



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS APLICANDO DISPERSIONES DE MICROGAS MEDIANTE GENERADORES MODIFICADOS VENTURI EN AGUAS SUPERFICIALES, AYACUCHO

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Autor

García Blasquez Morote, Jorge Sotero

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Martínez Alban, Pascual Alejandro

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Lima - Perú

2026

EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS APLICANDO DISPERSIONES DE MICROGAS MEDIANTE GENERADORES MODIFICADOS VENTURI EN AGUAS SUPERFICIALES, AYACUCHO.

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

2

orcid.org

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

1%

4

id.scribd.com

Fuente de Internet

1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

1library.co

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

M. Santander, P. Tapia, O. Pávez, L.
Valderrama, D. Guzmán. "Remoción de
partículas adsorbentes de iones cobre por
flotación Jet", Revista de Metalurgia, 2009

Publicación

<1%

10

www.inducontrol.com.pe

Fuente de Internet

<1%

11

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1%

12

portalanterior20.uniquindio.edu.co

Fuente de Internet



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS APLICANDO DISPERSIONES DE
MICROGAS MEDIANTE GENERADORES MODIFICADOS VENTURI EN AGUAS
SUPERFICIALES, AYACUCHO.

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor

García Blasquez Morote, Jorge Sotero

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Martínez Alban, Pascual Alejandro

Naupay Vega, Marlitt Florinda

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A mi hijo Jorge Giancarlo por su acompañamiento durante la realización de la presente tesis

Agradecimiento

A todos los que participaron, ayudaron e incidieron en la iniciación y conclusión del presente estudio, mi más sincero agradecimiento

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.3.1 Problema general.....	5
1.3.2 Problemas específicos	5
1.4. Antecedentes.....	6
1.4.1 Antecedentes internacionales.....	6
1.4.2 Antecedentes nacionales.....	10
1.5. Justificación de la investigación	11
1.5.1 Justificación teórica.....	11
1.5.2 Justificación práctica.....	11
1.5.3 Justificación metodológica.....	12
1.5.4 Justificación social.....	12
1.5.5 Justificación ambiental.....	13
1.6. Limitaciones de la investigación.....	14
1.6.1 Limitaciones metodológicas.....	14
1.6.2 Limitaciones temporales y geográficas	14
1.6.3 Limitaciones económicas	14
1.7. Objetivos.....	14
1.7.1 Objetivo general.....	14
1.7.2 Objetivos específicos	15
1.8. Hipótesis	15
1.8.1 Hipótesis general	15
1.8.2 Hipótesis específicas	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Metales pesados en aguas superficiales	16
2.1.1 Definición y características de los metales pesados.....	16
2.1.2 Fuentes de contaminación por metales pesados	16

2.1.3	Impactos ambientales y sanitarios	17
2.2.	Tecnologías de remoción de metales pesados.....	17
2.2.1	Métodos convencionales.....	17
2.2.2	Tecnologías emergentes.....	18
2.3.	Fundamentos de la flotación por microgas.....	18
2.3.1	Principios básicos de la flotación	18
2.3.2	Microburbujas: características y ventajas.....	18
2.3.3	Mecanismos de adhesión burbuja-partícula	19
2.4.	Generadores Venturi para producción de microgas	19
2.4.1	Principio de funcionamiento del efecto Venturi.....	19
2.4.2	Diseño y modificaciones de generadores Venturi.....	20
2.4.3	Parámetros operacionales	20
2.5.	Aplicaciones de microgas en tratamiento de aguas.....	20
2.5.1	Remoción de metales pesados por microflotación.....	20
2.5.2	Factores que afectan la eficiencia de remoción	21
2.5.3	Ventajas comparativas de la microflotación	21
III.	MÉTODO	22
3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Población y muestra	22
3.2.1	Población	22
3.2.2	Muestra	23
3.3.	Operacionalización de variables	24
3.3.1	Variables	24
3.4 .	Instrumentos	25
3.4.1	Instrumentos de recolección de datos	25
3.5.	Procedimientos.....	29
3.5.1	Unidad de extracción continua liquido-liquido	29
3.5.2	Datos técnicos:	30
3.5.3	Experimentación	32
3.6.	Análisis de datos	33
3.7.	Consideraciones éticas.....	33
IV.	RESULTADOS	35

4.1. Extracción de metales pesados en muestras de agua superficial del canal “Campanayocc” - Ayacucho.....	35
4.1.1 Diagrama de 5 contrastes ortogonales en el experimento con 6 tratamientos	45
4.2. Contrastación de hipótesis.....	46
4.2.1 Análisis funcional de varianza ANAFUNVA	46
4.2.2 Análisis e interpretación de ANAFUNVA.....	57
4.3. Extracción de metales del agua superficial del canal de ingreso a la planta de “Quicapata” - Ayacucho.	59
4.3.1.Toma de muestra de agua superficial.....	59
4.4. Contrastación de hipótesis.....	67
4.4.1 Prueba de normalidad.....	67
4.4.2 Análisis e interpretación	70
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
VI. CONCLUSIONES	73
VII. RECOMENDACIONES	75
VIII. REFERENCIAS.....	76
IX. ANEXO.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	24
Tabla 2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
Tabla 3.	Concentración de metales (mg/L) en aguas superficiales – Canal “Campanayocc” - Ayacucho	36
Tabla 4.	Concentración de metales (mg/L) en aguas superficiales – Canal “Campanayocc”	37
Tabla 5.	Extracción de metales con generador modificado Venturi, $\phi_i = 550 \mu\text{m}$	38
Tabla 6.	Extracción de metales con generador modificado Venturi, $\phi_i = 800 \mu\text{m}$	39
Tabla 7.	Extracción de metales con generador modificado Venturi, $\phi_i = 2000 \mu\text{m}$	40
Tabla 8.	Extracción de metales con generador modificado Venturi, $\phi_i = 3000 \mu\text{m}$	41
Tabla 9.	Extracción de metales con piedra de difusión sinterizado poroso, $\phi_p = 0.50$ μm . <u>.....</u>	43
Tabla 10.	Extracción de metales con piedra de difusión sinterizado poroso, $\phi_p = 2$ μm	43
Tabla 11.	Porcentaje de extracción de metales a partir de aguas superficiales captadas en canal de “Campanayocc” utilizando generadores modificados Venturi y piedras de difusión sinterizado poroso. Laboratorios de SGS del Perú S.A.C.....	44
Tabla 12.	Tratamientos y coeficientes para los contrastes	46
Tabla 13.	ANAFUNVA para aluminio.....	47
Tabla 14.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para aluminio	47
Tabla 15.	ANAFUNVA para arsénico.....	47
Tabla 16.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para arsenico	48
Tabla 17.	ANAFUNVA para boro.....	48

Tabla 18.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para boro	49
Tabla 19.	ANAFUNVA para bario	49
Tabla 20.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para bario	49
Tabla 21.	ANAFUNVA para hierro	50
Tabla 22.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para hierro.....	50
Tabla 23.	ANAFUNVA para litio.....	50
Tabla 24.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para litio.....	51
Tabla 25.	ANAFUNVA para magnesio	51
Tabla 26.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para magnesio	52
Tabla 27.	ANAFUNVA para manganeso	52
Tabla 28.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para manganeso	52
Tabla 29.	ANAFUNVA para sodio	53
Tabla 30.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para sodio.....	53
Tabla 31.	ANAFUNVA para rubidio	54
Tabla 32.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para rubidio.....	54
Tabla 33.	ANAFUNVA para silicio	54
Tabla 34.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para silicio	55
Tabla 35.	ANAFUNVA para estroncio	55
Tabla 36.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para estroncio.....	56
Tabla 37.	ANAFUNVA para titanio	56
Tabla 38.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para titanio	56
Tabla 39.	ANAFUNVA para uranio	57
Tabla 40.	Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para uranio	57
Tabla 41.	Contenido de metales (mg/L) en aguas superficiales procedentes del canal de “Campanayocc” de la planta de “Quicapata” – Ayacucho	60

Tabla 42.	Porcentaje de metales extraídos de aguas superficiales captadas en canal “Campanayocc”- Ayacucho.	62
Tabla 43.	Porcentaje de extracción de metales en aguas superficiales procedentes del canal “Campanayocc – Ayacucho	62
Tabla 44.	Contenido de metales (ppm) en aguas superficiales-AGQ Labs	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso de flotación de partículas adsorbentes	8
Figura 2.	Celda de flotación Jet convencional.....	9
Figura 3.	Columna de flotación (LTM-UFRGS)	9
Figura 4.	Celda “multiburbujas”.....	9
Figura 5.	Canal de “Campanayocc”	23
Figura 6.	Embalse regulador - “Quicapata	23
Figura 7.	Esquema del generador modificado Venturi, con dimensiones	27
Figura 8.	Generadores modificados Venturi construidos con diferentes diámetros internos de capilar. [Φ (burbuja): 550 μm , 800 μm , 2000 μm y 3000 μm].	28
Figura 9.	Piedras de difusión sinterizados porosos con diámetros internos de 0.50 μm y 2.00 μm	28
Figura 10.	Unidad de extracción continua líquido-líquido con columna de discos giratorios.	29
Figura 11.	Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido	29
Figura 12.	Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido con generador modificado Venturi.....	31
Figura 13.	Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido con difusor sinterizado (*) incorporado a la columna para remover metales pesados.....	32
Figura 14.	Toma de muestras de agua superficial en canal “Campanayocc”- Ayacucho	35
Figura 15.	Esquema experimental de la investigación	46
Figura 16.	Toma de muestras de aguas superficiales en el canal de ingreso a la planta “Quicapata” de la ciudad de Ayacucho	59
Figura 17.	Extracción de aluminio	63

Figura 18. Porcentaje de extracción de aluminio	63
Figura 19. Extracción de arsénico	64
Figura 20. Porcentaje de extracción de arsénico	64
Figura 21. Extracción de cerio.....	65
Figura 22. Porcentaje de extracción de cerio.....	65
Figura 23. Extracción de hierro	66
Figura 24. Porcentaje de extracción de hierro	66
Figura 25. Extracción de manganeso.....	67
Figura 26. Porcentaje de extracción de manganeso.....	67
Figura 27. Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para aluminio	68
Figura 28. Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para hierro.....	68
Figura 29. Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para manganeso	69
Figura 30. Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para arsénico.....	69
Figura 31. Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para cerio	69

RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo extraer metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales procedentes de la presa “Cuchoquesera”. La remoción de metales se realizó en la unidad de extracción continua líquido-líquido modelo ULL/EV con columna de discos giratorios instalado en el laboratorio de transferencia de masa de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia (UNSCH), al que se adaptaron alternadamente 4 generadores modificados Venturi de vidrio borosilicato con diámetros de capilar de 550, 800, 2000 y 3000 μm contruidos en el taller de vidrio de la Pontificia Universidad Católica del Perú en base al esquema presentado por S. Ciriello y otros y 2 difusores sinterizados de acero inoxidable con diámetros internos de poro de 0.5 y 2 μm . Se utilizaron soluciones conteniendo 200 mg/L de n- dodecil sulfato de sodio para la extracción. La extracción se realizó en periodos de 10, 20 30 y 40 minutos. Los análisis de muestras de agua superficial antes y después de la extracción fueron realizadas por laboratorios de SGS del Perú S.A.C., y Labs & Technological Services de AGP Perú S.A.C. Con microburbujas de 550 μm y durante 10 minutos de extracción, se removieron 76.9% de aluminio, 88.1 % de arsénico, 96% de cerio, 95.4% de hierro y 97.7% de manganeso y con microburbujas de 800 μm se removieron 73.8% de aluminio, 88.98 % de arsénico, 93.6% de cerio, 86% de hierro y 94.5% de manganeso. Con el difusor sinterizado de 0,5 μm se removieron, en mg/L, 0.982 de aluminio, 0.00101 de arsénico, 0.00232 de cerio, 0.53 de hierro y 0.03553 de manganeso

Palabras clave: metales pesados, extracción de metales, dispersiones de microgas.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to extract heavy metals by applying microgas dispersions using modified Venturi generators in surface waters from the “Cuchoquesera” dam. Metals removal was carried out in the continuous liquid-liquid extraction unit model ULL/EV with a rotating disc column installed in the mass transfer laboratory of the Faculty of Chemical Engineering and Metallurgy (UNSCH), to which 4 modified Venturi generators made of borosilicate glass with capillary diameters between 550, 800, 2000 and 3000 μm built in the glass workshop of the Pontifical Catholic University of Perú based on the Venturi generator scheme drawn by S. Ciriello et al. were alternately adapted, and 2 sintered stainless steel diffusers with internal pore diameters of 0.5 and 2 μm . Solutions containing 200 mg/L of sodium n-dodecyl sulfate were used for extraction. The extraction was carried out for periods of 10, 20, 30 and 40 minutes, Surface water samples were analyzed before and after the extraction procedure by the laboratories of SGS and Labs & Technological Services of AGP Perú S.A.C. Using 550 μm microbubbles for 10 minutes, 76.9% of aluminum, 88.1% of arsenic, 96% of cerium, 95.4% of iron and 97.7% of manganese were removed and with microbubbles of 800 μm , 73.8% of aluminum, 88.98% of arsenic, 93.6% of cerium, 86% of iron and 94.5% of manganese were extracted. Using 0.5 μm sintered diffusion generator 0.982 mg/L of aluminum, 0.00101 mg/L of arsenic, 0.00232 mg/L of cerium, 0.53 mg/L of iron, and 0.03553 mg/L of manganese were removed.

Keywords: heavy metals, metal extraction, microgas dispersions

I INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio fue extraer los metales pesados de las aguas superficiales procedentes de la presa "Cuchoquesera". Se recogieron muestras del canal que abastece de agua a la planta de tratamiento de agua potable de "Quicapata" en Ayacucho, antes de que llegara a los reservorios. Se utilizaron dispositivos modificados Venturi con capilares extremadamente finos a escala micrométrica (United States Patente nº US3900420A, 1975) para introducir dispersiones de microgas en estas muestras de agua. Estos dispositivos fueron fabricados con vidrio borosilicato en el Taller de Soplado de Vidrio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. También se utilizaron piedras de difusión de acero inoxidable poroso sinterizado que se seleccionaron y compraron para generar microburbujas. Las dispersiones de microgas - grupos de microburbujas - fueron inicialmente generadas y utilizadas por Sebba en 1975 para extraer, flotar y separar iones metálicos. Posteriormente, Ciriello y Deluise los utilizaron en 1982 para remover metales pesados en soluciones acuosas sintéticas. El método para extraer iones metálicos en aguas superficiales resulta muy prometedor para su uso en plantas de tratamiento de agua potable. Antes de potabilizar el agua, se utilizó el método de flotación por dispersión de microburbujas para remover elementos metálicos pesados como arsénico, hierro, mercurio, manganeso, cobre, níquel, cromo, plomo y zinc, entre otros.

Se prepararon soluciones de surfactante con dodecilsulfato de sodio a la concentración adecuada y se vertieron al tanque de alimentación de la unidad de extracción líquido-líquido continua modelo ULL/EV. Esta unidad que cuenta con una columna de disco rotatorio que se utiliza para extraer metales se encuentra en el laboratorio de Transferencia de Masa de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH). Utilizando bombas dosificadoras, la dispersión de microgas y el agua superficial de los tanques fueron transportados a la columna de separación. La columna de extracción tiene

separadores de cabeza y de fondo, así como dos tanques adicionales para contener el extracto y el remanente.

SGS del Perú S.A.C., laboratorio de pruebas acreditado por el organismo de acreditación INACAL en Lima, y Labs & Technological Services of AGQ Perú S.A.C. (Callao) realizaron los análisis de las muestras de agua superficial antes y después del procedimiento de extracción con dispersión de microburbujas.

1.1 Planteamiento del problema

Los metales pesados en las aguas superficiales constituyen una de las mayores preocupaciones ambientales y, son graves en lugares con actividad minera frecuente, como en Ayacucho (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Los metales pesados tales como el plomo, cadmio, mercurio, arsénico y cromo, que se encuentran en las masas de aguas superficiales, son muy peligrosos para la salud humana como para los ecosistemas acuáticos, por ser tóxicos, persistentes en el tiempo y acumularse en el organismo de los seres vivos (Tchounwou et al., 2012).

La minería artesanal e informal, así como la deficiente gestión de los residuos industriales y domésticos, han agravado la calidad del agua superficial en la zona de Ayacucho (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2010). Según investigaciones previas, los niveles de metales pesados superan los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua establecidos mediante el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Ello demuestra la urgencia e importancia de utilizar métodos eficaces para removerlos (Dirección General de Salud [DIGESA], 2022).

La precipitación química, la coagulación-floculación y la filtración son métodos comunes para extraer metales pesados, pero presentan problemas de eficiencia, costo y lodos residuales que generan (Fu y Wang, 2011). La flotación por microburbujas es una solución viable en esta situación, ya que es más eficiente para separar compuestos, se utiliza menos reactivos químicos y genera menos lodos (Edzwald, 2010).

Se ha demostrado que los generadores modificados Venturi para la producción de microburbujas funcionan bien en las operaciones de flotación. Producen burbujas de tamaño homogéneo, lo que permite a las partículas contaminantes (cationes metálicos) adherirse a ellos y flotar (Agarwal et al., 2011). Sin embargo, se requiere más información para la implementación de esta tecnología en la extracción de metales pesados en las aguas superficiales con las características únicas del área de Ayacucho.

No se cuenta con estudios que analicen la eficacia de los generadores modificados Venturi para la extracción de metales pesados en las aguas superficiales de Ayacucho, lo que dificulta la búsqueda e implementación de soluciones eficaces técnicas para este problema ambiental. Por lo expuesto, se propone el estudio y análisis de esta tecnología en cuanto a su funcionamiento, eficiencia y eficacia en la remoción de cationes metálicos y contaminantes de las aguas superficiales utilizadas en la planta de “Quicapata” de Ayacucho.

1.2 Descripción del problema

La presencia de metales pesados en las aguas superficiales constituye un problema ambiental mundial que afecta seriamente la calidad de los recursos hídricos y representan una amenaza potencial para la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Ali y Khan, 2018). En Perú, este problema es más grave en las zonas donde la minería es muy común. Tanto las actividades mineras legales como las informales vierten gran cantidad de metales dañinos al medio ambiente (Bebbington y Bury, 2013).

La zona de Ayacucho es especialmente vulnerable a este problema, ya que cuenta con una larga historia de minería y recursos polimetálicos que se han explotado durante décadas sin una gestión ambiental adecuada (Guillermo Paccori et al., 2020). Los ríos Mantaro, Pampas y Apurímac, y sus afluentes, constituyen las principales masas de agua superficial de la zona. Presentan niveles de metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu),

arsénico (As) y mercurio (Hg) que superan los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua según ANA (2020).

La Agencia de Evaluación y Supervisión Ambiental (2018) encontró que los niveles de plomo en algunas microcuencas de Ayacucho son hasta 15 veces superiores a los permitidos para el agua potable, y los niveles de arsénico son 8 veces superiores a los considerados seguros por la Organización Mundial de la Salud. El hecho de que la zona tenga poca capacidad de tratamiento de aguas residuales agrava la situación. Alrededor del 70% de las aguas residuales se vierten en masas de agua sin ser tratadas previamente (Alvarado Aldana y Marrache Echaiz, 2020). Se sabe que los metales pesados en las aguas superficiales de Ayacucho persisten durante mucho tiempo en el medio ambiente y se acumulan y magnifican en la cadena alimentaria, causando problemas de salud a corto y largo plazo en las personas (Tchounwou et al., 2012). Las personas que viven en zonas rurales de la región tienen más probabilidades de padecer enfermedades neurológicas, problemas de desarrollo en los niños, problemas renales y otros tipos de cáncer después de haber estado expuestas a estos contaminantes durante mucho tiempo (Zamora Garcia, 2021).

Todavía están en uso algunos métodos tradicionales para remover metales pesados en la zona, como la precipitación química, la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración granular (Carolin et al., 2017). Estos procedimientos presentan serios problemas para extraer metales, sobre todo cuando se encuentran en bajas concentraciones, ya que son costosos de ejecutar, dejan muchos lodos residuales y son difíciles de utilizar en lugares remotos con infraestructuras inadecuadas (Qasem et al., 2021).

En este contexto, la flotación por dispersión de microburbujas con generadores modificados Venturi se presenta como una tecnología potencial para solucionar los problemas que se generan con los métodos mencionados (Ramadorai y Hanten , 1986). Esta tecnología genera microburbujas con un diámetro de 1 a 50 μm . Estas burbujas tienen propiedades específicas y especiales que hacen que permanezcan en el agua durante más tiempo, tengan una gran superficie

específica y se adhieran a las partículas contaminantes, lo que facilita que floten y sean removidas (Temesgen et al., 2017).

1.3 Formulación del problema

Los metales pesados como plomo, cobre, zinc, hierro, níquel, arsénico, mercurio y otros, son peligrosos para la salud de las personas y contaminan las masas de agua. Para remover estos metales, se requiere investigar y utilizar tecnologías que puedan realizarlo. La investigación realizada utilizó la técnica de flotación, que se emplea para remover partículas. Las moléculas o los iones metálicos de las superficies activas tienden a acumularse en el interfaz líquido/gas y a que otras especies o partículas tienden a adherirse o adsorber estas especies tensioactivas.

El procedimiento para extraer metales que se desarrolló, comenzó con la extracción de metales pesados de las aguas superficiales muestreadas antes de su ingreso a los reservorios de la planta de tratamiento de agua potable de "Quicapata" en Ayacucho.

Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue adoptar y utilizar un esquema de generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas, y subsecuentemente, proponer su construcción en el Taller de Soplado de Vidrio de la Pontificia Universidad Católica del Perú de acuerdo a las dimensiones propuestas en el diseño, con capilares de diferentes diámetros internos y ser utilizados en la extracción de metales pesados en aguas superficiales destinadas a su depuración.

1.3.1 Problema general

¿Cuál es la extracción de metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo adoptar y construir generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas para la extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho?

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en la extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho?
- ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho?

1.4 Antecedentes

1.4.1 Antecedentes internacionales

Sebba (1975) afirma que una forma de crear emulsiones es generar una zona de baja presión en un flujo líquido que contenga el emulsionante y luego añadir gas a esa zona. "El generador modificado Venturi introduce un gas en una corriente de tensioactivo que se mueve rápidamente y tiene baja presión". Esto crea una mezcla de pequeñas burbujas con un diámetro de 1 μm a 50 μm que no se unen durante el tiempo que dura la operación de flotación. Sebba (1975) también afirma que "estas burbujas muy pequeñas proporcionan una superficie inmensa para un volumen dado de dispersión". Esto hace que las separaciones ocurran extremadamente rápidas. "Es posible realizar la dispersión en un lugar y luego bombearla a otro para su uso." Puede haber hasta un 65% de gas en volumen en una dispersión de estas burbujas.

Pabón Guerrero et al. (2020) afirman que "el proceso de flotación iónica se basa en conferir propiedades hidrofóbicas a las especies iónicas del metal presentes en las aguas residuales mediante el uso de agentes tensioactivos (surfactantes) y luego eliminar estas especies hidrofóbicas con burbujas de aire".

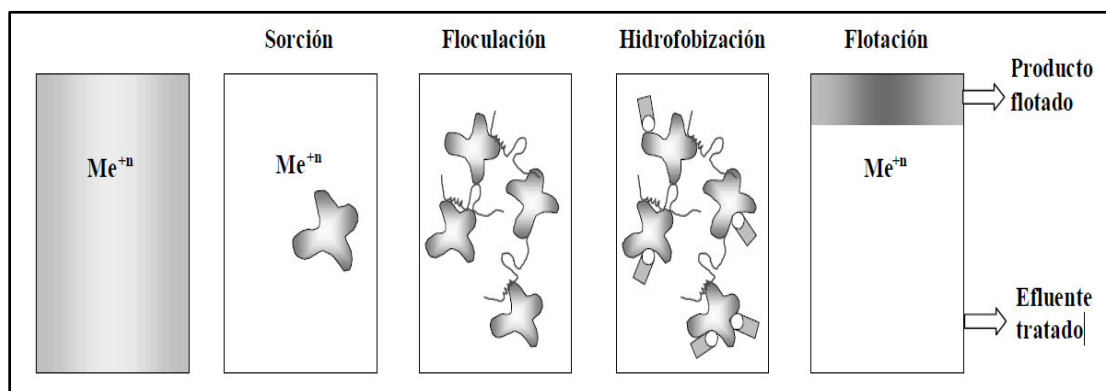
Ciriello et al. (1982) concluyen que se había demostrado que la flotación batch de varios metales de una solución acuosa es un método efectivo para remover a estos metales de aguas residuales.

Barona Osorio (2007) expone el estudio que realizó sobre la capacidad de transporte de las microburbujas mediante la recuperación de partículas finas de sílice. Las variables manipulables fueron: el tamaño de partícula, la concentración de sólidos en la pulpa y velocidad superficial del aire. Se observa que las partículas más gruesas, ofrecen una capacidad de transporte mayor en comparación con las partículas finas, obteniéndose recuperaciones cercanas al 90% de las partículas finas de diámetro promedio aritmético de $5\ \mu\text{m}$ en pulpas con 1% de sólidos con una concentración del colector dodecilamina de $3 \times 10^{-5}\ \text{M}$ y una velocidad superficial de aire de $3.4 \times 10^{-3}\ \text{cm/s}$.

Xia y Hu (2016) propusieron métodos de oxidación para aguas superficiales y subterráneas aplicando micro-nanoburbujas para degradar los contaminantes orgánicos recalcitrantes que los contenían, demostrando que las micro-nanoburbujas de ozono tuvieron la capacidad de oxidar ligeramente los contaminantes orgánicos.

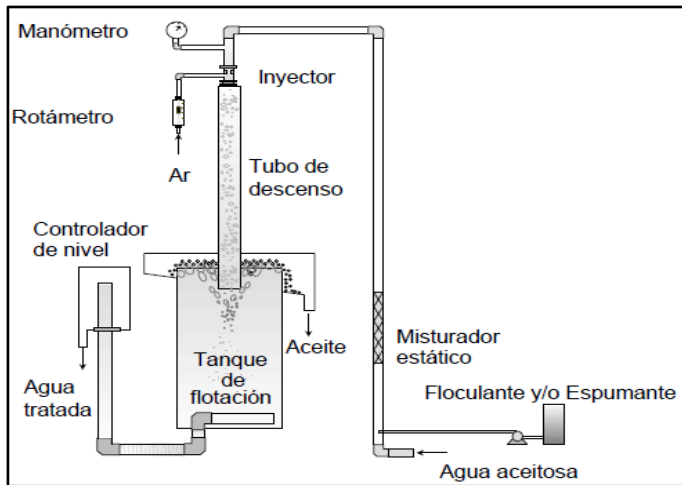
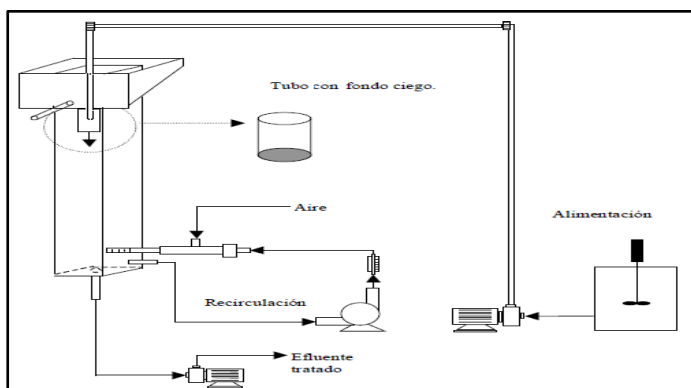
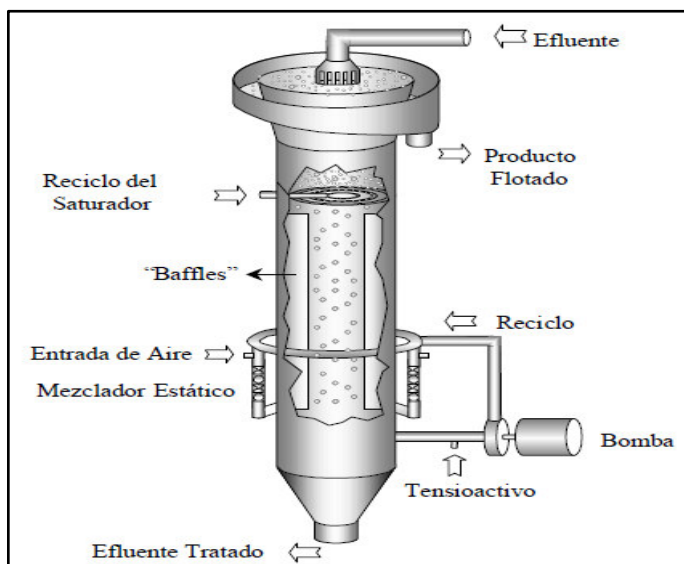
Agarwal et al. (2011) expone que “Las microburbujas (MB) y nanoburbujas (NB) son burbujas diminutas con un diámetro de $10 - 40\ \mu\text{m}$ y $< 200\ \text{nm}$, respectivamente y que están siendo estudiadas para varias aplicaciones”.

