiento radicular del bioindicador *Allium cepa*, habiendo sido necesario realizar actividades como el establecimiento de puntos de monitoreo, la caracterización fisicoquímica del agua superficial y la instalación del bioindicador en cada punto de monitoreo. Por otro lado, durante la segunda fase se validó el uso del bioindicador con participación ciudadana, para lo cual fue necesario involucrar a representantes del ámbito de estudio. A continuación, en la Figura 02 se detalla la metodología de la investigación utilizada para el cumplimiento de los objetivos.

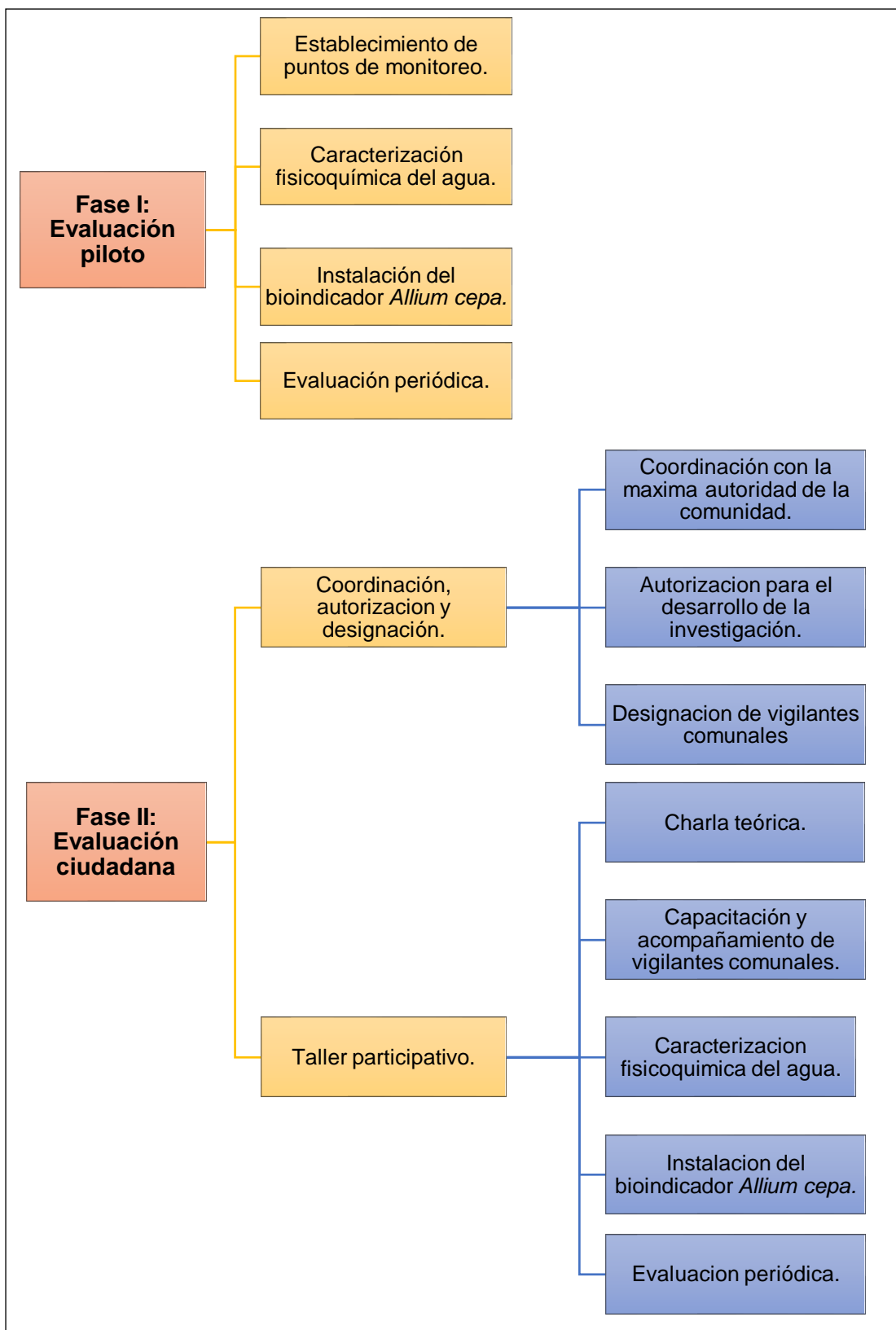


Figura 02. *Diseño de investigación*

3.3. Ámbito de estudio

La investigación se desarrolló en la Cordillera Negra, específicamente en la quebrada de Utcuyacu ubicada a una altitud aproximada de 3600 m.s.n.m. Políticamente pertenece al distrito de Cátac, provincia de Recuay y región Ancash, tal como se observa en la Figura 03 página 23.

3.3.1 Hidrografía

La quebrada de Utcuyacu es afluente del río Santa por la margen izquierda, presenta un área total de 8.16 km², el código UH es 1376 y pertenece a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (ANA, 2018). Su curso principal inicia en la quebrada Ayrahuanca y a su paso es alimentada por las quebradas Yanahuarin y Putacca hasta llegar a la confluencia con la quebrada Purush, donde adopta el nombre de río Utcuyacu. Atraviesa el centro poblado con el mismo nombre por la margen izquierda y llega a desembocar al río Santa, presenta un rumbo de Oeste a Este, con un régimen permanente producto de las precipitaciones y del afloramiento de manantiales de las quebradas.

3.3.2 Clima

De acuerdo con el Mapa de Clasificación Climática del Perú proveniente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el ámbito de estudio presenta las siguientes características climáticas:

- Clima semi frígido, propio de la región sierra y se extiende entre los 3000 a 4000 m.s.n.m., se caracteriza por la deficiencia de precipitaciones durante el invierno, con humedad relativa calificada como húmedo y su temperatura media anual es de 12° C (SENAMHI, n.d.).
- Clima semiseco frío, propio de la región sierra más específicamente de los valles interandinos bajos e intermedios. Se extiende entre los 1000 a 3000 m.s.n.m., se caracteriza por la deficiencia de precipitaciones durante el otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmedo y su temperatura supera los 20° C (SENAMHI, n.d.).

3.3.3 Geomorfología

De acuerdo con la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a escala 1: 100,000, las unidades geomorfológicas encontradas dentro del ámbito de estudio son:

- Montaña con laderas de moderada pendiente (Mm): presenta laderas con pendiente entre 15 ° a 29°, constituidas por rocas sedimentarias, volcánico-sedimentarias e intrusivas. Se encuentran colindantes a montañas de fuerte pendiente y a montañas estructurales, los relieves se asocian a procesos de erosión de laderas, caídas de rocas, deslizamientos y flujo de detritos o huaycos (INGEMMET, 2009).
- Planicie aluvial o terraza alta/Fondo de valle fluvial (Ta): ubicado por encima del cauce y llanura de inundación fluvial, es un terreno plano y de ancho variable que es limitado por los valles. Presenta pendientes suaves entre 1° y 5°, se produce erosión fluvial, socavamiento en sus taludes, derrumbes en las márgenes activas y generalmente se ubican sobre terrenos de cultivo, tramos de carreteras y poblaciones principales (INGEMMET, 2009).

3.3.4 Aspecto socioeconómico

De acuerdo al Censo Nacional de Centros Poblados 2017 (INEI, 2018), “en la quebrada Utcuyacu existe una población total de 166 habitantes distribuidos en 17 centros poblados, siendo Utcuyacu el principal con 145 habitantes y situándose en la parte baja de la quebrada”.

Las condiciones de los servicios básicos son limitadas en este centro poblado con respecto al saneamiento básico, cuentan con servicios de agua potable provenientes de un reservorio y con energía eléctrica. Sin embargo, no cuenta con sistemas de disposición de residuos sólidos ni sistemas de tratamiento de aguas residuales. (INEI, 2018)

En referencia a la educación estudiantil se cuentan con dos niveles educativos: inicial (Programa no escolarizado de Educación Inicial) y primaria (I.E. Miguel de Cervantes Saavedra), los estudiantes que desean seguir sus estudios deben trasladarse hasta el distrito de Cátac. Por otra parte, la mayoría de los habitantes pertenecen a la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu, constituida el 30 de abril de 1996 mediante una asamblea general pero recién es

reconocida por la Dirección de Agricultura el 14 de enero de 1997, la principal actividad de los comuneros es la ganadería de vacunos y ovinos y la producción de leche.

Debido a la riqueza de los recursos minerales en la región Ancash donde el 33.27% del territorio se encuentra concesionado (INGEMMET, 2018), “existen alrededor de 1361 pasivos según el Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, siendo la región Ancash la que presenta la mayor cantidad de pasivos y justamente dentro del ámbito de estudio se encuentran 36 pasivos mineros” (MINEM, 2019) tal como se muestra en la Figura 04 página 24.

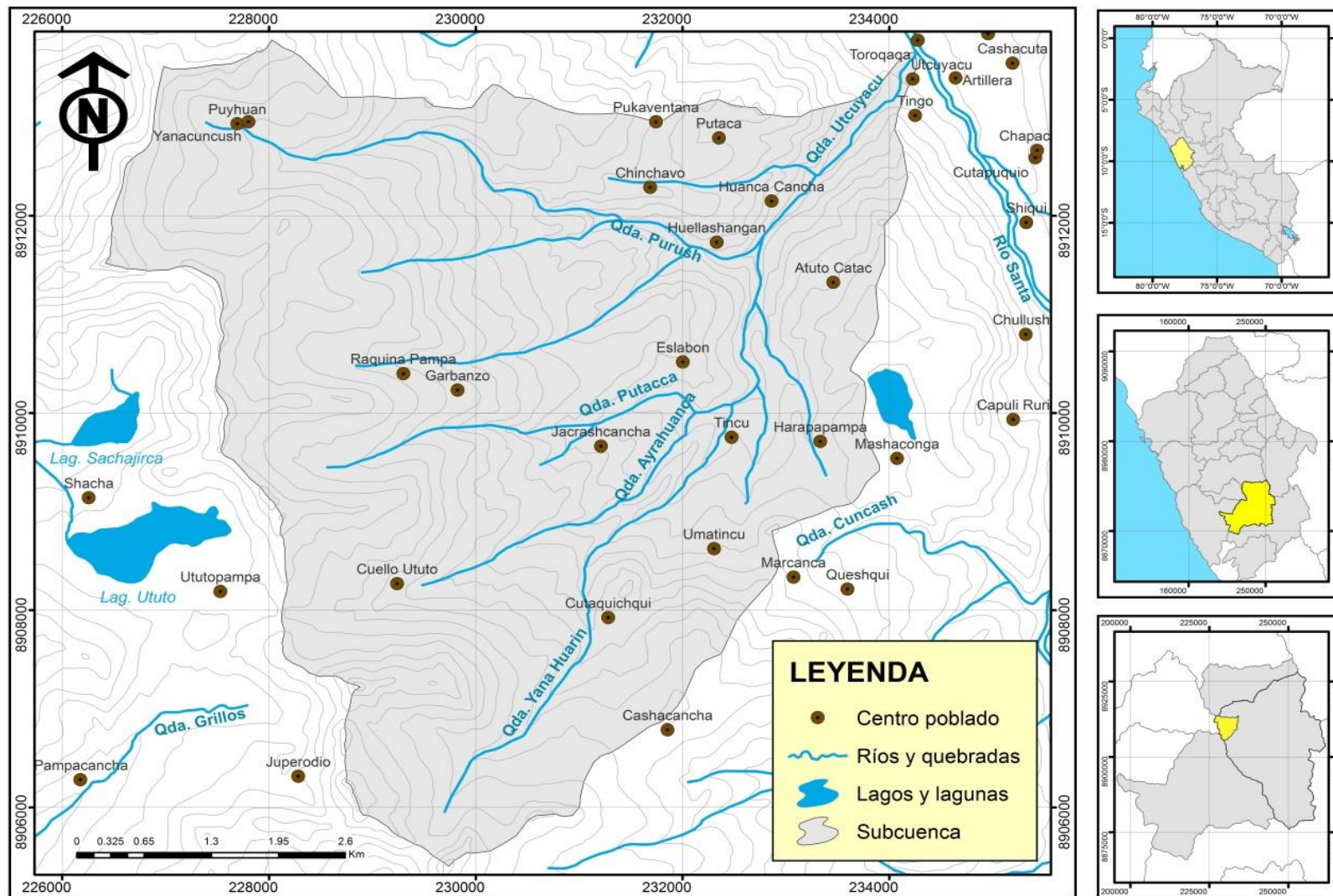


Figura 03. Mapa de ubicación de la quebrada Utcuyacu

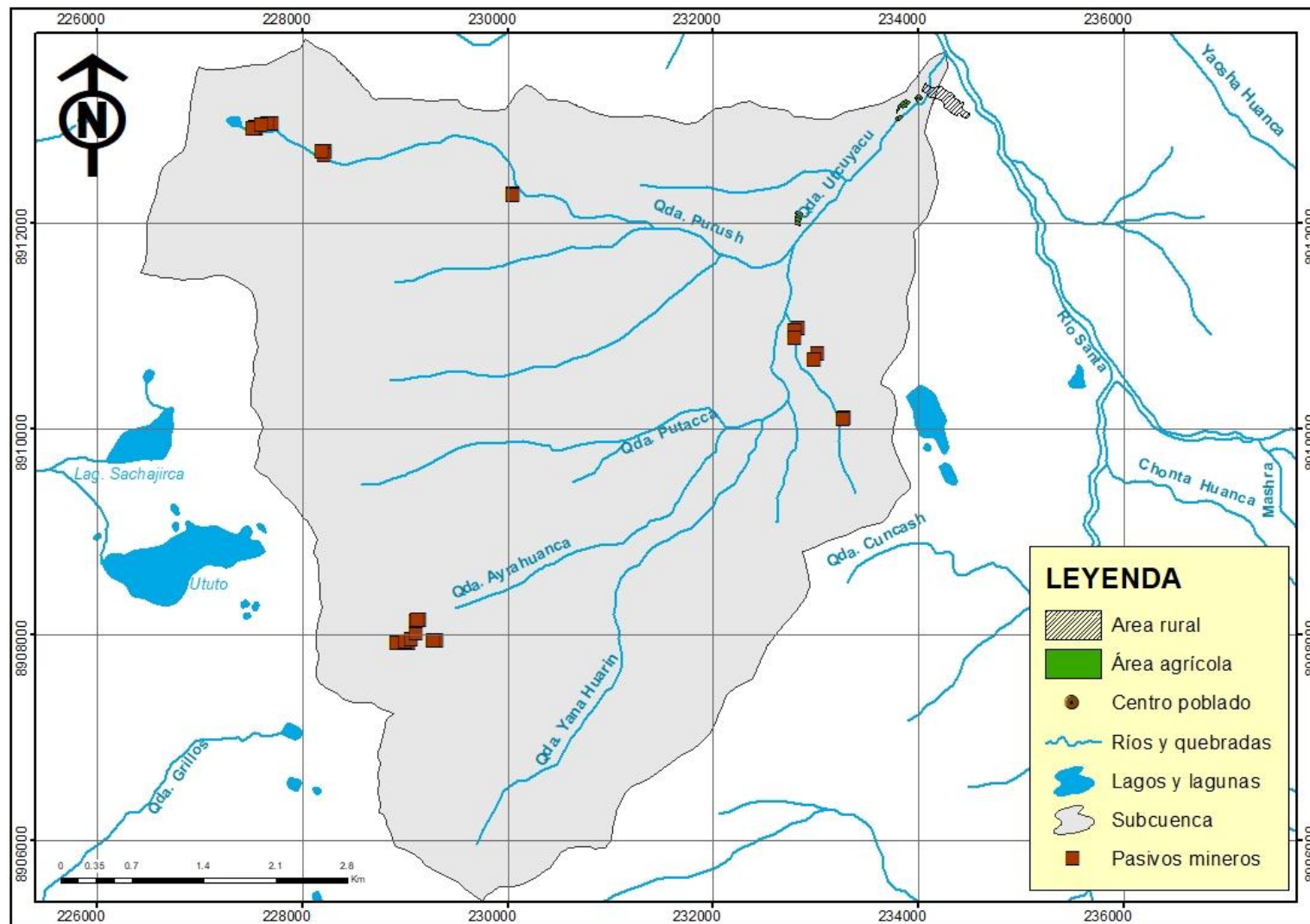


Figura 04. Mapa de pasivos mineros en la quebrada Utcuyacu

3.4. Métodos o técnicas

3.4.1 Fase I: Evaluación piloto

Se realizó un primer reconocimiento del ámbito de estudio para determinar la ubicación de los puntos de monitoreo; asimismo, se realizaron las coordinaciones con los representantes de la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu con el fin de obtener su respaldo y colaboración para el desarrollo de la investigación. Posteriormente se procedió a los preparativos para el muestreo fisicoquímico y la instalación del bioindicador *Allium cepa*.

3.4.1.1 Establecimiento de puntos de monitoreo

Dentro del ámbito de la quebrada Utcuyacu se establecieron puntos de monitoreo teniendo como criterios: el objetivo de la investigación, la presencia de ríos principales y secundarios, los caudales con flujo continuo y con profundidad mayor a 10 cm, la accesibilidad, la presencia de centros poblados y el desarrollo de actividades poblacionales y agropecuarias. Por consiguiente, se definieron cuatro puntos de monitoreo (Fotografía 1) que se distribuyen espacialmente tal como se observa en la Figura 05 página 27, asimismo, se realizó una breve descripción de cada punto:

- Punto de control (P-01): situado en la quebrada Yanahuarian, afluente por la margen derecha del río Utcuyacu en el sector Umatincu, aproximadamente a 80 metros de la carretera Cátac - Cotaparaco (km 7+600). Presenta una altitud de 3876 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 232348 E y 8909884 N, el caudal es bajo y continuo, con poco sustrato de piedras, presencia de algas y musgos. El punto P-01 fue seleccionado como punto de control por presentar una mínima influencia de actividades poblacionales y agropecuarias.
- Punto P-02: situado en la quebrada Purush, afluente por la margen izquierda de la quebrada Utcuyacu. Presenta una altitud de 3832 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 231973 E y 8911633 N y un caudal bajo y continuo, con presencia de sustratos de piedras y gravas. Este punto de monitoreo fue seleccionado por presentar una influencia mínima de actividades poblacionales y agropecuarias.

- Punto P-03: situado aproximadamente a 100 metros aguas abajo de la confluencia de las quebradas que dan origen al río Utcuyacu. Presenta una altitud de 3753 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 232746 E y 8911785 N, con caudal alto, con abundante presencia de sustratos de piedras cubiertas por algas que a simple vista da una coloración turquesa. Este punto de monitoreo fue seleccionado debido a la influencia de pasivos ambientales mineros circundantes al cauce del río, principalmente por la mina Madre de Dios (estado inactivo).
- Punto P-04: situado aproximadamente a 15 metros antes de la confluencia con el río Santa, en el centro poblado de Utcuyacu. Presenta una altitud de 3600 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 234189 E y 8913639 N, el caudal es bajo en la época de estiaje mientras que durante la época de avenidas es alto, con presencia de sustratos de piedra. Este punto de muestreo fue seleccionado por recibir el aporte de toda la quebrada, es decir, está influenciada tanto por los pasivos ambientales mineros como por las actividades poblacionales y agropecuarias.



Fotografía 1. *Panorama de los puntos de monitoreo*

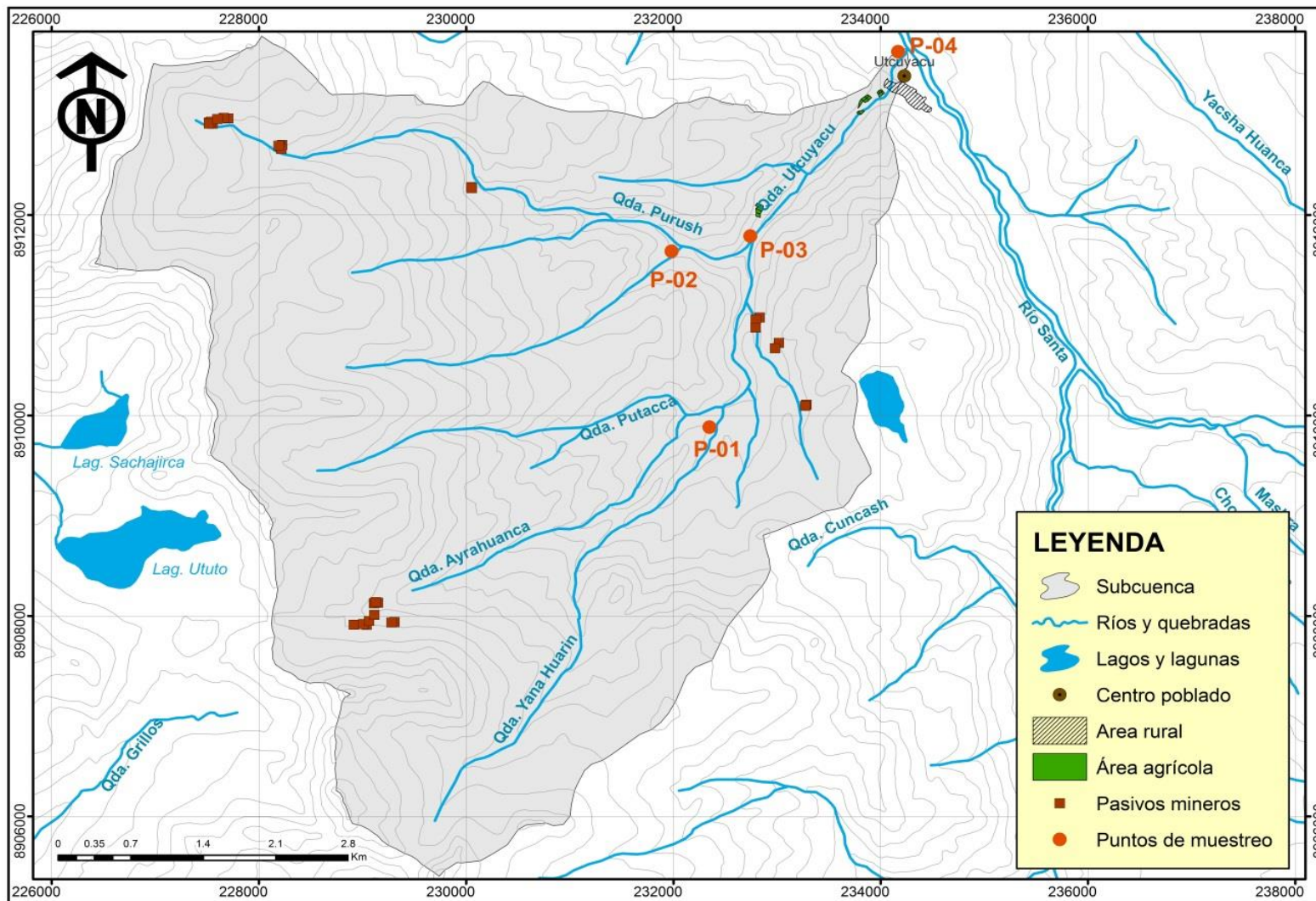


Figura 05. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo en la fase de evaluación piloto

3.4.1.2 Caracterización fisicoquímica del agua superficial

Se realizó el muestreo de tipo simple o puntual, se tomó una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. A continuación, se detalla la metodología:

a. Parámetros de muestreo del agua superficial

Con base en la categoría asignada al cuerpo de agua aprobado por la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA (ANA, 2018), los parámetros seleccionados considerados son los que se detallan en la Tabla 1. Asimismo, se consideran los parámetros de campo como temperatura (T°), pH, sólidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica (CE), los cuales se determinaron mediante el Medidor de pH Pentype con alta precisión y el probador de medidor de TDS digital.

b. Preparación de materiales y equipos

El servicio de análisis fisicoquímico del agua fue realizado por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el mismo que proporcionó los recipientes de acuerdo con los parámetros a analizar y la cantidad de puntos de monitoreo con un día de anticipación. Se nos proporcionó recipientes plásticos con capacidad de 1 Lt. y 500 ml, recipientes de vidrio ámbar con capacidad de 1 Lt, a los cuales se procedió a etiquetar con la información requerida. Asimismo, se realizó la calibración del Medidor de pH Pentype y el medidor de TDS digital con agua destilada.