En el curso: “Tratamiento de efluentes líquidos minero-metalúrgicos”, el profesor, Dr. Jorge Rubio en el XVI Congreso Internacional de Metalurgia Extractiva-CIME 2006, 26-28 de abril de 2006-Salttillo, Coahuila. México, describe y detalla que “la técnica en desarrollo de la flotación de partículas adsorbentes (FPA) tiene como base del proceso la selección de un material adsorbente adecuado con elevada área superficial y alta reactividad con el elemento contaminante (con alta capacidad de adsorción)” y el “mecanismo responsable del proceso FPA tenga etapas en nivel macroscópico y microscópico” (Rubio, Tratamiento de efluentes líquidos minero-metalúrgico, 2006), tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1*Proceso de flotación de partículas adsorbentes - FPA*

Igualmente, se concluyó que la técnica de flotación de partículas adsorbentes en una celda de flotación Jet-Jameson (Figura 2), tratando un mineral con alto contenido de cuarzo como adsorbente de iones cobre, podría utilizarse para tratar efluentes contaminados con iones de metales pesados, sustentándose en los resultados de los estudios realizados por Santander et al., (2009) para remover iones cobre de efluentes sintéticos. "En condiciones adecuadas, fue posible remover el 98% de partículas adsorbentes de iones cobre de los contaminantes que tenían 0,02 kg.m⁻³ de Cu⁺²." "La cantidad de cobre adsorbido se incrementó en función del pH, alcanzando aproximadamente 99% a valores de pH superiores a 7." "Un aumento en el flujo del efluente, en el rango de 0,0633 a 0,1020 dm³.s⁻¹, y de razón de flujo de aire/efluente de 0,14 a 0,83, generó un pequeño incremento en el porcentaje de remoción de partículas adsorbentes de iones cobre."

Las mejoras en la remoción de contaminantes de aguas contaminadas con aceite, permitió modificar el diseño de celdas de flotación. (figuras 3 y 4)." Las modificaciones se debieron a que las pequeñas gotas que no estaban adheridas a las burbujas de aire tenían menos probabilidad de ser atrapadas, la inestabilidad del régimen de flujo en el tubo de descenso funcionaba de manera diferente y las condiciones de turbulencia facilitaban que el aceite se aglomerara".

Figura 2*Celda de flotación Jet convencional***Figura 3***Columna de flotación (LTM-UFRGS)***Figura 4***Celda “multiburbujas”*

Para estudiar la concentración y el tamaño, Sjogreen Blanco (2015) sugirió caracterizar las nanoburbujas de oxígeno en soluciones de cloruro de sodio midiendo la saturación de oxígeno en la solución y utilizando procesos de cavitación para medir los tamaños y los niveles de agregación. Utilizó el método de dispersión dinámica de la luz (DLS, por sus siglas en inglés) para observar el tamaño de la solución y describirla.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Valenzuela Ferrel (2017) demostró que la cantidad de plomo disminuyó de 32,26 mg/L a 0,563 mg/L. Igualmente concluyó que el método con microburbujas funcionó porque redujo los niveles de plomo y silicio.

Vicente Toribio (2017) utilizó micro-nanoburbujas de aire para demostrar la viabilidad de extraer plomo y zinc en residuos mineros. Después de los tratamientos, pudo reducir los niveles de plomo a un promedio de 1,29 mg/L y los niveles de zinc a 0,26 mg/L.

Según Bendezu Valenzuela (2017), el agua subterránea de la región de Villa El Pinar presentaba valores de concentración de dureza total entre 600 ppm y 610 ppm. Consideró que era agua extremadamente dura, ya que superaba el límite máximo permisible de 500 ppm para el consumo humano. Cuando se añadieron micro/nanoburbujas de aire -ozono a las muestras de agua, los índices generales de reducción de dureza oscilaron entre el 16% y el 17%.

Según Macassi Allasi (2017), la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) "Doris Mendoza Paredes" utiliza el método de lodos activados para eliminar la materia orgánica de las aguas residuales. Sugirió la utilización de nanoburbujas para añadir oxígeno al sistema y tomaron muestras del tanque de sedimentación antes de trasladarlas al sistema de aireación, donde las aguas tenían 88, 59 y 138 mg/L de DQO, DBO y sólidos totales, valores que superaban los límites máximos permisibles.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1 Justificación teórica

La teoría que sustenta este estudio, es que se necesita aprender más sobre cómo utilizar las tecnologías de microflotación con gas para limpiar el agua contaminada con metales pesados. Azevedo et al., (2016) afirman que las técnicas de flotación asistida por microburbujas constituyen un nuevo campo de investigación en el tratamiento de aguas. Aún se necesita conocer más los mecanismos de interacción entre las microburbujas y los contaminantes metálicos.

Los generadores modificados Venturi que producen microdispersiones de gas propone una tecnología nueva que incorpora principios y conceptos de la mecánica de fluidos, fisicoquímica de superficies y fenómenos de transferencia de masa (Fan et al., 2010). El estudio promoverá construir el fundamento teórico para comprender cómo se adhieren las burbujas y partículas, cómo funciona la flotación y a encontrar las condiciones operativas más óptimas para remover los metales pesados en sistemas de agua complejos (Kim et al., 2024).

Este estudio contribuirá al conocimiento de la utilización de las tecnologías de flotación en aguas superficiales con ciertas propiedades fisicoquímicas que se encuentran en las regiones andinas. Estos incluyen factores como la altitud, temperatura, composición iónica y presencia de materia orgánica natural que pueden afectar la eficacia del proceso (Atkinson et al., 2019).

1.5.2 Justificación práctica

La razón práctica de este estudio es la necesidad urgente de encontrar soluciones técnicas eficientes y rentables al problema de la contaminación por metales pesados en las aguas superficiales de Ayacucho y otras regiones. El MINAM (2017) afirma que casi 2,3 millones de peruanos están expuestos a agua con niveles excesivos de metales pesados. La región de Ayacucho es una de las zonas más afectadas.

Actualmente, los procedimientos de tratamiento tradicionales presentan grandes problemas en cuanto a costos operativos y eficacia de remoción. Bradl (2005) afirma que los

procedimientos típicos de precipitación química pueden dejar hasta un 30% más de lodo que las tecnologías de flotación. Esto aumenta el costo de la extracción final y tiene impactos y efectos negativos en el medio ambiente.

Los generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas presentan ventajas operativas como un menor consumo de energía (hasta un 40% menos que los sistemas de flotación convencionales), remoción más eficaz de partículas finas (>95% para partículas de 1–10 μm) y una fácil automatización y control (Ali et al., 2022). Estas características lo convierten en una buena opción para su uso en plantas de tratamiento de agua de tamaño pequeño y mediano en la región.

1.5.3 Justificación metodológica

Este estudio es metodológicamente sólido, ya que es necesario crear y probar procedimientos experimentales específicos para evaluar la tecnología de generación y utilización de microgases en aguas superficiales andinas. El estudio utiliza un método experimental sistemático que implica una caracterización fisicoquímica exhaustiva de las aguas, la optimización de los parámetros operativos mediante el diseño experimental y la evaluación de la eficiencia tanto a escala de laboratorio como a escala piloto (Kumar et al., 2018).

La investigación ayudará a crear métodos estándar para probar sistemas de flotación por microburbujas, como la medición del tamaño de burbujas, determinación de parámetros cinéticos y la comprobación de la estabilidad del sistema durante su funcionamiento (Sobhy y Tao, 2013).

Los enfoques que se crearon pueden utilizarse en otros lugares que tengan los mismos desafíos, lo cual tendrá un efecto metodológico a nivel nacional y mundial.

1.5.4 Justificación social

La razón social se centra en cómo el estudio influenciaría en la calidad de vida de las personas en las ciudades y poblaciones de Ayacucho que dependen del agua superficial para beber, cultivar y criar animales. La Dirección Regional de Salud de Ayacucho (DIRESA, 2021) afirma

que el 68% de los casos de enfermedades gastrointestinales y el 45% de los casos de anemia infantil en las regiones rurales están relacionados con el consumo de agua potable que contiene metales pesados.

El uso de una tecnología eficaz para extraer metales pesados puede reducir considerablemente los riesgos para la salud y mejorar la salud pública de la región. Hanna-Attisha et al., (2016) realizaron una investigación epidemiológica que demuestra que la reducción de la exposición de los niños a los metales pesados en el agua potable puede disminuir el número de problemas neurológicos del desarrollo hasta en un 60%. El estudio también ayudará a mejorar las habilidades técnicas locales y a crear empleos especializados en la industria del tratamiento del agua, lo que contribuirá al crecimiento sostenible de la zona.

1.5.5 Justificación ambiental

El estudio es aceptable desde el punto de vista ambiental, ya que contribuye a la conservación y preservación de los ecosistemas acuáticos en la zona de Ayacucho. Los metales pesados en las aguas superficiales tienen consecuencias muy perjudiciales para la biodiversidad acuática, como la muerte de peces, la alteración de la reproducción de las especies autóctonas y la destrucción de los ecosistemas acuáticos (Iavicoli et al., 2009).

La técnica de dispersión de microgas es una opción ecológica que utiliza menos reactivos químicos, genera menos residuos secundarios y tiene menor huella de carbono que los métodos tradicionales (Rodrigues y Rubio, 2007). Zhang et al. (2024) realizaron evaluaciones del ciclo de vida y descubrieron que los sistemas de microflotación con gas pueden reducir las emisiones equivalentes de CO₂ hasta en un 35% en comparación con los procedimientos de precipitación química que luego se filtran.

El estudio cooperará a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 14 (Vida submarina), fomentando el uso responsable de los recursos hídricos y la conservación de los ecosistemas acuáticos.

1.6 Limitaciones de la investigación

El estudio requiere evaluaciones a nivel de laboratorio y planta piloto más puntuales para viabilizar su aplicación industrial. Esto se debe a que los fenómenos de transferencia de masa e hidrodinámicos pueden variar mucho entre escalas. Además, las propiedades fisicoquímicas del agua, como la salinidad, la temperatura y la presencia de tensioactivos naturales, restringen la estabilidad y la duración y resiliencia de las microburbujas producidas por generadores modificados Venturi (Temesgen et al., 2017).

1.6.1 Limitaciones metodológicas

La investigación se ve limitada por el hecho de que las propiedades fisicoquímicas de las aguas superficiales de Ayacucho cambian con las estaciones, lo que podría dificultar la obtención de los mismos resultados durante todo el año (Kumar et al., 2018).

1.6.2 Limitaciones temporales y geográficas

En el estudio, en esta oportunidad, se analizan los impactos durante un período de 18 meses, que dificulta observar los cambios de la calidad del agua en función a las estaciones (Zhang et al., 2024). En la investigación se analizan las aguas superficiales captadas en la presa de “Cuchoquesera” en la región de Ayacucho.

1.6.3 Limitaciones económicas

Los recursos económicos disponibles dificultan la adquisición de equipos analíticos de alta precisión que puedan caracterizar completamente las microburbujas y analizar todos los metales pesados de interés.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Extraer metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho.

1.7.2 *Objetivos específicos*

- Adoptar y construir generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas para extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho.
- Aplicar dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi contruidos para extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho.
- Determinar la concentración de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho.

1.8 Hipótesis

1.8.1 *Hipótesis general*

La extracción de metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, permite el uso y consumo de agua segura.

1.8.2 *Hipótesis específicas*

- La adopción y construcción de generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas en la extracción de metales pesados en aguas superficiales, permite el uso y consumo de agua segura.
- La aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi permite la extracción de metales pesados en aguas superficiales.
- El conocimiento de la concentración de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales permite el uso y consumo de agua segura.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Metales pesados en aguas superficiales

2.1.1 *Definición y Características de los Metales Pesados*

Los metales pesados son elementos químicos que tienen un número atómico superior a 20 y una densidad mayor de 5 g/cm³. Son peligrosos, persisten mucho tiempo en el medio ambiente y pueden acumularse en los seres vivos (Ali y Khan, 2018). El plomo (Pb), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el arsénico (As), el cromo (Cr), el zinc (Zn), el cobre (Cu) y el níquel (Ni) son algunos de los elementos que pueden estar presentes en los sistemas acuáticos en diversos estados de oxidación y formas químicas (Tchounwou et al., 2012).

Los factores fisicoquímicos, incluyendo el pH, el potencial redox, la fuerza iónica, la temperatura y la presencia de ligandos orgánicos e inorgánicos, tienen un gran impacto en la especiación química de los metales pesados en las aguas superficiales (Stumm y Morgan, 2013).

Esta especiación afecta directamente a su movilidad, su disponibilidad para los seres vivos, su peligrosidad en el agua y la eficacia de los métodos de tratamiento para eliminarlos (Violante et al., 2010).

2.1.2 *Fuentes de contaminación por metales pesados*

La minería, la fundición de metales, la agricultura intensiva, la industria de la galvanoplastia y el vertido de aguas residuales urbanas e industriales sin tratar son las principales vías por las que los metales pesados llegan a las aguas superficiales (Järup, 2003). En lugares donde se realiza minería, como en Ayacucho, los metales pesados se liberan principalmente por el drenaje ácido de minas, la lixiviación de relaves mineros y el procesamiento deficiente de minerales (Hudson-Edwards et al., 2011).

Los procesos geoquímicos naturales, como la meteorización de rocas, la erosión de suelos mineralizados y la actividad volcánica, también añaden metales pesados a las aguas superficiales.

Sin embargo, estos procesos suelen añadirlos en cantidades menores que las fuentes generadas por el hombre (Plant et al., 2005).

2.1.3 Impactos ambientales y sanitarios

Los metales pesados en las aguas superficiales tienen impactos muy dañinos en la vida acuática, tales como detener el desarrollo, alterar la reproducción, dañar las células y matar peces, invertebrados y microbios (Iavicoli et al., 2009). Estos contaminantes se vuelven más peligrosos en los niveles más altos del ecosistema porque se acumulan y se vuelven más tóxicos a lo largo de la cadena alimentaria (Mason, 2013).

Los metales pesados en el agua contaminada pueden causar una serie de problemas de salud, como enfermedades cardíacas, trastornos neurológicos, disfunción renal, dificultades reproductivas y cáncer (Rehman et al., 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (Cotruvo, 2017), el agua que contenga no más de 0,01 mg/L de As, 0,003 mg/L de Cd, 0,001 mg/L de Hg o 0,01 mg/L de Pb es segura para el consumo.

2.2 Tecnologías de remoción de metales pesados

2.2.1 Métodos convencionales

La precipitación química, la coagulación-floculación, la sedimentación, la filtración, el intercambio iónico y la adsorción en carbón activado son métodos comunes para remover metales pesados (Fu y Wang, 2011). El método más común es la precipitación química, que implica cambiar el pH y añadir reactivos como hidróxido de calcio, sulfuro de sodio o fosfatos. Este proceso remueve entre el 85 y 95% de la mayoría de metales pesados (Kurniawan et al., 2006).

Estos métodos, sin embargo, presentan muchos problemas, tales como la producción de gran cantidad de lodos químicos (hasta 10-20% del volumen tratado), dificultades para extraer metales de bajas concentraciones (<10 mg/L), el uso de gran cantidad de reactivos químicos y problemas con la manipulación y la eliminación final de residuos sólidos (Carolin et al., 2017).

2.2.2 Tecnologías emergentes

Algunas nuevas tecnologías para remover metales pesados incluyen la electrocoagulación, la electroflotación, los procesos de oxidación mejorados, las membranas de nanofiltración y ósmosis inversa, y los enfoques biológicos que utilizan bacterias específicas (Qasem et al., 2021). Estas tecnologías presentan ventajas como una mayor selectividad, la generación de menos residuos secundarios y la posibilidad de recuperar metales importantes. Sin embargo, su uso puede verse limitado por los altos costes y la complejidad operativa (Barakat, 2011).

2.3 Fundamentos de la flotación por microgas

2.3.1 Principios básicos de la flotación

La flotación es un método de separación fisicoquímica que utiliza burbujas de gas para transportar (elear) partículas hidrófobas a la superficie de un líquido. Funciona porque las partículas tienen diferentes características superficiales (Fuerstenau et al., 2007). El proceso consta de tres pasos principales: (1) las burbujas y las partículas colisionan, (2) las burbujas y las partículas se pegan y (3) el agregado de burbujas y partículas se mueve hacia la superficie (Nguyen y Schulze, 2003).

La efectividad total de la flotación se muestra mediante la fórmula $E = P_c \times P_a \times P_s$, donde P_c es la probabilidad de colisión, P_a es la probabilidad de adhesión y P_s es la probabilidad de estabilidad del agregado (Ralston et al., 1999). El tamaño de las burbujas, el tamaño de las partículas, la hidrofobicidad de la superficie, la turbulencia del sistema y el tiempo que están en contacto entre sí afectan a todas estas características.

2.3.2 Microburbujas: características y ventajas

Las microburbujas son burbujas de gas con un diámetro inferior a 50 μm y poseen propiedades especiales que las diferencian de las burbujas comunes (Temesgen et al., 2017). Estas incluyen: (1) permanecer en el agua durante más tiempo (hasta 10 veces más que las burbujas de tamaño milimétrico), (2) tener una alta superficie específica (hasta 1000 m^2/m^3), (3) tener una alta

presión interna debido al efecto Laplace, (4) tener una carga superficial negativa en condiciones alcalinas, y (5) generar radicales libres cuando colapsan (Agarwal et al., 2011). El uso de microburbujas en la flotación hace mucho más probable que choquen con partículas finas porque ascienden más lentamente (0,1–1,0 mm/s en comparación con 10–30 mm/s para las burbujas normales) y hay más por unidad de volumen de gas introducido (Fan et al., 2010).

2.3.3 Mecanismos de adhesión burbuja-partícula

Las fuerzas de Van der Waals, las fuerzas electrostáticas y las interacciones hidrofóbicas son las que mantienen unidas las microburbujas y las partículas metálicas en suspensión (Yonn y Luttrell, 1989). La hipótesis DLVO (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek) establece que la energía de interacción total es la suma de las fuerzas atractivas de van der Waals y las fuerzas electrostáticas repulsivas (Israelachvili, 2011).

La adsorción de surfactantes catiónicos, agentes quelantes orgánicos o la precipitación controlada de hidróxidos metálicos con características hidrofóbicas pueden hacer que las superficies de las partículas de metales pesados sean menos hidrofílicas (Zouboulis y Katsoyiannis, 2002). Cuando la energía de interacción global presenta un mínimo de energía profundo, la eficiencia de adhesión es óptima. Esto mantiene estable el contacto entre la burbuja y la partícula.

2.4 Generadores Venturi para producción de microgas

2.4.1 Principio de funcionamiento del efecto Venturi

El efecto Venturi se basa en el principio de Bernoulli, que establece que cuando un fluido se mueve a través de una sección transversal más pequeña (garganta), se acelera y crea una disminución de la presión estática que puede utilizarse para aspirar gases y crear dispersiones gas-líquido. En los generadores Venturi, la cavitación hidrodinámica que se produce en la garganta ayuda a la formación de núcleos de cavitación que luego colapsan y crean microburbujas de tamaño uniforme (Arrojo y Benito, 2008).

2.4.2 *Diseño y modificaciones de generadores Venturi*

Se modifican la forma de la garganta, los ángulos de convergencia y divergencia, y los sistemas de inyección de gas de los generadores Venturi convencionales para producir microburbujas de manera más eficiente (Pawar et al., 2017). Los cambios son: (1) microorificios en el cuello para regular la inyección de gas, (2) superficies rugosas para favorecer la nucleación heterogénea, (3) múltiples fases de expansión y contracción, y (4) sistemas de recirculación para mejorar la dispersión de burbujas (Fobang, 2023).

La optimización del diseño considera aspectos como la relación de área (garganta/entrada), el número de Reynolds, la presión de inyección de gas y la velocidad del fluido. Su objetivo es hacer que la creación de microburbujas sea lo más eficiente posible, utilizando la menor energía posible (Liu et al., 2019).

2.4.3 *Parámetros operacionales*

Los factores operativos clave que afectan la eficiencia de los generadores modificados Venturi incluyen: (1) caudal de líquido (Q_L), (2) presión de operación (P), (3) relación gas/líquido (G/L), (4) tiempo de residencia y (5) temperatura del sistema (Ciriello et al., 1982). En las mejores circunstancias, la distribución del tamaño de las burbujas suele seguir una distribución logarítmica normal con un diámetro medio de Sauter de 10–50 μm (Sobhy y Tao, 2013).

2.5 *Aplicaciones de microgas en tratamiento de aguas*

2.5.1 *Remoción de metales pesados por microflotación*

Se ha demostrado que las microburbujas son más del 90% efectivas en la eliminación de metales pesados como Cu, Pb, Zn, Cd y Cr cuando el pH, el contenido de surfactante y la duración de la flotación se ajustan correctamente (Rubio et al., Overview of flotation as a wastewater treatment technique, 2002). Los pasos del procedimiento suelen incluir el acondicionamiento químico, la producción de microburbujas, la flotación y la separación de las espumas metalíferas (Polat y Erdoğan, 2007).

2.5.2 Factores que afectan la eficiencia de remoción

Hay muchos factores que influyen en la eficacia de la microflotación para eliminar metales pesados, tales como: (1) el pH del sistema (que suele estar entre 8 y 10), (2) la concentración inicial de metales, (3) la presencia de iones interferentes, (4) el tipo y la concentración de tensioactivos, (5) el tamaño y la concentración de microburbujas, (6) el tiempo de flotación y (7) la temperatura del agua (Zhang et al., 2024).

La materia orgánica natural, las sales disueltas y otros contaminantes pueden reducir en gran medida la eficacia del proceso al competir por los sitios de adsorción, cambiar las características de la superficie y modificar la química de la solución (Dai et al., 2000).

2.5.3 Ventajas comparativas de la microflotación

La microflotación tiene varias ventajas sobre los métodos tradicionales, tales como: (1) requiere menos tiempo de tratamiento (10 -30 minutos en lugar de 2- 4 horas), (2) utiliza menos reactivos químicos (30-50% menos), (3) genera menos lodos (hasta un 70% menos), (4) es más selectiva para ciertos metales, (5) puede recuperar metales valiosos y (6) tiene una menor huella ambiental (Tahir et al., 2023).

III MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo por que usa la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probatorias.

Para este enfoque se implementó rigurosamente el proceso y los datos generados cumplen con los estándares de validez y confiabilidad, exámenes apropiados de investigación.

En concordancia con el fin que se propuso, la investigación fue aplicativo y longitudinal, el tipo y nivel de conocimiento que se obtuvo es técnico y el diseño metodológico es experimental.

Simbología del diseño: G O₁ X O₂

Donde:

O₁ : Análisis de la muestra de agua superficial sin tratamiento

X : Aplicación del tratamiento con dispersiones de microburbujas

O₂ : Análisis de la muestra de agua superficial tratada

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio fueron los volúmenes y caudales de aguas superficiales captadas para la producción de agua potable en la planta de tratamiento de “Quicapata” en Ayacucho.

3.2.2 Muestra

Las tomas de muestras de agua superficial se ejecutaron en el canal de captación de “Campanayocc” y en el canal antes de la descarga al embalse en la planta de potabilización de “Quicapata” de la ciudad de Ayacucho.

Figura 5

Canal de “Campanayocc”



Figura 6

Embalse regulador - “Quicapata”



El tamaño de muestra de agua superficial para el proceso experimental y los objetivos de la presente investigación, considerando la capacidad de la columna de extracción a utilizarse fue de **3.5 litros** para cada prueba o ensayo.

La aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi permite la extracción de metales pesados en aguas superficiales.

El conocimiento de la concentración de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales permite el uso y consumo de agua segura.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variables

Variable independiente (calibración): Dispersión de microgas

Variable dependiente (evaluativa): Extracción de metales pesados en aguas superficiales.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable independiente (variable de calibración)	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Dispersión de microgas (microburbujas de gas)	Métodos analíticos y equipos para determinar las propiedades físicas de las burbujas de gas:		
	Diámetro (microburbujas)	$\Phi(\text{burbujas})$: μm	Numérico, continua
	Presión de gas	atmósfera o psi	Numérico, continua
	Velocidad (microburbujas)	cm/segundo	Numérico, continua
	Tiempo de extracción	segundo o minuto	Numérico, continua
Variable dependiente (variable evaluativa)	Indicador	Valor final	Tipo de variable

Extracción de metales pesados de aguas superficiales	Métodos analíticos para determinar la concentración de metales en las aguas superficiales:		
	Concentración de Fe	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Cd	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Mn	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Cu	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Pb	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Zn	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Hg	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de As	ppm (mg/l)	Numérico, continua
	Concentración de Al	ppm (mg/l)	Numérico, continua

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados fueron las cadenas de custodia de muestras de aguas superficiales (preservación de muestras) y fichas de registros de análisis de laboratorio.

La recreación paso por paso de la ruta (o camino) que siguieron las muestras, desde su origen hasta el análisis final en los laboratorios, se consolida en la cadena de custodia que se adjunta en anexos.

La cadena de custodia permitió hacer el control y seguimiento de las condiciones de recolección de la muestra, preservación, codificación, transporte y análisis, esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados. Es la evidencia de la trazabilidad del muestreo.

Para interpretar resultados de los análisis y el respectivo monitoreo se documentó la información relevante al muestreo. Para ello se contó con un cuaderno de campo.