Tabla 1. Parámetros de muestreo en la fase de evaluación piloto

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Aceites y grasas	mg/l	APHA 5520
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	Titulación
Carbonatos	mg/l CO ₃	Titulación
Cianuro wad	mg/l CN	Ácido carbitúrico-piridincarboxílico
Cloruros	mg/l Cl	APHA 4500-CR B
Conductividad*	uS.cm	APHA 2510 B-Versión 2017
Fenol	mg/l fenol	MBTH
Fluoruros	mg/l F	Alizarine complexone
Fosfato	mg/l PO ₄ -P	Vanadatolibdato
Sulfatos	mg/l SO ₄	Bario sulfato, turbidimétrico
Sulfuros	mg/l S	Dimetil-p-fenilendianina
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácida cromosulfúrico
Oxígeno Disuelto*	mg/l	APHA 4500-O G
Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral
Nitritos		Reacción Griess
Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S
Arsénico total	mg/l As	DIN – 38 405
Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cation
Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D
Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona
Hierro total	mg/l Fe	Triazina
Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500. Mg E
Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina
Mercurio total	mg/l Hg	Cétone de Michler
Níquel total	mg/l Ni	Dimetilglioxina
Plomo total	mg/l Pb	PAR
Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN
Cromo VI	mg/l Cr ⁺⁶	Difenilcarbazona

Fuente: Adaptado del Informe de Ensayo AG190220.

Nota: * Parámetro medido en laboratorio.

c. Muestreo del agua superficial

El muestreo del agua superficial se realizó de acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos

Superficiales. Se inició con la medición de los parámetros de campo, posteriormente se procedió a la toma de muestra con el recipiente de plástico, al cual se le retiró la tapa y contratapa evitando tocar la superficie interna del recipiente. Antes de coleccionar la muestra, se procedió a enjuagar dos veces y posteriormente se sumergió el recipiente en dirección de la corriente del agua y luego se giró para facilitar su colecta, evitando el contacto con la orilla (Fotografía 2). Se dejaron $\frac{3}{4}$ de la capacidad del recipiente libre, se cerró y rotularon los datos faltantes antes de ser colocados en una caja térmica para su refrigeración a 6° C aproximadamente. El procedimiento se repitió con los demás recipientes a excepción del recipiente de vidrio ámbar, que debe llenarse directamente y evitando la formación de burbujas. Finalmente, los procedimientos descritos se replicaron en los demás puntos de monitoreo establecidos.



Fotografía 2. Muestreo del agua superficial en la fase de evaluación piloto

d. Almacenamiento, traslado y entrega de muestras de agua superficial

Una vez colectadas las muestras de agua superficial de los puntos de monitoreo y almacenados dentro de una caja térmica en forma vertical para evitar derrames; y manteniendo una temperatura menor a 6 °C, se trasladaron las muestras inmediatamente al Laboratorio de Calidad Ambiental para su recepción (Fotografía 3) y posterior análisis.



Fotografía 3. Entrega al laboratorio de muestras de agua superficial en la fase de evaluación piloto

e. Frecuencia del muestreo de agua superficial

El muestreo se realizó en dos oportunidades en las siguientes fechas 12/06/2019 y 12/07/2019.

f. Procesamiento y revisión de datos de los análisis

Los resultados del análisis fisicoquímico del agua superficial fueron analizados, comparados e interpretados según las normas vigentes correspondientes.

3.4.1.3 Instalación del bioindicador *Allium cepa*

La instalación del bioindicador *Allium cepa* se llevó a cabo por duplicado, la primera instalación (M1) se realizó el día 12/06/2019 y la segunda instalación (M2) el 12/07/2019, los cuales concuerdan con las fechas de muestreo del análisis fisicoquímico del agua superficial. Para realizar la instalación del bioindicador fue necesario realizar lo siguiente:

a. Preparación del bioindicador

El bioindicador *Allium cepa* fue obtenido del mercado local con dos días de anticipación, se seleccionaron aquellos bulbos que tenían un diámetro entre 1.5 a 2.00 cm., de preferencia sin formación de hojas y/o raíz, ni presencia de hongos. Posteriormente se limpiaron y eliminaron la superficie seca del bioindicador con ayuda de un bisturí como se muestra en la Fotografía 4.

En cada punto de monitoreo se colocaron 20 réplicas (unidades) con el fin de eliminar datos extremos frente a algún evento o pérdida que se suscite, aunque la cantidad recomendada es 12 debido a que alrededor del 20% del bioindicador no se desarrolla según Fiskesjö (1988).



Fotografía 4. *Preparación del bioindicador Allium cepa en la fase de evaluación piloto*

b. Preparación del bastidor (soporte)

Considerando que a nivel de laboratorio se emplean soportes de madera o fierro para que sirvan de sostén a los tubos de ensayo o recipientes conteniendo el bioindicador *Allium cepa*, al desarrollarse la investigación *in situ*, se diseñó un bastidor a base de madera que permitió el contacto directo y continuo con el agua tal como se muestra en la Fotografía 5. Las medidas del bastidor fueron 80 x 40 x 2 x 3 cm debido a la cantidad de réplicas, asimismo, se ha procurado reemplazar el uso de clavos con tarugos de madera para evitar alguna contaminación. Al bastidor se le enlazó una red de nylon de medidas 4 x 4 cm para que permitiera mantener las $\frac{3}{4}$ partes del bioindicador sumergido.



Fotografía 5. Soporte para el bioindicador *Allium cepa* expuesto en el cauce del río

c. Colocación del bioindicador *Allium cepa*

El bastidor fue ubicado en los puntos de monitoreo establecidos y se procedió a colocar el bioindicador uno a uno procurando que se encuentre en contacto directo con el agua y que no presente ninguna interferencia en la profundidad que afecte el desarrollo de las raíces (Fotografía 6). Cabe mencionar que el bastidor se mantiene flotando sobre la superficial y para evitar su inmovilización se procedió a acondicionar cada punto de monitoreo.



Fotografía 6. *Instalación del bioindicador en la fase de evaluación piloto*

3.4.1.4 Evaluación periódica

La evaluación del crecimiento radicular se basó en el registro de la cantidad raíces y la medición de la longitud radicular del *Allium cepa* con ayuda de una regla. La periodicidad de la evaluación fue cada 5 días durante dos meses como se muestra en la Fotografía 7, asimismo, los datos fueron anotados progresivamente en el formato elaborado que se muestra en el Anexo 2.



Fotografía 7. *Evaluación periódica en la fase de evaluación piloto*

3.4.2 Fase II: Evaluación ciudadana

El objetivo en la segunda fase fue integrar a la población en la evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación de una herramienta que permita su manipulación e interpretación de resultados, para lo cual se realizaron los siguientes procedimientos:

3.4.2.1 Coordinación, autorización y designación

Es importante en todo trabajo de investigación involucrar a la población debido a que son ellos quienes están en constante contacto con el entorno y conocen su dinámica. Bajo este contexto, se coordinó con la máxima autoridad de la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu, quienes conforman la principal sociedad civil organizada de la zona, con la finalidad de dar a conocer el desarrollo de la investigación y el rol que cumplirán. Posteriormente, se realizaron los trámites correspondientes para la autorización de ejecución del trabajo de investigación y la designación de representantes de la comunidad que tendrían que cumplir el rol de vigilantes comunales del agua.

3.4.2.2 Taller participativo

Se realizó una convocatoria para el taller participativo con el aval de las autoridades de la comunidad. Dicho taller estuvo compuesto de dos momentos: el primero se inició con una charla teórica ejecutada el día 11 de enero de 2020 en el local comunal, donde se reflexionó sobre la importancia y problemática del agua. Posteriormente se expuso sobre el trabajo de investigación dándose a conocer la metodología y los resultados obtenidos durante la fase de evaluación piloto. Al término del taller, los participantes brindaron sus aportes y expectativas (Fotografía 8).



Fotografía 8. *Charla en el local comunal*

El segundo momento se desarrolló únicamente con la participación de los vigilantes comunales del agua quien son representantes designados por la autoridad máxima de la comunidad. Se inicio con una capacitación el día 20 de enero de 2020, donde se expuso la metodología, los materiales y equipos a emplear. En seguida, se realizó la preparación del bioindicador, tal como se aprecia en la Fotografía 9 y se trasladó todo el grupo hacia los puntos de monitoreo.



Fotografía 9. *Reconocimiento y preparación de materiales y equipos por los vigilantes comunales del agua*

3.4.2.3 Caracterización fisicoquímica del agua superficial

Se eligieron y seleccionaron dos puntos de monitoreo (P-01 y P-03) considerando la accesibilidad y representatividad de la influencia de las actividades antrópicas sobre el agua superficial de los puntos evaluados en la primera fase. Asimismo, para la caracterización fisicoquímica se seleccionaron sólo aquellos parámetros que superaron el valor establecido por el ECA y aquellos que presentaron una concentración variable durante la primera fase (Tabla 2).

Tabla 2. *Parámetros de muestreo en la fase de evaluación ciudadana*

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Aceites y grasas	mg/l	APHA 5520
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	Titulación
Carbonatos	mg/l CO ₃	Titulación
Cloruros	mg/l Cl	APHA 4500-CR B
Conductividad*	uS.cm	APHA 2510 B-Versión 2017
Sulfatos	mg/l SO ₄	Bario sulfato, turbidimétrico
Oxígeno Disuelto*	mg/l	APHA 4500-O G
Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S
Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cation
Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D
Hierro total	mg/l Fe	Triazina
Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina
Plomo total	mg/l Pb	PAR
Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN

Fuente: Adaptado del Informe de Ensayo AG190220.

Nota: * Parámetros medidos en laboratorio

a. Muestreo y traslado del agua superficial

La toma de muestra se efectuó por única vez el día 20 de enero de 2020 y fue realizada por los vigilantes comunales bajo supervisión de la investigadora (Fotografía 10), considerando los procedimientos descritos en el ítem 3.4.1.2. Asimismo, se contó de manera continua con los servicios prestados por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Con los resultados del análisis fisicoquímico del agua proporcionado por el laboratorio, se procedió a su análisis, interpretación y comparación con el ECA para Agua.



Fotografía 10. *Muestreo del agua superficial en la fase de evaluación ciudadana*

3.4.2.4 Instalación del bioindicador *Allium cepa*

Los vigilantes comunales procedieron a colocar el bioindicador *Allium cepa* en cada punto de monitoreo considerando la metodología expuesta, es menester mencionar, que la evaluación coincidió con la época de avenidas motivo por el cual se acondicionó cada punto de monitoreo para evitar pérdidas y/o interferencias durante el periodo de evaluación, pero procurando que el

bioindicador se encuentre en contacto directo y continuo con el agua tal como se observa en la Fotografía 11. La instalación se realizó por primera vez el día 20/01/2020, sin embargo, debido a la época de avenidas surgió un percance y se perdió el bioindicador conjuntamente con el soporte. Por tanto, se volvió a colocar el bioindicador el día 06/02/2020 previa coordinación con los vigilantes comunales, esta vez, adoptando las medidas necesarias para evitar una nueva pérdida.



Fotografía 11. *Instalación del bioindicador en la fase de evaluación ciudadana*

3.4.2.5 Evaluación periódica

La evaluación del crecimiento radicular fue realizada por los vigilantes comunales, quienes contabilizaron la cantidad y midieron la longitud radicular del bioindicador *Allium cepa* con ayuda de una regla (Fotografía 12). La periodicidad de la evaluación se realizó cada 10 días durante el periodo de un mes.



Fotografía 12. *Evaluación periódica en la fase de evaluación ciudadana*

3.5. Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por la quebrada Utcuyacu que incluye los afluentes principales y secundarios.

La muestra estuvo constituida por cuatro puntos de monitoreo durante la evaluación piloto (P-01, P-02, P-03 y P-04) y dos puntos de monitoreo durante la evaluación ciudadana (P-01 y P-03).

3.6. Instrumentos validados de recolección de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se usó la exploración documental de fuentes primarias y secundarias mediante la técnica del fichaje, lo cual permitió tener un panorama más amplio sobre la temática de la investigación. Luego, se aplicó la técnica de observación directa durante la evaluación periódica del crecimiento radicular del *Allium cepa* en cada punto de monitoreo, haciendo uso de un registro (Anexo 2) de fácil manejo. Por último, se siguieron los protocolos establecidos por la entidad correspondiente para el muestreo del agua superficial para la caracterización fisicoquímica.

3.7. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Según Castillo (2004) “el criterio básico recomendado es seleccionar un método estadístico sencillo, que se ajuste a las condiciones experimentales y que permita obtener resultados válidos”. Con el objetivo de demostrar los objetivos planteados y por ende la hipótesis trazada, además de brindar una información con validez y precisión, se utilizaron para el procesamiento y análisis estadístico de la información las siguientes técnicas:

- Estadística descriptiva, para comparar los resultados fisicoquímicos del agua superficial de la quebrada Utcuyacu con los Estándares de Calidad Ambiental para agua establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 3: Riego de plantas y bebida de animales.
- Prueba de normalidad (Shapiro-Willk), para determinar si los datos presentan una distribución normal; prueba de homogeneidad de varianza (Levene's test), para determinar si los datos presentan una igualdad de varianzas y prueba de residuos. En la mayoría de los casos se obtuvo un p-value mayor a 0.05 y por ello se procedió a analizar con la prueba paramétrica. Análisis de Varianza (ANOVA),

evalúa las diferencias entre los puntos de monitoreo con respecto al punto control y en el caso que el valor resulta significativo, se realiza el análisis post-hoc (Test Fisher), para ver la diferencia. Por otro lado, en caso que haya algún dato que resulte significativo, se procede a emplear la prueba no paramétrica Kruskal wallis.

- T de student, para determinar si hay diferencia significativa entre las medias de dos grupos, en nuestra investigación esta prueba permitió validar el uso del *Allium cepa* al contrastar los resultados entre ambas fases desarrolladas.
- Análisis de componentes principales (ACP), para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos y evaluar la asociación entre las mismas variables (análisis fisicoquímico y crecimiento radicular).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización fisicoquímica del agua superficial de la quebrada Utcuyacu

Las aguas de la quebrada Utcuyacu son empleadas principalmente para el riego de vegetales, motivo por el cual los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico son evaluados con el Estándar de Calidad Ambiental para el Agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, en la subcategoría D1: Riego de vegetales. El análisis fisicoquímico realizado durante la primera fase se realizó entre los meses de junio (M1) y julio (M2) del año 2019 coincidiendo con la época de estiaje, mientras que, la segunda fase se realizó entre los meses de enero a febrero (M3) del año 2020 coincidiendo con la época de avenidas.

4.1.1. Parámetros de campo

Los valores de los parámetros de campo analizados se encuentran en la Tabla 3, conviene recordar que durante la segunda fase sólo se consideraron los puntos P-01 y P-03 mientras que en la primera fase se contaron con cuatro puntos de monitoreo (P-01, P-02, P-03 y P-04).

Tabla 3. Resultados de los parámetros de campo del agua superficial

	EVALUACIÓN PILOTO								EVALUACIÓN CIUDADANA			
	M1 (junio)				M2 (julio)				M3 (enero)			
	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 01	P - 03	P - 04	
T° (°C)	13.3	10.6	10.2	14.5	13.7	10.4	9.6	14.8	16.8	16.2	19.8	
pH	7.7	7.5	7.6	7.4	7.6	7.7	7.4	7.4	8.23	8.03	7.68	
CE* (uS.cm)	214.0	153.9	312.0	299.0	237.0	179.7	368.0	340.0	159.0	247.0	263.0	
OD* (mg/L)	5.94	6.40	6.02	6.25	5.68	5.32	6.32	6.25	6.5	6.72	6.24	
STD (ppm)	117	66	152	569	104	59	129	573	65	96	88	

Fuente: Adaptado del Informe de Ensayo AG190220, AG190221, AG190222, AG190223, AG190288, AG190289, AG190290, AG190291, AG200058, AG200059.

Nota: *Parámetros analizados en laboratorio.

En el gráfico 1 se aprecia la variación de la temperatura por punto de monitoreo, donde el punto P-01 registró una media de 14.6 °C, con una mínima de 13.3 °C y una máxima de 16.8 °C. El punto P-02 presentó una media de 10.5 °C, con una mínima de 10.4 °C y una máxima de 10.6 °C. El punto P-03 presentó una media de 12 °C, con una mínima de 9.6 °C y una máxima de 16.2 °C. El punto P-04 registró finalmente una media 16.4 °C, con una mínima de 14.5 °C y una máxima de 19.8 °C.

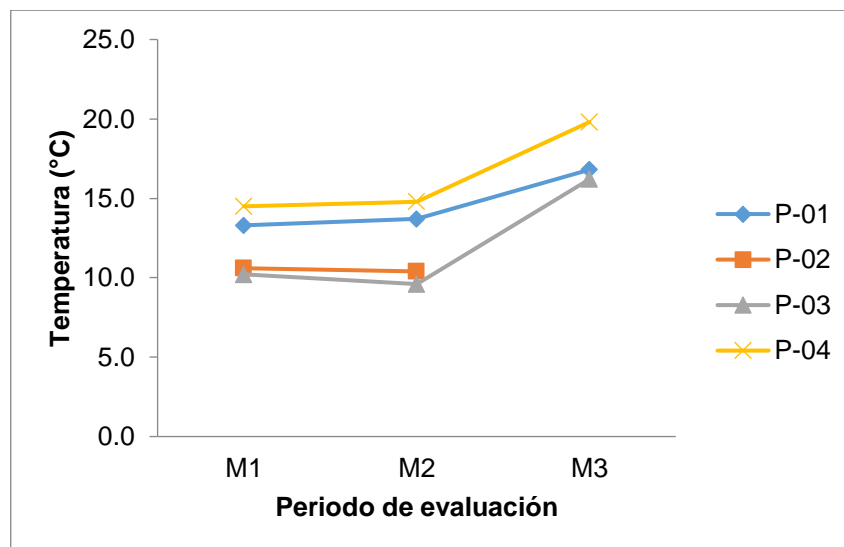


Gráfico 1. Variación de la temperatura del agua superficial

El pH del agua superficial de la quebrada Utcuyacu varía dentro del rango normal de 6.5 a 8.5 establecido por el ECA como se observa en el gráfico 2. En el punto P-01 la media fue de 7.8, el valor mínimo fue de 7.6 y el valor máximo de 8.2. En el punto P-02 la media fue de 7.6, el valor mínimo fue de 7.5 y el valor máximo de 7.7. En el punto P-03 la media fue de 7.7, el valor mínimo fue de 7.4 y el valor máximo de 8.0. En el punto P-04 la media fue de 7.5, el valor mínimo fue de 7.4 y el valor máximo de 7.7.

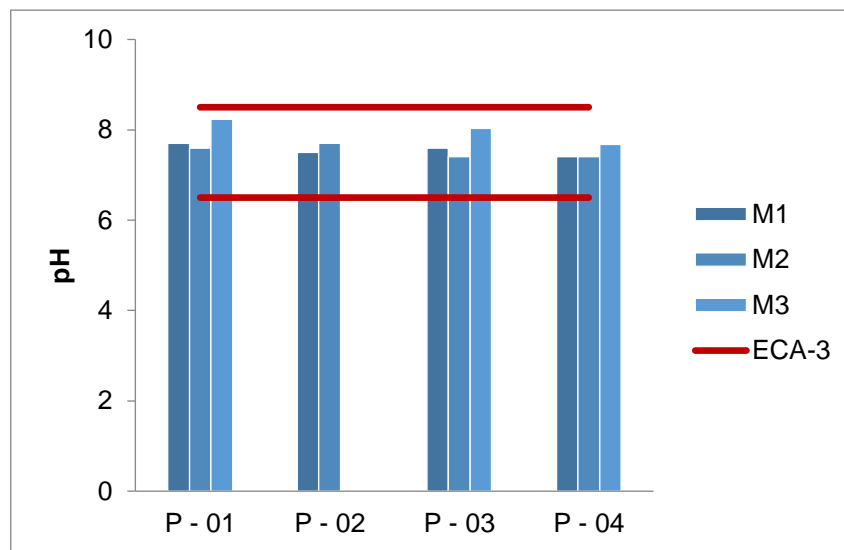


Gráfico 2. Variación del pH del agua superficial

Los valores de la conductividad eléctrica se encuentran por debajo del valor de 2500 uS/cm establecido por el ECA. El punto P-01 registró una media de 203.3 uS/cm, con un valor mínimo de 159 uS/cm y un valor máximo de 237 uS/cm. El punto P-02 presentó una media de 166.8 uS/cm, con un mínimo de 153.9 uS/cm y un máximo de 179.9 uS/cm. El punto P-03 presentó una media de 309 uS/cm, con un valor mínimo de 247 uS/cm y un valor máximo de 368 uS/cm. El punto P-04 registró una media de 300.7 uS/cm, con un mínimo de 263 uS/cm y un máximo de 340 uS/cm (Gráfico 3).