Tabla 2*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Etapas	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultado
Ubicación e identificación de lugar a intervenir	Fuentes de aguas superficiales destinadas a su potabilización	Observación	Cuaderno de apuntes	
Recolección de muestras de aguas superficiales	Canales y embalses de agua superficial en la captación de la planta de “Quicapata”	Observación	Cadena de custodia de muestras de agua superficial	Recolección del volumen de agua requerido para los experimentos y análisis químico
Análisis de muestras de aguas superficiales recolectadas	Presa “Cuchoquesera” y canales de traslado de aguas superficiales a la planta de “Quicapata”	Observación	Ficha de registro de análisis de muestras de agua superficial.	Parámetros fisicoquímicos cuantificados y evidencia de presencia de iones metálicos en aguas superficiales.
Generación de dispersiones de microgas	Generador modificado Venturi de dispersiones de microgas	Experimentación	Generador modificado Venturi de dispersiones de microgas	Dispersiones de microgas estabilizadas para su utilización.
Aplicación de dispersiones de microgas	Laboratorios de la UNSCH	Experimentación	Cuaderno de apuntes	Dispersiones de microgas aplicadas a las muestras de aguas superficiales
Análisis de aguas superficiales después de su tratamiento	Muestras colectadas de aguas superficiales tratadas.	Observación	Ficha de registro de análisis de laboratorio	Verificación de la extracción de metales pesados
Análisis e interpretación de resultados	Gabinete	Análisis de resultados	Cuaderno de apuntes	Datos procesados e interpretados

Figura 7
Esquema del generador modificado Venturi, con dimensiones

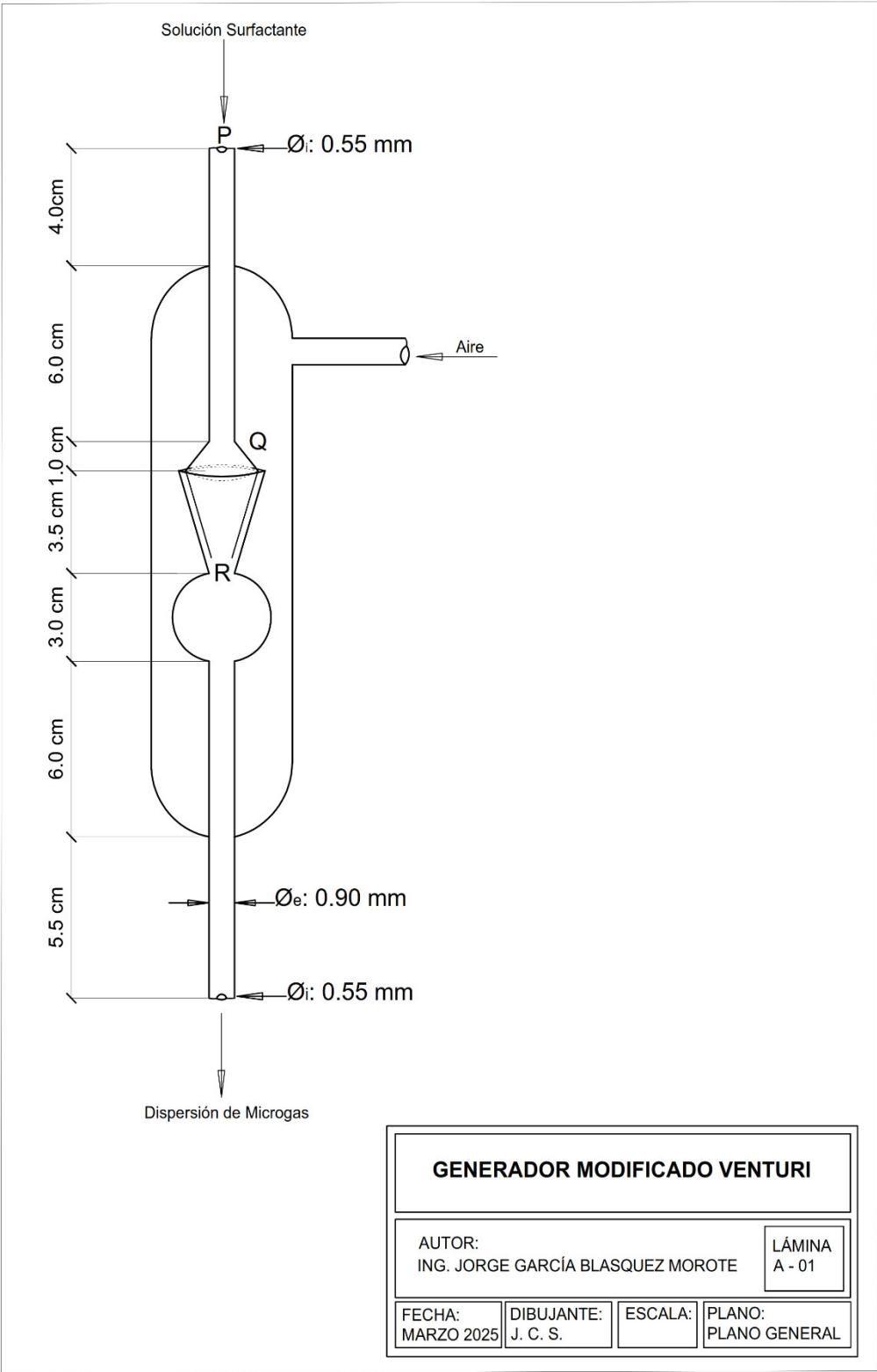


Figura 8

*Generadores modificados Venturi contruidos con diferentes diámetros internos de capilar.
[Φ (burbuja): 550 μm , 800 μm , 2000 μm y 3000 μm].*

**Figura 9**

Piedras de difusión sinterizado poroso con diámetros internos de 0.50 μm y 2.00 μm



Figura 10

Unidad de extracción continua liquido-liquido con columna de discos giratorios



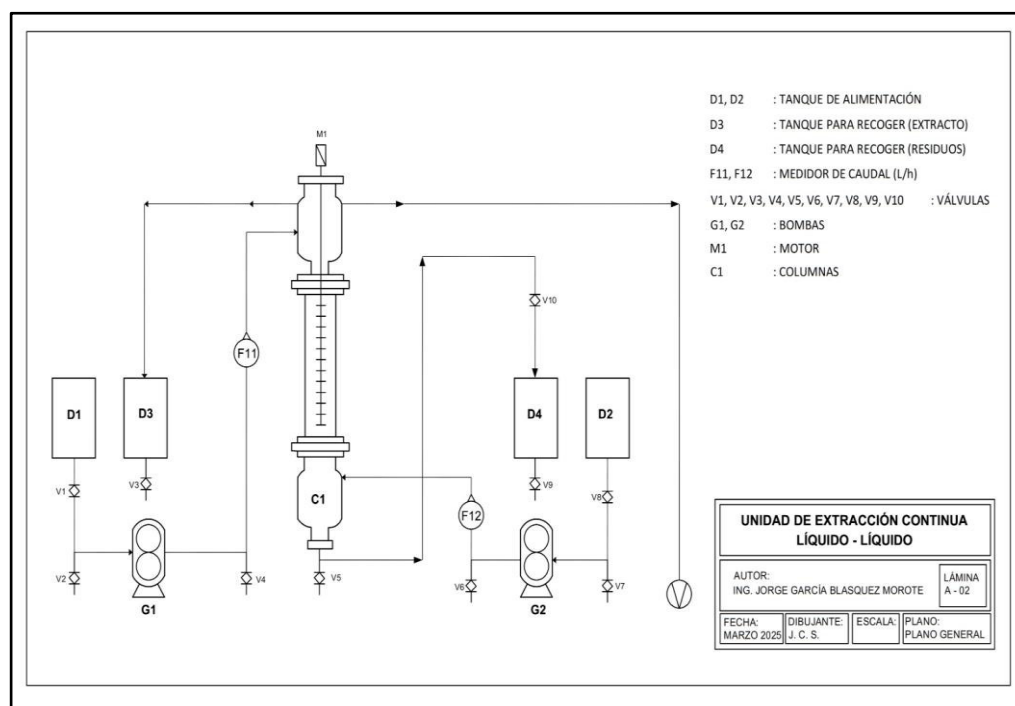
Laboratorio de Transferencia de Masa – Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia (UNSCH)

3.5 Procedimientos

3.5.1 Unidad de extracción continua liquido-liquido

Figura 11

Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido



3.5.2 *Datos técnicos:*

- Estructura de acero inoxidable AISI 304 con ruedas
- Columna de extracción de vidrio borosilicato, DN50, h = 600 mm, con agitador de discos y motor con generador taco métrico.
- Indicador electrónico de velocidad del agitador
- Separador de cabeza y de fondo de vidrio borosilicato
- 2 bombas dosificadoras con cuerpo de acero inoxidable AISI 316, caudal de 0 - 40 l/h
- 4 tanques: de alimentación para la dispersión de microgas, agua superficial, de plástico, con capacidad de 30 litros
- Cuadro eléctrico IP55, conforme a las normas CE, con sinóptico de la planta e interruptor automático diferencial.
- Pulsador de emergencia
- Alimentación: 230 Vca 50 Hz monofásica – 1kVA
- Dimensiones: 1600 x 800 x 2400 mm, Peso: 130 Kg

(*) [Mod. ULL/EV con columna de discos giratorios], (Elettronica Veneta, s.f.)

El mecanismo para la extracción de metales es la flotación iónica, en la que se genera una dispersión de microgas estable utilizando un surfactante que es adicionada a la columna de extracción conteniendo la muestra de agua superficial recolectada. A medida que la dispersión de microgas asciende a través del cuerpo de agua, los metales son adsorbidos y atraídos a la superficie de las burbujas.

Se construyeron generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas de vidrio borosilicato con capilares de diámetros internos a escala de micrómetros; y además se seleccionaron, adquirieron y utilizaron generadores de microburbujas de acero inoxidable sinterizado poroso.

En la figura 10 se muestra la unidad de extracción continua líquido-líquido con uno de los generadores de dispersiones de microgas Venturi (*) incorporado a la columna de discos giratorio para remover metales pesados (cobre, cromo, níquel, plata, plomo, zinc, hierro, arsénico, manganeso, entre otros) de muestras de agua superficial destinadas a su potabilización (*) (United States Patente nº US3900420A, 1975)

Figura 12

Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido con generador modificado Venturi incorporado a la columna para remover metales pesados. (*) Generador modificado Venturi, [Φ (burbuja): 550 μm , 800 μm , 2000 μm y 3000 μm]

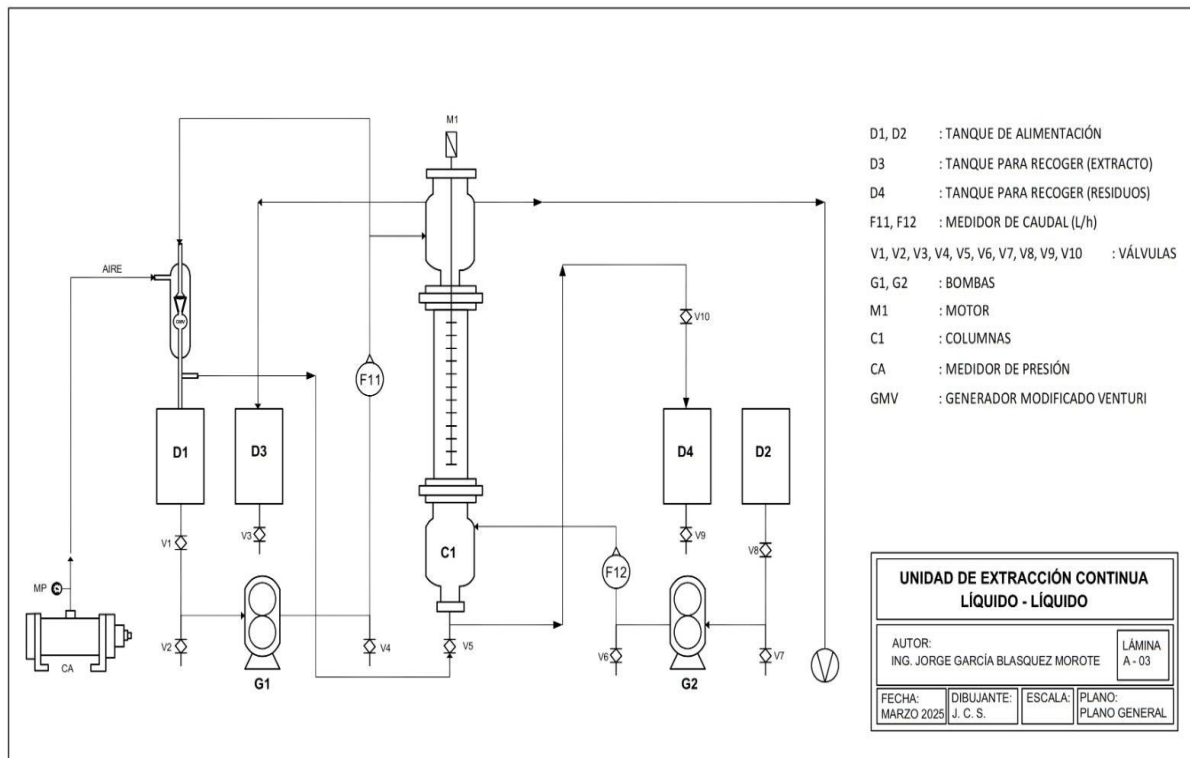
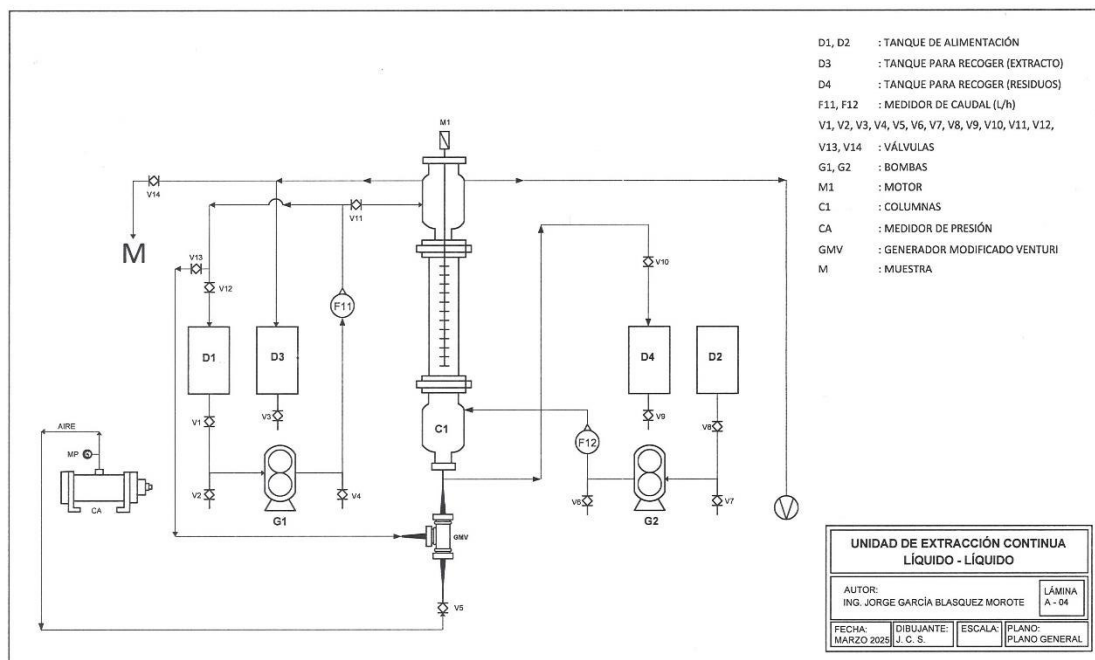


Figura 13

Diagrama de la unidad de extracción continua líquido-líquido con difusor sinterizado incorporado a la columna para remover metales pesados.



3.5.3 Experimentación

Se preparó una solución conteniendo 200 ppm de n-dodecil sulfato de sodio (sodium n-dodecyl sulfate) y se vertió al tanque de alimentación (D1). Se ubicó e instaló el respectivo generador modificado Venturi de vidrio borosilicato (550 μm , 800 μm , 2000 μm y 3000 μm) o la piedra de difusión sinterizado con diámetro de poro de 0.5 μm o 2,00 μm con aplicación de aire a presión controlada de 11 psi se obtuvo la dispersión de microgas, la misma que fue mantenida en circulación a través del sistema de extracción por aproximadamente 15 minutos hasta que se observó que se había logrado el tamaño previsto de burbujas. El caudal del surfactante utilizado fue de 5 litros/hora.

Luego el tanque de alimentación D2 se llenó con agua superficial recolectada en el canal antes de su descarga al embalse regulador 2 de la planta de tratamiento de “Quicapata”.

Posteriormente, activando la bomba reguladora se trasvasó 3.5 litros de agua superficial a la columna de extracción con una agitación de 300 rpm, y se añadió la dispersión de microgas por la base de la columna de extracción. El proceso de extracción de metales se controló y registro por periodos de tiempo de 10, 20, 30 y 40 minutos, respectivamente.

Finalizado el tratamiento (cuando la dispersión de gas - durante el tiempo programado - pasó a través del agua superficial contenida en la columna), un volumen de 500 mililitros del extracto fue recogido en un frasco de vidrio limpio y esterilizado, acidificado con 20 gotas de HNO_3 (1:1) como preservante, etiquetado y almacenado para su análisis de metales. Luego se procedió a remover la solución acuosa remanente y se lavó toda la columna de extracción con agua destilada y se cargó nuevo volumen de agua superficial y se procedió a reemplazar el generador modificado Venturi de vidrio borosilicato con otro de diferente diámetro de capilar; y se inició el tratamiento con las dispersiones de microgas manteniendo las mismas condiciones de operación del sistema de extracción y los tiempos de toma de muestras de extractos. De igual manera se procedió utilizando la piedra de difusión sinterizado de $0.5 \mu\text{m}$ de diámetro de poro.

Los frascos conteniendo las muestras, y cumpliendo con el respectivo protocolo, fueron enviados al laboratorio de SGS del Perú S.A.C. Lima) y a Labs & Technological Services de AGP Perú S.A.C. (Callao) para el análisis de metales pesados.

3.6 Análisis de datos

Entre las técnicas estadísticas para el procesamiento de datos y la obtención de información se utilizaron el software estadístico SAS (Statistical Analysis System) y Excel.

3.7 Consideraciones éticas

El trabajo de investigación fue ejecutado considerando en su génesis y desarrollo los principios éticos y morales, entendiéndose que el actuar del investigador está dentro del marco del sistema de valores humanos.

La investigación fue desarrollada con compromiso, veracidad y honestidad. Las hipótesis se plantearon con razonabilidad para cumplir con el desarrollo honesto de la investigación. Además, se tuvo transparencia y manejo adecuado de datos.

IV RESULTADOS

4.1.1 Extracción de metales pesados en muestras de agua superficial del canal

“Campanayocc” - Ayacucho.

La toma de muestras se realizó en el canal de captación de las aguas superficiales de “Campanayocc” que abastece a la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ayacucho, aguas que provienen de la presa de “Cuchoquesera”.

Figura 14

Toma de muestras de agua superficial en canal “Campanayocc” - Ayacucho (16/09/2023)



Los análisis de muestras de agua superficial antes y después de la aplicación del procedimiento de extracción de metales con dispersiones de microgas, fueron realizados en los **laboratorios de SGS del Perú S.A.C.** (Lima). Laboratorios de ensayo acreditado por el organismo de acreditación INACAL.

Tabla 3

Concentración de metales (mg/L) en aguas superficiales – Canal “Campanayocc” - Ayacucho

Metal	Pre - test	$\phi_{capilar} = 550 \mu m$				$\phi_{capilar} = 800 \mu m$				$\phi_{capilar} = 2000 \mu m$				$\phi_{capilar} = 3000 \mu m$			
		Tiempo (min)				Tiempo (min)				Tiempo (min)				Tiempo (min)			
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Aluminio	0.072	0.018	0.018	0.01	0.018	0.032	0.014	0.03	0.033	0.019	0.038	0.022	0.021	0.053	0.038	0.028	0.032
Arsénico	0.00388	0.00031	0.0001	0.0001	0.0001	0.00094	0.0001	0.0001	0.0001	0.00097	0.00053	0.00075	0.00036	0.0026	0.00374	0.0014	0.00162
Boro	0.123	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.105	0.053	0.014	0.006
Bario	0.0372	0.0009	0.001	0.002	0.001	0.0017	0.0024	0.0017	0.0029	0.0229	0.0209	0.0139	0.0094	0.0457	0.03	0.0221	0.013
Calcio	17.186	0.487	0.352	0.249	0.678	1.503	1.31	0.898	1.465	9.879	10.378	7.878	7.099	18.624	12.637	9.318	6.743
Cerio	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024
Hierro	0.0953	0.0259	0.026	0.0293	0.0291	0.0723	0.0548	0.0448	0.0607	0.0696	0.0653	0.0629	0.0645	0.1049	0.0799	0.0732	0.0628
Mercurio	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
Litio	0.0584	0.0053	0.0043	0.0037	0.0026	0.014	0.0118	0.0101	0.0104	0.0273	0.0262	0.0204	0.0168	0.0566	0.0405	0.0294	0.0209
Magnesio	3.233	0.142	0.122	0.101	0.075	0.448	0.376	0.327	0.322	1.751	1.664	1.415	1.35	3.283	2.384	1.801	1.356
Manganeso	0.01857	0.00289	0.00309	0.0037	0.00193	0.00627	0.00715	0.00475	0.00564	0.00687	0.00816	0.0055	0.00767	0.01495	0.01172	0.00829	0.0073
Sodio	16.435	14.182	14.235	14.717	14.636	14.777	14.664	15.082	18.542	15.322	15.82	14.93	14.588	16.648	15.487	15.419	14.747
Rubidio	0.0208	0.002	0.0016	0.0014	0.001	0.005	0.0043	0.0035	0.0038	0.0097	0.0095	0.0074	0.0061	0.0203	0.0144	0.0107	0.0076
Selenio	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
Silicio	9.75	1.016	0.964	0.766	0.541	2.459	2.293	1.729	1.813	4.378	4.285	3.574	3.084	9.244	6.63	4.777	3.457
Silice	20.86	2.17	2.06	1.64	1.16	5.26	4.91	3.7	3.88	9.37	9.17	7.65	6.6	19.78	14.18	10.22	7.4
Estroncio	0.2669	0.0065	0.0045	0.0037	0.003	0.0204	0.0177	0.015	0.0148	0.1589	0.1472	0.115	0.09	0.2862	0.206	0.1588	0.1049
Titanio	0.0022	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0015	0.0006	0.0008	0.0006	0.0006	0.0015	0.0015	0.0006	0.0006
Uranio	0.000026	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.000019	0.000013	0.00001	0.000013

Tabla 4*Concentración de metales (mg/L) en aguas superficiales – Canal “Campanayocc”*

Metal	Pre - test	$\phi_{poro} = 0.5 \mu m$			$\phi_{poro} = 2 \mu m$		
		Tiempo (min)			Tiempo (min)		
		10	20	30	10	20	30
Aluminio	0.072	0.079	0.072	0.057	0.056	0.045	0.046
Arsénico	0.00388	0.00487	0.00315	0.0016	0.00171	0.0049	0.00135
Boro	0.123	0.131	0.093	0.039	0.042	0.015	0.006
Bario	0.0372	0.0374	0.0322	0.0257	0.0244	0.0191	0.0155
Calcio	17.186	18.086	15.101	12.921	11.138	8.572	6.44
Cerio	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024	0.00024
Hierro	0.0953	0.0959	0.0742	0.0647	0.0698	0.0649	0.0442
Mercurio	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009
Litio	0.0584	0.0557	0.0473	0.0391	0.0363	0.0292	0.0243
Magnesio	3.233	3.107	2.56	2.128	1.982	1.575	1.32
Manganeso	0.01857	0.01203	0.00863	0.00941	0.01038	0.00915	0.00626
Sodio	16.435	16.191	15.347	15.286	15.787	14.858	14.265
Rubidio	0.0208	0.0197	0.0168	0.0135	0.0127	0.0103	0.0086
Selenio	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
Silicio	9.75	9.079	7.724	6.302	5.736	4.609	3.74
Silice	20.86	19.42	16.53	13.48	12.27	9.86	8
Estroncio	0.2669	0.2566	0.2262	0.1807	0.1678	0.1331	0.111
Titanio	0.0022	0.0008	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0006
Uranio	0.000026	0.000023	0.000014	0.000017	0.000018	0.00001	0.00001