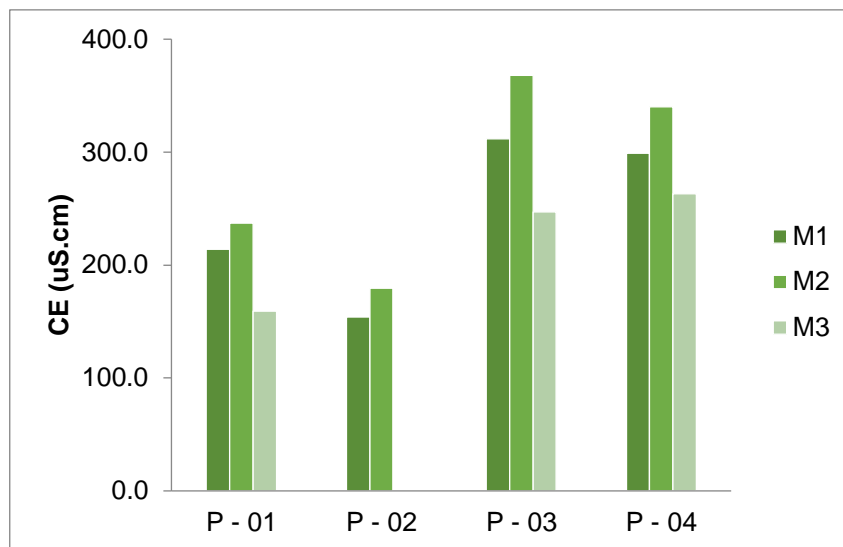


Gráfico 3. Variación de la CE del agua superficial

El gráfico 4 muestra que los valores del oxígeno disuelto se encuentran por encima del valor mínimo establecido por el ECA. El punto P-01 presentó una media de 6.0 mg/L, con un valor mínimo de 5.7 y un valor máximo de 6.5 mg/L. El punto P-02 registró una media de 5.9 mg/L, con un mínimo de 5.3 mg/L y un máximo de 6.4 mg/L. El punto P-03 presentó una media de 6.4 mg/L, con un valor mínimo de 6.0 y un valor máximo de 6.7 mg/L. El punto P-04 registró una media de 6.2 mg/L, con un mínimo de 6.2 y máximo de 6.3 mg/L.

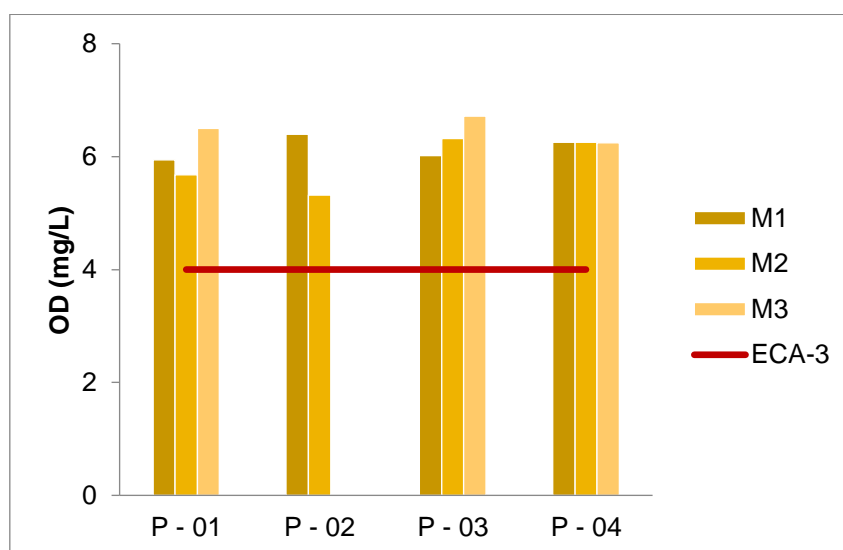


Gráfico 4. Variación del OD del agua superficial

En el gráfico 5 se aprecia que el punto P-01 presentó una media de 95.3 ppm, con un valor mínimo de 65 ppm y un valor máximo de 117 ppm. El punto P-02

presentó una media de 62.5 ppm, con un mínimo de 59 ppm y un máximo de 66 ppm. El punto P-03 registró una media de 125.7 ppm, con un valor mínimo de 96 ppm y un valor máximo de 152 ppm. El punto P-04 presentó una media de 410 ppm, con un mínimo de 88 ppm y un máximo de 573 ppm.

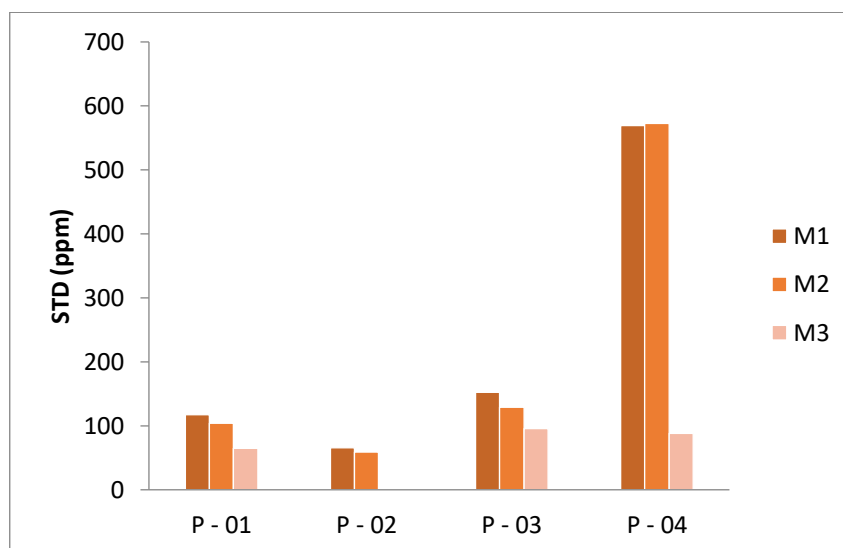


Gráfico 5. Variación del STD del agua superficial

4.1.2. Parámetros de laboratorio

Los parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio fueron: aceites y grasas, bicarbonatos, carbonatos, cianuro wad, cloruros, fenol, fluoruros, fosfato, sulfatos, sulfuros. Los parámetros de contaminación bioquímico medidos fueron: DBO, DQO y OD, mientras que los nutrientes evaluados fueron: nitratos y nitritos; y finalmente los metales pesados evaluados fueron: aluminio, arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plomo, zinc y cromo VI. Los resultados se muestran en tabla 4, los cuales son comparados con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 3: Riego de plantas y bebida de animales, con la subcategoría D1: Riego de plantas.

Tabla 4. Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial y valores del ECA - Categoría 3, subcategoría D1

PARÁMETROS	ECA Categoría 03	EVALUACIÓN PILOTO								EVALUACIÓN CIUDADANA		
		M1 (junio)				M2(julio)				M3(enero)		
		Sub categoría D1	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 01	P - 03	P - 04
Aceites y grasas	5	12	14	10	9	3	1	4	7	4	< 1	1
Bicarbonatos	518	72	51	66	60	88	66	73	60	94	88	74
Carbonatos	**	6	5	5	3	< 1*	< 1*	< 1*	< 1*	< 1*	< 1*	< 1
Cianuro wad	0.1	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*			
Cloruros	500	< 1.00*	< 1.00	4.38	4.88	4.88	1.47	5.08	20.45	4.52	4.72	4.32
Conductividad***	2500	214.0	153.9	312.0	299.0	237.0	179.7	368.0	340.0	159.0	247.0	263
Fenol	0.002	< 0.10*	0.12	0.12	< 0.10*	0.10	0.11	0.11	0.10			
Fluoruros	1	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*	< 0.10*			
Fosfato	**	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*			
Sulfatos	1000	18.5	12.4	67.1	68.2	19.5	13.8	87.6	57.1	5.5	40.7	55.7
Sulfuros	**	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*	< 0.020*			
DBO	15	< 1*	< 1*	< 1*	< 1*	2	2	4	3			
DQO	40	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*	< 25*			
OD***	> 4	5.94	6.40	6.02	6.25	5.68	5.32	6.32	6.25	6.50	6.72	6.24
Nitratos	100	< 1.0*	< 1.0*	< 1.0*	< 1.0*	< 1.0*	< 1.0*	< 1.0*	1			
Nitritos	10	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*	< 0.007*			
Aluminio total	5	< 0.02*	< 0.02*	< 0.02*	0.066	0.032	0.032	0.156	0.04	0.040	0.202	0.171
Arsénico total	0.1	< 0.01*	0.010	0.018	0.011	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*			
Cadmio total	0.01	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	0.093	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*	< 0.002*
Calcio total	**	30.0	24.1	109.0	27.2	196.4	126.0	243.1	238.2	25.0	28.1	39.5
Cobre total	0.2	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *	< 0.02 *			
Hierro total	5	0.084	0.07	0.142	0.178	0.056	0.012	0.113	0.268	0.027	0.111	0.118
Magnesio total	**	< 5 *	< 5 *	< 5 *	< 5 *	< 5 *	< 5 *	< 5 *	< 5 *			
Manganeso total	0.2	0.039	0.021	0.959	0.106	0.023	0.018	1.276	0.099	0.032	0.578	0.10
Mercurio total	0.001	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*	< 0.025*			
Níquel total	0.2	0.06	0.05	0.08	0.05	0.02	< 0.02 *	0.04	0.06			
Plomo total	0.05	< 0.01*	< 0.01*	0.470	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	0.940	0.070	< 0.010*	< 0.010*	< 0.010*
Zinc total	2	0.28	0.21	1.21	0.24	0.12	0.16	1.10	0.05	0.07	1.1	0.32
Cromo VI	**	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*	< 0.01*			

Fuente: Informe de Ensayo AG190220, AG190221, AG190222, AG190223, AG190288, AG190289, AG190290, AG190291, AG200058, AG200059, AG200060

Nota: Los valores en negrita superan los niveles del ECA establecidos.

*No detectable por el método de análisis empleado.

** Valor que no aplica para la subcategoría según D.S. N° 004-2017-MINAM

***Parámetros medidos en laboratorio

De la Tabla 4, se observa que los valores del bicarbonato (HCO_3) no superó el valor de 518 mg/l establecido por el ECA, sin embargo, el punto P-01 presentó los valores altos y el punto P-02 presentó los valores bajos. Con un comportamiento similar, el parámetro de cloruro (Cl) no supera el valor establecido por el ECA, no obstante, el punto P-04 registró valores altos (4.88 mg/l y 20.45 mg/l durante M1 y M2 respectivamente) y el punto P-02 registró valores bajos (1.47 mg/l durante M2). De igual manera, los valores del sulfato (SO_4) no superaron el valor de 1000 mg/l establecido por el ECA, sin embargo, los puntos P-03 y P-04 presentaron valores altos con 87.60 en M2 y 68.2 en M1.

Por otro lado, el análisis de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO_5) muestra valores por debajo del límite establecido por el ECA durante todo el periodo de evaluación, no obstante, los puntos P-03 y P-04 presentaron valores altos con 4 mg/l y 3 mg/l respectivamente durante M2. Por otro lado, con respecto a la demanda química del oxígeno (DQO) los valores se encuentran por debajo del límite de detección del método empleado (< 25 mg/l), lo cual se encuentra también por debajo del valor del ECA establecido (25 mg/l). Igualmente, los parámetros de nitrato (NO_3) y nitrito (NO_2) se encuentran por debajo del límite de detección del método empleado (< 1.0 mg/l y < 0.007 mg/l respectivamente) y no superan los límites establecidos por el ECA (100 mg/l y 10 mg/l).

Con respecto a la variación del parámetro aceites y grasas en el Gráfico 6 se observa que sí superó el valor de 5 mg/l establecido por el ECA en todos los puntos de monitoreo en algún momento. El punto P-01 presentó un valor mínimo de 3 mg/l y un valor máximo de 12 mg/l. El punto P-02 presenta un valor mínimo de 1 mg/l y un valor máximo de 14 mg/l. El punto P-03 presentó un valor mínimo de 4 mg/l y un valor máximo de 10 mg/l. El punto P-04 presentó un valor mínimo de 1 mg/l y un valor máximo de 9 mg/l.

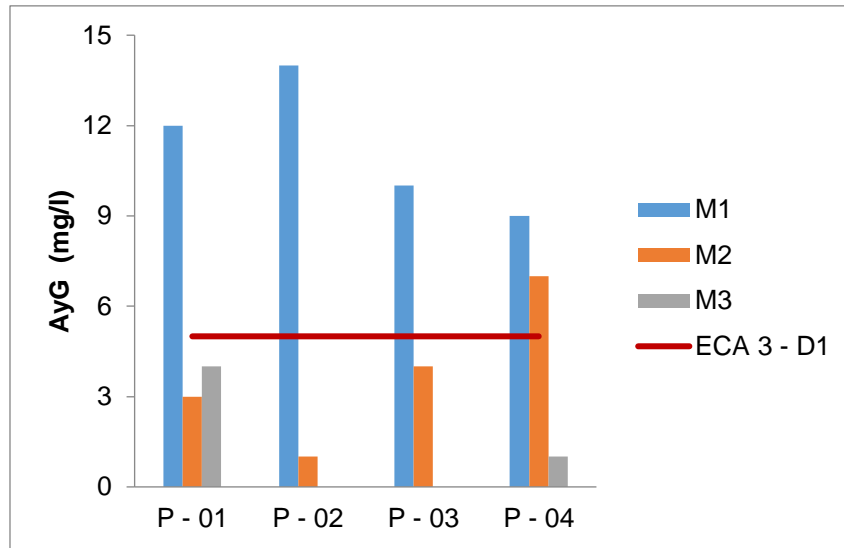


Gráfico 6. Variación del A y G del agua superficial

En referencia al parámetro del fenol, el Gráfico 7 muestra que todos los puntos de monitoreo superaron el valor de 0.002 mg/l establecido por el ECA en algún momento. Los puntos P-02 y P-03 presentan valores altos de 0.12 mg/l en M1 y 0.11 mg/l en M2.

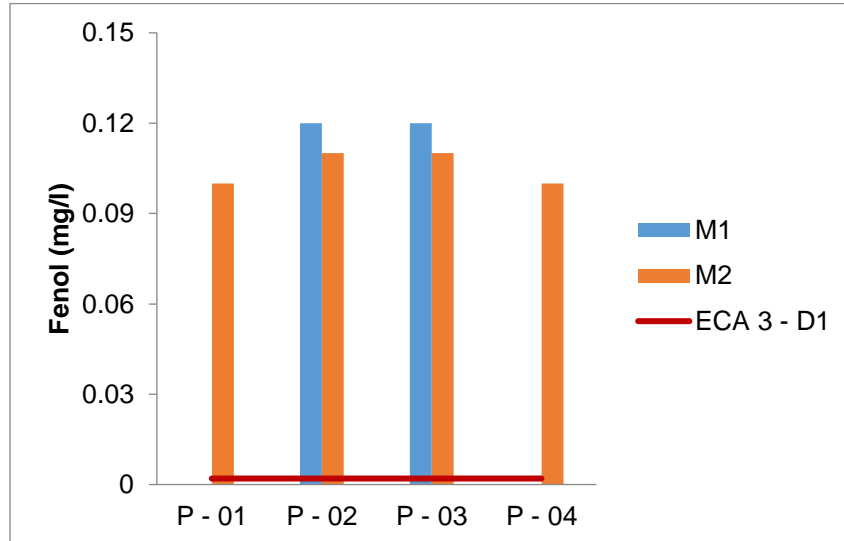


Gráfico 7. Variación del fenol del agua superficial

Con respecto a los metales analizados, se observa en la Tabla 4 que el aluminio (Al) se encuentra por debajo del valor de 5 mg/l establecido por el ECA, sin embargo, el punto P-03 presentó valores altos con 0.16 mg/l en M2 y 0.202 mg/l en M3. Igualmente, los valores del hierro (Fe) se encontraron por debajo de 5 mg/l

establecido por el ECA, pero se observa que el punto P-04 presentó valores altos con 0.178 mg/l en M1 y 0.268 mg/l en M2, y 0.118 mg/l en M3.

En referencia a la concentración de cadmio (Cd) en las aguas superficiales de la quebrada, el Gráfico 8 muestra que sólo el punto P-03 presentó un valor de 0.093 mg/l en M2 que supera el valor de 0.01 mg/l establecido por el ECA.

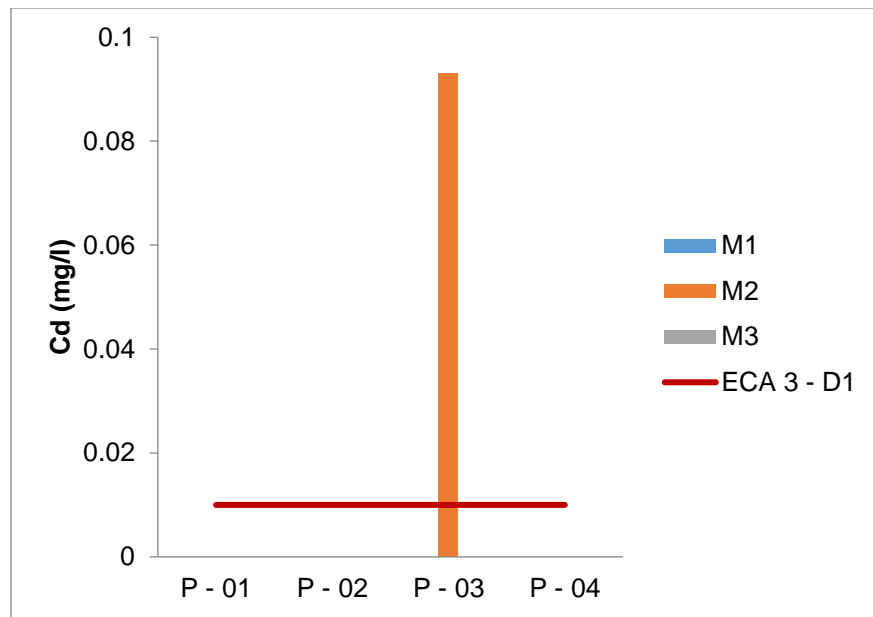


Gráfico 8. Variación del Cd del agua superficial

Respecto a la concentración del calcio (Ca), el Gráfico 9 muestra que el punto P-03 presentó los valores más altos con 109.0 mg/l y 243.1 mg/l durante M1 y M2 respectivamente.

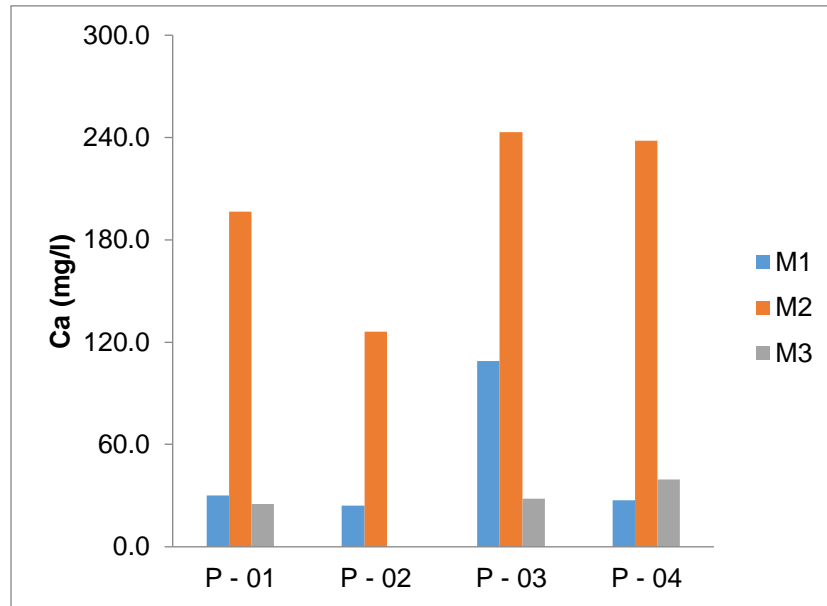


Gráfico 9. Variación del Ca del agua superficial

En el Gráfico 10 se observa la variación del manganeso (Mn) en todos los puntos de monitoreo, donde el punto P-03 superó el valor de 0.2 mg/l establecido por el ECA durante todo el período de evaluación con valores de 0.959 mg/l, 1.276 mg/l y 0.578 mg/l respectivamente. Por otro lado, el punto P-02 presentó valores bajos.

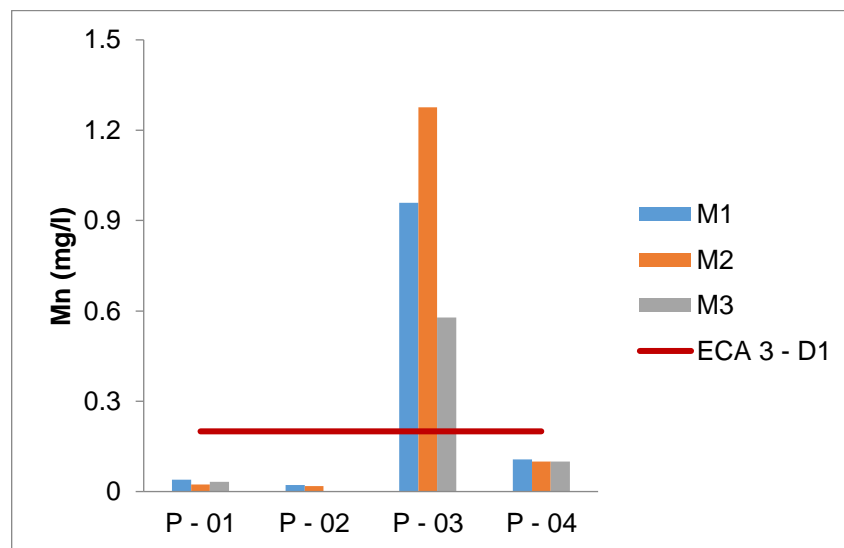


Gráfico 10. Variación del Mn del agua superficial

Respecto a la concentración de níquel (Ni) en el gráfico 11 se muestra que ningún punto de monitoreo superó el valor de 0.2 mg/l establecido por el ECA. Sin embargo, el punto P-03 presentó un valor alto con 0.08 mg/l durante M1 a diferencia de los demás puntos de monitoreo.