Tabla 5

Extracción de metales con generador modificado Venturi ϕ 550 μm

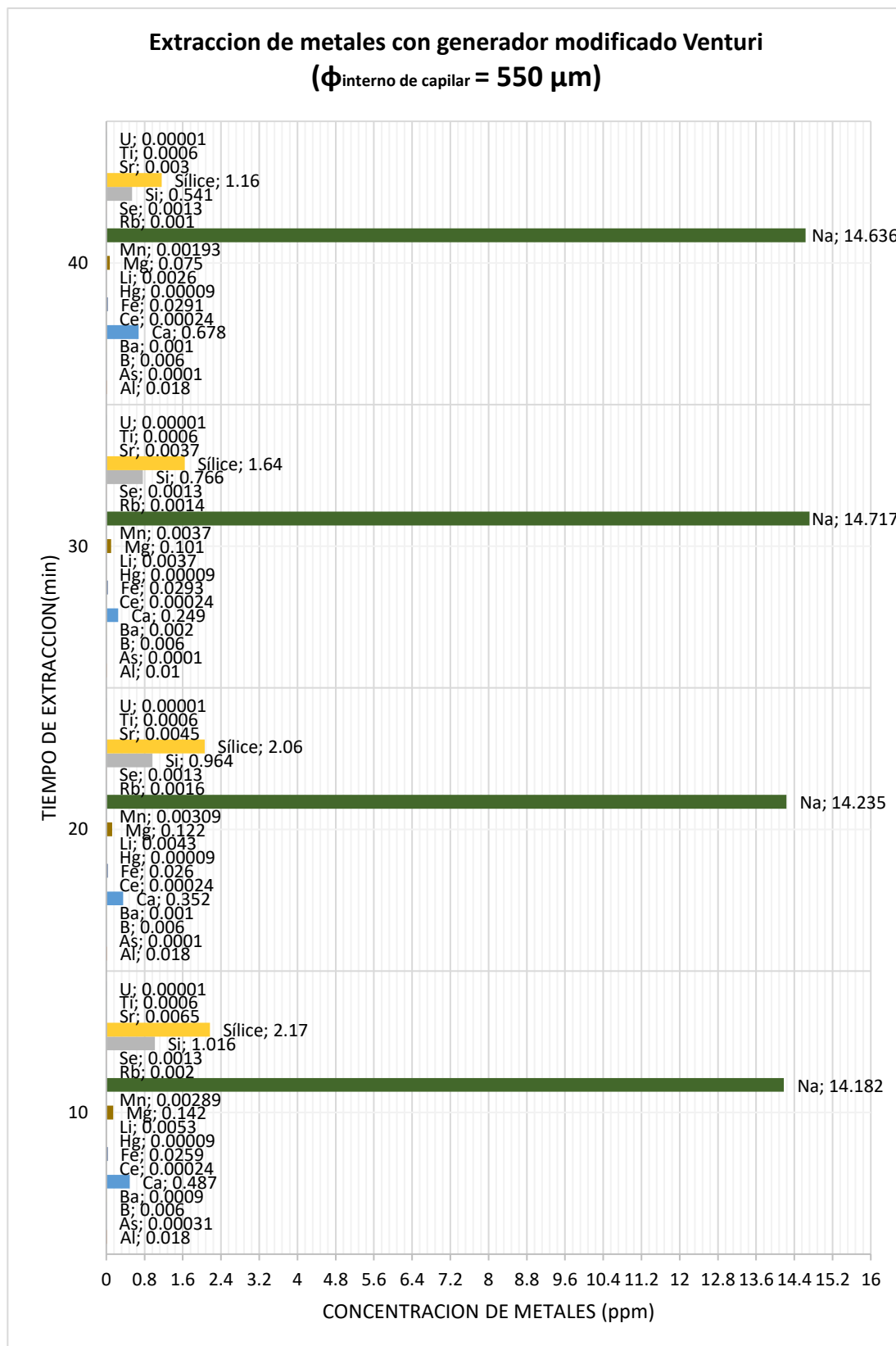
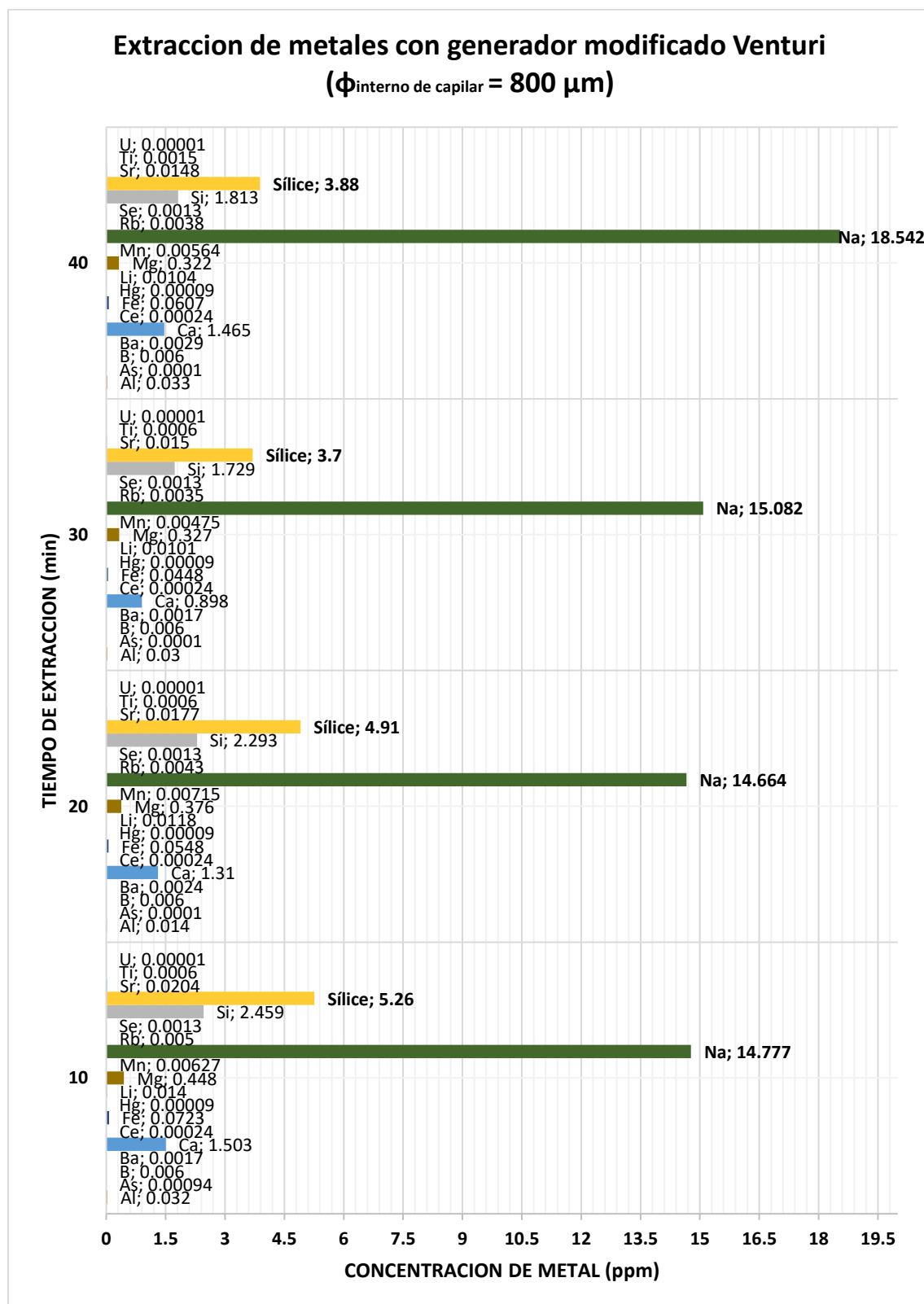


Tabla 6

Extracción de metales con generador modificado Venturi ϕ 800 μm



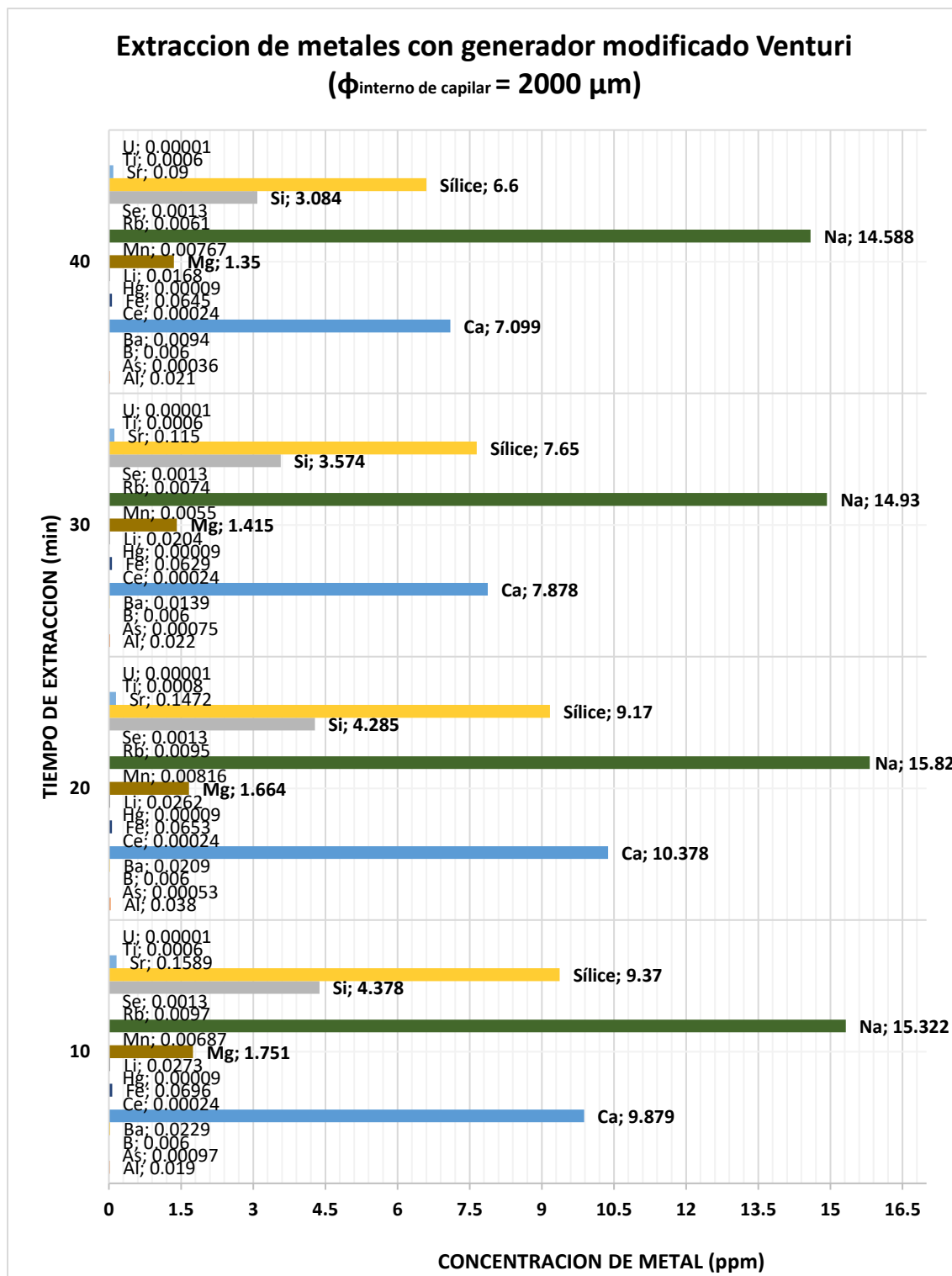


Tabla 8

Extracción de metales con generador modificado Venturi ϕ 3000 μm

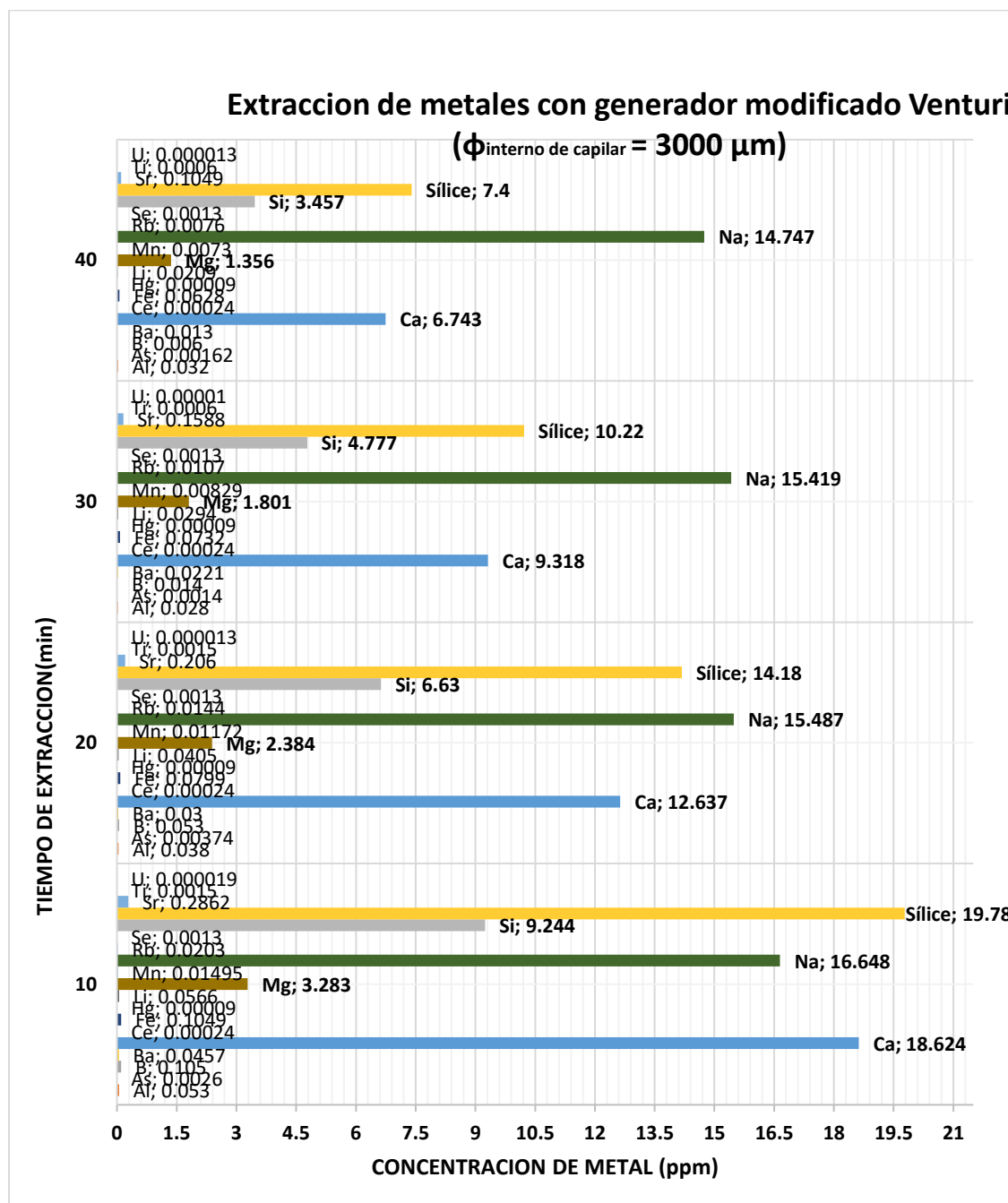


Tabla 9

Extracción de metales con generador modificado Venturi ϕ 0.50 μm

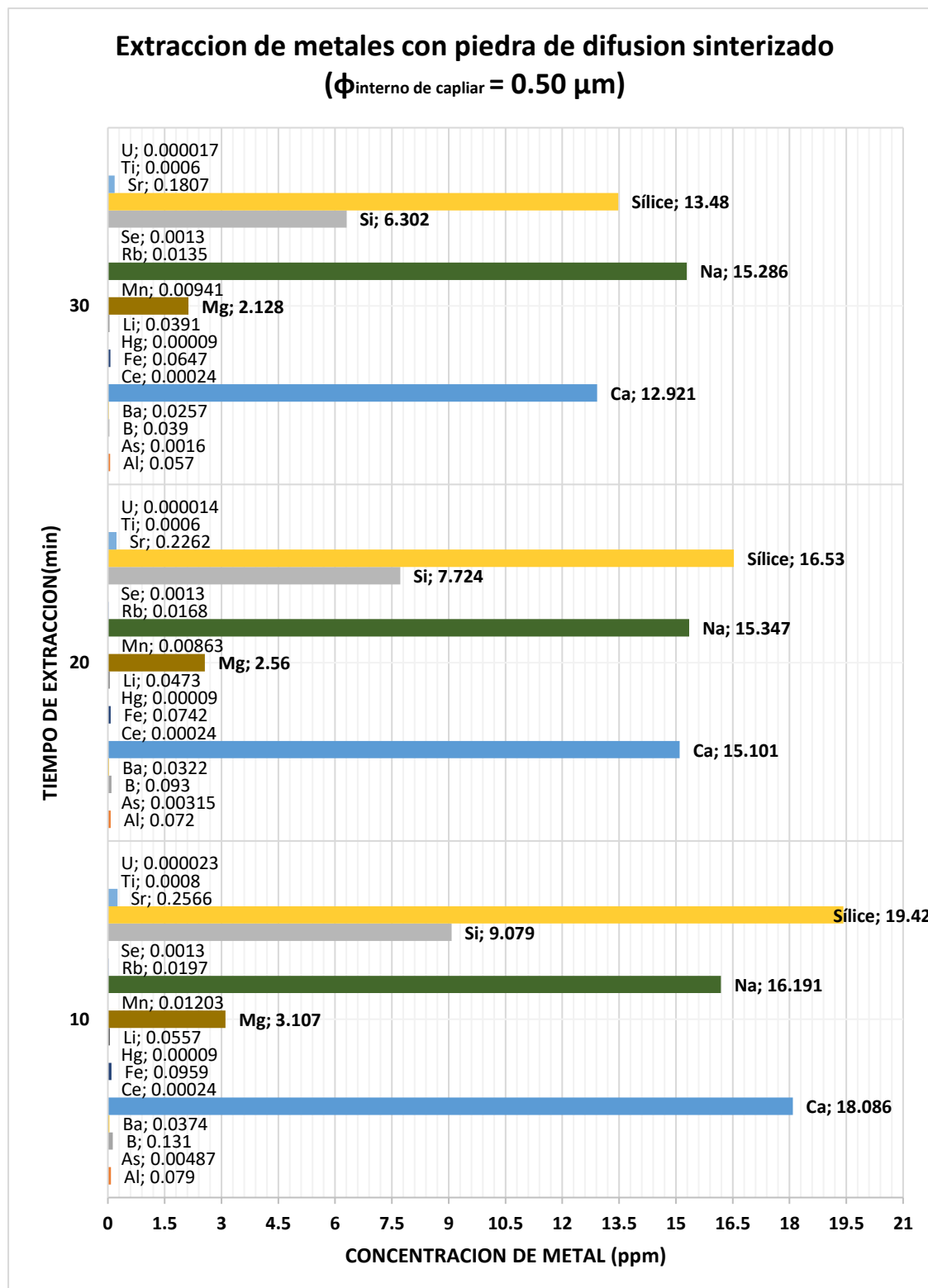


Tabla 10

Extracción de metales con generador modificado Venturi ϕ 2 μ m

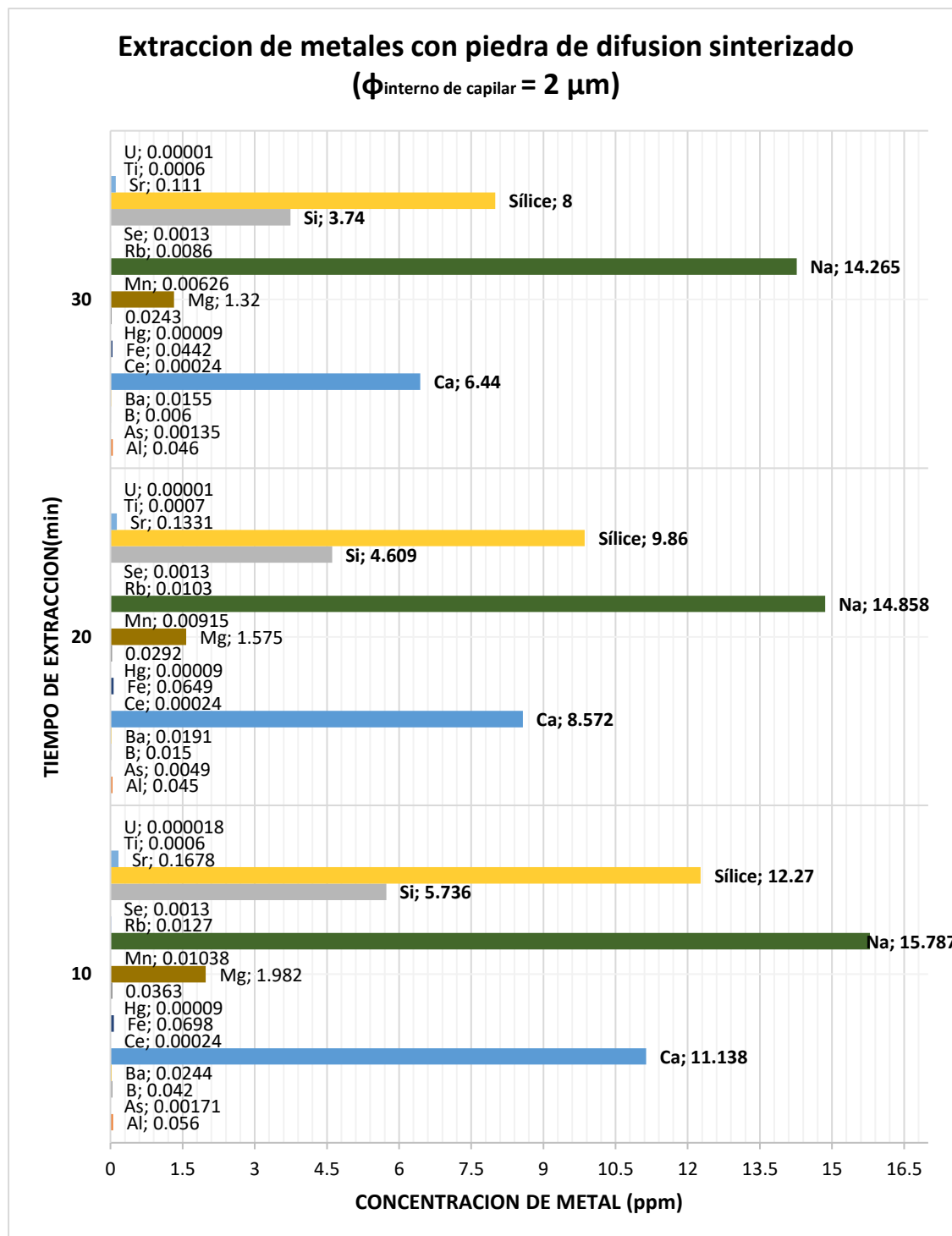


Tabla 11

Porcentaje de extracción de metales a partir de aguas superficiales captadas en el canal “Campanayocc” utilizando generadores modificados Venturi y piedras de difusión sinterizado poroso. Laboratorios de SGS del Perú S.A.C

Metal	Tiempo de extracción (min)	Diámetro interno de capilar del generador modificado Venturi (µm)				Diámetro de poro de piedra de difusión sinterizado poroso (µm)	
		550	800	2000	3000	0.5	2
Aluminio	10	25.00	25.00	18.06	25.00	109.72	77.78
	20	44.00	19.44	41.67	45.83	100.00	62.50
	30	26.39	52.78	30.56	29.17	79.17	63.89
	40	73.61	52.78	38.89	44.44	--	--
Arsénico	10	7.99	24.23	25.00	67.01	125.52	44.07
	20	2.58	2.58	13.66	96.39	81.19	126.29
	30	2.58	2.58	19.33	36.08	41.24	34.79
	40	2.58	2.58	9.28	41.75	--	--
Boro	10	4.88	4.88	4.88	85.37	106.50	34.15
	20	4.88	4.88	4.88	43.09	75.61	12.20
	30	4.88	4.88	4.88	11.38	31.71	4.88
	40	4.88	4.88	4.88	4.88	--	--
Bario	10	2.42	4.57	61.56	122.85	105.24	64.81
	20	2.69	6.45	56.18	80.65	87.87	49.88
	30	5.38	4.57	37.37	59.41	75.18	37.47
	40	2.69	7.80	25.27	34.95	--	--
Calcio	10	2.83	8.75	57.48	108.37	105.24	64.81
	20	2.05	7.62	60.39	73.53	87.87	49.88
	30	1.45	5.23	45.84	54.22	75.18	37.47
	40	3.95	8.52	41.31	39.24	--	--
Cerio	10	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	100	100	100	100
	30	100	100	100	100	100	100
	40	100	100	100	100	--	--
Hierro	10	27.18	75.87	73.03	110.07	100.63	73.24
	20	27.28	57.50	68.52	83.84	77.86	68.10
	30	30.75	47.01	66.00	76.81	67.89	46.38
	40	30.54	63.69	67.68	65.90	--	--
Mercurio	10	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	100	100	100	100
	30	100	100	100	100	100	100
	40	100	100	100	100	--	--
Litio	10	9.08	23.97	46.75	96.92	95.38	62.16
	20	7.36	20.21	44.86	69.35	80.99	50.00
	30	6.34	17.29	34.93	50.34	66.95	41.61
	40	4.45	17.81	28.77	35.79	--	--
Magnesio	10	4.39	13.86	54.16	101.55	96.10	61.31
	20	3.77	11.63	51.47	73.44	79.18	48.72
	30	3.12	10.11	43.97	55.71	65.82	40.83
	40	2.32	9.96	41.76	41.94	--	--
Manganeso	10	15.56	33.76	37.00	80.51	64.78	55.90
	20	16.64	38.50	43.94	63.11	46.47	49.27
	30	19.92	25.58	29.62	44.64	50.67	33.71
	40	10.39	30.37	41.30	39.31	--	--
Sodio	10	86.29	89.81	93.23	101.30	98.52	96.06
	20	86.61	89.22	96.22	94.23	93.38	90.40
	30	89.55	91.77	90.84	93.82	93.01	86.80

	40	89.05	112.82	88.76	89.73	--	--
Rubidio	10	9.62	24.04	46.63	97.60	94.71	61.06
	20	7.69	20.67	45.67	69.23	80.77	49.52
	30	6.73	16.83	35.58	51.44	64.90	41.35
	40	4.81	18.27	29.33	36.54	--	--
Selenio	10	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	100	100	100	100
	30	100	100	100	100	100	100
	40	100	100	100	100	--	--
Silicio	10	10.42	25.22	44.90	94.81	93.12	58.83
	20	9.89	23.52	43.95	68.00	79.22	47.27
	30	7.86	17.73	36.66	48.99	64.64	38.36
	40	5.55	18.59	31.63	35.46	--	--
Sílice	10	10.40	25.22	44.92	94.82	93.10	58.82
	20	9.88	23.54	43.96	67.98	79.24	47.27
	30	7.86	17.74	36.67	48.99	64.62	38.35
	40	5.56	18.60	31.64	35.47	--	--
Estroncio	10	2.44	7.64	59.44	107.23	96.14	62.87
	20	1.69	6.63	55.15	77.18	84.75	49.87
	30	1.39	5.62	43.09	59.50	67.70	41.59
	40	1.12	5.55	33.72	39.30	--	--
Titanio	10	27.27	27.27	27.27	68.18	36.36	27.27
	20	27.27	27.27	36.36	68.18	27.27	31.82
	30	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27
	40	27.27	68.18	27.27	27.27	--	--
Uranio	10	38.46	38.46	38.46	73.08	88.46	69.23
	20	38.46	38.46	38.46	50.00	53.85	38.46
	30	38.46	38.46	38.46	38.46	65.38	38.46
	40	38.46	38.46	38.46	50.00	--	--

4.1.2 Diagrama de 5 contrastes ortogonales en el experimento con 6 tratamientos

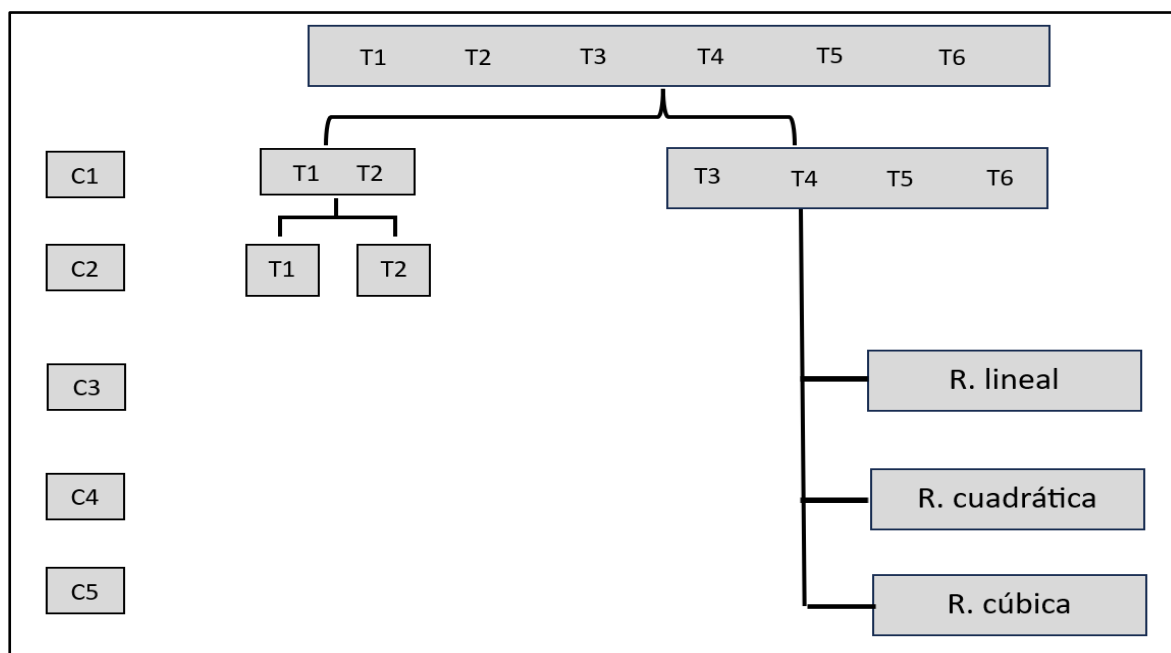
En el diagrama se muestran los contrastes planificados para el experimento con seis tratamientos, en el que se estudió el efecto de las dispersiones de micro gas en la extracción de metales pesados.

El primer contraste C1 compara el generador modificado Venturi (vidrio borosilicato) contra la piedra de difusión sinterizado; el contraste C2 compara la piedra de difusión sinterizada 1 contra la piedra de difusión sinterizada 2; los contrastes C3, C4 y C5, prueban las respuestas lineal, cuadrática y cúbica, correspondientes a los tres grados de libertad provenientes de los cuatro niveles de SE generadores modificados Venturi de vidrio borosilicato

Piedra sinterizada		Vidrio borosilicato			
T1	T2	T3	T4	T5	T6
0.5 μm	2.0 μm	550 μm	800 μm	2000 μm	3000 μm

Figura 15

Esquema experimental de la investigación

**Tabla 12**

Tratamientos y coeficientes para los contrastes

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C1	2	2	-1	-1	-1	-1
C2	1	-1	0	0	0	0
C3	0	0	-3	-1	1	3
C4	0	0	1	-1	-1	1
C5	0	0	-1	3	-3	1

4.2 Contrastación de hipótesis

4.2.1 Análisis funcional de varianza ANAFUNVA

Tabla 13*ANAFUNVA para metal aluminio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	7	469.352578	234.67629	1.7	0.2322
TRAT	2	9998.05164	1999.6103	14.45	0.0003
Vidrio vs Piedra	1	7455.17121	7455.1712	53.88	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	937.5	937.5	6.78	0.0264
Vidrio(lineal)	1	1458.68843	1458.6884	10.54	0.0088
Vidrio(cuadrático)	1	27.18033	27.18033	0.2	0.6671
Vidrio(cubico)	1	119.511707	119.51171	0.86	0.3746
Error	10	1383.69482	138.36948		
Total	24	21849.1507			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.883243		22.71932	11.76306	51.77556

Tabla 14*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para aluminio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey	
5	93.057	a	
6	68.057	a	b
4	55.093	c	b
3	36.577	c	b
2	35.183	c	b
1	22.687	c	

Tabla 15*ANAFUNVA para metal arsénico*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	2426.14111	1213.07056	2.97	0.0969
TRAT	5	14562.50931	2912.50186	7.14	0.0044
Vidrio vs Piedra	1	7016.016803	7016.0168	17.2	0.002
Piedra1 vs Piedra 2	1	316.390817	316.390817	0.78	0.3991
Vidrio(lineal)	1	5754.366802	5754.3668	14.11	0.0037

Vidrio(cuadrático)	1	1307.296875	1307.29688	3.21	0.1037
Vidrio(cubico)	1	168438015	168438015	0.41	0.5349
Error	10	4078.92676	407.89268		
Total	22	168473476.6			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.806388		51.83721	20.19635	38.96111

Tabla 16

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para arsénico

TRAT	Promedio	Valor Tukey		
5	74.14		a	
4	66.49		a	b
6	59.62	c	a	b
3	19.33	c	a	b
2	9.8	c		b
1	4.38	c		

Tabla 17

ANAFUNVA para metal boro

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	2453.34954	1226.6748	3.88	0.0566
TRAT	5	11065.9846	2213.1969	7	0.0047
Vidrio vs Piedra	1	3086.54321	3086.5432	9.76	0.0108
Piedra1 vs Piedra 2	1	4060.68135	4060.6814	12.84	0.005
Vidrio(lineal)	1	2351.256	2351.256	7.44	0.0213
Vidrio(cuadrático)	1	1306.25333	1306.2533	4.13	0.0695
Vidrio(cubico)	1	261.250667	261.25067	0.83	0.3847
Error	10	3161.77266	316.17727		
Total	22	27747.0913			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.810458		72.36208	17.78137	24.57278

Tabla 18*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para boro*

TRAT	Promedio	Valor Tukey	
5	69	a	
6	47	a	b
4	17		b
3	4.9		b
2	4.9		b
1	4.9		b

Tabla 19*ANAFUNVA para metal bario*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1141.14443	570.57222	7.28	0.0112
TRAT	5	18736.17047	3747.23409	47.82	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	4607.01562	4607.01562	58.79	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1569.78375	1569.78375	20.03	0.0012
Vidrio(lineal)	1	11432.74888	11432.7489	145.9	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	531.33521	531.33521	6.78	0.0263
Vidrio(cubico)	1	595.287	595.287	7.6	0.0203
Error	10	783.5771			
Total	22	39397.06246			

R-cuadrado		Coficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.962074		19.07071	8.851989	46.41667

Tabla 20*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para bario*

TRAT	Promedio	Valor Tukey	
5	85.217	a	
6	80.02	a	b
4	52.867		b
3	51.703		b
2	5.197		c
1	3.497		c

Tabla 21*ANAFUNVA para metal hierro*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1101.099244	550.549622	9.35	0.0051
TRAT	5	6454.107711	1290.82154	21.92	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	492.470069	492.470069	8.36	0.0161
Piedra1 vs Piedra 2	1	561.246817	561.246817	9.53	0.0115
Vidrio(lineal)	1	5105.853002	5105.853	86.71	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	147.490408	147.490408	2.5	0.1446
Vidrio(cubico)	1	147.047415	147.047415	2.5	0.1451
Error	10	588.872956	58.887296		
Total	22	14598.18762			

R-cuadrado		Coeficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.927693		11.83357	7.673806	64.84778

Tabla 22*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para hierro*

TRAT	Promedio		Valor Tukey	
4	86.883		a	
5	81.917		a	b
3	69.183	c	a	b
6	62.573	c		b
2	60.127	c		
1	28.403			

Tabla 23*ANAFUNVA para metal litio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1137.91423	568.95712	8.32	0.0074
TRAT	5	12260.76498	2452.153	35.87	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	3736.8769	3736.8769	54.66	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1336.53375	1336.53375	19.55	0.0013
Vidrio(lineal)	1	6967.33056	6967.33056	101.9	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	219.992033	219.992033	3.22	0.1031

Vidrio(cubico)	1	0.03174	0.03174	0	0.9832
Error	10	683.71323	68.37132		
Total	22	26343.15742			

R-cuadrado		Coeficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.951449		18.05195	8.268695	45.805

Tabla 24

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para litio

TRAT	Promedio	Valor Tukey	
5	81.107	a	
4	72.203	a	b
6	51.257	c	b
3	42.18	c	d
2	20.49	e	d
1	9.593	e	

Tabla 25

ANAFUNVA para metal magnesio

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1020.89168	510.44584	7.18	0.0117
TRAT	5	15271.35149	3054.2703	42.94	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	3563.891003	3563.891	50.11	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1357.2096	1357.2096	19.08	0.0014
Vidrio(lineal)	1	9838.337602	9838.3376	138.33	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	258.819408	258.819408	3.64	0.0855
Vidrio(cubico)	1	253.093882	253.093882	3.56	0.0886
Error	10	711.22879	71.12288		
Total	22	32274.82346			

R-cuadrado		Coeficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.958172		18.56472	8.433438	45.42722

Tabla 26*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para magnesio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
5	80.367	a
4	76.483	a
6	50.287	b
3	49.8	b
2	11.867	c
1	3.76	c

Tabla 27*ANAFUNVA para metal manganeso*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	595.4943	297.747115	4.32	0.0445
TRAT	5	3938.4042	787.68084	11.42	0.0007
Vidrio vs Piedra	1	648.7209	648.7209	9.4	0.0119
Piedra1 vs Piedra 2	1	88.4736	88.4736	1.28	0.2838
Vidrio(lineal)	1	2955.98166	2955.98166	42.85	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	85.2267	85.2267	1.24	0.2924
Vidrio(cubico)	1	160.00134	160.00134	2.32	0.1587
Error	10	689.8203	68.98203		
Total	22	9162.123			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE
0.867945		19.94447	8.305542

Tabla 28*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para manganeso*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
4	62.753	a
5	53.973	a
6	46.293	a
3	36.853	c
2	32.613	c
1	17.373	c

Tabla 29*ANAFUNVA para metal sodio*

Fuente	DF	Suma cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	30.2240333	15.1120167	1.87	0.2045
TRAT	5	152.6415333	30.5283067	3.77	0.0352
Vidrio vs Piedra	1	5.929225	5.929225	0.73	0.412
Piedra1 vs Piedra 2	1	22.6204167	22.6204167	2.8	0.1255
Vidrio(lineal)	1	123.9268817	123.926882	15.32	0.0029
Vidrio(cuadrático)	1	0.0444083	0.0444083	0.01	0.9424
Vidrio(cubico)	1	0.1206017	0.1206017	0.01	0.9052
Error	10	80.9074333	8.0907433		
Total	22	416.4145333			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE
0.693269		3.0845	2.844423

Tabla 30*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para sodio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
4	96.017	a
5	94.97	a b
6	93.443	a b
3	91.087	a b
2	90.3	a b
1	87.483	b

Tabla 31*ANAFUNVA para metal rubidio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1137.75663	568.87832	8.21	0.0078
TRAT	5	12017.2654	2403.4508	34.7	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	3459.204225	3459.20423	49.94	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1303.900417	1303.90042	18.82	0.0015
Vidrio(lineal)	1	7020.665682	7020.66568	101.36	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	233.112675	233.112675	3.37	0.0965
Vidrio(cubico)	1	0.382402	0.382402	0.01	0.9422
Error	10	692.65177	69.26518		
Total	22	25864.9392			

R-cuadrado		Coeficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.949981		18.17949	8.32257	45.78

Tabla 32*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para rubidio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
5	80.127	a
4	72.757	a d
6	50.643	c d
3	42.627	c d
2	20.513	e d
1	8.013	e

Tabla 33*ANAFUNVA para metal silicio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1065.34323	532.67162	7.77	0.00092
TRAT	5	10861.60218	2172.32044	31.67	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	3042.074025	3042.07403	44.35	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1426.6584	1426.6584	20.8	0.001
Vidrio(lineal)	1	6200.243415	6200.24342	90.38	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	191.920008	191.920008	2.8	0.1253
Vidrio(cubico)	1	0.706335	0.706335	0.01	0.9212
Error	10	685.98403	68.5984		

Total 22 23474.53162

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.945613		18.32866	8.282415	45.18833

Tabla 34

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para silicio

TRAT	Promedio	Valor Tukey
5	78.993	a
4	70.6	a d
6	48.153	c d
3	41.837	c d
2	22.157	e d
1	9.39	e

Tabla 35

ANAFUNVA para metal estroncio

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1003.82564	501.91282	8.25	0.0076
TRAT	5	18040.73543	3608.14709	59.31	<.0001
Vidrio vs Piedra	1	4138.13447	4138.13447	68.03	<.0001
Piedra1 vs Piedra 2	1	1480.8246	1480.8246	24.34	0.0006
Vidrio(lineal)	1	11519.60128	11519.6013	189.37	<.0001
Vidrio(cuadrático)	1	347.01007	347.01007	5.7	0.0381
Vidrio(cubico)	1	555.165	555.165	9.13	0.0129
Error	10	608.32222	60.83222		
Total	22	37693.61871			

R-cuadrado		Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.969047		17.0628	7.799501	45.71056

Tabla 36*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para estroncio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
5	82.863	a
4	78.893	a
6	52.593	b
3	51.443	b
2	6.63	c
1	1.84	c

Tabla 37*ANAFUNVA para metal titanio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	305.355833	152.677917	1.63	0.2432
TRAT	5	1686.229117	337.245823	3.61	0.0399
Vidrio vs Piedra	1	112.466025	112.466025	1.2	0.2983
Piedra1 vs Piedra 2	1	3.435267	3.435267	0.04	0.8518
Vidrio(lineal)	1	1079.928375	1079.92838	11.56	0.0068
Vidrio(cuadrático)	1	440.804408	440.804408	4.72	0.055
Vidrio(cubico)	1	49.595042	49.595042	0.53	0.483
Error	10	934.3687	93.43687		
Total	22	4612.182767			

R-cuadrado	Coefficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.680662	29.22238	9.666275	33.07833

Tabla 38*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para titanio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
4	54.543	a
5	30.3	a
3	30.3	a
6	28.787	a
1	27.27	a
2	27.27	a

Tabla 39*ANAFUNVA para metal uranio*

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	869.561811	434.780906	4.33	0.0442
TRAT	5	2274.992778	454.998556	4.53	0.0203
Vidrio vs Piedra	1	1111.111111	1111.11111	11.06	0.0077
Piedra1 vs Piedra 2	1	631.195267	631.195267	6.29	0.0311
Vidrio(lineal)	1	319.61184	319.61184	3.18	0.1047
Vidrio(cuadrático)	1	177.562133	177.562133	1.77	0.2132
Vidrio(cubico)	1	35.512427	35.512427	0.35	0.5653
Error	10	1004.260722	100.426072		
Total	22	6423.808089			

R-cuadrado	Coficiente de variación	Raíz MSE	Y Media
0.75794	20.93777	10.02128	47.86222

Tabla 40*Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para uranio*

TRAT	Promedio	Valor Tukey
5	69.23	a
4	53.847	a
6	48.717	a
3	38.46	b
1	38.46	b
2	38.46	b

4.2.2 *Análisis e interpretación de ANAFUNVA*

Tineo Bermúdez (2012) en el prólogo del texto: “El Análisis Funcional de la Varianza” (ANAFUNVA), plantea que esta herramienta para análisis de datos es un procedimiento que consiste en una prueba de significancia de comparaciones de grupos de tratamientos o individuales, previamente planificados”.

El ANAFUNVA fue aplicado para determinar el modelo polinómico para el generador Venturi de vidrio borosilicato al cual se ajustan las variables en estudio. Los resultados obtenidos se adecuan en un 98% al modelo cuadrático seleccionado, R^2 se aproxima a 1.

En la tabla de análisis de varianza se observa que las probabilidades son menores al error elegido. El porcentaje de error máximo permisible es igual a 5%, lo que señala un porcentaje de confianza de 95%.

En un contexto estadístico como el expuesto en el presente Análisis Funcional de la Varianza (ANAFUNVA), las letras a, b, c, d y e representan grupos de tratamientos diferentes. Las letras se utilizaron para indicar diferencias estadísticas significativas entre estos grupos.

En caso de que si dos grupos tienen la misma letra (por ejemplo, "a"), significa que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Si tienen letras diferentes (como "a" y "b"), significa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre esos grupos.

En las tablas que se presentan las letras a, b, c, d y e en las columnas "Valor Tukey" representan los resultados del análisis de comparación múltiple, específicamente la prueba de rango estudentizado de Tukey (HSD), que se utilizó para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de diferentes grupos.

Interpretación

- i. Grupos con la misma letra:** Si dos o más tratamientos (**TRAT**) tienen el mismo valor de letra (por ejemplo, "a"), significa que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de esos grupos a un nivel de significancia predeterminado (generalmente **0.05**).
- ii. Grupos con diferentes letras:** Si dos tratamientos tienen letras diferentes (por ejemplo, "a" y "c"), indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de esos grupos.

iii. **Casos con múltiples letras (como "a d"):** Cuando un grupo tiene varias letras asignadas, significa que ese grupo no tiene diferencia significativa con otros grupos que comparten cualquiera de esas letras, es así que:

- El tratamiento 5 (TRAT 5) tiene "a" y "d", lo que implica que no es significativamente diferente del tratamiento 4 (TRAT 4) [que también tiene "a"] ni del tratamiento 2 (TRAT 2) [que también tiene "d"].
- Sin embargo, **sí es significativamente diferente**, de otros grupos que no comparten ninguna de sus letras, como el tratamiento 1 o el tratamiento 3 (TRAT 1 o TRAT 3).

4.3 Extracción de metales del agua superficial del canal de ingreso a la planta de “Quicapata” - Ayacucho.

4.3.1 Toma de muestra de agua superficial: 12 de marzo de 2019

Fecha de emisión de informe de análisis de metales por Labs & Technological Services de AGQ Perú S.A.C: 19 de marzo de 2019

La determinación del contenido de metales en las muestras de agua superficial antes y después de su tratamiento de extracción con dispersiones de microgas fueron ejecutados por Labs & Technological Services de AGQ Perú S.A.C. (Callao).

Figura 16

Toma de muestra de aguas superficiales en el canal de ingreso a la planta de “Quicapata” de la ciudad de Ayacucho



Tabla 41

Contenido de metales (mg/L) en aguas superficiales procedentes del canal de “Campanayoc” de la planta de “Quicapata” – Ayacucho

Metal	Pre - test	Post - test						Post - test		
		Diámetro de capilar del generador modificado Venturi						Piedra de difusión sinterizado		
		Ø: 0,55 mm			Ø: 0,80 mm			Ø: 0,50 µm		
		10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min
Aluminio	0.721	0.555	0.477	0.509	0.532	0.521	0.465	0.982	1.00	0.902
Antimonio	0.00035	0.001049	0.00082	0.00080	0.00071	0.00061	0.00191	0.00021	0.00015	0.00013
Arsénico	0.00118	0.00104	0.00092	0.0009	0.00105	0.00089	0.00095	0.00101	0.00101	0.00087
Bario	0.0467	0.0431	0.0385	0.0349	0.0398	0.0359	0.0353	0.0439	0.0451	0.0417
Berilio	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Bismuto	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00044	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Boro	0.009	0.006	0.006	0.006	0.009	0.009	0.007	0.006	0.007	0.005
Cadmio	0.00157	0.00181	0.00131	0.00172	0.00191	0.00185	0.00163	0.00165	0.00171	0.00164
Calcio	4.40	4.70	4.50	4.10	4.70	4.50	4.20	4.50	4.70	4.20
Cerio	0.00202	0.00194	0.00180	0.00156	0.00189	0.00174	0.00163	0.00232	0.00264	0.00226
Cobalto	0.00026	0.00026	0.00023	0.00023	0.00025	0.00028	0.00024	0.00032	0.00033	0.00029
Cobre	0.0011	0.0022	0.0022	0.0023	0.0026	0.0029	0.0028	0.0019	0.0025	0.0023
Cromo	<0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	<0.001
Estaño	0.0467	0.0430	0.0443	0.0343	0.0323	0.0383	0.0508	0.0421	0.0351	0.0485
Estroncio	0.07327	0.07775	0.07454	0.06757	0.07683	0.07302	0.06814	0.07876	0.08124	0.07472
Hierro	0.43	0.41	0.36	0.350	0.37	0.35	0.32	0.53	0.56	0.49
Litio	0.0008	0.0009	0.0008	0.0008	0.0010	0.0010	0.0008	0.0009	0.0009	0.0008
Magnesio	1.55	1.54	1.48	1.330	1.49	1.34	1.31	1.51	1.47	1.40
Manganeso	0.02924	0.02857	0.02618	0.02400	0.02764	0.0260	0.02536	0.03553	0.03479	0.03103
Mercurio	<0.00007	<0.00007	<0.00007	<0.00007	0.00012	0.00015	0.00011	<0.00007	<0.00007	<0.00007
Molibdeno	0.00040	0.00049	0.00046	0.00052	0.00053	0.00072	0.00050	0.00046	0.00070	0.00101
Níquel	<0.0009	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0018	0.0011	0.0011	0.0012	0.0010
Plata	0.00030	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Plomo	0.00054	0.00091	0.00090	0.00124	0.00157	0.00185	0.00183	0.00087	0.00091	0.00091
Potasio	1.50	1.40	1.40	1.30	1.30	1.10	1.10	1.20	1.20	1.00
Selenio	0.00036	0.00025	0.00014	<0.00004	<0.00004	<0.00004	0.00025	<0.00004	<0.00004	<0.00004
Sodio	3.30	4.00	4.40	5.60	4.90	6.10	6.30	4.40	5.00	6.30
Talio	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Titanio	0.0247	0.0226	0.00211	0.0202	0.0202	0.0185	0.0178	0.0355	0.0389	0.0342

Torio	0.00088	<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.00039	0.00026	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Uranio	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001	<0.00001
Vanadio	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Wolframio	<0.00002	<0.00002	0.00002	<0.00002	<0.00002	0.00012	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Zinc	0.005	0.040	0.0380	<0.00002	0.074	0.057	0.039	0.019	0.029	0.022

Nota. Informe de ensayos ejecutado por AGQ Labs. – Callao, (19 de mayo de 2019).

Tabla 42

Porcentaje de metales extraídos de aguas superficiales captadas en el canal de “Campanayocc”- Ayacucho.

Metal	PORCENTAJE DE METALES EXTRAÍDOS					
	Diámetro de capilar del generador modificado Venturi					
	Ø = 0,55 mm			Ø= 0,80 mm		
	10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min
Aluminio	76.97	66.16	70.60	73.86	72.26	64.50
Arsénico	88.14	77.97	76.27	88.98	75.42	80.50
Bario	92.29	82.44	74.73	85.22	76.87	75.88
Boro	67.00	67.00	67.00	100.00	100.0	77.88
Cerio	96.03	89.20	77.22	93.56	86.14	80.69
Cobalto	100.0	88.46	88.46	96.15	107.7	92.30
Estaño	92.00	94.86	73.45	69.16	82.00	108.8
Hierro	95.35	83.72	81.39	86.05	81.39	74.42
Magnesio	99.35	95.48	85.80	96.13	86.45	84.50
Manganeso	97.70	89.53	82.08	94.52	88.92	86.73
Plata	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Potasio	93.33	93.33	86.66	86.66	73.33	73.33
Selenio	69.44	38.88	11.11	11.11	11.11	69.44
Titanio	91.49	8.540	81.78	81.78	74.89	72.06
Torio	1.140	1.140	1.140	44.32	29.54	1.140

Tabla 43

Porcentaje de extracción de metales en aguas superficiales procedentes del canal “Campanayocc – Ayacucho

Metal	Diámetro de poro, Ø = 0,5 µm		
	10 min	20 min	30 min
Antimonio	60.00	42.85	37.14
Arsénico	85.59	85.59	73.73
Bario	94.00	96.57	89.29
Boro	67.00	77.78	55.55
Estaño	90.14	75.16	103.85
Magnesio	97.41	94.84	90.32
Plata	20.00	20.00	20.00
Potasio	80.00	80.00	66.66
Selenio	11.11	11.11	11.11

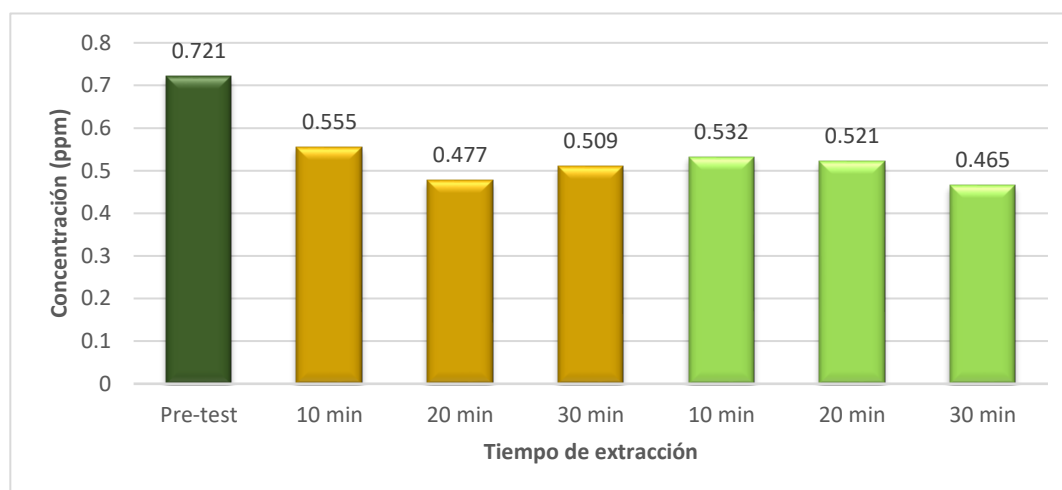
Tabla 44

Contenido de metales (ppm) en aguas superficiales-AGQ Labs

Metal	Pre-test	Post-test					
		Diámetro de capilar del generador modificado Venturi					
		• Ø = 0,55 mm			Ø= 0,80 mm		
		10 min	20 min	30 min	10 min	20 min	30 min
Aluminio	0.721	0.555	0.477	0.509	0.532	0.521	0.465
Arsénico	0.00118	0.00104	0.00092	0.0009	0.00105	0.00089	0.00095
Cerio	0.00202	0.00194	0.0018	0.00156	0.00189	0.00174	0.00163
Hierro	0.43	0.41	0.36	0.35	0.37	0.35	0.32
Manganeso	0.02924	0.02857	0.02618	0.024	0.02764	0.026	0.02536

Figura 17

Extracción de aluminio

**Figura 18**

Porcentaje de extracción de aluminio

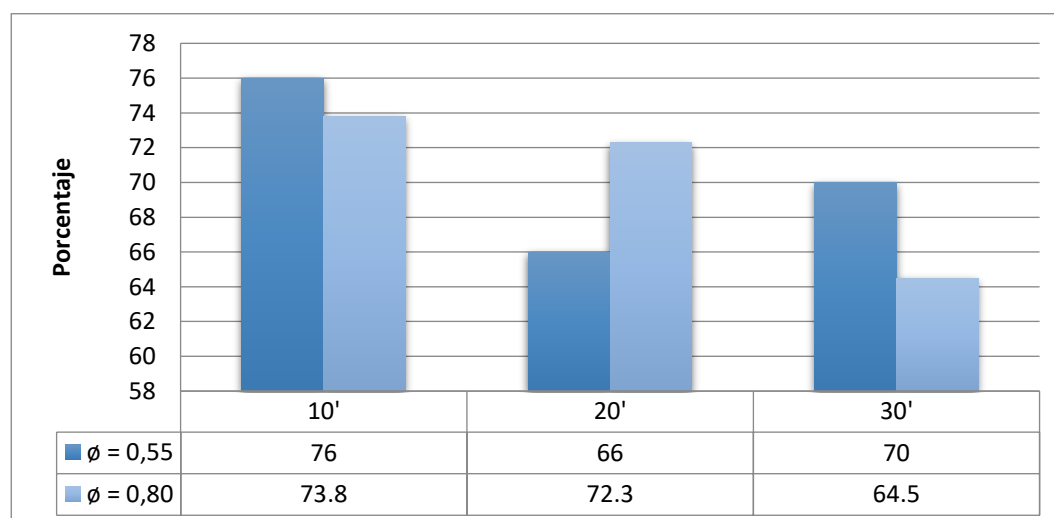


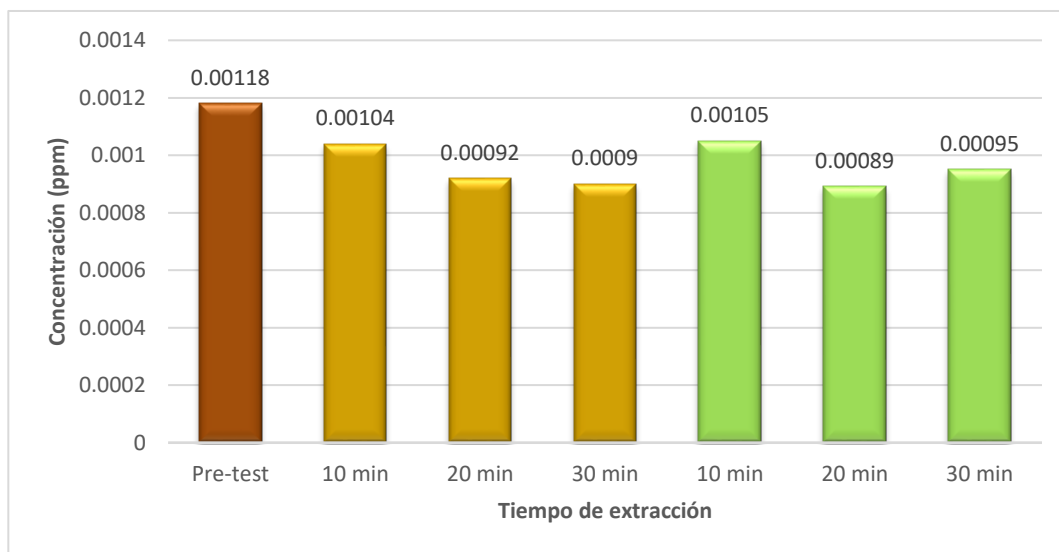
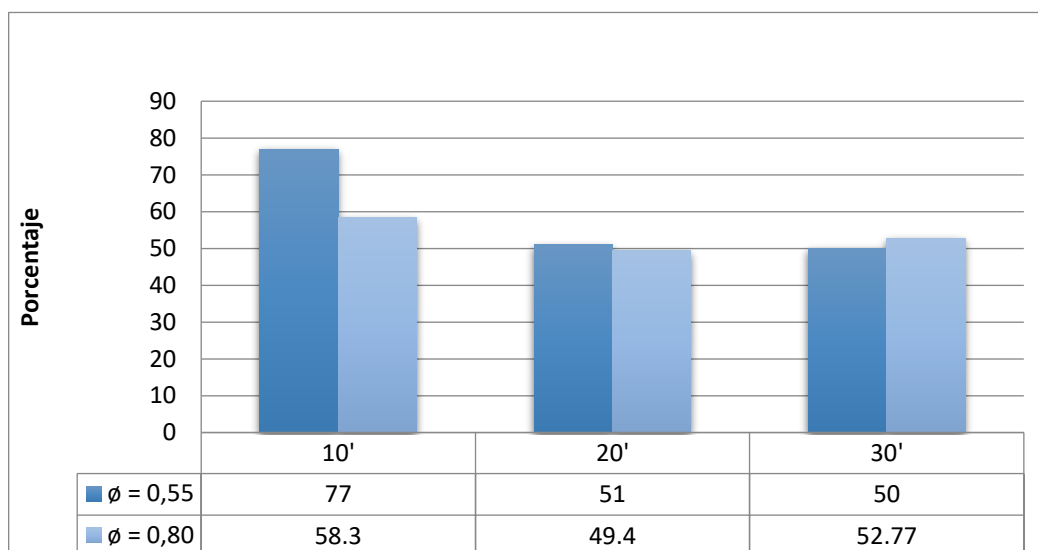
Figura 19*Extracción de arsénico***Figura 20***Porcentaje de extracción de arsénico*