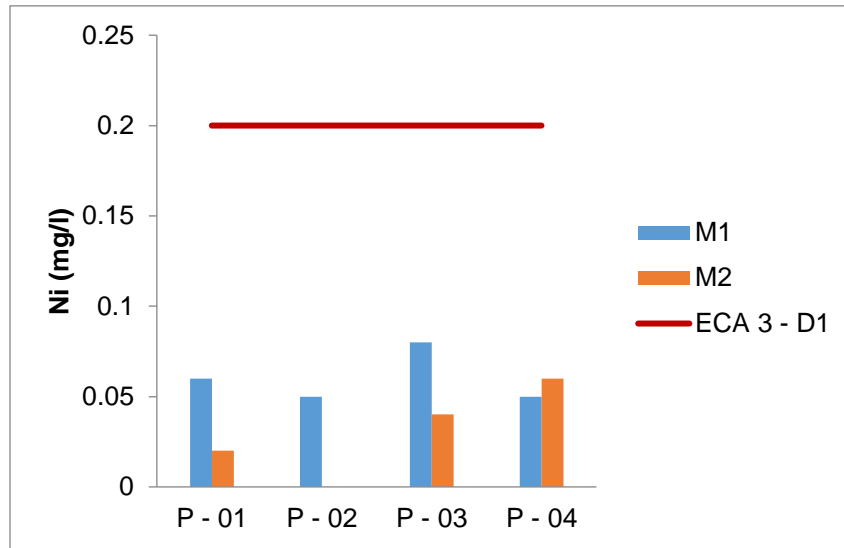


Gráfico 11. Variación del Ni del agua superficial

En relación a la concentración del plomo (Pb) en el gráfico 12 se aprecia, que el punto P-03 superó el valor de 0.05 mg/l establecido por el ECA durante M1 y M2 con valores de 0.470 mg/l y 0.940 mg/l respectivamente, asimismo, se observa que el punto P-04 superó el valor del ECA durante M2.

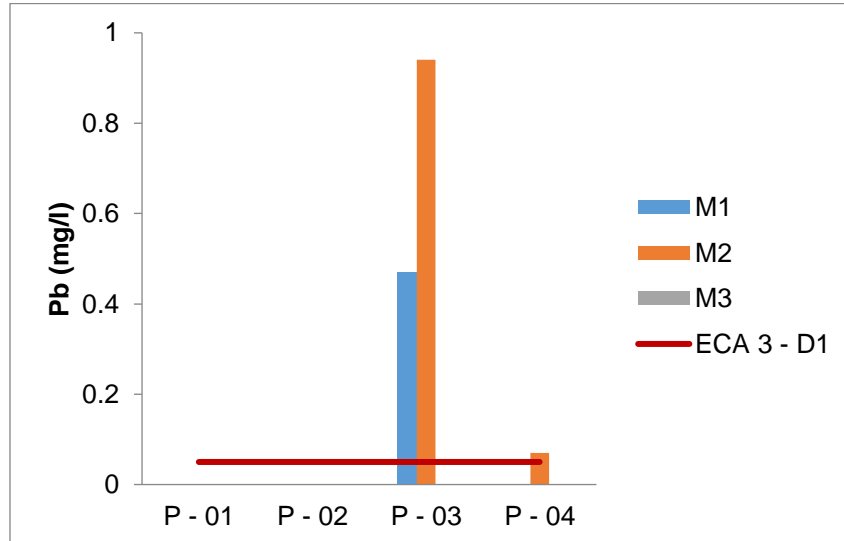


Gráfico 12. Variación del Pb del agua superficial

En referencia al análisis del zinc (Zn), en el Gráfico 13 se aprecia que los valores se encontraron por debajo del valor de 2 mg/l establecido por del ECA. Sin embargo, se observa que el punto P-03 presentó valores altos en comparación a los demás puntos de monitoreo.

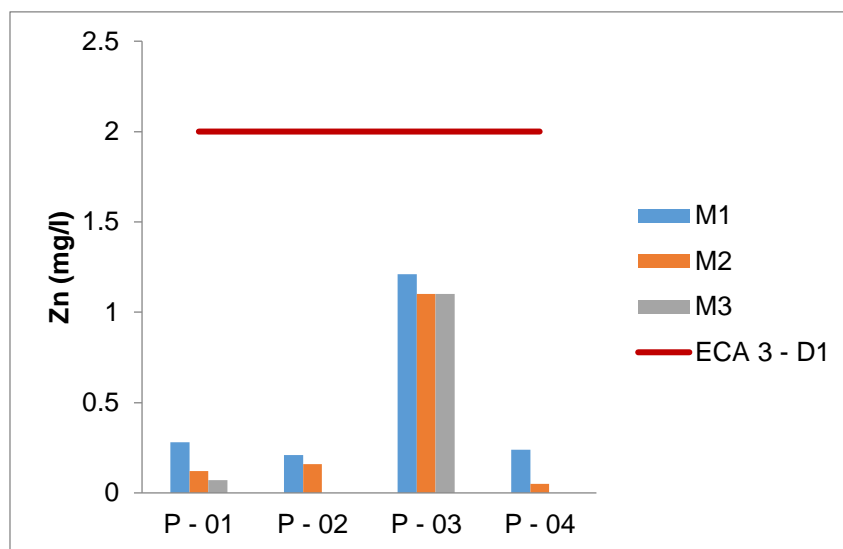


Gráfico 13. Variación del Zn del agua superficial

4.2. Crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador

El crecimiento radicular del *Allium cepa* se determinó en función de la cantidad y longitud de las raíces al ser expuestas *in situ* en la quebrada Utcuyacu, teniendo como actores principales de la ejecución a los vigilantes comunales, quienes desarrollaron un papel importante para la validación como herramienta complementaria de la vigilancia ambiental ciudadana.

La vigilancia ambiental ciudadana se realizó en un marco de respeto irrestricto a la forma de organización y costumbres de la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu. La propuesta de investigación fue presentada a la directiva comunal, quienes nominaron a sus representantes para el desarrollo de la vigilancia ambiental; dichos representantes denominados vigilantes comunales del agua previamente fueron capacitados. A partir de la designación, se realizaron directamente las coordinaciones, trabajos previos y la vigilancia ambiental ciudadana propiamente dicha.

La fase de evaluación ciudadana con los vigilantes comunales se desarrolló por un período de 30 días, con una frecuencia de evaluación de 10 días. Es preciso mencionar, que previamente se desarrolló la fase de evaluación piloto por un período de 40 días por cada réplica, con una frecuencia de evaluación de cinco días y se contó con un punto de control (P-01) y tres puntos de monitoreo (P-02, P-03 y P-04).

4.2.1. Cantidad radicular según la fase de evaluación

4.2.1.1. Cantidad radicular en la fase de evaluación piloto

El Gráfico 14 muestra la cantidad radicular promedio por día y punto de monitoreo en la fase de evaluación piloto, el punto P-01 (punto de control) en conjunto con el punto P-02 presentaron los valores más altos en comparación con los puntos P-03 y P-04. Asimismo, se aprecia que sólo el punto P-01 presentó un crecimiento lineal desde el día D5 hasta el día D40, mientras que los puntos P-02, P-03 y P-04 presentaron un crecimiento variable a partir del día D25.

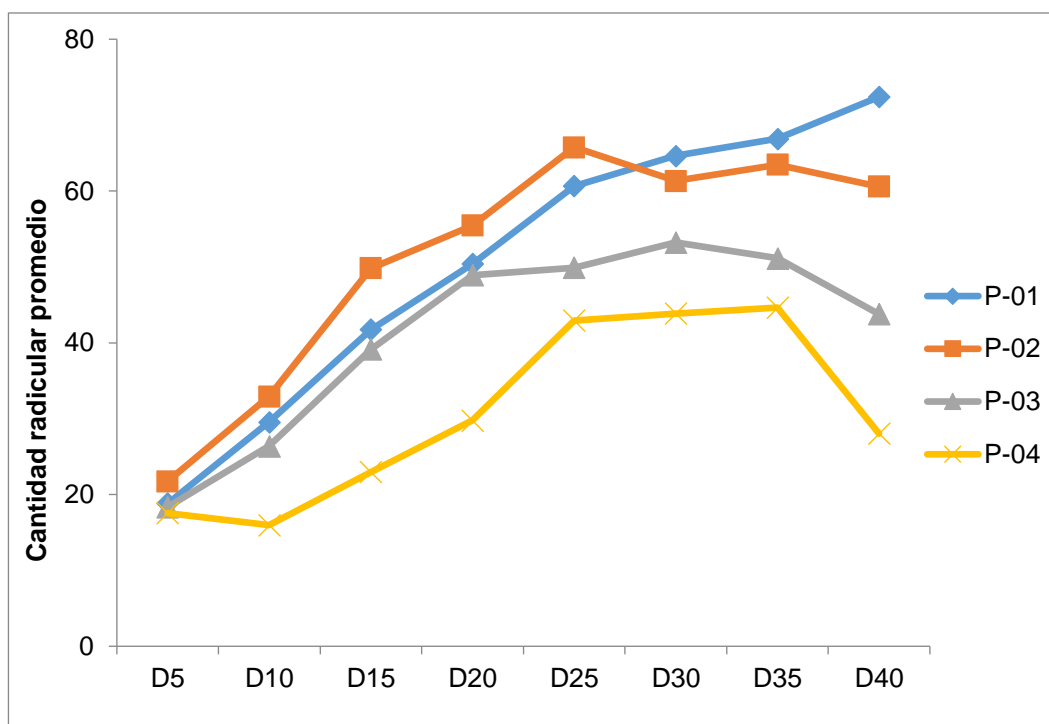


Gráfico 14. Cantidad radicular promedio en la fase de evaluación piloto

En el Gráfico 15, se observa que durante el día D5 los puntos con la mayor cantidad radicular fueron P-02 y P-01 con una media de 22 y 19 respectivamente, mientras que la menor cantidad radicular se dio en los puntos P-03 y P-04 con una media de 18 para ambos. Con un comportamiento similar durante el día D10, el punto P-01 presentó una media de 30, el punto P-02 presentó una media de 33, el punto P-03 presentó una media de 26 y el punto P-04 registró una media de 16, siendo este último el menor valor para este día. Con un nivel de significancia del 95% para D5 se puede concluir que no existen diferencias estadísticas entre la

varianza de los puntos, mientras que para D10 existe evidencia estadística que hay una varianza entre los puntos P-01 y P-04 (Anexo 5 y 7).

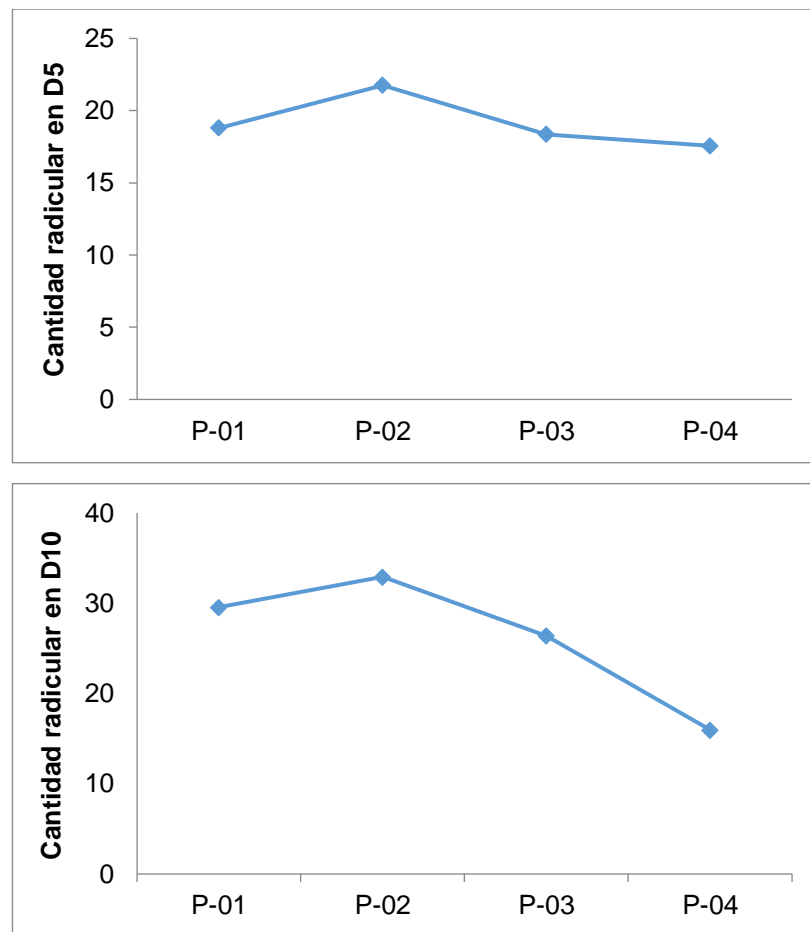


Gráfico 15. Cantidad radicular promedio en D5 y D10

En el Gráfico 16 se observa que durante el día D15 la mayor cantidad radicular se produjo en el punto P-02 con una media de 50, seguido del punto P-01 con una media de 42; a diferencia de los puntos P-03 y P-04 que presentaron una media de 39 y 23 respectivamente (siendo este último el menor valor). Con un comportamiento similar durante el día D20, los puntos con mayor cantidad radicular fueron P-01 y P-02 con una media de 50 y 55 respectivamente, mientras que los puntos P-03 y P-04 presentaron una menor cantidad radicular con una media de 49 y 30 respectivamente. Con un nivel de significancia del 95% para D15 y D20 se puede verificar que si existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-04 para ambos días (Anexo 5 y 7).

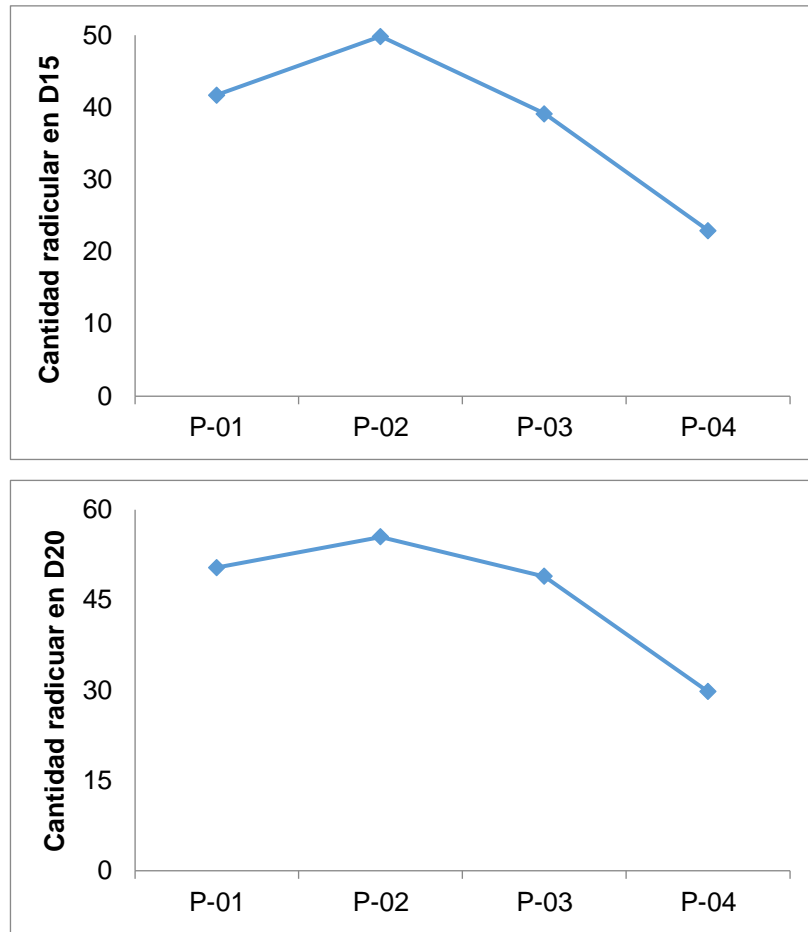


Gráfico 16. Cantidad radicular promedio en D15 y D20

En el Gráfico 17 se observa que la mayor cantidad radicular durante el día D25 se produjo en el punto P-02 con una media de 66 y en el punto P-01 con una media de 61, mientras que la menor cantidad radicular se dio en el punto P-03 con una media de 50 seguido del punto P-04 con una media de 43, siendo la cantidad radicular de este último la menor para este día. De igual manera, durante el día D30 la mayor cantidad radicular se produjo en los puntos P-01 y P-02 con una media de 65 y 61, mientras que los puntos P-03 y P-04 presentaron una menor cantidad radicular con una media de 53 y 44, siendo la cantidad radicular de este último el menor. Con un nivel de significancia del 95% para D25 y D30 se puede concluir que sí existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-04 para ambos días (Anexo 5 y 7).

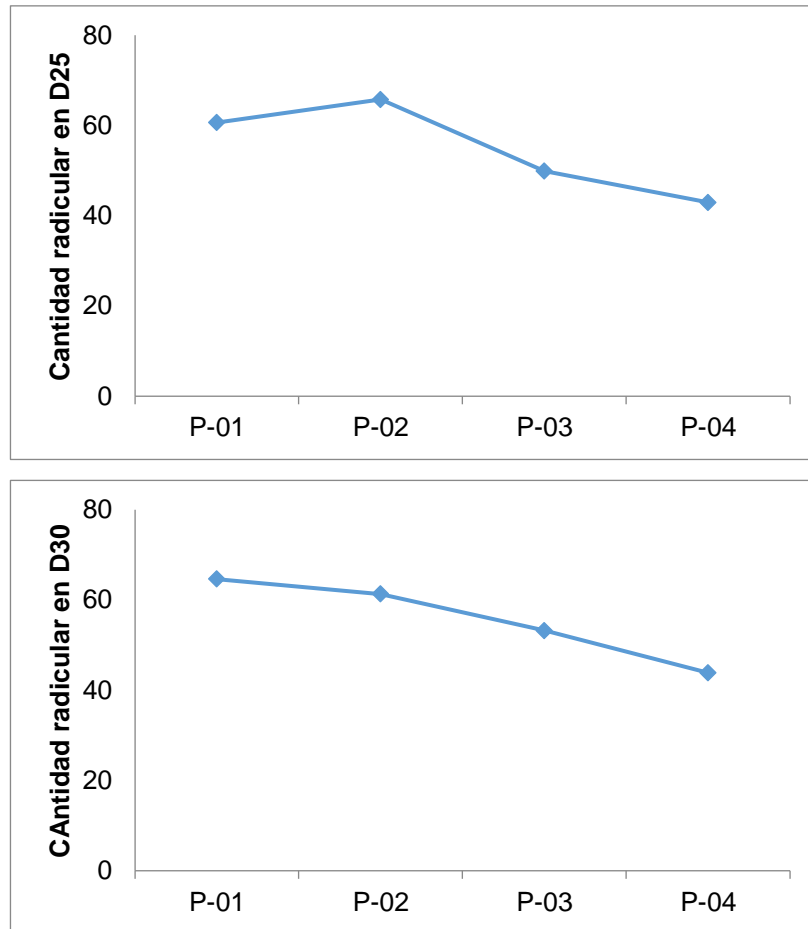


Gráfico 17. Cantidad radicular promedio en D25 y D30

En el Gráfico 18 se muestra que durante el día D35 la mayor cantidad radicular se produjo en el punto P-01 con una media de 67 seguido del punto P-02 con una media de 63, mientras que en los puntos P-03 y P-04 se produjeron un menor crecimiento radicular con una media de 51 y 45 respectivamente. Con un comportamiento similar durante el día D40, el punto P-01 presentó una mayor cantidad radicular con una media de 72, a diferencia de los puntos P-02, P-03 y P-04 que presentaron una menor cantidad radicular con una media de 61, 44 y 28 respectivamente. Con un nivel de significancia del 95% para D35 y D40 se puede concluir que si existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-03, P-01 y P-04 para ambos días (Anexo 5 y 7).

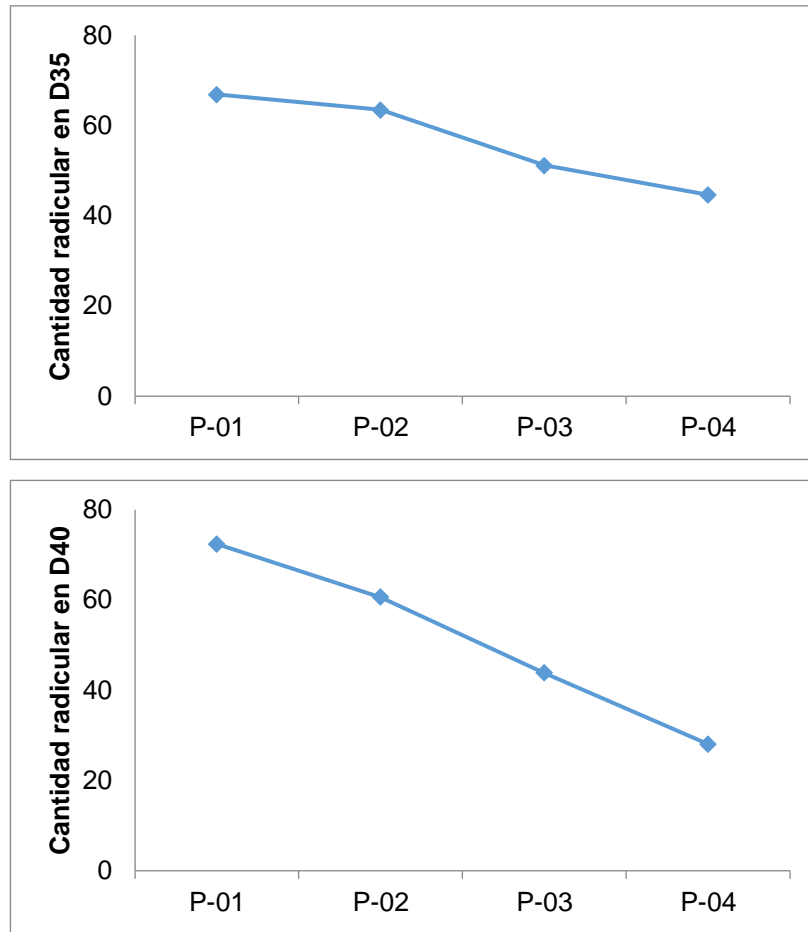


Gráfico 18. Cantidad radicular promedio en D35 y D40

4.2.1.2. Cantidad radicular en la fase de evaluación ciudadana

El Gráfico 19 muestra la cantidad radicular promedio por punto de monitoreo en la fase de evaluación ciudadana, el punto P-01 (punto de control) presentó los valores más altos en comparación con el punto P-03. Con respecto al día D10 se observa que el punto P-01 presentó la mayor cantidad con una media de 18 y el punto P-03 presentó una menor cantidad con una media de 12. Con respecto al día D20 se observa que el punto P-01 presentó una media de 38 mientras que el punto P-03 presentó una media de 27. Y finalmente, en el día D30 se observa que el punto con mayor cantidad radicular fue P-01 con una media de 41 mientras que el punto P-03 presentó una media de 34. Con un nivel de significancia del 95% para el día D10, D20 y D30 se puede concluir que no existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-03 (Anexo 5 y 7).