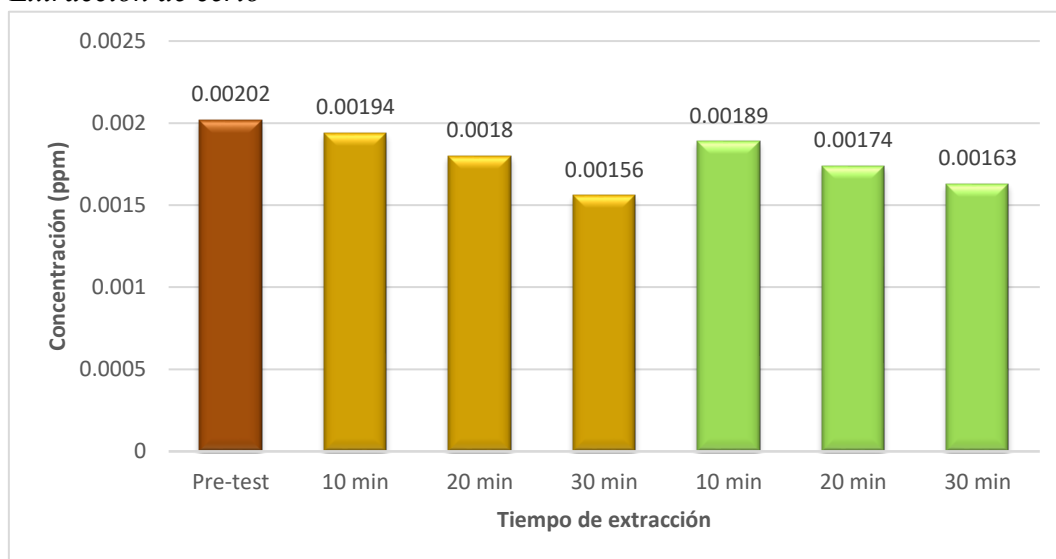
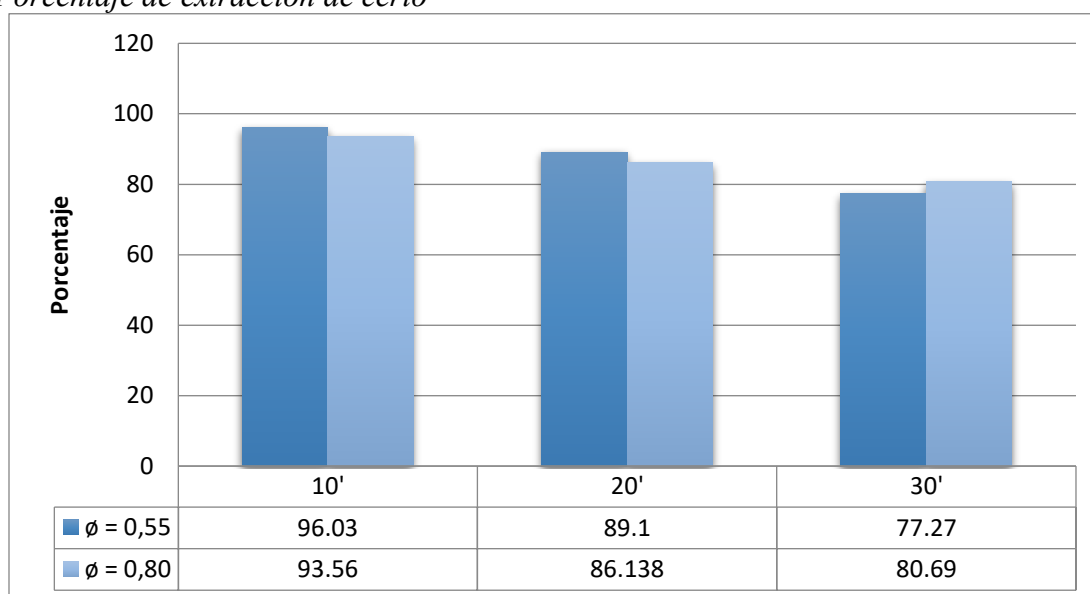
Figura 21*Extracción de cerio***Figura 22***Porcentaje de extracción de cerio*

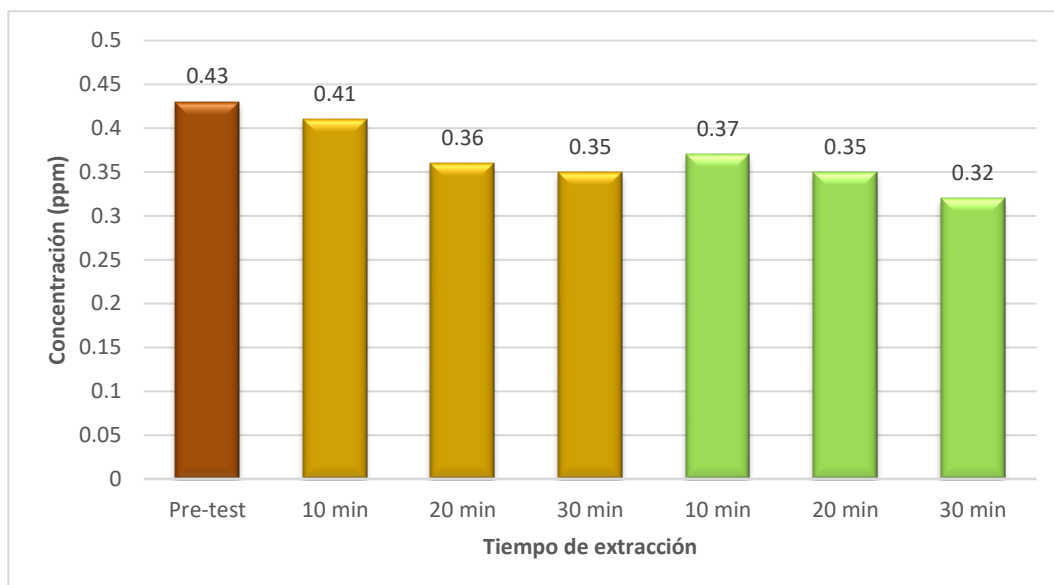
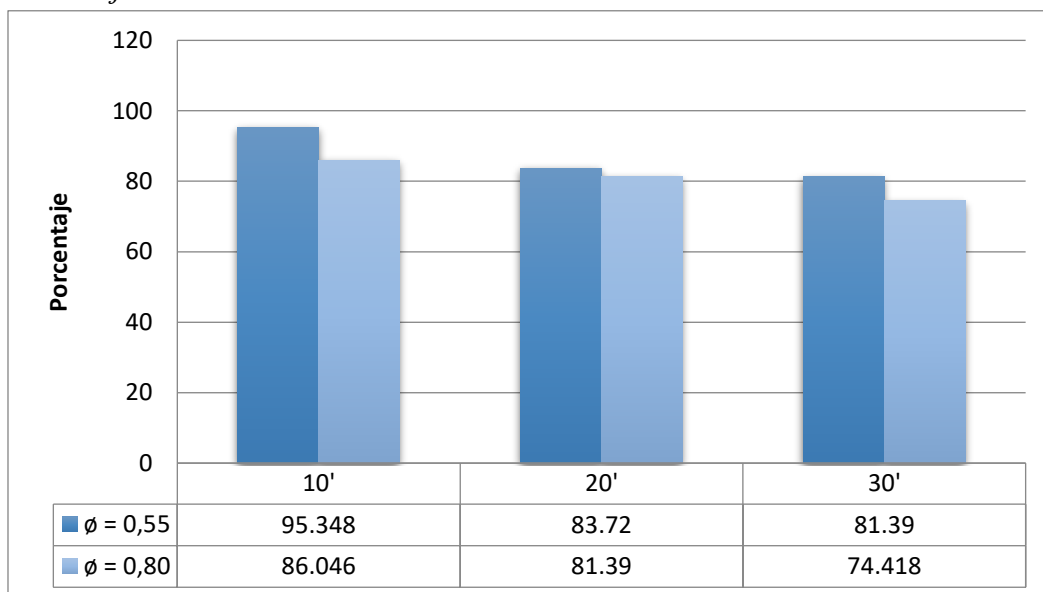
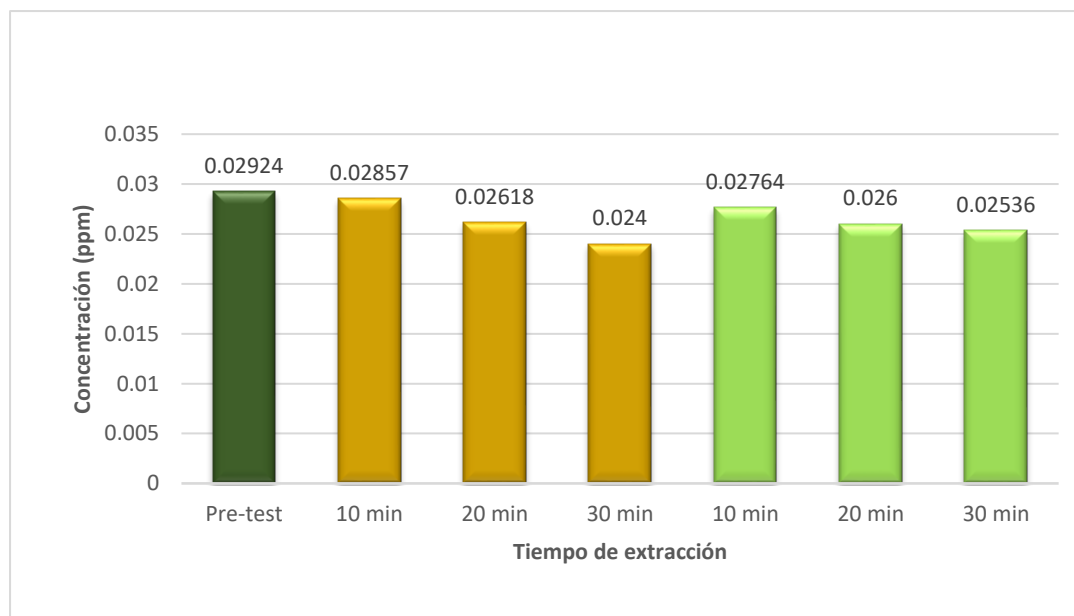
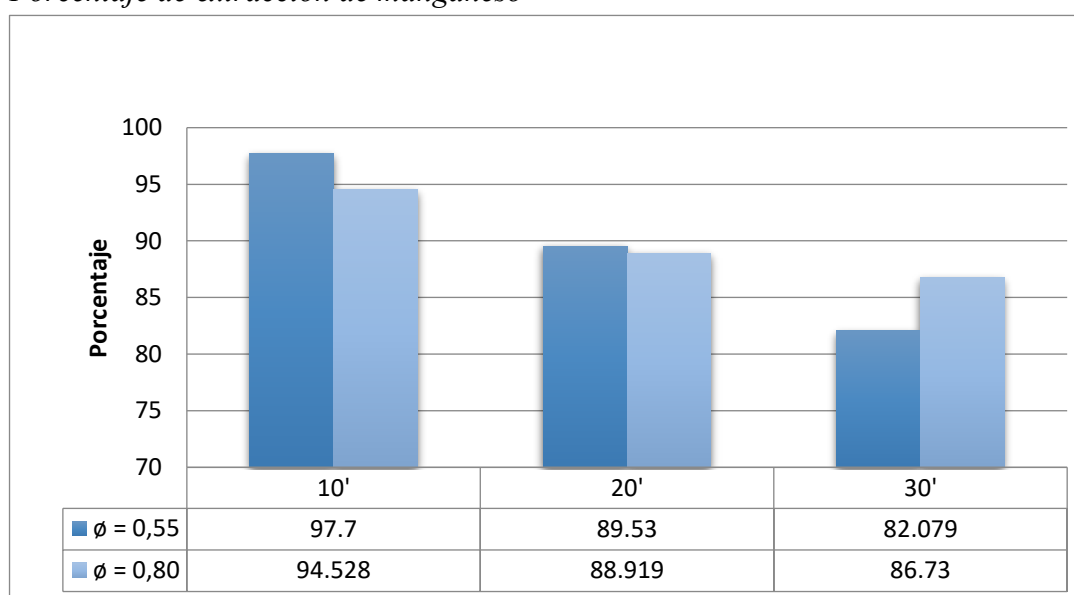
Figura 23*Extracción de hierro***Figura 24***Porcentaje de extracción de hierro*

Figura 25*Extracción de manganeso***Figura 26***Porcentaje de extracción de manganeso*

4.4 Contrastación de hipótesis

4.4.1 Prueba de normalidad

Para determinar la distribución de los datos obtenidos de los análisis de laboratorio, se utilizó el tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov.

Hipótesis Nula (Ho): La distribución de la muestra sigue una distribución normal

Hipótesis alterna (H_1): La distribución de la muestra no sigue una distribución normal

Significación:

1. Valor $p > 0.05$ entonces se acepta H_0
2. Valor $p < 0.05$ entonces se rechaza H_0

Figura 27

Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para aluminio

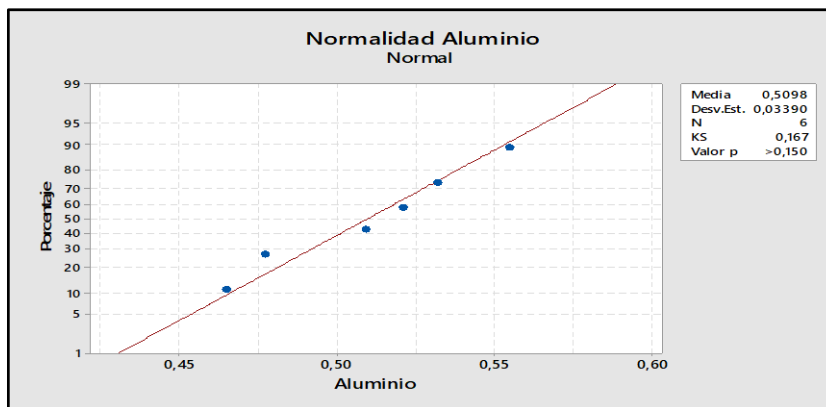


Figura 28

Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para hierro

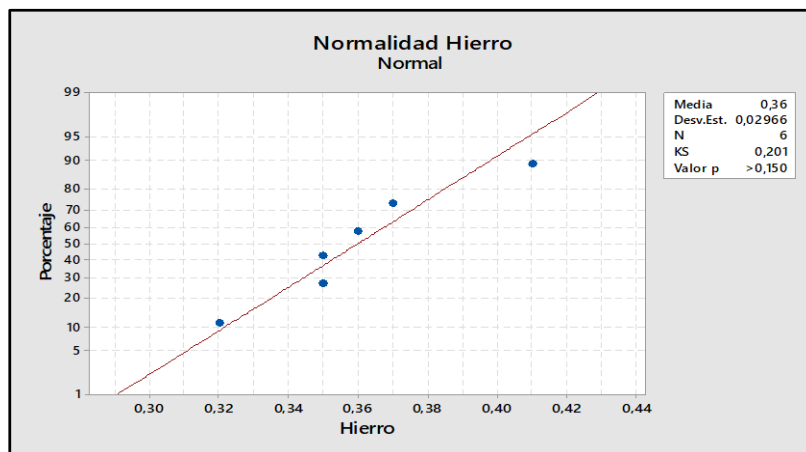
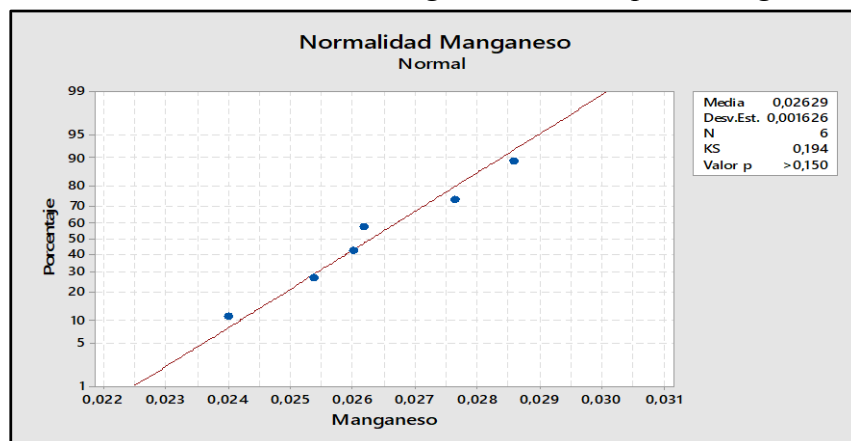
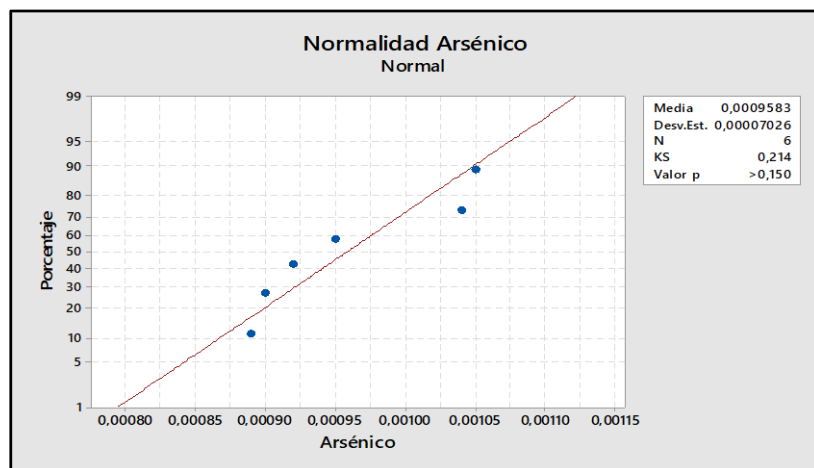


Figura 29

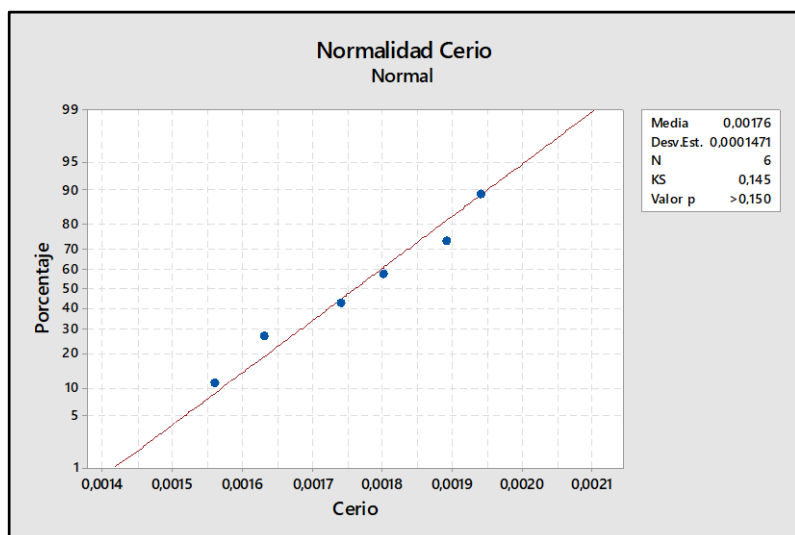
Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para manganeso

**Figura 30**

Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para arsénico

**Figura 31**

Tratamiento estadístico de Kolmogorov- Smirnov para cerio



4.4.2 *Análisis e interpretación*

De los gráficos, se observa que el valor de la probabilidad, $p > 0.05$ para los metales considerados en el estudio, acepta la hipótesis del investigador, que la distribución de los datos tiene una distribución normal. Es decir que la aplicación de dispersiones de microgas mediante un generador modificado Venturi es altamente significativo para extraer metales pesados en las aguas superficiales destinadas a potabilización en la planta de “Quicapata”.

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Las microburbujas fueron utilizadas en operaciones de flotación y extracción de iones metálicos en aguas superficiales procedentes del canal “Campanayocc” captadas de la presa “Cuchoquesera”. Con la aplicación de dispersiones de microgas, también, se removieron metales pesados en las aguas superficiales que abastecen a la planta de tratamiento de agua potable de “Quicapata” en la ciudad de Ayacucho.
- Del análisis de los datos, se infiere que el comportamiento de la extracción de un metal es afectado por los otros metales presentes en el agua superficial; es decir la extracción de un metal, es influenciado por los otros metales que están presentes en el agua. Además, la presencia de aniones, afectan la remoción de una especie metálica.
- El dodecil sulfato de sodio es un “tensoactivo, con una molécula que por su estructura es capaz de situarse en la interfase aire-agua reduciendo la tensión superficial y modificando las propiedades de ambas fases”. Esta molécula posee en su estructura dos partes diferenciadas: una hidrófoba (cola apolar) y otra hidrófila (cabeza apolar); y debido a esta capacidad para situarse en la interfase posee la propiedad espumógena (formar burbujas de aire en medios acuosos).
- La Figura 7, muestra el esquema del generador modificado Venturi de dispersiones de microgas seleccionado y adoptado. Las dimensiones en escala concerniente al tamaño del generador, la longitud del tubo capilar, el diámetro interno del capilar, entre otros, fueron diseñados por el suscrito para su construcción en el Taller de Soplado de Vidrio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Es pertinente señalar, que en el generador modificado Venturi la solución del surfactante n-dodecil sulfato de sodio pasa de un área de baja velocidad y alta presión, **P**, al punto de alta velocidad y baja presión, **R**. En el punto **R**, se introduce aire que pasa a través del espacio **Q** que es similar a un accesorio de vidrio suelto. La solución de surfactante en movimiento pasa por la tubería del generador

modificado Venturi que tiene un cambio en su sección transversal, es decir hay un cambio de área; y, además, el efecto Venturi considera el “principio de continuidad” que señala que el caudal debe ser constante en toda la tubería en el movimiento del fluido, lo que permite la producción de dispersiones de microgas. “Estas pequeñas burbujas proveen una gran extensión de área superficial para un volumen de dispersión”.

- Como resumen de los tratamientos según letras en el análisis funcional de la varianza (ANAFUNDA), se concluye que,
- Que los tratamientos **5 y 4 (TRAT 5 y TRAT 4)**, no tienen diferencias significativas entre ellos, ya que comparten la letra "a".
- Los tratamientos **6 y 3 (TRAT 6 y TRAT 3)**, no tienen diferencias significativas entre ellos, ya que comparten la letra "c".
- Los tratamientos **2 y 1 (TRAT 2 y TRAT 1)** no tienen diferencias significativas entre ellos, ya que comparten la letra "e"; y
- Los tratamientos **4 y 2 (TRAT 4 y TRAT 2)** no son significativamente diferentes, ya que ambos comparten la letra "d"

VI CONCLUSIONES

- Se construyeron y utilizaron generadores modificados Venturi de 0.55 mm (550 μm), 0.80 mm (800 μm), 2.00 mm (2000 μm) y 3.00 mm (3000 μm) de diámetro interno de capilares en el Taller de Soplado de Vidrio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Igualmente, se seleccionaron, adquirieron y utilizaron piedras de difusión sinterizado poroso de 0.5 μm y 2 μm de diámetro de poro.
- Con la aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi se removieron con alta eficiencia metales tales como aluminio, arsénico, bario, cerio, hierro, manganeso y manganeso de las aguas superficiales que abastecen a la planta de tratamiento de agua potable de “Quicapata” de la ciudad de Ayacucho.
- La extracción de metales llevado a cabo por los generadores modificados Venturi y las piedras de difusión sinterizado poroso son estadísticamente diferentes; lo que indica que la extracción de metales en función del diámetro de microburbujas obedece al modelo polinómico lineal.
- El tiempo de tratamiento óptimo para extraer aluminio, arsénico, cerio, hierro y manganeso con diámetros de burbuja de 550 μm y 800 μm fue de 10 minutos, conclusión obtenida de los resultados del análisis de metales efectuado en muestras colectadas en el canal de descarga al embalse de la planta de “Quicapata” por el laboratorio Labs & Technological Services de AGQ Perú S.A.C. y subsecuentemente, utilizando el generador modificado Venturi de 500 μm de diámetro interno, durante 10 minutos de extracción, se removieron 76% de aluminio, 88.1 % de arsénico, 96% de cerio, 95.4% de hierro y 97.7% de manganeso; y aplicando las dispersiones en el mismo tiempo con el generador modificado Venturi de 800 μm de diámetro interno se removieron 73.8% de aluminio, 88.98 % de arsénico, 93.6% de cerio, 86% de hierro y 94.5% de manganeso. En el ensayo efectuado con piedras de difusión sinterizado de 0,5 μm diámetro de poro durante 10 minutos de

tratamiento se removieron 0.982 mg/L de aluminio, 0.00101 mg/L de arsénico, 0.00232 mg/L de cerio, 0.53 mg/L de hierro y 0.03553 mg/L de manganeso.