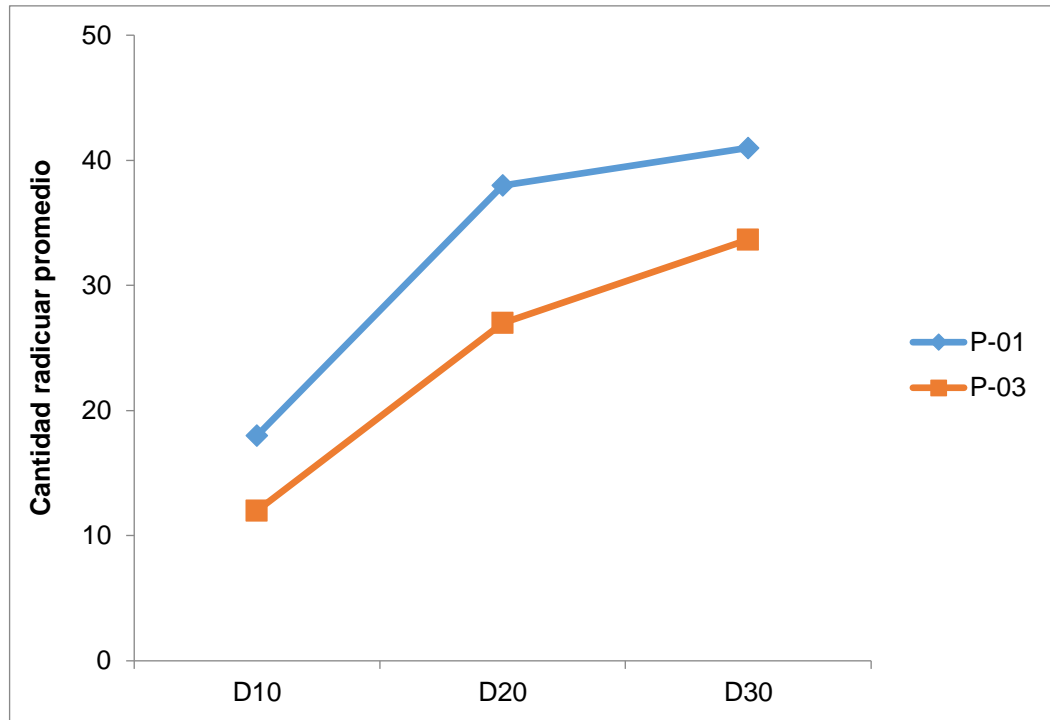


Gráfico 19. Cantidad radicular promedio en la fase de evaluación ciudadana

4.2.2. Longitud radicular según la fase de evaluación

4.2.2.1. Longitud radicular en la fase de evaluación ciudadana

La longitud radicular promedio por día y punto de monitoreo en la fase de evaluación piloto se muestra en el Gráfico 20, donde se aprecia que el punto de control P-01 presentó los valores más altos en comparación con los puntos P-02, P-03 y P-04. Asimismo, se aprecia que sólo el punto P-01 presentó un crecimiento lineal desde el día D5 hasta el día D40, mientras que los demás puntos presentaron un crecimiento variable a lo largo de todo el periodo de evaluación, observándose un menor crecimiento a partir del día D25.

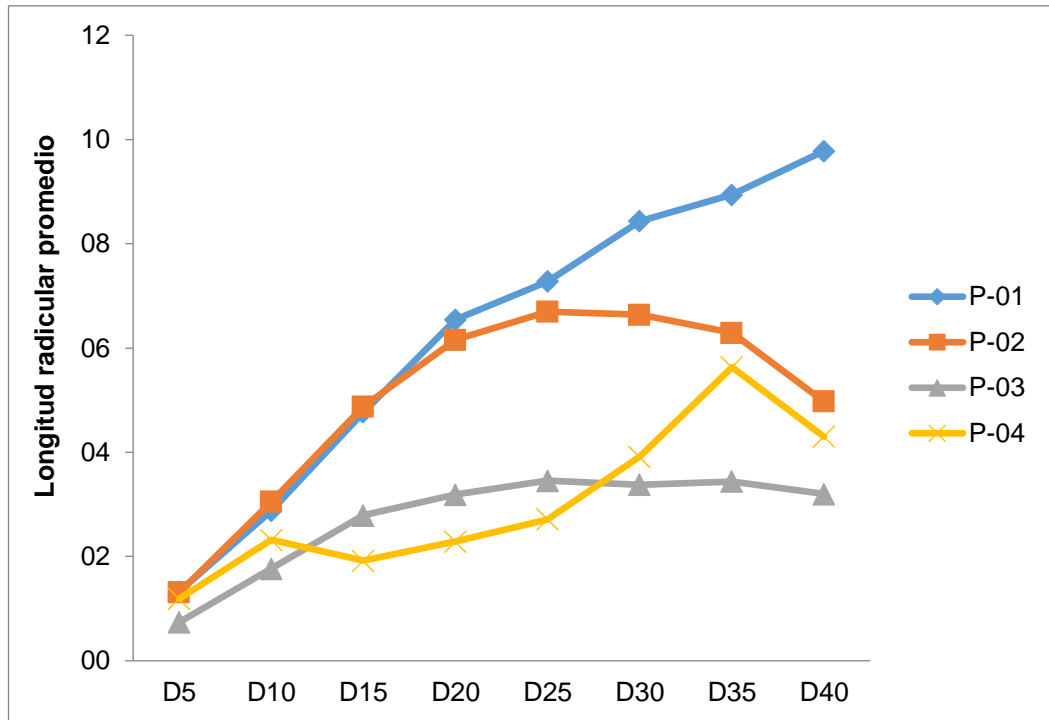


Gráfico 20. Longitud radicular promedio en la fase de evaluación piloto

En el Gráfico 21, se observa que durante el día D5 la mayor longitud se alcanzó en los puntos P-01 y P-02 con una media de 1.3 cm para ambos, seguido del punto P-04 con una media de 1.2 cm y el punto P-03 con una media de 0.7 cm (siendo la longitud radicular de este último el menor para este día). Con un comportamiento similar durante el día D10, la mayor longitud se registró en los puntos P-01 y P-02 con una media de 2.9 cm y 3.1 cm respectivamente, mientras que los puntos P-03 y P-04 presentaron una menor longitud con una media de 1.8 cm y 2.3 cm respectivamente. Con un nivel de significancia del 95% para D5 y D10, se puede concluir que sí existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-03 para ambos días (Anexo 6 y 8).

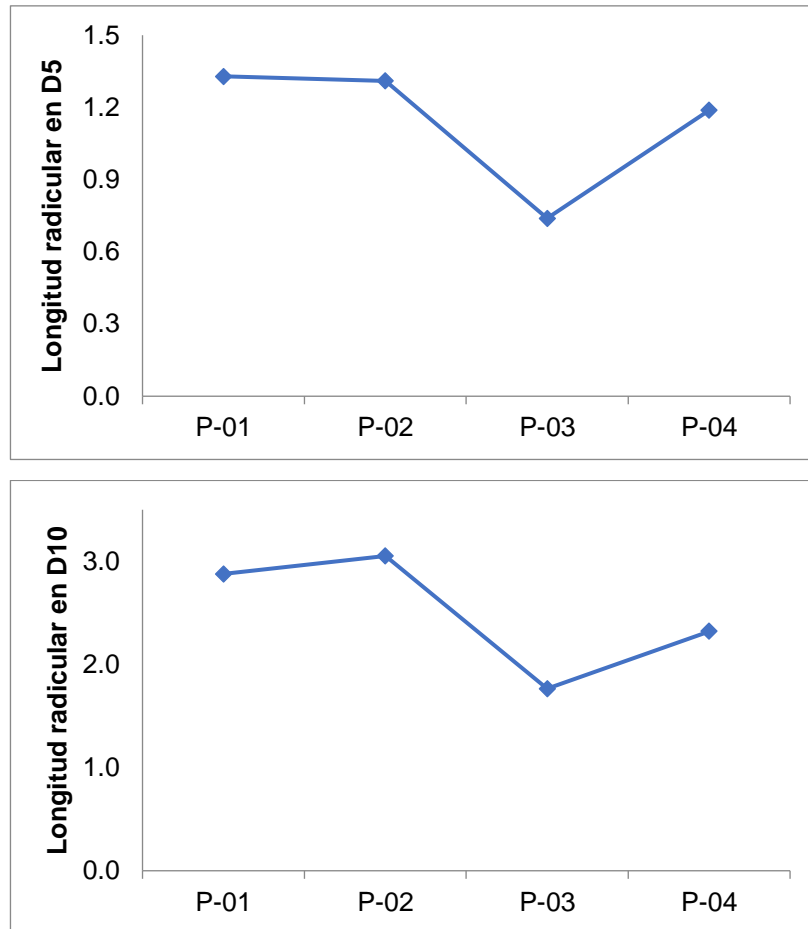


Gráfico 21. Longitud radicular promedio en D5 y D10

En el Gráfico 22 se aprecia la variación de la longitud radicular durante el día D15, donde la mayor longitud alcanzada corresponde al punto P-02 con una media de 4.9 cm seguido del punto P-01 con una media de 4.8 cm, a diferencia de los puntos P-03 y P-04 donde se produjo un menor crecimiento de la longitud con una media de 2.8 cm y 1.9 cm respectivamente. Con un comportamiento similar durante el día D20, los puntos P-01 y P-02 presentaron un mayor crecimiento en la longitud con una media de 6.5 cm y 6.2 cm respectivamente, mientras que los puntos P-03 y P-04 presentaron un menor crecimiento con una media de 3.2 cm y 2.3 cm respectivamente. Con un nivel de significancia del 95% para D15 y D20 se puede concluir que si existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-03, P-01 y P-04 para ambos días (Anexo 6 y 8).

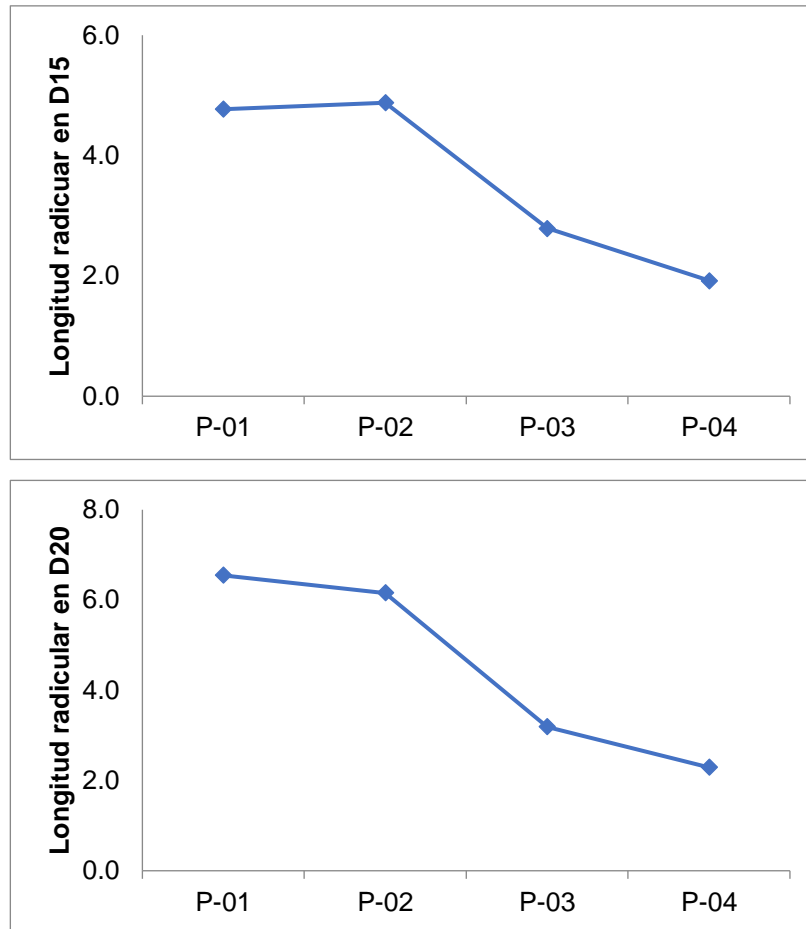


Gráfico 22. Longitud radicular promedio en D15 y D20

En el Gráfico 23 se aprecia que el mayor crecimiento de la longitud radicular durante el día D25 se produjo en el punto P-01 con una media de 7.3 cm, seguido del punto P-02 con una media de 6.7 cm; mientras que, el menor crecimiento de la longitud radicular se dio en el punto P-03 con una media de 3.5 cm y en el punto P-04 con una media de 2.7 cm, siendo la longitud radicular de este último el menor para este día. De igual manera durante el día D30 el mayor crecimiento se produjo en el punto P-01 con una media de 8.4 cm seguido del punto P-02 con una media de 6.6 cm, mientras que los puntos P-03 y P-04 presentaron un menor desarrollo de la longitud con una media de 3.4 cm y 3.9 cm. Con un nivel de significancia del 95% para D25 se puede concluir que sí existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos P-01 y P-03, P-01 y P-04. Por otro lado, durante D30 con el mismo nivel de significancia se concluye que existen diferencias estadísticas entre todos los puntos de monitoreo con respecto al punto de control (Anexo 6 y 8).

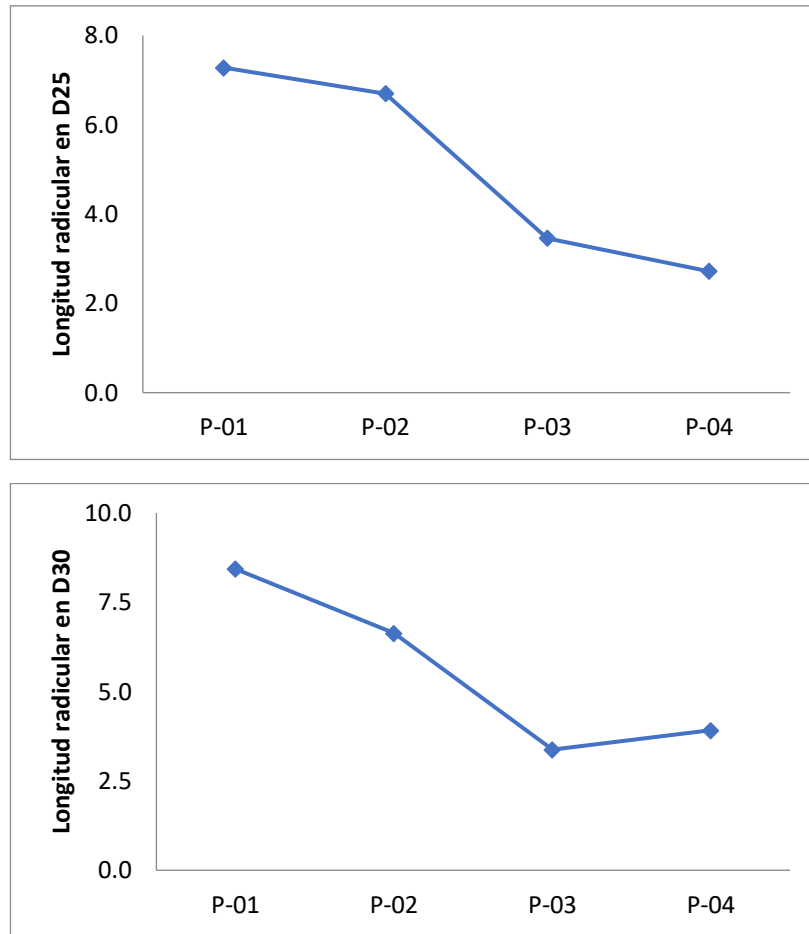


Gráfico 23. Longitud radicular promedio en D25 y D30

En el Gráfico 24 se aprecia que durante el día D35 el mayor crecimiento de la longitud radicular se produjo en el siguiente orden: punto P-01 con una media de 8.9 cm, punto P-02 con una media de 6.3 cm, punto P-04 con una media de 5.6 cm y punto P-03 con una media de 3.4 cm (siendo la longitud radicular de este último el menor para este día). Con un comportamiento similar durante el día D40, el punto P-01 presentó un mayor crecimiento de la longitud radicular con una media 9.8 cm, mientras que los puntos P-02, P-03 y P-04 presentaron un menor crecimiento con una media de 5.0 cm, 3.2 cm y 4.3 cm respectivamente. Con un nivel de significancia del 95% para D35 y D40 se puede concluir que sí existen diferencias estadísticas entre la varianza de todos los puntos de monitoreo con respecto al punto de control (Anexo 6 y 8).

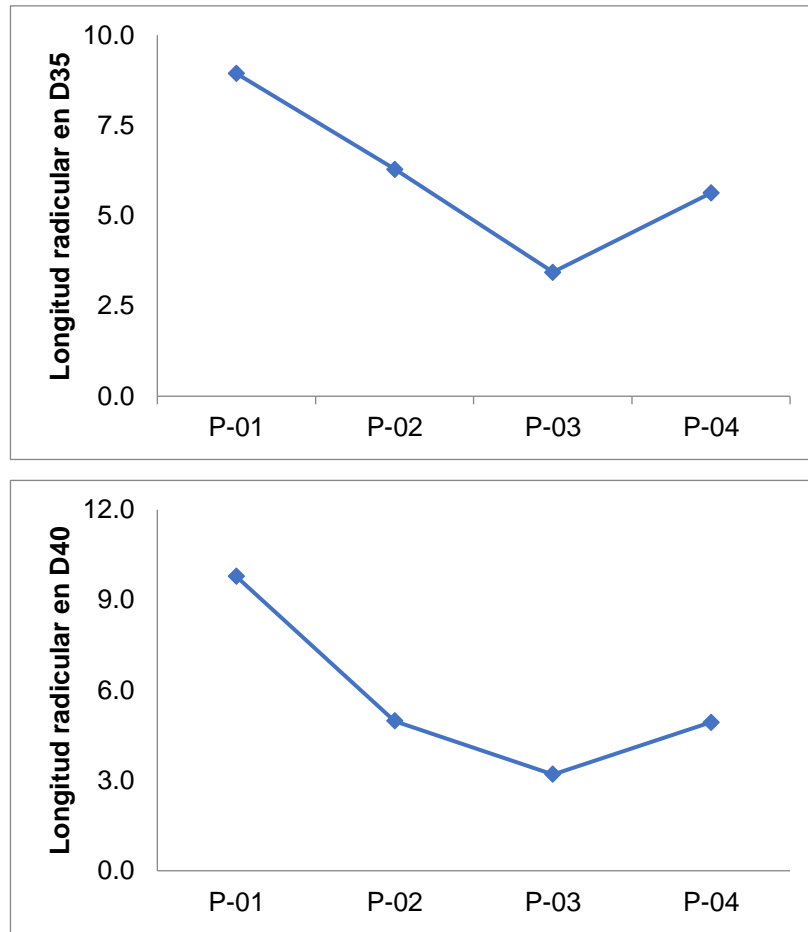


Gráfico 24. Longitud radicular promedio en D35 y D40

4.2.2.2. Longitud radicular en la fase de evaluación ciudadana

La longitud radicular promedio por punto de monitoreo en la fase de evaluación ciudadana se muestra en el Gráfico 25, donde se aprecia que el punto P-01 (punto de control) presentó los valores más altos en comparación con el punto de monitoreo P-03. Durante el día D10 se observa que el punto P-01 presentó la mayor longitud con una media de 2.5 cm mientras el punto P-03 presentó una media de 1.2 cm. Con respecto a día D20 se observa que el punto P-01 presentó una media de 5.4 cm mientras que el punto P-03 presentó una media de 2.3 cm. Y finalmente en el día D30, se observó que el punto con mayor longitud radicular fue el punto P-01 con una media de 6.8 cm, mientras que el punto P-03 presentó una media de 2.9 cm. Con un nivel de significancia del 95% para D10 y D20 se puede concluir que no existen diferencias estadísticas entre la varianza de los puntos, mientras que, para el D30 si existen diferencias significativas entre ambos puntos con un nivel de significancia del 95% (Anexo 6 y 8).

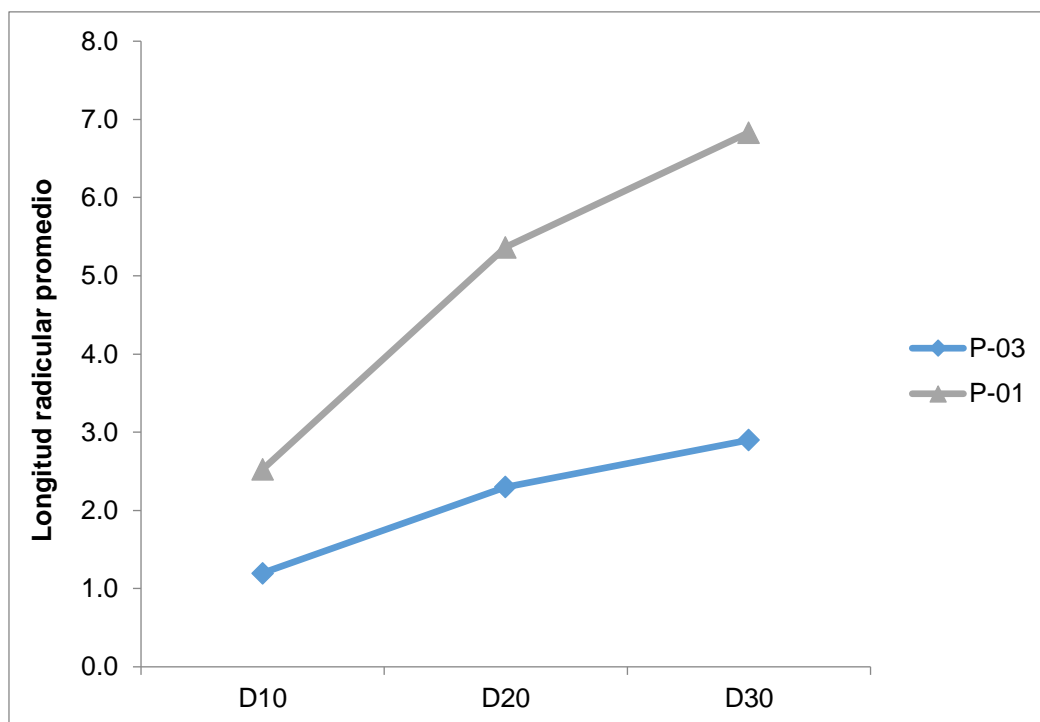


Gráfico 25. Longitud radicular promedio en la fase de evaluación ciudadana

4.3. Indicadores del crecimiento radicular del *Allium cepa* para el uso como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana

Los resultados del análisis fisicoquímico en relación con el crecimiento radicular por cada punto de monitoreo muestran la presencia frecuente de ciertos parámetros que pudieran estar influyendo en el normal crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador.

La Tabla 5 y Grafico 26 muestran los valores significativos del análisis fisicoquímico y el crecimiento radicular en el punto de control (P-01) por cada periodo de evaluación. En M1 se observó una asociación positiva entre la longitud radicular y las agua con contenido de aceites y grasas, carbonatos y zinc, mientras que la cantidad radicular presentó una asociación positiva con hierro y solidos totales disueltos. Por su parte, los demás parámetros presentaron una relación negativa con el crecimiento radicular expresado en cantidad y longitud radicular.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-01

PARÁMETROS	P - 01		
	M1 (junio)	M2 (julio)	M3 (enero)
pH	7.7	7.6	8.23
CE	214	237	159
STD	117	104	65
Aceites y grasas	12	3	4
Bicarbonatos	72	88	94
Carbonatos	6	< 1	< 1 *
Cloruros	< 1.00 *	4.88	4.52
Fenol	< 0.10 *	0.10	
Sulfatos	18.5	19.5	5.5
OD	5.94	5.68	6.50
Aluminio total	< 0.02 *	0.032	0.040
Cadmio total	< 0.002 *	< 0.002 *	< 0.002 *
Calcio total	30.0	196.4	25.0
Hierro total	0.084	0.056	0.027
Manganeso total	0.039	0.023	0.032
Níquel total	0.06	0.02	
Plomo total	< 0.01 *	< 0.01 *	< 0.01 *
Zinc total	0.28	0.12	0.07
Cantidad	55	46	32
Longitud	7.0	5.5	4.9

Nota: *Valores no detectados por el límite de detección

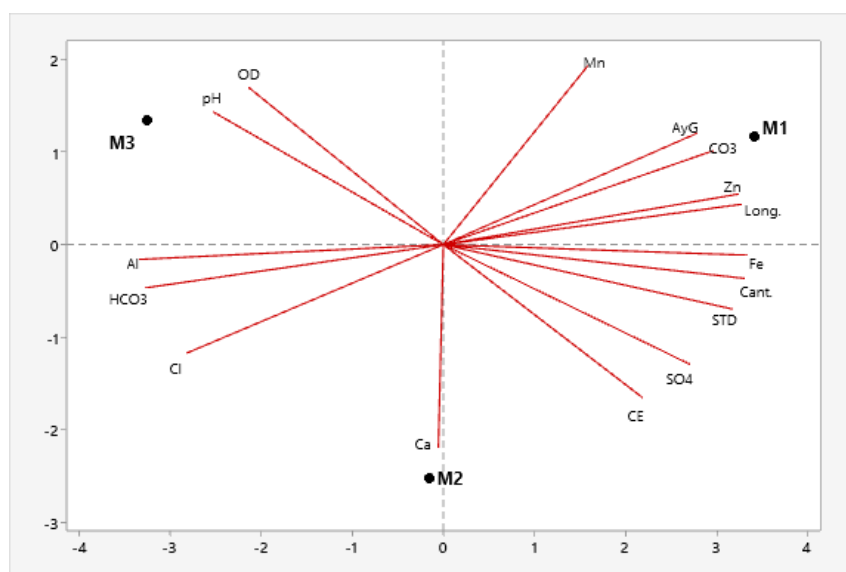


Gráfico 26. Diagrama del análisis de componentes principales (ACP) en el punto P-01

Respecto al comportamiento fisicoquímico y el crecimiento radicular en el punto P-02, la Tabla 6 y el Grafico 27, muestran para M2 una asociación negativa para la cantidad y longitud radicular de las concentraciones de bicarbonatos, pH, calcio, cloruros, sulfatos, conductividad eléctrica y aluminio. Presentando los demás parámetros una asociación positiva en el crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-02

PARÁMETROS	P – 02	
	M1 (junio)	M2(julio)
pH	7.5	7.7
CE	153.9	179.7
STD	66	59
Aceites y grasas	14	1
Bicarbonatos	51	66
Carbonatos	5	< 1 *
Cloruros	< 1.00 *	1.47
Fenol	0.12	0.11
Sulfatos	12.4	13.8
OD	6.4	5.32
Aluminio total	< 0.02 *	0.032
Cadmio total	< 0.002 *	< 0.002 *
Calcio total	24.1	126
Hierro total	0.07	0.012
Manganeso total	0.021	0.018
Níquel total	0.05	< 0.02 *
Plomo total	< 0.01 *	< 0.01 *
Zinc total	0.21	0.16
Cantidad	53	49
Longitud	5.3	4.6

Nota: *Valores no detectados por el límite de detección

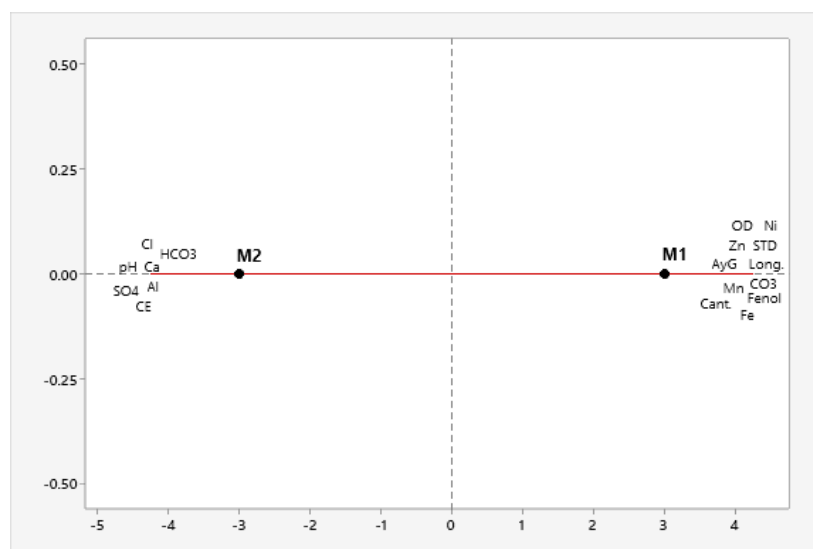


Gráfico 27. Diagrama del análisis de componentes principales (ACP) en el punto P-02.

En la Tabla 7 y el Grafico 28 se aprecian los valores significativos del análisis fisicoquímico y el crecimiento radicular en el punto P-03 por cada periodo de evaluación. En M2 se observa una asociación positiva de la longitud y cantidad radicular con las aguas con contenido de manganeso, sulfatos, conductividad eléctrica, plomo y calcio. Por su parte, los demás parámetros presentaron una relación negativa con el crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador.

Tabla 7. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-03

PARÁMETROS	P – 03		
	M1(junio)	M2(julio)	M3(enero)
pH	7.6	7.4	8.03
CE	312	368	247
STD	152	129	96
Aceites y grasas	10	4	< 1 *
Bicarbonatos	66	73	88
Carbonatos	5	< 1 *	< 1 *
Cloruros	4.38	5.08	4.72
Fenol	0.12	0.11	
Sulfatos	67.1	87.6	40.7
OD	6.02	6.32	6.72
Aluminio total	< 0.02 *	0.156	0.202
Cadmio total	< 0.002 *	0.093	< 0.002 *
Calcio total	109	243.1	28.1
Hierro total	0.142	0.113	0.111
Manganeso total	0.959	1.276	0.578
Níquel total	0.08	0.04	
Plomo total	0.47	0.94	< 0.010 *
Zinc total	1.21	1.1	1.1
Cantidad	38	44	24
Longitud	2.7	2.8	2.1

Nota: *Valores no detectados por el límite de detección

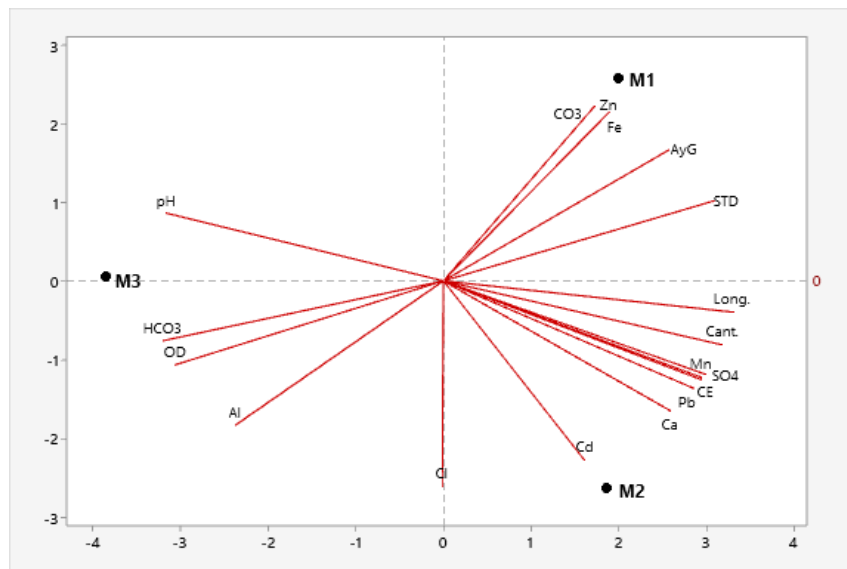


Gráfico 28. Diagrama del análisis de componentes principales (ACP) en el punto P-03

En relación al comportamiento fisicoquímico y el crecimiento radicular en el punto P-04, la Tabla 8 y el Gráfico 29, muestran para M1 una asociación negativa para la cantidad y longitud radicular de las concentraciones de sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, cloruros, plomo, níquel, calcio y hierro.

Presentando una asociación positiva con los demás parámetros en el crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador.

Tabla 8. Análisis fisicoquímico y crecimiento radicular del punto P-04

PARÁMETROS	P – 04	
	M1(junio)	M2(julio)
pH	7.4	7.4
CE	299	340
STD	569	573
Aceites y grasas	9	7
Bicarbonatos	60	60
Carbonatos	3	< 1 *
Cloruros	4.88	20.45
Fenol	< 0.10 *	0.1
Sulfatos	68.2	57.1
OD	6.25	6.25
Aluminio total	0.066	0.04
Cadmio total	< 0.002 *	< 0.002 *
Calcio total	27.2	238.2
Hierro total	0.178	0.268
Manganeso total	0.106	0.099
Níquel total	0.05	0.06
Plomo total	< 0.01 *	0.07
Zinc total	0.24	0.05
Cantidad	31	31
Longitud	3.3	2.8

Nota: *Valores no detectados por el límite de detección

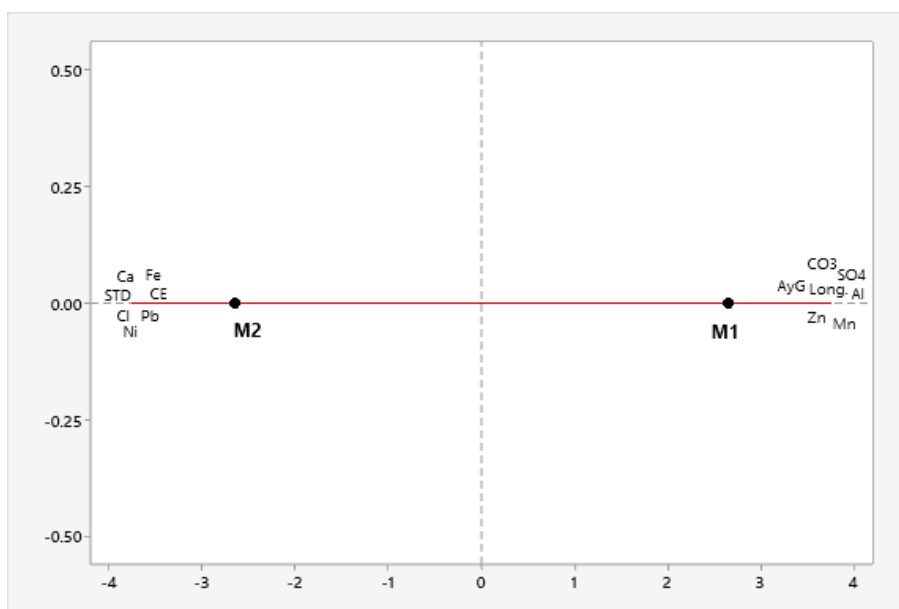


Gráfico 29. Diagrama del análisis de componentes principales (ACP) en el punto P-04

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación planteó como hipótesis que el crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana sí evidencia el cambio de las características fisicoquímicas del agua superficial. Para comprobarlo, se abordaron tres aspectos: la caracterización fisicoquímica del agua superficial, el crecimiento radicular del *Allium cepa* con participación ciudadana y los indicadores del crecimiento radicular de la especie para el uso como bioindicador.

5.1. Con respecto a la caracterización fisicoquímica del agua superficial de la quebrada Utcuyacu

A partir de los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y el Estándar de Calidad Ambiental para el agua (ECA) en la quebrada Utcuyacu, se ha encontrado parámetros que exceden el valor límite y diferencias significativas entre los puntos de monitoreo ubicados en la parte alta, media y baja de la quebrada, las cuales se encuentran influenciadas principalmente por características hidrogeológicas de la zona, la actividad minera, poblacional y agropecuaria.

En cuanto a los parámetros *in situ*, la quebrada presenta una temperatura variable de acuerdo a la hora de toma de muestra concordando con SENAMHI (2007), la que señala que este parámetro depende de las condiciones climáticas y las horas del día. Las aguas presentan valores de pH dentro del ECA, con un comportamiento ligeramente básico (7.5 a 7.7) con tendencia a la basicidad durante la época de avenidas (7.68 a 8.23). Los valores de OD también superan el ECA, sin embargo, se encuentra una diferencia entre valores de la parte alta, media y baja de la quebrada, ello presumiblemente se debe a la velocidad del agua. En la parte alta

(P-01 y P-02) han presentado valores bajos de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, a diferencia de la parte media (P-03) y baja (P-04) donde dichos valores se incrementan, siendo éstos influenciados por las actividades mineras y antropogénicas. Es preciso mencionar que durante la época de avenidas la conductividad eléctrica disminuye, esto coincide con lo señalado por Moreno & Vizconde (2006) quienes afirman que, a mayor caudal, mayor dilución, por tanto, hay menor conductividad eléctrica.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, los resultados de aceites y grasas, y el fenol exceden el valor límite del ECA en la categoría 3 a nivel de toda la quebrada. Ambos parámetros en condiciones naturales se deben a la descomposición de la vida acuática (INRENA, 1994) y en condiciones antropogénicas se deben a la contaminación de desechos industriales, aguas servidas, fungicidas y pesticidas. Por otro lado, en la parte media los valores de cadmio, manganeso y plomo exceden el valor establecido del ECA, siendo el plomo el que se encuentra también en la parte baja de la quebrada antes de la confluencia con el río Santa. Estos parámetros han sido encontrados en diversos estudios sobre la calidad de los recursos hídricos desde el 2000, asociándolos a las descargas de aguas residuales poblacionales, pasivos ambientales mineros, minería informal y características hidrogeológicas como lo afirman ANA (2016a) y Bauer et al. (2017). Dichas aseveraciones concuerdan con las condiciones que presenta la quebrada a lo largo de su trayectoria.

5.2. Con respecto al crecimiento radicular del *Allium cepa* como bioindicador en aguas superficiales con participación ciudadana

La participación ciudadana ha sido el componente primordial para el desarrollo de la investigación, a partir de la evaluación piloto y evaluación ciudadana se ha validado el uso del bioindicador como herramienta complementaria bajo el marco de la vigilancia ambiental ciudadana de las características fisicoquímicas del agua. La herramienta se validó mediante un taller participativo con los representantes designados de la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu, quienes a partir de un taller teórico donde se dieron a conocer los fundamentos de la investigación, el procedimiento y los primeros resultados de la evaluación piloto, lograron replicar la metodología en dos puntos de monitoreo dentro de la quebrada Utcuyacu. De esta manera, se pudo observar que si es posible que personas no especializadas con disposición e interés en la vigilancia ambiental tengan facilidad para el aprendizaje.

Mediante el análisis estadístico t-student se compararon los resultados obtenidos entre ambas evaluaciones, mostrando con un nivel confianza del 95% que no existe diferencia significativa entre los valores de cantidad y longitud radicular obtenida entre los puntos P-01 y P-03 (Anexo 8). En el grafico 30, se aprecia la variación del crecimiento radicular según la fase de evaluación entre los puntos de monitoreo, lo cuales coinciden con la época de estiaje y avenidas, obsérvese un menor crecimiento en la fase de evaluación ciudadana llevada a cabo durante la época de avenidas, ello concuerda con los resultados obtenidos por Borges et al. (2017).

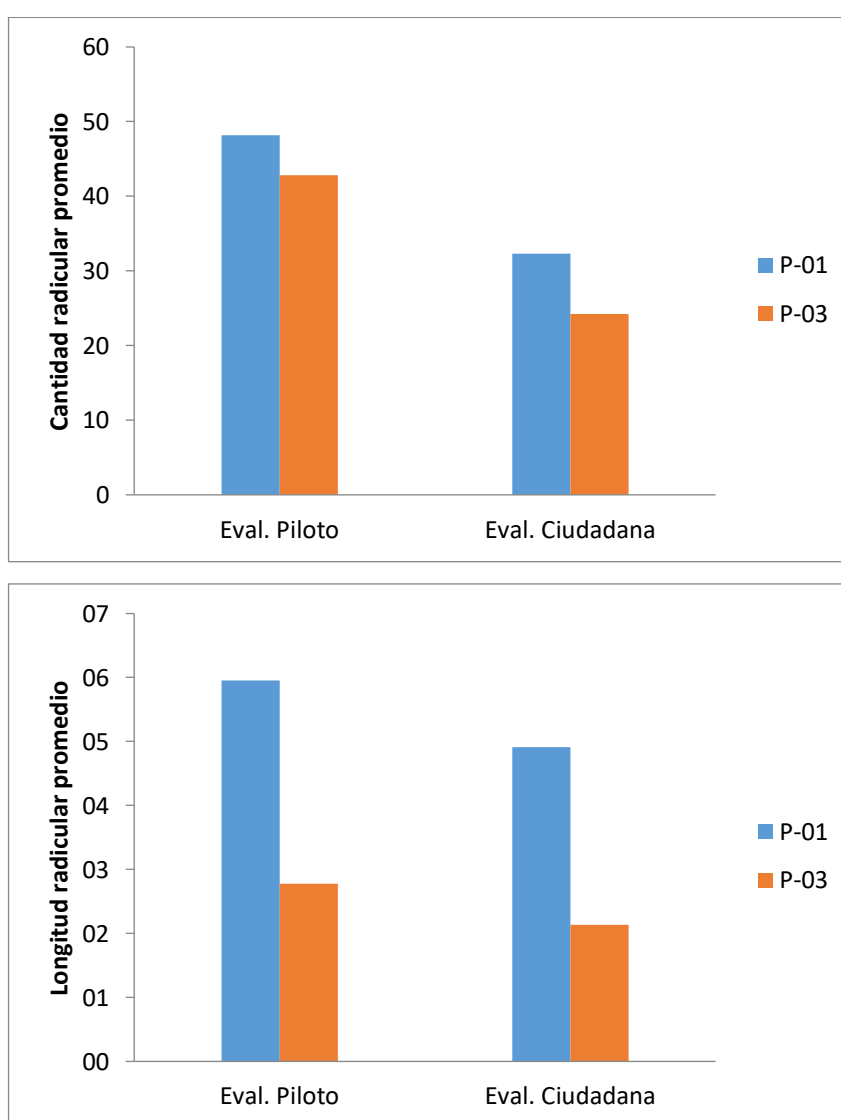


Gráfico 30. Variación del crecimiento radicular entre las fases

Finalmente, el porcentaje de inhibición según la Tabla 9 muestra que el punto P-03 presentó un mayor porcentaje con valores de 52% y 57% durante ambas fases

de evaluación, es menester mencionar que este punto se encuentra influenciado por drenajes de pasivos mineros. López et al. (2016) reporta valores similares de inhibición (51.1% y 71.41 %) de efluentes industriales sin tratar, mientras que Angulo (2015) presenta valores superiores de inhibición (67.3%, 72.1% y 94%) en tres quebradas influenciadas por descargas de aguas domésticas. Los tres tipos de efluentes muestran que más del 50% del *Allium cepa* es inhibida por la presencia de sustancias tóxicas, en consecuencia, es sensible a la alteración de las características fisicoquímicas naturales del agua.

Tabla 9. Porcentaje de inhibición según fase de evaluación

	Piloto	Ciudadana
P-01	0 %	0 %
P-02	13 %	
P-03	52 %	57 %
P-04	46 %	

5.3. Con respecto a los indicadores del crecimiento radicular del *Allium cepa* para el uso como bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana

El uso de *Allium cepa* como bioindicador *in situ* de las características fisicoquímicas del agua en la vigilancia ambiental ciudadana, ha demostrado que tanto la cantidad y longitud radicular en aguas limpias se produce por una estimulación a nivel celular que permite su desarrollo, tal como se ha demostrado con el punto de control (P-01). Pero, si el agua presenta variaciones en sus características fisicoquímicas o presenta sustancias tóxicas, dicho estímulo se inhibe o retrasa el crecimiento radicular (Díaz et al., 2008), lo cual se ve reflejado en el punto de monitoreo P-03 y P-04. Asimismo, de acuerdo al crecimiento radicular de los puntos de monitoreo en la fase de evaluación piloto y evaluación ciudadana (Gráfico 31), el orden del crecimiento según la cantidad radicular fue P-01 > P-02 > P-03 > P-04 mientras que según la longitud radicular fue P-01 > P-02 > P-04 > P-03, donde P-01 es el punto control, P-02 corresponde a aguas de la parte alta, el punto P-03 corresponde a aguas con influencia del drenaje de pasivos ambientales mineros y el punto P-04 corresponde a aguas con influencia de actividades poblacionales y agropecuarias. Dicho comportamiento es similar al estudio desarrollado por Duarte et al.(2014), Respreto et al. (2011) y Montes (2002); donde el menor crecimiento

radicular del *Allium cepa* se dio en los puntos influenciados por el desarrollo de actividades antropogénicas.

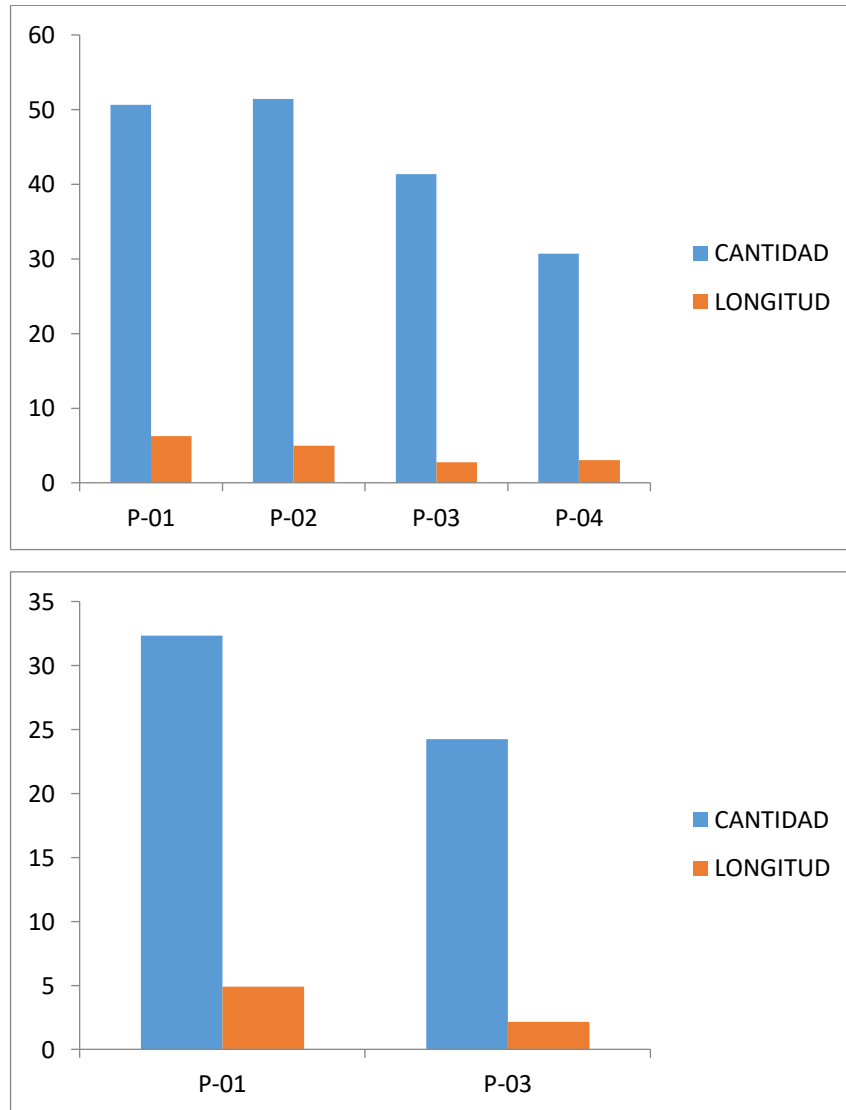


Gráfico 31. *Comportamiento del crecimiento radicular por punto de monitoreo y fase de evaluación*

Se ha observado también que a los cinco primeros días la longitud promedio alcanzada fue de 1.4 cm bajo condiciones ambientales, mientras que Respreto et al. (2011) reporta una longitud de 3.0 cm al cabo de tres días bajo condiciones de laboratorio. Si bien existe una diferencia significativa entre las condiciones bajo las cuales se desarrolla la prueba de la presente investigación, se ha observado una diferencia entre cada punto de monitoreo con respecto al punto de control.

Por otro lado, los resultados del crecimiento radicular mostraron que el punto de muestreo P-03 seguido del punto P-04 evidenciaron una reducción en el crecimiento de las raíces del bioindicador *Allium cepa* en todo el periodo de evaluación, esta reducción se debe a la presencia permanente de metales como el cadmio, manganeso y plomo en concentraciones que superan el ECA, mientras que los metales que no superan el ECA pero que si presentan mayor concentración en comparación con los demás puntos de muestreo son: aluminio, calcio, hierro, níquel, plomo y zinc. Esta reducción del crecimiento también fue observado por Fiskesjö (1985), Ochoa et al. (1992) y Duarte et al. (2014) quienes coinciden en aseverar que la presencia de contaminantes y sustancias químicas inhiben o retardan el normal desarrollo del *Allium cepa*.

Además, se ha observado durante el periodo de evaluación el cambio de color en la superficie del bioindicador *Allium cepa* tal como se muestra en la Fotografía 13, donde la coloración de la superficie del bioindicador ha adoptado un tono amarillento y negro al cabo de cinco días de exposición en los puntos P-03 y P-04, lo cual concuerda con O'Hare & Atterwill (1995) y Fiskesjö (1988), quienes aseveran que además de la longitud radicular, el cambio de color y la forma de la raíz son expresiones de los efectos tóxicos en el *Allium cepa*. En la Fotografía 13, se observa la diferencia entre el crecimiento de las raíces del punto P-01 y el punto P-04 a los 15 días de exposición, donde se observó la presencia de raíces tipo ganchillos en el punto P-04, lo cual es un indicativo de la presencia de sustancias tóxicas que influyen en el normal crecimiento de las raíces.



Fotografía 13. Comparación del crecimiento radicular en ambas fases de evaluación



Fotografía 14. *Comparación del crecimiento radicular en los puntos P-01 y P-04 a 15 días de exposición.*

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica del agua se ha realizado a través de 30 parámetros de calidad ambiental del agua, de los cuales 17 parámetros se encuentran dentro de los límites recomendables, 08 se encuentran por debajo del límite de detección y 05 parámetros presentan valores que exceden el límite sugerido por la norma, siendo ellos los aceites y grasas, el fenol, el cadmio, el manganeso y el plomo.

De acuerdo con los resultados de los parámetros de campo analizados, los valores de pH y oxígeno disuelto son variables en los cuatro puntos de monitoreo, presentando valores altos de dichos parámetros en la época de avenidas. Los parámetros de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y demanda bioquímica del oxígeno (DBO5), son mayores en los puntos de monitoreo ubicados en la parte media y baja de la quebrada Utcuyacu (P-03 y P-04) a diferencia de los puntos que se encuentran en la parte alta (P-01 y P-02). Las aguas de la parte alta (P-01 y P-02) presentan concentraciones de metales y otros parámetros muy bajos. Cabe mencionar que en dicha zona el desarrollo de actividades poblacionales y agropecuarias es mínima a excepción del pastoreo de ganado vacuno que se realiza por temporadas. En la parte media y baja de la quebrada (P-03 y P-04) se presentan concentraciones altas de metales debido a la presencia de pasivos ambientales mineros que se encuentran contiguos al cauce del río y a los aportes de las aguas poblacionales del centro poblado de Utcuyacu y de las actividades agropecuarias.

Las variaciones del crecimiento radicular del *Allium cepa* instalados directamente en los cuerpos de agua como bioindicador *in situ* para la vigilancia ambiental ciudadana de las características fisicoquímicas del agua superficial, es altamente perceptible a la vista humana, en el punto de control P-01 en un periodo de 30 días la cantidad radicular promedio alcanzada fue de 65 unidades y la longitud radicular promedio fue de 8.4 cm, a diferencia del punto P-03 con influencia de pasivos de actividad minera donde la cantidad radicular alcanzada fue de 53 y la longitud radicular de 3.4 cm. El mayor crecimiento radicular se evidenció en condiciones de calidad de agua natural y un menor crecimiento cuando existe una alteración de la calidad del agua.

El orden del crecimiento radicular promedio en términos de cantidad en la fase de evaluación piloto fue P-01 > P-02 > P-03 > P-04 y el orden de crecimiento promedio en términos de longitud radicular fue P-01 > P-02 > P-04 > P-03, mientras que en la fase de evaluación ciudadana el orden fue P-01 > P-3. Los puntos P-01 y P-02 corresponden a las aguas procedentes de la parte alta de la quebrada; el punto P-03 se encuentra influenciada por pasivos ambientales mineros (drenaje ácido de mina); y el punto P-04 se encuentra influenciado por actividades agropecuarias y poblaciones, ya que está ubicado próximo al punto de confluencia con un cuerpo mayor.

En consecuencia, se ha evidenciado que un cambio de las características fisicoquímicas del agua superficial sí influye en el crecimiento radicular del *Allium cepa*, el cual es reconocido como un bioindicador *in situ* en la vigilancia ambiental ciudadana. Debido a ello, los vigilantes comunales que fueron los representantes de la comunidad campesina San Miguel de Utcuyacu, participantes en la fase de evaluación ciudadana, han expresado su conformidad en el uso del *Allium cepa* como un bioindicador de fácil manejo y altamente perceptible y sensible a la alteración de la calidad del agua, mismo que es concordante con los resultados del análisis fisicoquímico realizado.

6.2 RECOMENDACIONES

- Ampliar estudios sobre bioensayos empleando plantas nativas de la zona que presenten un alto grado de sensibilidad a contaminantes y que cuenten con parámetros macroscópicos que sean perceptibles a la vista humana.

- Para ubicar los puntos de muestreo e instalación del bioindicador, se debe tener en cuenta los criterios de seguridad y buena accesibilidad, cauce con suave pendiente y con profundidad mayor a 15 cm.
- Se recomienda usar el *Allium cepa* por un periodo de evaluación máximo de 30 días, debido a que partir de este periodo el crecimiento radicular es menor y empieza el proceso de putrefacción.
- El bulbo del *Allium cepa* para ser usado como bioindicador es recomendable que tenga un diámetro entre 1.5 a 2 cm y que sean uniformes, debido a que si es más pequeño el proceso de putrefacción es más rápido y no ayudaría en la evaluación. Y si el diámetro es mayor, la dificultad se presenta en que el bulbo no se mantenga flotando en el bastidor por el peso.
- Realizar el monitoreo de parámetros de campo como pH, temperatura, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto en cada periodo de renovación del bioindicador.
- Utilizar un mínimo 12 muestras del *Allium cepa* para realizar la vigilancia ambiental ciudadana debido a que alrededor del 25% de los bulbos se pierden y descartan durante el periodo de evaluación.
- En el tratamiento del dato se debe descartar las muestras que presentan datos extremos o anómalos con el fin de evitar la dispersión de los datos, el porcentaje de muestras no representativas en la investigación ha sido del 25%.
- Durante la vigilancia ambiental en una quebrada empleando *Allium cepa* in situ, necesariamente se debe incluir un punto de control aguas arriba para poder comparar con dicho punto las condiciones del agua de los otros puntos de muestreo.
- En la vigilancia ciudadana se debe comunicar a la población del área de estudio sobre el programa de monitoreo con el fin de evitar la alteración de las instalaciones y garantizar su conservación en el periodo de monitoreo de estudio. Asimismo, Informar los resultados de la vigilancia ambiental ciudadana preferentemente a todos los miembros de la comunidad.
- Emplear formatos para el registro de datos del crecimiento radicular del procesamiento y análisis de datos para ser analizados por la propia población.

- Realizar estudios sobre la influencia de la calidad del agua en la coloración del bulbo, formación de tumores en las raíces y coloración del ápice de las raíces del *Allium cepa*.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aldana, M. (2016). *Marco Legal de la Participación Ciudadana en la Gestión Ambiental*. 64.
- ANA. (2016a). Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos. R.J. N° 042-2016-ANA. In *Ana.gob.pe* (Issue http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._042-2016-ana.pdf). www.ana.gob.pe
- ANA. (2016b). *Glosario de Términos sobre recursos Hídricos*.
- ANA. (2018). *Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales*. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2439>
- ANA. (2020). *Lineamientos para la Elaboración de los Diagnósticos de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4515>
- Andrioli, N. (2011). *Tesis Doctoral Evaluación de agentes químicos con potencial genotóxico en células meristemáticas de Allium cepa*. "Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. <http://digital.bl.fcen.uba.ar>."
- Angulo, R. (2015). Estudio Diagnóstico de la Ecotoxicidad de Afluentes del Río Guadalquivir , en el área comprendida entre Las Tipas y El Angosto de San Luis , Provincia Cercado – Tarija. *Acta Nova*, 7(1), 28–46. <https://goo.gl/RQzKZL>
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. In C. P. de I. S. y C. del A. (CEPIS/OPS) (Ed.), *Tratamiento de agua para consumo humano. Planta de filtración rápida . Manual I: Teoría: Vol. I* (Issue 4, pp. 1–54).
- Bauer, J., Castro, J., & Chung, B. (2017). Calidad del agua. In *El agua en el Perú: Situación y perspectivas*. (Vol. 4, Issue 7). <https://doi.org/10.29057/esat.v4i7.2202>
- Beltran, R. (2005). *Programa de mejoramiento ambiental para la Campaña de Moche (La Libertad, Perú)*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Borges, F., Souza, E., & Pinho, J. (2017). Análise da Toxicidade por Alterações no Crescimento Radicular de *Allium cepa* expostas em águas do rio Pericumãma. *Revista Interdisciplinar de Ciências Médicas*, 1.

- Cardenas, A. (2006). *Implementación de un biomonitoreo participativo de calidad de agua para la sostenibilidad social y ambiental del canal de riego Campanario*.
- Castillo, G. (2004). Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarizacion, intercalibracion, resultados y aplicaciones. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Contero, R., & Felicita, O. (2006). Utilización de bioensayos para la determinación de contaminación en agua de riego en la cuenca del río Granobles. *La Granja*, 4(1), 38. <https://doi.org/10.17163/lgr.n4.2005.05>
- Coral, B. (2014). *Evaluación de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, Distrito de Independencia-Huaraz-2013-2014*. Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo."
- DAR. (2017). *Calidad del Agua en el Perú: Retos y aportes para una gestion sostenible en aguas residuales*. (Primera ed).
- Derechos Humanos Sin Frontera. (2017). *Gestión Ambiental Comunitaria. Aprendiendo sobre Gestión, Vigilancia y Monitoreo Ambiental Participativo* (Segunda ed). http://democraciaglobal.org/wp-content/uploads/Tomo-4_optimize.pdf
- Diaz, M., Ronco, A., & Pica, Y. (2008). Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla *Allium cepa* L mediante la evaluación de la inhibición del crecimiento promedio de raíces Reactivos y soluciones. In *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México* (pp. 33–40).
- Duarte, M., Nogueira, M., Paschoal, C., Miranda, A., Monsore, G., Costa, L., Braga, E., Braga, B., & Rodrigues, W. (2014). Avaliação da qualidade ambiental através do teste da cebola (*Allium cepa* L.) Exposta diretamente em leito de rios urbanos. *Revista Eletrônica TECCEN*, 7(1/2), 05–10. <https://doi.org/10.21727/teccen.v7i1/2.792>
- Fiskesjö, G. (1985). The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102(1), 99–112. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x>

- Fiskesjö, G. (1988). The Allium test - an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal ions. *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 197(2), 243–260. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(88\)90096-6](https://doi.org/10.1016/0027-5107(88)90096-6)
- Flores, D. (2018). *Ecología Aplicada ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del*. 1–13.
- Garcés, R. J. (2013). Implementación de una técnica biológica para determinar niveles de toxicidad aplicando *Daphnia Magna* (crustácea: cladóceras) en el agua de vertiente utilizada en el sector de Huachi La Libertad. *Animal Diversity Web*.
- Gonzales, C., Vallarino, A., Pérez, J., & Low, A. (2014). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (Primera ed).
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*.
- INGEMMET. (2009). *Riesgos Geológicos en la región Ancash. Geodinámica e Ingeniería Geológica* (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (ed.); Primera ed).
- INGEMMET. (2018). *Atlas Catastral, geológico, Minero y Metalúrgico*.
- INRENA. (1994). *INRENA, 1994.pdf*.
- The effect of Colchicine on root mitoses in Allium, 24 *Hereditas* 471 (1938). https://www.researchgate.net/publication/229584805_The_effect_of_colchicine_on_root_mitoses_in_Allium/citation/download
- Leyva, M. (2017). *Capacidad secuestradora de metales pesados en el sedimento del humedal alto andino Collotacocha-Canrey-Recuay-Ancash, período Abril-Setiembre 2015*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Loayza, R. (2014). Calidad de agua en cabeceras de cuencas altoandinas en el contexto de cambio climático. *Globalmark*.
- López, E., García, B., Larroudé, V., Picicelli, R., Reynoso, C., & Ramírez, E. (2016). Uso del allium cepa test como indicador de eficacia para el tratamiento de efluentes. *Ciencia y Tecnología*, N° 16, 81–89.
- MINAM. (2009). *Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales*.
- MINEM. (2019). *Actualizan Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*.

- Montes, I. (2002). *Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda, Mayo 2000-Mayo 2001*. [Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo"]. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2010.159>
- Moreno, Y., & Vizconde, J. (2006) *Bioacumulacion de metales pesados en leche de ganado vacuno en el area de influencia del pasivo ambiental de Chahuapampa- Utcuyacu- Catac*. [Universidad Nacional «Santiago Antunez de Mayolo»]
- O'Hare, S., & Atterwill, C. (1995). *In vitro toxicity testing protocols* (43rd ed.).
- Ochoa, L., Leyton, C., Sans, J., & Pepper, I. (1992). Efecto del plomo en crecimiento radicular A. cepa.pdf. *Agricultura Técnica*, 52(3), 313–319.
- Respreto, R., Ortiz, M., & Reyes, D. (2011). Pruebas de ecotoxicidad para establecer el potencial genotóxico del hipoclorito de sodio, mediante bulbos de cebolla *Allium cepa* L y semillas de lechuga *Lactuca sativa* L como bioindicadores. *Revista ITECKNE - Innovación e Investigación En Ingeniería.*, 8(1), 7–14.
- Rosane, M. (2009). *Uso de bioindicadores para el control de corrientes de desechos*. Universidad nacional de la Pampa.
- Sánchez, G., & Vera, G. (2001). Manual Introductorio de Ecotoxicología Acuática. *Instituto Del Mar Del Perú*, 161, 1–40.
- SENAMHI. (n.d.). *Mapa Climático Nacional*. Retrieved June 16, 2020, from <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- SENAMHI. (2007). *Monitoreo de la calidad de aguas superficiales en el Perú*.
- Sobrero, M. C. (2017). *Estudio de la fitotoxicidad de metales pesados y del herbicida glifosato en ambientes acuáticos*. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/5246/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO 1

Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida
Vi: Características fisicoquímicas del agua superficial.	<p>Son las características que influyen en las condiciones y la aceptabilidad del agua, así como los elementos químicos presentes.</p>	<p>Medición de la concentración de parámetros físicos y químicos del agua.</p>	<p>T°, pH, STD, CE, aceites y grasas, bicarbonatos, carbonatos, cianuro wad, cloruros, fenol, fluoruros, fosfato, sulfatos, sulfuros. Además de DBO5, DQO, OD, nitratos, nitritos, Al, As, Cd, Cl, Cu, Fe, Mg, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn, y cromo VI.</p>	<p>°C, ppm, uS/cm, mg/l según corresponda</p>
Vd: Crecimiento radicular del <i>Allium cepa</i>.	<p>Desarrollo fisiológico de la raíz.</p>	<p>Medición del crecimiento radicular expresado en cantidad y longitud radicular.</p>	<p>Cantidad radicular Longitud radicular</p>	<p>Unidad Centímetros (cm)</p>

ANEXO 2

Formato de recolección de datos

Tesis de pregrado:
"Evaluación del uso del *Allium cepa* como bioindicador in situ de la calidad fisicoquímica del agua en la quebrada Utcuyacu - Cántac, 2018 - 2019"
REGISTRO DE CRECIMIENTO RADICULAR

Subcuenca: Quebrada Utcuyacu
 Punto de monitoreo: P-01
 Realizador por: Yurfa M. Espinoza Mena
 Responsable: Yurfa M. Espinoza Mena
 Fecha:
 N° Día:

Subcuenca: Quebrada Utcuyacu
 Punto de monitoreo: P-01
 Realizador por: Yurfa M. Espinoza Mena
 Responsable: Yurfa M. Espinoza Mena
 Fecha:
 N° Día:

Codigo	Cantidad	Raíz	
		Long. Maxima	Long. Mínima
C-1-1			
C-1-2			
C-1-3			
C-1-4			
C-1-5			
C-1-6			
C-1-7			
C-1-8			
C-1-9			
C-1-10			
C-1-11			
C-1-12			
C-1-13			
C-1-14			
C-1-15			
C-1-16			
C-1-17			
C-1-18			
C-1-19			
C-1-20			

Observacion:

Codigo	Cantidad	Raíz	
		Long. Maxima	Long. Mínima
C-1-1			
C-1-2			
C-1-3			
C-1-4			
C-1-5			
C-1-6			
C-1-7			
C-1-8			
C-1-9			
C-1-10			
C-1-11			
C-1-12			
C-1-13			
C-1-14			
C-1-15			
C-1-16			
C-1-17			
C-1-18			
C-1-19			
C-1-20			

Observacion:

ANEXO 3

**Solicitud de autorización de desarrollo de
investigación**

"Año de la lucha contra corrupción e impunidad"

Solicito: Autorización de acceso e información con fines de investigación

Sra.
ALVARADO GLORIA CARMEN
PRESIDENTA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MIGUEL DE UTCUYACU

Yo, **YURFA MILAGROS ESPINOZA MENA**, identificado con DNI 71980929, con domicilio en el Jr. Leonisa Lescano N° 603-Huaraz, celular RPC 954782335, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental (EPIA) de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" (UNASAM), con código universitario 091.0605.019, ante Ud., con el debido respeto me presento y expongo:

Qué, considerando la importancia del agua como recurso principal en la vida diaria, se plantea desarrollar la tesis de investigación de pregrado denominada "Evaluación del uso de *Allium cepa* como bioindicador in situ de la calidad fisicoquímica del agua en la quebrada Utcuyacu-Catac, 2019", lo cual va a permitir determinar si es posible el uso de *Allium cepa* como indicador de la calidad del agua y como una herramienta de vigilancia ambiental complementaria y de fácil acceso de la población. Por lo tanto, **solicito** a usted señora presidenta **autorice mi acceso** a la quebrada Utcuyacu con fines de desarrollar la investigación para lo cual requiero que los pobladores de su comunidad respeten y cuiden el desarrollo de la investigación, así mismo **solicito** también me brinde **información** con respecto a las características físicas, sociales y económicas que se llevan a cabo dentro del ámbito de la quebrada. El compromiso que asumo es brindar informe final sobre el desarrollo de la investigación para su conocimiento.

POR LO EXPUESTO:

Agradezco su atención y expreso mis muestras de estima y consideración.

Huaraz, 13 de mayo del 2019


Bach. **YURFA MILAGROS ESPINOZA MENA**
EPIA - FCAM - UNASAM
Código: 091.0605.019

Recibido
Fecha: 13-05-19
Hora: 12:47 p.m.
Miraflores
Cajera.

ANEXO 4

**Informe de ensayo
Análisis de calidad fisicoquímica del agua**



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



INFORME DE ENSAYO AG190221

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
 Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
 Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : Sector Umatitico - Catac - Cotaparaco
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190143

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Junio/2019
 Fecha de análisis : 12 de Junio al 19 de Junio/2019
 Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 02
					Fecha de muestreo ¹	12/06/2019
					Hora de muestreo ¹	10:30
					Código del Laboratorio	AG190248
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		14
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		51
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		5
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN	Acido barbitúrico-pindincarboxílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		< 1.00
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		153.9
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.12
FQ19	Fluoruros	mg/l F	Alzafine complexone (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		8.10
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		12.4
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		< 1
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.40
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		< 0.020
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadon (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		24.1
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.070
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.021
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétones de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.05
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.21
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C.
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065



INFORME DE ENSAYO AG190222

Registro N° LE - 065

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : C.P. Utcuyaco - Catac - Inicio
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190143

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Junio/2019
Fecha de análisis : 12 de Junio al 19 de Junio/2019
Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 03
					Fecha de muestreo ¹	12/06/2019
					Hora de muestreo ¹	12-51
					Código del Laboratorio	AG190249
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Acetiles y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		10
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		66
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		5
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Acido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		<0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.38
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2017	.....		312.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.12
FQ19	Fluoruros	mg/l F ⁻	Alzarine complexona (*)	0.10		<0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		<0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		8.28
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		67.1
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		<0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		<1
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		<25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.02
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		<1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		<0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		<0.020
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		0.018
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		<0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		109.0
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		<0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.142
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		<5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.959
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cetone de Michler (*)	0.025		<0.025
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.08
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		0.470
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		1.21
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		<0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos corroborados por el cliente

² Resultados reportados a 25 °C

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

INFORME DE ENSAYO AG190223

CLIENTE Razon Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Direccion : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atencion : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : C.P. Utcuyacu - Catac - Final
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190143

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Junio/2019
Fecha de análisis : 12 de Junio al 19 de Junio/2019
Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 04
					Fecha de muestreo ¹	12/06/2019
					Hora de muestreo ¹	13.46
					Código del Laboratorio	AG190250
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		9
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	Titulación (*)	1		60
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃	Titulación (*)	1		3
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Ácido barbitúrico-piridincarboxílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.88
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2017	.....		299.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		< 0.10
FQ19	Fluoruros	mg/l F	Alzarine complexona (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		7.53
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		68.2
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		< 1
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.25
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.066
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		0.011
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		27.2
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.178
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.106
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétones de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.05
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.24
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ^{VI}	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

² Resultados reportados a 25 °C.

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



Registro N.º LE - 065

INFORME DE ENSAYO AG190288

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : Quebrada Purus - Distrito de Catac - Recuay
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190184

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Julio/2019
Fecha de análisis : 12 de Julio al 19 de Julio/2019
Cotización N° : CO190313

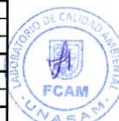
CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 01
					Fecha de muestreo ¹	12/07/2019
					Hora de muestreo ¹	13.07
					Código del Laboratorio	AG190331
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		3
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		88
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Acido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.88
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		237.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.10
FQ19	Fluoruros	mg/l F	Alizarine complexone (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		8.60
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		19.5
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		2
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		5.68
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.032
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		196.4
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.056
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.023
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétones de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.02
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.12
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

² Resultados reportados a 25 °C.

Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition: 2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 840020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



Registro N° LE - 065

INFORME DE ENSAYO AG190220

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : Quebrada Purus - Distrito de Catac - Provincia de Recuay
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190143

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Junio/2019
Fecha de análisis : 12 de Junio al 19 de Junio/2019
Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 01
					Fecha de muestreo ¹	12/06/2019
					Hora de muestreo ¹	11:49
					Código del Laboratorio	AG190247
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		12
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		72
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		6
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Acido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		< 1.00
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		214.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		< 0.10
FQ19	Fluoruros	mg/l F ⁻	Alzarine complexone (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ -P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		8.32
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		18.5
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		< 1
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		5.94
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		< 0.020
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38.405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		30.0
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.084
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500.Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.039
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cátone de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.06
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.28
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

² Resultados reportados a 25 °C.

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



INFORME DE ENSAYO AG190289

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : Sector Umattino - Catac - Cotaparaco
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190184

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Julio/2019
Fecha de análisis : 12 de Julio al 19 de Julio/2019
Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 02
					Fecha de muestreo ¹	12/07/2019
					Hora de muestreo ¹	11:05
					Código del Laboratorio	AG190332
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		1
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		66
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Ácido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		1.47
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2017	.....		179.7
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.11
FQ19	Fluoruros	mg/l F ⁻	Alzarin complexona (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		7.99
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		13.8
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅		1		2
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		5.32
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.032
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		126.0
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.012
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.018
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cétones de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		< 0.02
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.16
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ^{VI}	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C.
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huarez- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



Registro N° LE - 065

INFORME DE ENSAYO AG190290

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : C.P. Utcuyaco - Catac - Inicio
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190184

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Julio/2019
Fecha de análisis : 12 de Julio al 19 de Julio/2019
Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 03
					Fecha de muestreo ¹	12/07/2019
					Hora de muestreo ¹	12:15
					Código del Laboratorio	AG190333
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		4
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		73
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Acido barbitúrico-piridincarbonílico (*)	0.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		5.08
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		368.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.11
FQ19	Fluoruros	mg/l F ⁻	Alzarine complejone (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2012 (*)	.....		7.92
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		87.6
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		4
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.32
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	Nitrospectral (*)	1.0		< 1.0
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.156
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cation (*)	0.002		0.093
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		243.1
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.113
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		1.276
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cátone de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.04
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		0.940
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		1.10
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huacach - Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



INFORME DE ENSAYO AG190291

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
 Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
 Atención : Milagros Espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
 Procedencia : C.P. Utcuyacu - Catac - Final
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190184

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
 Referencia: : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 12 Julio/2019
 Fecha de análisis : 12 de Julio al 19 de Julio/2019
 Cotización N° : CO190313

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 04
					Fecha de muestreo ¹	12/07/2019
					Hora de muestreo ¹	13:50
					Código del Laboratorio	AG190334
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		7
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	Titulación (*)	1		60
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃	Titulación (*)	1		< 1
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN ⁻	Ácido barbitúrico-piridincarboxílico (*)	1.002		< 0.002
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		20.45
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B - Versión 2017	.....		340.0
FQ18	Fenol	mg/l Fenol	MBTH (*)	0.10		0.10
FQ19	Fluoruros	mg/l F ⁻	Alzarine complexone (*)	0.10		< 0.10
FQ20	Fosfato	mg/l PO ₄ ³⁻ - P	Vanadatomolibdato (*)	0.010		< 0.010
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B - Versión 2012 (*)	.....		6.89
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		57.1
FQ34	Sulfuros	mg/l S ²⁻	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.020		< 0.020
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B (*)	1		3
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		< 25
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.25
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU04	Nitratos	mg/l NO ₃	Nitrospectral (*)	1.0		1
NU05	Nitritos	mg/l NO ₂	Reacción Griess (*)	0.007		< 0.007
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.04
MT03	Arsénico total	mg/l As	DIN - 38 405 (*)	0.010		< 0.010
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		238.2
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02		< 0.02
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.268
MT18	Magnesio total	mg/l Mg	APHA 3500-Mg E (*)	5.0		< 5.0
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.099
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cénone de Michler (*)	0.025		< 0.025
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02		0.06
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		0.070
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.05
MT33	Cromo VI	mg/l Cr ⁶⁺	Difenilcarbazida (*)	0.010		< 0.010

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

¹ Datos proporcionados por el cliente

² Resultados reportados a 25 °C.

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

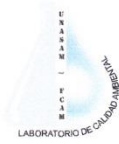


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirigidas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



INFORME DE ENSAYO AG200060

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Río
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : C.P. Utcuyaco - Catac - Final
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200021

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Enero/2020
Fecha de análisis : 20 de Enero al 27 de Enero/2020
Cotización N° : CO200041

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 03
					Fecha de muestreo ¹	20/01/2020
					Hora de muestreo ¹	12:42
					Código del Laboratorio	AG200060
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		1
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		74
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ10	Cloruros	mg/l Cl	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.32
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		263
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2017 (*)	.....		7.68
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		55.7
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.24
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.171
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		39.5
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.118
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaloxina (*)	0.010		0.107
MT24	Piomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.32

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C.
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017
 NOTA:
 I. Tiempos de perecibilidad de las muestras:
 a) Conductividad = 28 días

Huaraz, 27 de Enero de 2020



Msc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Costanera N°200-Huaraz-Ancash. Telf: 0271 431-101. Cel. 914632754 / 948915005 RPN. # 948915025
 E-mail: labicam@redmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



Registro N° LE - 065

INFORME DE ENSAYO AG200059

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Rio
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : C.P. Ucuyaco - Catac - Inco
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200021

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20 /Enero/2020
Fecha de análisis : 20 de Enero al 27 de Enero/2020
Cotización N° : CO200041

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 02
					Fecha de muestreo ¹	20/01/2020
					Hora de muestreo ¹	14:43
					Código del Laboratorio	AG200059
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		< 1
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		88
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.72
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		247.0
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2017 (*)	.....		8.03
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		40.7
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICO						
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.72
MT METALES TOTALES						
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.202
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		28.1
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.111
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.578
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		1.1

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C.
 Leyenda: APHA: Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017
 NOTA:
 I. Tiempos de perecibilidad de las muestras:
 a) Conductividad = 28 días

Huaraz, 27 de Enero de 2020



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 840020 - Anexo 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: leofcam@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 065**



Registro N° LE - 065

INFORME DE ENSAYO AG200058

CLIENTE Razón Social : MILAGROS ESPINOZA MENA
Dirección : Jr. Leoniza Lezcano N° 603
Atención : Milagros espinoza Mena

MUESTRA Producto declarado : Agua de Riachuelo
Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial
Procedencia : Quebrada Purus - Distrito de Catac - Provincia de Recuay
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC200021

MUESTREO Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia : No indica

LABORATORIO Fecha de recepción : 20/Enero/2020
Fecha de análisis : 20 de Enero al 27 de Enero/2020
Cotización N° : CO200041

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P - 01
					Fecha de muestreo ¹	20/01/2020
					Hora de muestreo ¹	14:01
					Código del Laboratorio	AG200058
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ01	Aceites y Grasas	mg/l	APHA 5520 B (*)	1		4
FQ04	Bicarbonatos	mg/l HCO ₃ ⁻	Titulación (*)	1		94
FQ05	Carbonatos	mg/l CO ₃ ²⁻	Titulación (*)	1		< 1
FQ10	Cloruros	mg/l Cl ⁻	APHA 4500-Cl B (*)	1.00		4.52
FQ12	Conductividad ² (en laboratorio)	µS.cm ⁻¹	APHA 2510 B -Versión 2017	.....		159.0
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B -Versión 2017 (*)	.....		8.23
FQ33	Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	1.0		5.5
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB03	Oxígeno Disuelto (en laboratorio)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01		6.50
MT	METALES TOTALES					
MT01	Aluminio total	mg/l Al	Cromoazurol S (*)	0.020		0.040
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cadion (*)	0.002		< 0.002
MT09	Calcio total	mg/l Ca	APHA 3500-Ca D (*)	0.1		25.0
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005		0.027
MT19	Manganeso total	mg/l Mn	Formaldoxina (*)	0.010		0.032
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010		< 0.010
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.07

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA
¹ Datos proporcionados por el cliente
² Resultados reportados a 25 °C.
 Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

NOTA:
 I. Tiempos de perecibilidad de las muestras:
 a) Conductividad = 28 días

Huaraz, 27 de Enero de 2020



Mario Leyva Collas
MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaczo-Ancaez, Telef. 043 846020 - Anexos: 3602-3591 - Cel. 944-432754
 E-mail: labicam@hotmail.com

ANEXO 5

**Resultados de la prueba ANOVA para la cantidad
radicular**

ANOVA de la cantidad radicular en la fase de evaluación piloto.

Día	Suma de cuadrados	gl	MS	F	Sig.
D5	267,431	3	89,144	1,673	,178
D10	4659,779	3	1553,260	23,815	,000*
D15**					,000*
D20	9379,583	3	3126,528	16,611	,000*
D25	7854,206	3	2618,069	9,629	,000*
D30	6070,897	3	2023,632	6,901	,000*
D35	7335,565	3	2445,188	8,217	,000*
D40	24929,140	3	8309,713	28,210	,000*

*Existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

**Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

T-student de la cantidad radicular en la fase de evaluación ciudadana.

Día	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
D10	1,162	4	,310	6,000	5,164
D20	1,842	4	,139	11,000	5,972
D30	1,046	4	,354	7,333	7,008

ANEXO 6

**Resultados de la prueba ANOVA para la longitud
radicular**

Kruskall Wallis de la longitud radicular en la fase de evaluación piloto.

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de D5 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D10 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D15 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D20 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D25 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D30 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D35 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de D40 es la misma entre las categorías de los puntos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula

T-student de la longitud radicular en la fase de evaluación ciudadana.

Día	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
D10	1,911	4	,129	1,1250	,5886
D20	1,318	4	,258	1,1333	,8596
D30	6,861	6	,000	3,9533	,5762

ANEXO 7

Resultados de la prueba Post Hoc

Cantidad radicular por día de evaluación entre todos los puntos de monitoreo y control en la fase de evaluación piloto.

Prueba HSD Tukey

Día	Punto control (I)	Punto de monitoreo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
D10	P-01	P-02	-3,37	2,198	,421	-9,11	2,37
		P-03	3,17	2,219	,484	-2,62	8,96
		P-04	13,59*	2,142	,000	8,00	19,18
D15**	P-01	P-02			,134		
		P-03			1,000		
		P-04			,000*		
D20	P-01	P-02	-5,069	3,737	,530	-14,84	4,70
		P-03	1,480	3,861	,981	-8,61	11,57
		P-04	20,643*	3,816	,000	10,67	30,62
D25	P-01	P-02	-5,124	4,333	,639	-16,45	6,20
		P-03	10,734	4,698	,109	-1,55	23,01
		P-04	17,690*	4,760	,002	5,25	30,13
D30	P-01	P-02	3,308	4,749	,898	-9,12	15,73
		P-03	11,398	4,902	,100	-1,43	24,22
		P-04	20,752*	4,961	,000	7,77	33,73
D35	P-01	P-02	3,423	4,784	,891	-9,10	15,94
		P-03	15,760*	4,883	,009	2,98	28,54
		P-04	22,253*	5,207	,000	8,63	35,88
D40	P-01	P-02	11,817	4,905	,083	-1,04	24,67
		P-03	28,600*	5,149	,000	15,11	42,09
		P-04	44,350*	5,149	,000	30,86	57,84

* La diferencia de media es significativa en el nivel 0.05

** Prueba de Kruskal Wallis

Longitud radicular por día de evaluación entre todos los puntos de monitoreo y control en la fase de evaluación piloto

Prueba de Kruskal Wallis

Día	Punto control	Punto de monitoreo	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
D5	P-01	P-02	1,887	8,927	,211	,833	1,000
		P-03	43,750*	8,609	5,082	,000	,000
		P-04	11,103	9,084	1,222	,222	1,000
D10	P-01	P-02	-7,605	8,358	-,910	,363	1,000
		P-03	40,826*	8,215	4,970	,000	,000
		P-04	19,784	8,707	2,272	,023	,138
D15	P-01	P-02	-5,955	9,112	-,654	,513	1,000
		P-03	46,810*	8,685	5,390	,000	,000
		P-04	60,491*	9,909	6,105	,000	,000
D20	P-01	P-02	-1,792	8,873	-,202	,840	1,000
		P-03	56,381*	8,519	6,619	,000	,000
		P-04	67,212*	9,992	6,726	,000	,000
D25	P-01	P-02	6,289	8,834	,712	,476	1,000
		P-03	59,278*	8,262	7,175	,000	,000
		P-04	67,316*	10,092	6,670	,000	,000
D30	P-01	P-02	22,791*	8,528	2,672	,008	,045
		P-03	64,130*	8,118	7,899	,000	,000
		P-04	57,852*	9,703	5,962	,000	,000
D35	P-01	P-02	25,046*	8,050	3,111	,002	,011
		P-03	66,255*	8,396	7,891	,000	,000
		P-04	38,128*	9,286	4,106	,000	,000
D40	P-01	P-02	37,935*	7,909	4,797	,000	,000
		P-03	63,904*	7,988	8,000	,000	,000
		P-04	48,329*	9,541	5,065	,000	,000

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

ANEXO 8

**Prueba t de student de muestras independientes
para cantidad y longitud radicular.**

Prueba t para la igualdad de medias de la cantidad radicular de la fase de evaluación piloto y ciudadana.

		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
P-01	Se asumen varianzas iguales	1,286	4	,268	16,000	12,445
	No se asumen varianzas iguales	1,286	3,613	,275	16,000	12,445
P-03	Se asumen varianzas iguales	1,726	4	,160	18,3333	10,6249
	No se asumen varianzas iguales	1,726	3,758	,164	18,3333	10,6249

Prueba t para la igualdad de medias de la longitud radicular de la fase de evaluación piloto y ciudadana.

		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
P-01	Se asumen varianzas iguales	,504	4	,641	1,0333	2,0505
	No se asumen varianzas iguales	,504	3,787	,642	1,0333	2,0505
P-03	Se asumen varianzas iguales	,942	4	,400	,6667	,7079
	No se asumen varianzas iguales	,942	4,000	,400	,6667	,7079

ANEXO 9

**Propuesta de vigilancia ambiental ciudadana del
agua superficial mediante el uso del *Allium cepa*
como bioindicador**

En relación con la interpretación de los datos obtenidos en la evaluación ciudadana a partir de la evaluación piloto, se proponen ciertos criterios que debieran cumplirse para el logro del uso del *Allium cepa* como bioindicador bajo el marco de la vigilancia ambiental ciudadana. Dado que el crecimiento de las raíces del *Allium cepa* se relaciona con las características fisicoquímicas del agua, es decir, que si las condiciones del agua no presentan alguna alteración el crecimiento será uniforme, pero en caso contrario se observará una inhibición o retraso en el crecimiento radicular entre el punto de monitoreo y el punto de control establecido, ello es indicativo de una alteración en el agua.

Es trascendental mencionar, que la aplicación de la herramienta de vigilancia ambiental requiere de una organización bien constituida, predispuesta y con el compromiso de continuar con la actividad de vigilancia. Durante la primera charla se evidencio el interés de las participantes por conocer el estado de la calidad del agua mediante la herramienta propuesta, sin embargo, previo a la ejecución fue difícil mantener ese interés y predisposición de tiempo para realizar el acompañamiento, por lo que es necesario construir el capital social que resuelva desafíos (Flores, 2018). Cabe mencionar, que la presente investigación no afirma que la información obtenida pueda ser adoptada para una denuncia ambiental, sino que permite generar una alerta de contaminación, en la tabla 9 se detallan los principales criterios para la implementación del sistema de vigilancia ambiental usando el *Allium cepa* como bioindicador *in situ*.

Tabla 10. Criterios para la instalación del sistema de vigilancia ambiental ciudadana del agua superficial.

Criterios	Descripción
Ámbito de estudio	<ul style="list-style-type: none"> * No se requiere de un tamaño mínimo. * Procurar un caudal continuo. * Identificación de principales fuentes de contaminación.
Puntos de monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> * Ubicado preferentemente antes y después de puntos de descargas de aguas. * De fácil acceso, seguro y representativo del área de estudio. * El caudal debe ser continuo con pendiente suave * Profundidad mayor a 15 cm y libre de obstrucciones.
Punto de control o punto referencial	<ul style="list-style-type: none"> * Ubicado preferentemente en la parte alta y/o aguas arriba de algún vertimiento. * No debe estar expuesto en lo posible a la influencia de fuentes de contaminación. * El caudal debe ser continuo con pendiente suave, con profundidad mayor a 15 cm y libre de obstrucciones.
Monitoreo fisicoquímico del agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> * Se debe realizar preferentemente en paralelo a la instalación del bioindicador. * Se recomienda analizar el agua superficial al inicio del sistema de vigilancia ambiental ciudadana, en época de estiaje y de avenidas.
Características del soporte (bastidor)	<ul style="list-style-type: none"> * Reforzar la seguridad del soporte en época de avenidas. * Sensibilizar a la población para la protección de los materiales y equipos de la vigilancia. * Procurar cubrir el bioindicador <i>Allium cepa</i> con una red de nylon para evitar pérdidas durante la época de avenidas. * El soporte debe ser liviano que permite su suspensión en el agua, de preferencia de madera. * Las dimensiones recomendables para 12 unidades del bioindicador <i>Allium cepa</i> es 40 x 40 x 3 cm con madera de 2 cm de espesor.

<p>Características del bioindicador <i>Allium cepa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> * El tamaño debe ser uniforme entre todas las unidades. * De preferencia con diámetro de 1.5 a 2 cm. * Eliminar las capas exteriores secas y las raíces del <i>Allium cepa</i>. * Se recomienda su adquisición lo más cercano al inicio de la instalación.
<p>Evaluación del crecimiento radicular</p>	<ul style="list-style-type: none"> * La evaluación se realiza individualmente a cada bulbo y por punto de monitoreo incluyendo el punto de control. * Utilizar guantes quirúrgicos descartables durante todo el proceso de instalación y evaluación del crecimiento radicular. * La medición de la longitud radicular se realiza mediante una regla graduada. * La contabilización de la cantidad radicular requiere de la atención de la persona para evitar errores. * Observar el estado de conservación del bioindicador, así como cualquier otro signo de toxicidad como cambio de la superficie, cambio de color de las raíces. * En caso de existencia de putrefacción del bulbo se procede a descartarlo.
<p>Frecuencia de evaluación</p>	<ul style="list-style-type: none"> * El crecimiento radicular es más perceptible a partir de los 5 días según los resultados de la presente investigación. * La evaluación debe realizarse cada 5 días durante un periodo de 30 días. Y se debe renovar los bulbos al término de este periodo.
<p>Participación de los representantes de la comunidad en la vigilancia</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Los representantes de la comunidad participantes en el monitoreo deben ser elegidos o designados por sus autoridades. * Motivar y capacitar a los representantes de la comunidad para una adecuada y eficiente participación en la vigilancia. * Informar periódicamente a la población de los resultados obtenidos en la vigilancia del agua superficial.

ANEXO 10

**Panel fotográfico, imágenes adicionales
del proceso de investigación**



Fotografía 15. Ubicación del bioindicador en los puntos de monitoreo



Fotografía 16. *Vista de la presencia de musgos producto de la eutrofización en el punto P-04 (01/08/2019)*



Fotografía 17. *Vista del crecimiento radicular en el punto P-01*



Fotografía 18. *Comparación del crecimiento radicular del Allium cepa entre los puntos P-04 (arriba) y P-01 (parte abajo)*



Fotografía 19. *Vista del crecimiento radicular en el punto P-01 a 30 días*



Fotografía 20. *Instalación del bioindicador con participación de vigilantes comunales*