- Las muestras de aguas naturales superficiales colectadas en el canal “Campanayocc” y en el canal “Quicapata” antes de su descarga al embalse regulador de la planta, presentaron diferentes composiciones de iones metálicos, tal como se evidencia en los resultados de los análisis emitidos por Labs & Technological Services de **AGQ Perú S.A.C** y **SGS del Perú S.A.C.** (ver tablas en anexo). Es pertinente señalar, que el contenido de metales pesados en las aguas superficiales muestreadas (pre-test), generen diferentes porcentajes de extracción de metales, en función a la época del año (periodo estacional), la fecha y lugar puntual de la toma de muestras, entre otros muchos factores. Es decir, la movilidad de los metales pesados en el agua pasaría a ser un factor que condiciona el contenido de metales en las aguas del río.
- La investigación se sustenta en la intervención que se ejecutó - entre otras - en los canales de conducción de aguas superficiales hacia la planta de potabilización de “Quicapata” en la ciudad de Ayacucho para remover los contaminantes metálicos y subsecuentemente, proponer un mecanismo de monitoreo de los niveles de metales pesados en el recurso hídrico que se dota a la población usuaria de Ayacucho, y garantizar que la población consuma agua tratada y principalmente exenta de metales pesados, los que son nocivos para la salud humana. “El agua que se bebe debe ser segura, y no solo ser potable”.

VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar y continuar con trabajos de investigación para conocer y promover el uso de las dispersiones de microburbujas en la remoción de iones metálicos pesados en aguas superficiales.
- El proceso de flotación que se planteó y experimentó debe ser considerado como alternativa en el tratamiento de aguas superficiales destinadas a potabilización e igualmente para limpiar la contaminación en lagos.
- Se recomienda calcular los puntos isoelectricos de los metales para tener conocimiento del valor de pH y la solubilización, para su consideración en los tratamientos de extracción.
- Se debe tomar en cuenta que la denominación de “metales pesados” se usa cuando hay una connotación de toxicidad; Según revisión bibliográfica, el cromo, está presente en solución en forma de anión (HCrO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-}). El cromo Cr^{+6} causa daños a la piel y al pulmón, mientras que el Cr^{+3} es relativamente no tóxico; por lo que estos metales disueltos en el agua superficial deben ser removidos; y considerando lo señalado por Pabón, S. y colaboradores, 2020, se debe detener el efecto de los metales pesados en pro de la salud de los humanos, la biodiversidad y los ecosistemas.

VIII REFERENCIAS

- Agarwal, A., Jern, W., & Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere*, 84(9), 1175-1180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.05.054>
- Ali, H., & Khan, E. (2018). What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term ‘heavy metals’ – proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 100(1), 6-19.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02772248.2017.1413652>
- Ali, I., Tatiana, K., Zaw Htay, T., Thu Aung, H., Ekaterina, M., Nahid Siddiqui, M., . . . Alharbi, A. (2022). Economic and fast electro-flotation extraction of heavy metals from wastewater. *Environmental Technology*, 43(25), 4019-4028.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2120831>
- Alvarado Aldana, J., & Marrache Echaiz, I. (2020). Agua y Saneamiento en el Perú: Estado, retos y reflexiones. *Revista de Derecho Administrativo*(19), 383 - 410.
<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/24314/23121>
- Arrojo, S., & Benito, Y. (2008). A theoretical study of hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(3), 203-211.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2007.03.007>
- Atkinson, A., Apul, O., Schneider, O., Garcia-Segura, S., & Westerhoff, P. (2019). Nanobubble Technologies Offer Opportunities To Improve Water Treatment. *Accounts of Chemical Research*, 52(5), 1196–1205.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00606>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2010). *Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Mantaro*. Autoridad Nacional del Agua.
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/1968>
- Azevedo, A., Etchepare, R., Calgaroto, S., & Rubio, J. (2016). Aqueous dispersions of nanobubbles: Generation, properties and features. *Minerals Engineering*, 94, 29-37.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.05.001>
- Barakat, M. (2011). New Trends in Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 4(4), 361-377.
<https://doi.org/DOI:10.1016/j.arabjc.2010.07.019>
- Barona Osorio, F. (2007). *Influencia de la Distribución de Tamaño de Burbujas en la Recuperación de la Flotación para Minerales de Cobre*. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile:
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/102883>
- Bebbington, A., & Bury, J. (2013). *Subterranean Struggles New Dynamics of Mining, Oil, and Gas in Latin America*. University of Texas Press.
- Bendezu Valenzuela, L. (2017). *Reducción de la dureza de aguas subterráneas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en la urbanización Villa El Pinar-Comas*. [Tesis

de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Universidad Cesar Vallejo:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/3498>

- Bradl, H. (2005). *Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation* (Vol. 6). Elsevier Ltd.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q3P2ousSnbsC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Heavy+metals+in+the+environment:+Origin,+interaction+and+remediation.+Academic+Press.&ots=nvr4QbbgfT&sig=1ZgyIHTMoxm0mosJiJhrWYool es#v=onepage&q=Heavy%20metals%20in%20the%20environme>
- Carolin, C., Kumar, P., Anbalagan, S., Joshiba, G., & Naushad, M. (2017). Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(3), 2782-2799.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
- Ciriello, S., Barnett, S., & Deluise, F. (1982). Removal of Heavy Metals from Aqueous Solutions Using Microgas Dispersions. *Separation Science and Technology*, 17(4), 521-534. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01496398208060256>
- Cotruvo, J. (2017). 2017 WHO Guidelines for Drinking Water Quality: First Addendum to the Fourth Edition. *Journal AWWA*, 109(7), 44-51.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5942/jawwa.2017.109.0087>Digital Object Identifier (DOI)
- Dai, Z., Fornasiero, D., & Ralston, J. (2000). Particle–bubble collision models — a review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 85(2-3), 231-256.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(99\)00030-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0001-8686(99)00030-5)
- Dirección General de Salud [DIGESA]. (2022). <http://www.digesa.sld.pe>.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe>:
https://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/vigilancia_recursos_hidricos_mapa.asp
- Edzwald, J. (2010). Dissolved air flotation and me. *Water Research*, 44(7), 2077-2106.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.12.040>
- Electronica Veneta. (s.f.). *Manual profesor/alumno unidad de extraccion continua liquido-liquido mod. ELL/EV*. Electronica Veneta.
- Fan, M., Tao, D., Honaker, R., & Luo, Z. (2010). Nanobubble generation and its application in froth flotation (part I): nanobubble generation and its effects on properties. *Mining Science and Technology*, 20(1), 1-19. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1674-5264\(09\)60154-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60154-X)
- Fobang, E. (2023). *Application of Electro-flotation Method to Agricultural and*. Saitama University. <https://sucra.repo.nii.ac.jp/record/2000336/files/GD0001538.pdf>
- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407-418.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>
- Fuerstenau, M., Jameson, G., & Yoon, R.-H. (2007). *Froth Flotation: A Century of Innovation*. SME.

https://books.google.es/books?id=8zpjAhBViC0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbgs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Guillermo Paccori, Z., Saldaña Alfaro, D., Sajamí Reymundo, J., Chagua Flores, J., & Peralta Argomeda, J. (2020). *Evaluaciones ambientales tempranas (EAT) en el sector energía y minas (2017-2019). Resúmenes ejecutivos. T. I.* Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). <https://hdl.handle.net/20.500.12788/167>
- Hanna-Attisha, M., LaChance, J., Casey Sadler, R., & Champney Schnepf, A. (2016). Elevated Blood Lead Levels in Children Associated With the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response. *Am J Public Health*, 106(2), 283-290. <https://doi.org/https://doi.org/10.2105/AJPH.2015.303003>
- Hudson-Edwards, K., Jamieson, H., & Lottermoser, B. (2011). Mine Wastes: Past, Present, Future. *Elements*, 7(6), 375–380. <https://doi.org/https://doi.org/10.2113/gselements.7.6.375>
- Iavicoli, I., Fontana, L., & Bergamaschi, A. (2009). The effects of metals as endocrine disruptors. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 12(3), 206-2223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10937400902902062>
- Israelachvili, J. (2011). *Intermolecular and surface forces*. Academic Press. https://doi.org/https://books.google.es/books?id=vgyBJbtNOcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbgs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167–182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Kim, H., Myung, E., Park, C., Choi, N., Lee, J., & Cho, K. (2024). Design of a washing ejector and column flotation based on the microbubble for heavy metal contaminants removal from contaminated soils: A pilot and laboratory-scale studies. *Results in Engineering*, 22, 102312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102312>
- Kumar, A., Nidheesh, P., & Kumar, M. (2018). Composite wastewater treatment by aerated electrocoagulation and modified peroxi-coagulation processes. *Chemosphere*, 205, 587-593. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.141>
- Kurniawan, T., Chan, G., Lo, W.-H., & Babel, S. (2006). Physico–chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*, 118(1-2), 83-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2006.01.015>
- Liu, X., Shen, F., & Qi, X. (2019). Adsorption recovery of phosphate from aqueous solution by CaO-biochar composites prepared from eggshell and rice straw. *Science of The Total Environment*, 666, 694-702. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.227>
- Macassi Allasi, G. (2017). *Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de Concepción*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3777>

- Mason, R. (2013). *Trace Metals in Aquatic Systems*. John Wiley & Sons.
[https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WBM1WkZVFf0C&oi=fnd&pg=PR1&dq=%09Mason,+R.+P.+\(2013\).+Trace+metals+in+aquatic+systems.+John+Wiley+%26+Sons&ots=juIsiUiE5q&sig=tdGv4qWtK3Dd3bWTxl7V4hEik74#v=onepage&q=%09Mason%2C%20R.%20P.%20\(2013\).%20Trace%20me](https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WBM1WkZVFf0C&oi=fnd&pg=PR1&dq=%09Mason,+R.+P.+(2013).+Trace+metals+in+aquatic+systems.+John+Wiley+%26+Sons&ots=juIsiUiE5q&sig=tdGv4qWtK3Dd3bWTxl7V4hEik74#v=onepage&q=%09Mason%2C%20R.%20P.%20(2013).%20Trace%20me)
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (7 de Junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM>
- Nguyen, A., & Schulze, H. (2003). *Colloidal Science of Flotation*. CRC Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781482276411>
- Pabón Guerrero, S., Benítez Benítez, R., Sarria Villa, R., & Gallo Corredor, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Pawar, S., Mahulkar, A., Pandit, A., Roy, K., & Moholkar, V. (2017). Sonochemical effect induced by hydrodynamic cavitation: Comparison of venturi/orifice flow geometries. *AIChE Journal*, 63(10), 4705-4716.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aic.15812> Digital Object Identifier (DOI)
- Plant, J., Whittaker, A., Demetriades, A., De Vivo, B., & Lexa, J. (2005). The geological and tectonic framework of Europe. En R. Salminen, M. Batista, M. Bidovec, A. Demetriades, B. De Vivo, W. De Vos, . . . T. Tarvainen, *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and maps* (pp. 23-42). Geological Survey of Finland. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/articles.php>
- Polat, H., & Erdoğan, D. (2007). Heavy metal removal from waste waters by ion flotation. *Journal of Hazardous Materials*, 148(1-2), 267-273.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.02.013>
- Qasem, N., Mohammed, R., & Lawal, D. (2021). Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *npj Clean Water*, 4, 36.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
- Ralston, J., Fornasiero, D., & Hayes, R. (1999). Bubble-particle attachment and detachment in flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 56(1-4), 133-164.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-7516\(98\)00046-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-7516(98)00046-5)
- Ramadorai, G., & Hanten, J. (1986). Removal of molybdenum and heavy metals from effluents by flotation. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 3, 149-154.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF03402652>
- Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., & Akash, M. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J Cell Biochem*, 119(1), 157-184.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jcb.26234>

- Rodrigues, R., & Rubio, J. (2007). DAF–dissolved air flotation: Potential applications in the mining and mineral processing industry. *International Journal of Mineral Processing*, 82(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.minpro.2006.07.019>
- Rubio, J. (2006). Tratamiento de efluentes líquidos minero-metalúrgico. *XVI Congreso Internacional de Metalurgia Extractiva-CIME Saltillo, Coahuila, México*, 26-28.
- Rubio, J., Souza, M., & Smith, R. (2002). Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals Engineering*, 15(3), 139-155. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(01\)00216-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0892-6875(01)00216-3)
- Santander, M., Tapia, P., Pavez, O., Valderrama, L., & Guzman, D. (2009). Removal of adsorbent particles of copper ions by Jet flotation. *Revista de Metalurgia*, 45(5), 365-374. <https://inis.iaea.org/records/bg12e-wa897>
- Sebba, F. (1975). *United States Patente n° US3900420A*. <https://patents.google.com/patent/US3900420A/en>
- Sjogreen Blanco, C. (2015). *Caracterización de nanoburbujas en soluciones salinas*. Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56475>
- Sobhy, A., & Tao, D. (2013). Nanobubble column flotation of fine coal particles and associated fundamentals. *International Journal of Mineral Processing*, 124, 109-116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.minpro.2013.04.016>
- Stumm, W., & Morgan, J. (2013). *Aquatic Chemistry Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. Wiley.
- Tahir, M., Sagir, M., & Tahir, M. (2023). *Advances in Water and Wastewater Treatment Technology*. Springer Singapore. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-99-1187-5>
- Tchounwou, P., Yedjou, C., Patlolla, A., & Sutton, D. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Temesgen, T., Bui, T., Han, M., Kim, T.-i., & Park, H. (2017). Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 246, 40-51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cis.2017.06.011>
- Tineo Bermúdez, A. (2012). *El análisis funcional de la varianza*. Ami impresores.
- Valenzuela Ferrel, L. (2017). *Reducción de plomo y silicio en aguas de lavado de gases de una empresa de servicios usando Micronanoburbujas de aire-ozono, Lima 2017*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3610>
- Vicente Toribio, C. (2017). *Remoción de plomo y zinc de los efluentes mineros provenientes de la Unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire, 2017*. [Tesis de grado,

Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Universidad Cesar Vallejo:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/3618>

- Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A., & Pigna, M. (2010). Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(3), 268 - 292.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000100005>
- Xia, Z., & Hu, L. (2016). Remediation of organics contaminated groundwater by ozone micro-nano bubble. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 2(57), 1978-1981. <https://doi.org/https://doi.org/10.3208/jgssp.TC215-06>
- Yonn, R., & Luttrell, G. (1989). The Effect of Bubble Size on Fine Particle Flotation. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 5(1-4), 101-122.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/08827508908952646>
- Zamora Garcia, F. (2021). *Factores asociados al tiempo de referencia en casos de mortalidad materna a nivel nacional según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades Perú 2018*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Universidad Ricardo Palma - URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4083>
- Zhang, X., Cheng, H., Xu, K., Ding, D., Wang, X., Wang, B., & Ma, Z. (2024). Ultrasonic Enhancement for Mineral Flotation: Technology, Device, and Engineering Applications. *Minerals*, 14(10), 986.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/min14100986>
- Zouboulis, A., & Katsoyiannis, I. (2002). Removal of arsenates from contaminated water by coagulation–direct filtration. *Separation Science and Technology*, 37(12), 2859-2873.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1081/SS-120005470>

IX ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

TITULO DEL PLAN DE TESIS	RESPONSABLE
“EXTRACCIÓN DE METALES PESADOS APLICANDO DISPERSIONES DE MICROGAS MEDIANTE GENERADORES MODIFICADOS VENTURI EN AGUAS SUPERFICIALES, AYACUCHO”	Jorge Sotero GARCÍA BLASQUEZ MOROTE

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<u>Problema General</u> ¿Cuál es la extracción de metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho? <u>Problemas Específicos:</u> 1 ¿Cómo adoptar y construir generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas para extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho? 2 ¿Cuál es el efecto de la aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho? 3 ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados a extraerse, aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho?	<u>Objetivo General</u> Extraer metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho. <u>Objetivos Específicos</u> 1. Adoptar y construir generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas para la extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho. 2. Aplicar dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi construidos para extracción de metales pesados en aguas superficiales, Ayacucho. 3. Determinar la concentración de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, Ayacucho.	<u>Hipótesis General</u> La extracción de metales pesados aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales, permite el uso y consumo de agua segura. <u>Hipótesis Específicas</u> 1. La adopción y construcción de generadores modificados Venturi de dispersiones de microgas en extracción de metales pesados en aguas superficiales, permite el uso y consumo de agua segura. 2. La aplicación de dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi permite la extracción de metales pesados en aguas superficiales. 3. El conocimiento de la concentración de metales pesados a extraerse aplicando dispersiones de microgas mediante generadores modificados Venturi en aguas superficiales permite el uso y consumo de agua segura.	<u>Variables:</u> <u>Variable independiente (variable de calibración)</u> Dispersión de microgas (microburbujas de gas) Indicador Métodos analíticos, y equipos para determinar propiedades físicas de las microburbujas: diámetro (microburbujas), presión de gas, velocidad(microburbujas) y tiempo de extracción de metales pesados. <u>Variable dependiente (variable evaluativa)</u> Extracción de metales pesados en aguas superficiales. Indicador Métodos analíticos para determinar la concentración de metales pesados a extraerse con la solución de surfactante utilizado.	<u>Tipo de Investigación:</u> Aplicativo y longitudinal <u>Nivel de Investigación:</u> Aplicativo <u>Método:</u> Cuantitativo <u>Diseño:</u> Experimental <u>Población:</u> Volúmenes y caudales de aguas superficiales captadas para su potabilización en la planta de Ayacucho. <u>Muestreo:</u> Probabilístico aleatorio simple <u>Técnicas:</u> a. Observación b. Análisis documental. c. Experimentación. d. Análisis de resultados. e. Técnicas de análisis de datos (Statistical Analysis System - SAS y Excel) <u>Instrumentos:</u> a. Fichas de registros b. Cadena de custodia de muestras c. Cuadernos de apuntes d. Generadores modificados Venturi e. Base de datos, f. Información primaria. g. Información secundaria: libros, tesis, revistas, base de datos e internet.



Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3348, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gunther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213506
E-mail: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA N° 355814

DATOS DEL CLIENTE										Análisis requeridos / Preservantes												TIPOS DE AGUA*	
Cliente: <u>JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE</u>										Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) ↓ (1) TV1(u)-10(13) TV4(u)-10 (2) TV1(u)-20(14) TV4(u)-20 (3) TV1(u)-30(15) TV4(u)-30 (4) TV1(u)-40(16) TV4(u)-40 (5) TV2(u)-10(17) PD(1)-10 (6) TV2(u)-20(18) PD(1)-20 (7) TV2(u)-30(19) PD(1)-30 (8) TV2(u)-40(20) PD(2)-10 (9) TV3(u)-10(21) PD(2)-20 (10) TV3(u)-20(22) PD(2)-30 (11) TV3(u)-30(23) TV0 ULTIMO (12) TV3(u)-40(24)												AGUA NATURAL	
Contacto: <u>YOSHIKI MAGUIÑA / RAYTARDES C. SGS del Perú S.A.C - CALLAO</u>																						ARUB : Agua subterránea	AP : Agua de piscina
Teléfono: <u>996600924 997078235</u>																						AMA : Agua de manantial	ALA : Agua de laguna artificial
E-mail: <u>2424440.441097411@callao</u>																						AT : Agua termal	AGUA SALINA
Proyecto: <u>EXTRACCIÓN DE METALES EN AGUAS SUPERFICIALES (Río)</u>																						AS : Agua superficial	AM : Agua de mar
Lugar de Inspección: <u>CAMPANAYOC - AYACUCHO</u>										ADR : Agua de río	ASL : Agua salobre												
Muestreado por:										ADL : Agua de lago / laguna	SAL : Salinas												
Frecuencia del Monitoreo:										ADA : Agua de deposición atmosférica	ARS : Agua de irrigación y riego (salina)												
SGS ☐										AGUA DE PROCESO													
Cliente ☒										ACE : Agua de circulación o enfriamiento													
N° de OI: <u>18-367335-001</u> N° de Pre-Acta:										ARD : Agua residual doméstica	AAC : Agua de alimentación para calderas												
Fecha de Inicio: <u>16/9/2023</u> Fecha de finalización: <u>16/9/2023</u>										ARI : Agua residual industrial	AC : Agua de calderas												
Hora de Inicio: <u>7:30 a.m.</u> Hora de finalización: <u>6:00 p.m.</u>										ARM : Agua residual municipal	AL : Agua de salinización												
Item	Estación	Coordenadas UTM WGS 84 ☐ PSAD 56 ☐	Altitud (msnm)	Tipo de Agua*	Tipo de Muestra Simple ☐ Compuesta ☐	Fecha	Hora	P	V	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO		APR : Agua purificada											
1	CAMPANAYOC		3300	AGUA DE RÍO		16/9/2023	7:30 a.m.			ABP : Agua de bebida	ABP : Agua de irrigación y riego (de proceso)												
												OBSERVACIONES											
												(METALES TOTALES)											
												Se retorna el frasco del											
												+ Blanco Viajero											
												Se envían 23 frascos con											
												muestras.											
Inspector responsable: <u>JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE</u> Fecha: <u>16/9/2023</u> Firma: <u>[Firma]</u>										N° de Coolers: <u>1</u> N° de Frascos: <u>23</u>		Fecha de Recepción de las Muestras: Hora:											
Representante del Cliente: <u>JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE</u> Firma: <u>[Firma]</u>										N° de Ice Pack's: <u>2</u>		Responsable de la Recepción de las Muestras: Firma											
INS-R-1&E-ENV.85 REV 10 F.A. Marzo 2022										Condiciones en que se recibieron las muestras:		Temperatura (°C):											
										Refrigeradas ☐													
										Preservadas ☐													
										Dentro del tiempo de conservación ☐													
										N° de muestras rotas: ☐													
										Otros (especifique): ☐													



**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

JORGE SOTERO BLASQUEZ MOROTE

AYACUCHO - AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

ENV / LB-352864-002

PROCEDENCIA : CAMPANAYOC-AYACUCHO

Fecha de Recepción SGS : 19-09-2023

Fecha de Ejecución : Del 19-09-2023 al 28-09-2023

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
TV1(U)-10
TV1(U)-20
TV1(U)-30
TV1(U)-40
TV2(U)-10
TV2(U)-20
TV2(U)-30
TV2(U)-40
TV3(U)-10

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 28/09/2023



Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

Estación de Muestreo
TV3(U)-20
TV3(U)-30
TV3(U)-40
TV4(U)-10
TV4(U)-20
TV4(U)-30
TV4(U)-40
PD(1)-10
PD(1)-20
PD(1)-30
PD(2)-10
PD(2)-20
PD(2)-30
TVO ULTIMO

INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV1(U)-10	TV1(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.018 ± 0.0020	0.018 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00031 ± 0.000030	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0009 ± 0.00010	0.0010 ± 0.00010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000020	0.00010 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	0.487 ± 0.049	0.352 ± 0.035
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0011 ± 0.00020	0.0010 ± 0.00020
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00017 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00225 ± 0.00056	0.00189 ± 0.00047
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0037 ± 0.00090	0.0040 ± 0.0010
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0065 ± 0.00060	0.0045 ± 0.00040
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0259 ± 0.0021	0.0260 ± 0.0021
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0053 ± 0.00050	0.0043 ± 0.00040
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.142 ± 0.017	0.122 ± 0.015
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00289 ± 0.00020	0.00309 ± 0.00022
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00066 ± 0.00015	0.00047 ± 0.00011
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026 ± 0.00060	0.0026 ± 0.00060
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026 ± 0.00020	0.0022 ± 0.00020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.38 ± 0.030	0.30 ± 0.020
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0020 ± 0.00020	0.0016 ± 0.00020
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	2.17 * ± 0.26	2.06 * ± 0.25
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	1.016 ± 0.12	0.964 ± 0.12
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	14.182 ± 1.56	14.235 ± 1.57
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0326 ± 0.0033	0.0291 ± 0.0029
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV1(U)-30	TV1(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.013 ± 0.0010	0.018 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0020 ± 0.00020	0.0010 ± 0.00010
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00009 ± 0.000020

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV1(U)-30	TV1(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	0.249 ± 0.025	0.678 ± 0.068
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0008 ± 0.00010	0.0006 ± 0.00010
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00016 ± 0.000010	0.00014 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00187 ± 0.00047	0.00197 ± 0.00049
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0039 ± 0.0010	0.0051 ± 0.0013
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0037 ± 0.00030	0.0030 ± 0.00030
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0293 ± 0.0023	0.0291 ± 0.0023
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0037 ± 0.00030	0.0026 ± 0.00020
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.101 ± 0.012	0.075 ± 0.0090
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00370 ± 0.00026	0.00193 ± 0.00014
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00057 ± 0.00013	0.00053 ± 0.00012
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0024 ± 0.00060	0.0044 ± 0.0010
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0022 ± 0.00020	0.0020 ± 0.00020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.30 ± 0.020	0.24 ± 0.020
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0014 ± 0.00010	0.0010 ± 0.00010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	1.64 * ± 0.20	1.16 * ± 0.14
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	0.766 ± 0.092	0.541 ± 0.065
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	14.717 ± 1.62	14.636 ± 1.61
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00010	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0275 ± 0.0028	0.0282 ± 0.0028
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV2(U)-10	TV2(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.032 ± 0.0030	0.014 ± 0.0010
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00094 ± 0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0017 ± 0.00020	0.0024 ± 0.00020
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00004 ± 0.000010	0.00006 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	1.503 ± 0.15	1.310 ± 0.13
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0028 ± 0.00050	0.0023 ± 0.00040
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00009 ± 0.000010	0.00010 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00300 ± 0.00075	0.00240 ± 0.00060
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0131 ± 0.0033	0.0087 ± 0.0022
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00020 ± 0.000040	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0204 ± 0.0018	0.0177 ± 0.0016

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV2(U)-10	TV2(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0723 ± 0.0058	0.0548 ± 0.0044
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0140 ± 0.0013	0.0118 ± 0.0011
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.448 ± 0.054	0.376 ± 0.045
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00627 ± 0.00044	0.00715 ± 0.00050
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00184 ± 0.00042	0.00120 ± 0.00028
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0090 ± 0.0021	0.0066 ± 0.0015
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000074 ± 0.000011
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0032 ± 0.00030	0.0031 ± 0.00030
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.94 ± 0.080	0.77 ± 0.060
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0050 ± 0.00050	0.0043 ± 0.00040
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	5.26 * ± 0.63	4.91 * ± 0.59
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	2.459 ± 0.29	2.293 ± 0.27
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	14.777 ± 1.63	14.664 ± 1.61
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0007 ± 0.00010	0.0006 ± 0.00010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0145 ± 0.0015	0.0174 ± 0.0017
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV2(U)-30	TV2(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.030 ± 0.0030	0.033 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0017 ± 0.00020	0.0029 ± 0.00030
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00009 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	0.898 ± 0.090	1.465 ± 0.15
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0020 ± 0.00030	0.0021 ± 0.00040
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00009 ± 0.000010	0.00017 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00203 ± 0.00051	0.00266 ± 0.00067
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0079 ± 0.0020
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0150 ± 0.0014	0.0148 ± 0.0013
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	0.00037 ± 0.000030
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0448 ± 0.0036	0.0607 ± 0.0049
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0101 ± 0.00090	0.0104 ± 0.00090
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006

INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV2(U)-30	TV2(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.327 ± 0.039	0.322 ± 0.039
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00475 ± 0.00033	0.00564 ± 0.00039
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00101 ± 0.00023	0.00108 ± 0.00025
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0056 ± 0.0013	0.0052 ± 0.0012
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0032 ± 0.00030	0.0037 ± 0.00030
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	0.77 ± 0.060	0.63 ± 0.050
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0035 ± 0.00040	0.0038 ± 0.00040
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silíce Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	3.70 * ± 0.44	3.88 * ± 0.47
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	1.729 ± 0.21	1.813 ± 0.22
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	15.082 ± 1.66	18.542 ± 2.040
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0015 ± 0.00020
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0007 ± 0.00010	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0252 ± 0.0025	0.0472 ± 0.0047
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV3(U)-10	TV3(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.019 ± 0.0020	0.038 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00097 ± 0.00011	0.00053 ± 0.000060
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0229 ± 0.0021	0.0209 ± 0.0019
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000020	0.00006 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	9.879 ± 0.99	10.378 ± 1.038
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0053 ± 0.00090	0.0052 ± 0.00090
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00025 ± 0.000020	0.00031 ± 0.000030
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00336 ± 0.00084	0.00282 ± 0.00071
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0074 ± 0.0019	0.0075 ± 0.0019
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00028 ± 0.000050	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1589 ± 0.014	0.1472 ± 0.013
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0696 ± 0.0056	0.0653 ± 0.0052
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0273 ± 0.0025	0.0262 ± 0.0024
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.751 ± 0.21	1.664 ± 0.20
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00687 ± 0.00048	0.00816 ± 0.00057
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00096 ± 0.00022	0.00105 ± 0.00024
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0104 ± 0.0024	0.0102 ± 0.0023
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0019 ± 0.00020	0.0022 ± 0.00020

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV3(U)-10	TV3(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.66 ± 0.13	1.68 ± 0.13
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0097 ± 0.0010	0.0095 ± 0.0010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	9.37 * ± 1.12	9.17 * ± 1.10
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	4.378 ± 0.53	4.285 ± 0.51
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	15.322 ± 1.69	15.820 ± 1.74
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0008 ± 0.00010
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0010 ± 0.00020	0.0016 ± 0.00020
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0125 ± 0.0013	0.0164 ± 0.0016
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV3(U)-30	TV3(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.022 ± 0.0020	0.021 ± 0.0020
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00075 ± 0.000080	0.00036 ± 0.000040
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0139 ± 0.0013	0.0094 ± 0.00080
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	<0.006	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00008 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	7.878 ± 0.79	7.099 ± 0.71
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0040 ± 0.00070	0.0034 ± 0.00060
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00014 ± 0.000010	0.00021 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00298 ± 0.00075	0.00335 ± 0.00084
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0073 ± 0.0018	0.0079 ± 0.0020
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00051 ± 0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1150 ± 0.010	0.0900 ± 0.0081
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0629 ± 0.0050	0.0645 ± 0.0052
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0204 ± 0.0018	0.0168 ± 0.0015
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.415 ± 0.17	1.350 ± 0.16
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00550 ± 0.00039	0.00767 ± 0.00054
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00109 ± 0.00025	0.00112 ± 0.00026
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0087 ± 0.0020	0.0099 ± 0.0023
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0023 ± 0.00020	0.0024 ± 0.00020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.27 ± 0.10	1.04 ± 0.080
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0074 ± 0.00070	0.0061 ± 0.00060
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	7.65 * ± 0.92	6.60 * ± 0.79
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	3.574 ± 0.43	3.084 ± 0.37
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	14.930 ± 1.64	14.588 ± 1.61
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV3(U)-30	TV3(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0012 ± 0.00020
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0192 ± 0.0019	0.0198 ± 0.0020
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV4(U)-10	TV4(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.053 ± 0.0050	0.038 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00260 ± 0.00029	0.00374 ± 0.00041
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0457 ± 0.0041	0.0300 ± 0.0027
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.105 ± 0.013	0.053 ± 0.0060
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00005 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	18.624 ± 1.86	12.637 ± 1.26
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0107 ± 0.0018	0.0076 ± 0.0013
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00014 ± 0.000010	0.00010 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00423 ± 0.0011	0.00379 ± 0.00095
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0069 ± 0.0017	0.0055 ± 0.0014
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00021 ± 0.000040
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2862 ± 0.026	0.2060 ± 0.019
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1049 ± 0.0084	0.0799 ± 0.0064
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0566 ± 0.0051	0.0405 ± 0.0036
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.283 ± 0.39	2.384 ± 0.29
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01495 ± 0.0011	0.01172 ± 0.00082
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00093 ± 0.00021	0.00086 ± 0.00020
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0072 ± 0.0017	0.0069 ± 0.0016
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	0.0012 ± 0.00010
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.44 ± 0.28	2.54 ± 0.20
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0203 ± 0.0020	0.0144 ± 0.0014
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	19.78 * ± 2.37	14.18 * ± 1.70
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	9.244 ± 1.11	6.630 ± 0.80
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	16.648 ± 1.83	15.487 ± 1.70
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0015 ± 0.00020	0.0015 ± 0.00020
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000019 ± 0.0000040	0.000013 ± 0.0000030
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0009 ± 0.00010	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0147 ± 0.0015	0.0142 ± 0.0014



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV4(U)-10	TV4(U)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TV4(U)-30	TV4(U)-40
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.028 ± 0.0030	0.032 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00140 ± 0.00015	0.00162 ± 0.00018
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0221 ± 0.0020	0.0130 ± 0.0012
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.014 ± 0.0020	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00005 ± 0.000010	0.00007 ± 0.000020
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	9.318 ± 0.93	6.743 ± 0.67
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0059 ± 0.0010	0.0043 ± 0.00070
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00025 ± 0.000020	0.00019 ± 0.000020
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00281 ± 0.00070	0.00370 ± 0.00093
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0061 ± 0.0015	0.0066 ± 0.0017
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00013 ± 0.000020
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1588 ± 0.014	0.1049 ± 0.0094
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0732 ± 0.0059	0.0628 ± 0.0050
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0294 ± 0.0026	0.0209 ± 0.0019
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.801 ± 0.22	1.356 ± 0.16
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00829 ± 0.00058	0.00730 ± 0.00051
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00094 ± 0.00022	0.00084 ± 0.00019
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0079 ± 0.0018	0.0091 ± 0.0021
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0018 ± 0.00020	0.0025 ± 0.00020
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.88 ± 0.15	1.41 ± 0.11
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0107 ± 0.0011	0.0076 ± 0.00080
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	10.22 ± 1.23	7.40 ± 0.89
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	4.777 ± 0.57	3.457 ± 0.41
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	15.419 ± 1.70	14.747 ± 1.62
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	0.000013 ± 0.0000030
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0003	0.0010 ± 0.00020
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0144 ± 0.0014	0.0225 ± 0.0023
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PD(1)-10	PD(1)-20
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.079 ± 0.0070	0.072 ± 0.0060
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00487 ± 0.00054	0.00315 ± 0.00035
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0374 ± 0.0034	0.0322 ± 0.0029
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.131 ± 0.016	0.093 ± 0.011
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00005 ± 0.000010	0.00004 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	18.086 ± 1.81	15.101 ± 1.51
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0106 ± 0.0018	0.0093 ± 0.0016
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00010 ± 0.000010	0.00006 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02696 ± 0.0067	0.02172 ± 0.0054
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0032 ± 0.00080	0.0022 ± 0.00060
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2566 ± 0.023	0.2262 ± 0.020
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0959 ± 0.0077	0.0742 ± 0.0059
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0557 ± 0.0050	0.0473 ± 0.0043
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.107 ± 0.37	2.560 ± 0.31
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01203 ± 0.00084	0.00863 ± 0.00060
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00030 ± 0.000070	0.00035 ± 0.000080
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0047 ± 0.0011	0.0025 ± 0.00060
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0125 ± 0.0011	0.0128 ± 0.0012
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.32 ± 0.27	2.89 ± 0.23
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0197 ± 0.0020	0.0168 ± 0.0017
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	19.42 * ± 2.33	16.53 * ± 1.98
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	9.079 ± 1.089	7.724 ± 0.93
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	16.191 ± 1.78	15.347 ± 1.69
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000023 ± 0.0000050	0.000014 ± 0.0000030
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0007 ± 0.00010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0236 ± 0.0024	0.0187 ± 0.0019
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PD(1)-30	PD(2)-10
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.057 ± 0.0050	0.056 ± 0.0050
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00160 ± 0.00018	0.00171 ± 0.00019
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0257 ± 0.0023	0.0244 ± 0.0022
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	0.00006 ± 0.000010

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PD(1)-30	PD(2)-10
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.039 ± 0.0050	0.042 ± 0.0050
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00003 ± 0.000010	0.00004 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	12.921 ± 1.29	11.138 ± 1.11
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0075 ± 0.0013	0.0071 ± 0.0012
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00004	0.00009 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02127 ± 0.0053	0.01870 ± 0.0047
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0026 ± 0.00070	0.0051 ± 0.0013
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00027 ± 0.000050	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1807 ± 0.016	0.1678 ± 0.015
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gallio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0647 ± 0.0052	0.0698 ± 0.0056
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0391 ± 0.0035	0.0363 ± 0.0033
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	2.128 ± 0.25	1.982 ± 0.24
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00941 ± 0.00066	0.01038 ± 0.00073
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00050 ± 0.00012	0.00056 ± 0.00013
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0037 ± 0.00090	0.0039 ± 0.00090
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0128 ± 0.0012	0.0107 ± 0.0010
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	2.41 ± 0.19	2.31 ± 0.18
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0135 ± 0.0014	0.0127 ± 0.0013
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	13.48 * ± 1.62	12.27 * ± 1.47
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	6.302 ± 0.76	5.736 ± 0.69
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	15.286 ± 1.68	15.787 ± 1.74
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000017 ± 0.0000040	0.000018 ± 0.0000040
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.00010	0.0017 ± 0.00030
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0349 ± 0.0035	0.0170 ± 0.0017
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PD(2)-20	PD(2)-30
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.045 ± 0.0040	0.046 ± 0.0040
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00490 ± 0.00054	0.00135 ± 0.00015
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0191 ± 0.0017	0.0155 ± 0.0014
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.015 ± 0.0020	<0.006
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00019 ± 0.000040	0.00005 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	8.572 ± 0.86	6.440 ± 0.64
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0057 ± 0.0010	0.0047 ± 0.00080
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00024 ± 0.000020	0.00008 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.01360 ± 0.0034	0.01113 ± 0.0028

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PD(2)-20	PD(2)-30
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0036 ± 0.00090	0.0044 ± 0.0011
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.1331 ± 0.012	0.1110 ± 0.010
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0649 ± 0.0052	0.0442 ± 0.0035
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0292 ± 0.0026	0.0243 ± 0.0022
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	1.575 ± 0.19	1.320 ± 0.16
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00915 ± 0.00064	0.00626 ± 0.00044
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00059 ± 0.00014	0.00069 ± 0.00016
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Níquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0042 ± 0.0010	0.0044 ± 0.0010
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0083 ± 0.00070	0.0072 ± 0.00060
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.80 ± 0.14	1.43 ± 0.11
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0103 ± 0.0010	0.0086 ± 0.00090
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	9.86 * ± 1.18	8.00 * ± 0.96
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	4.609 ± 0.55	3.740 ± 0.45
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	14.858 ± 1.63	14.265 ± 1.57
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00010	<0.0006
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0387 ± 0.0039	0.0241 ± 0.0024
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TVO ULTIMO
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.072 ± 0.0060
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00388 ± 0.00043
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0372 ± 0.0033
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.123 ± 0.015
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	17.186 ± 1.72
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0114 ± 0.0019
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00008 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00129 ± 0.00032
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.2669 ± 0.024
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0953 ± 0.0076

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					TVO ULTIMO
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					16/09/2023 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0584 ± 0.0053
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	3.233 ± 0.39
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01857 ± 0.0013
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00007 ± 0.000020
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0019 ± 0.00040
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.69 ± 0.30
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0208 ± 0.0021
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	20.86 ± 2.50
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	9.750 ± 1.17
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	16.435 ± 1.81
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0022 ± 0.00030
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000026 ± 0.0000050
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0065 ± 0.00070
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	1%	95 - 100%	99%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	99 - 101%	94%	7%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	8%	95 - 96%	107%	11%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	4%	96 - 108%	100%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	97 - 108%	104%	7%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 105%	100%	4%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	103%	99%	7%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	94 - 99%	97%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	6%	101 - 108%	106%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	96 - 98%	91%	8%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	4%	99 - 104%	102%	2%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	94 - 95%	91%	1%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	1%	99 - 105%	91%	1%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	94 - 101%	96%	2%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	95 - 104%	103%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	4%	91 - 98%	91%	13%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	98 - 102%	98%	5%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	100 - 102%	91%	4%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	104 - 106%	98%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	97 - 99%	94%	3%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	106 - 107%	95%	2%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	94 - 109%	102%	3%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3%	92 - 101%	99%	9%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98 - 106%	107%	0%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	2%	91 - 94%	108%	10%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	1%	97 - 100%	98%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	92 - 104%	100%	0%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	97 - 106%	99%	5%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	94 - 98%	99%	7%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	8%	92 - 97%	101%	6%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	101 - 107%	95%	3%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 103%	99%	7%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	3%	94 - 99%	99%	10%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	3%	96 - 97%	98%	11%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	98 - 109%	93%	1%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	97 - 102%	106%	1%
Silicio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	97 - 101%	106%	1%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	2%	94 - 102%	97%	3%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101 - 107%	91%	7%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	97 - 106%	105%	4%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	96 - 101%	109%	7%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	93 - 104%	109%	9%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	1%	91 - 107%	99%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 107%	91%	7%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 106%	104%	6%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 105%	91%	11%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	93 - 108%	100%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	94 - 97%	106%	10%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	95 - 104%	97%	4%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO – Aplicado fuera del alcance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2332187 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

EMPRESA O RAZÓN SOCIAL (Indicar detalle para la emisión de factura)

RAZÓN SOCIAL: Jorge García Blasquez Morote
RUC: 10218117 PROVINCIA: Ayacucho DEPARTAMENTO: Ayacucho

ENVÍO DE FACTURAS ELECTRONICAS (Nombre y correo del responsable de pagos)

NOMBRE: TELEFONO:
CORREO:

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

N° CONTRATO: PE19-1501 N° PEDIDO (OC/OS): FECHA DE MUESTREO: 12-03-19
MUESTREADOR: Jorge García Blasquez

FINCA / LUGAR DE MUESTREO

PARCELA / PUNTO DE MUESTREO

Ayacucho

TIPO DE MUESTRA	DESCRIPCION (Variedad / Lote / Productor / Etc.) (Max. 60 caracteres)	ANALISIS REQUERIDO AT (*)	COD. LAB. (**)
<u>Agua Sup. (Rio)</u>	<u>Agua Cruda - Embalse Quicapata (ASTE)</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV1 - 10 / V. 0.8 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV1 - 20 / V. 0.8 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV1 - 30 / V. 0.8 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV2 - 10 / V. 0.55 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV2 - 20 / V. 0.55 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - GV2 - 30 / V. 0.55 mm</u>	<u>A-PR-0010</u>	

Suelo completo: S-PR-0012 (Caracterización + Fertilidad)

Foliar y Frutos Nutricional: V-PR-0000 (Macro y Micro nutrientes)

Reservas en Raíz: RSV-CO-0003 (Arginina, Almidón, P y K)

Foliar y Frutos Nutricional: V-PR-0002 (Macro y Micro nutrientes + Materia seca)

Agua de riego: A-PR-0001 (Fisicoquímico)

Foliar y Frutos Nutricional: V-PR-0003 (Macro y Micro nutrientes + NNO3 + NNH4)

* Indicar parámetros o código de análisis enviado en el presupuesto (Especificar).

** Para ser llenado solo por Laboratorio.

OBSERVACIONES PARA EL
INFORME: (Max. 120 caracteres)

INFORMACION ADICIONAL:
(No se considera en el informe)

CONTACTOS

NOMBRE CONTACTO	CARGO	TELEFONO	CORREO
<u>Jorge García Blasquez</u>	<u>CONTACTO DIRECTO</u>	<u>97078235</u>	<u>ayacucho.uri@gmail.com</u>

AV. SANTA ROSA 511 - LA PERLA CALLAO RUC: 20512225986 TELEFONO: 7102700

www.agqlabs.pe



PLANILLA DE ENVÍO DE MUESTRAS LABORATORIO

EMPRESA O RAZON SOCIAL (Indicar detalle para la emisión de factura)

RAZÓN SOCIAL: Jorge García Blasquez Monote
RUC: 10218117 PROVINCIA: Ayacucho DEPARTAMENTO: Ayacucho

ENVIO DE FACTURAS ELECTRONICAS (Nombre y correo del responsable de pagos)

NOMBRE: _____ TELEFONO: _____
CORREO: _____

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

N° CONTRATO: PE19-1501 N° PEDIDO (OC/OS): _____ FECHA DE MUESTREO: 13-03-19
MUESTREADOR: Jorge García Blasquez

FINCA / LUGAR DE MUESTREO

PARCELA / PUNTO DE MUESTREO

TIPO DE MUESTRA	DESCRIPCION (Variedad / Lote / Productor / Etc.) (Max. 60 caracteres)	ANALISIS REQUERIDO AT (*)	COD. LAB. (**)
<u>Agua sup. rio</u>	<u>Agua Tratada - PP-10 / PP 0.5 um</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - PP-20 / PP 0.5 um</u>	<u>A-PR-0010</u>	
<u>11</u>	<u>Agua tratada - PP-30 / PP 0.5 um</u>	<u>A-PR-0010</u>	



Suelo completo: S-PR-0012 (Caracterización + Fertilidad) Foliar y Frutos Nutricional: S-PR-0000 (Macro y Micro nutrientes)
Reservas en Raíz: RSV-CO-0003 (Arginina, Almidón, P y K) Foliar y Frutos Nutricional: V-PR-0002 (Macro y Micro nutrientes + Materia seca)
Agua de riego: A-PR-0001 (Físicoquímico) Foliar y Frutos Nutricional: V-PR-0003 (Macro y Micro nutrientes + NNO3 + NNH4)

* Indicar parámetros o código de análisis enviado en el presupuesto (Especificar).

** Para ser llenado solo por Laboratorio.

OBSERVACIONES PARA EL
INFORME: (Max. 120 caracteres)

INFORMACION ADICIONAL:
(No se considera en el informe)

CONTACTOS

NOMBRE CONTACTO	CARGO	TELEFONO	CORREO
<u>Jorge García Blasquez</u>	<u>CONTACTO DIRECTO</u>	<u>997078235</u>	<u>ayacucho.uri@gmail.com</u>

AV. SANTA ROSA 511 - LA PERLA CALLAO RUC: 20512225986 TELEFONO: 7102700
www.agqlabs.pe

Nº de Referencia:	A-19/018948	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	JORGE GARCIA BLASQUEZ MOROTE
Análisis:	A-PR-0010 (Barrido Metales)	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	GARCILAZO DE LA VEGA 456
Tipo Muestra:	Agua Río	Fecha Recepción:	14/03/2019	Contrato:	PE19-1501
Fecha Inicio:	15/03/2019	Fecha Fin:	19/03/2019	Cliente 3º:	----
Descripción:	AGUA TRATADA - GV1-10 / V 0.8 mm				

Fecha/Hora	12/03/2019 11:00	Muestreado por:	Jorge Garcia Blasquez
Muestreo:			
Lugar de Muestreo:	AYACUCHO		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Yoel Iñigo CQP 826

FECHA EMISIÓN: 19/03/2019

OBSERVACIONES:

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

Nº de Referencia: A-19/018948
Descripción: AGUA TRATADA - GV1-10 / V 0.8 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,104	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,532	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00071	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00105	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0398	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,009	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00191	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,7	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00189	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00025	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0026	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0323	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07683	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,37	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0010	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,49	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02764	±13%	mg/L	
Mercurio Total	0,00012	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00053	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0011	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00157	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,3	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	4,9	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0202	±8%	mg/L	
Torio Total	0,00039	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,074	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018949
Descripción: AGUA TRATADA - GV1-20 / V 0.8 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,107	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,521	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00061	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00089	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0359	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,009	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00185	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,5	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00174	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00028	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0029	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,002	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0383	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07302	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,35	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0010	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,34	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02600	±13%	mg/L	
Mercurio Total	0,00015	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00072	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0018	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00185	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,1	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	6,1	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0185	±8%	mg/L	
Torio Total	0,00026	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	0,00012	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,057	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018950
Descripción: AGUA TRATADA - GV1-30 / V 0.8 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,103	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,465	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00191	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00095	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0353	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	0,00044	±18%	mg/L	
Boro Total	0,007	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00163	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,2	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00163	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00024	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0028	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0508	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,06814	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,32	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0008	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,31	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02536	±13%	mg/L	
Mercurio Total	0,00011	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00050	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0011	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00183	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,1	±13%	mg/L	
Selenio Total	0,00025	±14%	mg/L	
Sodio Total	6,3	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0178	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,039	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018951
Descripción: AGUA TRATADA - GV2-10 / V 0.55 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,101	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,555	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00104	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00104	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0431	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,006	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00181	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,7	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00194	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00026	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0022	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,002	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0430	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07775	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,41	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0009	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,54	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02857	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00049	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0012	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00091	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,4	±13%	mg/L	
Selenio Total	0,00025	±14%	mg/L	
Sodio Total	4,0	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0226	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,040	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018952
Descripción: AGUA TRATADA - GV2-20 / V 0.55 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,107	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,477	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00082	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00092	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0385	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,006	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00131	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,5	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00180	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00023	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0022	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,002	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0443	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07454	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,36	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0008	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,48	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02618	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00046	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0012	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00090	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,4	±13%	mg/L	
Selenio Total	0,00014	±14%	mg/L	
Sodio Total	4,4	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0211	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,038	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018953
Descripción: AGUA TRATADA - GV2-30 / V 0.55 mm

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,089	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,509	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00080	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00090	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0349	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,006	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00172	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,1	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00156	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00023	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0023	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,002	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0343	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,06757	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,35	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0008	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,33	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02400	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00052	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0011	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00124	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,3	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	5,6	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0202	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,040	±17%	mg/L	

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



Nº Presupuesto: **PE19-1501**

ANÁLISIS DE BARRIDO DE METALES

AGUA SUPERFICIAL - RIO

Cliente: **JORGE GARCIA BLASQUEZ MOROTE**

Solicitante: **JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE**

Fecha Emisión: **14/03/2019**

Realizada Por:

LIZBETH ZEA BELLIDO (AT. CLIENTE)

For a
better and
safer world

agqlabs.com



Anexo 1

Ensayo bajo alcance IAS PERU



For a
better and
safer world

agqlabs.com

Nº de Referencia: A-19/018954
Descripción: AGUA TRATADA - PP-10 / PP 0.5 um

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,047	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,982	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00021	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00101	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0439	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,006	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00165	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,5	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00232	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00032	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0019	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0421	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07876	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,53	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0009	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,51	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,03553	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00046	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0011	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00087	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,2	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	4,4	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0355	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,019	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018955
Descripción: AGUA TRATADA - PP-20 / PP 0.5 um

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,057	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	1,00	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00015	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00101	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0451	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,007	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00171	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,7	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00264	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00033	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0025	±11%	mg/L	
Cromo Total	0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0351	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,08124	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,56	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0009	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,47	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,03479	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00070	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0012	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00091	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,2	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	5,0	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0389	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,029	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018955
Descripción: AGUA TRATADA - PP-20 / PP 0.5 um

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,008 - 500 mg/L
Metales Totales				
Aluminio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,002 - 1 000 mg/L
Antimonio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00002 - 50,000 mg/L
Arsénico Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00004 - 50,000 mg/L
Bario Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0003 - 50,0 mg/L
Berilio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 - 20,000 mg/L
Bismuto Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00001 - 10,000 mg/L
Boro Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,002 - 50,0 mg/L
Cadmio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00001 - 50,000 mg/L
Calcio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,08 - 1 000 mg/L
Cerío Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00001 - 10,000 mg/L
Cobalto Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00003 - 50,000 mg/L
Cobre Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0003 - 100,0 mg/L
Cromo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,001 - 50,0 mg/L
Estañio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,0001 - 10,00 mg/L
Estroncio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,00004 - 50,000 mg/L
Hierro Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,03 - 1 000 mg/L
Litio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,0001 - 10,00 mg/L
Magnesio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,001 - 1 500 mg/L
Manganeso Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 - 50,000 mg/L
Mercurio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00007 - 10,000 mg/L
Molibdeno Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00003 - 10,000 mg/L
Niquel Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,0009 - 50,00 mg/L
Plata Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 - 50,000 mg/L
Plomo Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00006 - 50,000 mg/L
Potasio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994) (VAL)	Espect ICP-MS		0,08 - 1 000 mg/L
Selenio Total	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 (1994)	Espect ICP-MS		0,00004 - 50,000 mg/L

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

Nº de Referencia: A-19/018956
Descripción: AGUA TRATADA - PP-30 / PP 0.5 um

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,050	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,902	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00013	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00087	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0417	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,005	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00164	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,2	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00226	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00029	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0023	±11%	mg/L	
Cromo Total	< 0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0485	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07472	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,49	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0008	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,40	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,03103	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00101	±17%	mg/L	
Níquel Total	0,0010	±12%	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00001	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,0	±13%	mg/L	
Selenio Total	< 0,00004	±14%	mg/L	
Sodio Total	6,3	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0342	±8%	mg/L	
Torio Total	< 0,00001	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,022	±17%	mg/L	

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

Nº de Referencia: A-19/018946
Descripción: AGUA CRUDA - EMBALSE QUICAPATA (ASTEC)

Tipo Muestra: Agua Río
Fecha Fin: 19/03/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Formas Nitrogenadas/Fosforadas				
Fósforo Total	0,046	±17%	mg/L	
Metales Totales				
Aluminio Total	0,721	-	mg/L	
Antimonio Total	0,00035	±13%	mg/L	
Arsénico Total	0,00118	±13%	mg/L	
Bario Total	0,0467	±14%	mg/L	
Berilio Total	< 0,00001	±13%	mg/L	
Bismuto Total	< 0,00001	±18%	mg/L	
Boro Total	0,009	±19%	mg/L	
Cadmio Total	0,00157	±13%	mg/L	
Calcio Total	4,4	±14%	mg/L	
Cerio Total	0,00202	±8%	mg/L	
Cobalto Total	0,00026	±10%	mg/L	
Cobre Total	0,0011	±11%	mg/L	
Cromo Total	< 0,001	±12%	mg/L	
Estaño Total	0,0467	±10%	mg/L	
Estroncio Total	0,07327	±17%	mg/L	
Hierro Total	0,43	±10%	mg/L	
Litio Total	0,0008	±11%	mg/L	
Magnesio Total	1,55	±5%	mg/L	
Manganeso Total	0,02924	±13%	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	±18%	mg/L	
Molibdeno Total	0,00040	±17%	mg/L	
Níquel Total	< 0,0009	±12%	mg/L	
Plata Total	0,00030	±18%	mg/L	
Plomo Total	0,00054	±18%	mg/L	
Potasio Total	1,5	±13%	mg/L	
Selenio Total	0,00036	±14%	mg/L	
Sodio Total	3,3	±15%	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Titanio Total	0,0247	±8%	mg/L	
Torio Total	0,00088	±14%	mg/L	
Uranio Total	< 0,00001	±17%	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	±11%	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	±12%	mg/L	
Zinc Total	0,005	±17%	mg/L	

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

 IMPLEMENTOS Y REACTIVOS E.I.R.L.	IMPLEMENTOS Y REACTIVOS E.I.R.L. RUC : 20502538722 DIRECCIÓN : Av. Los Frutales 220 Ate Lima 03, Lima TELÉFONOS : 6187522 4341738 EMAIL : implementos.reactivos@ir-peru.com WEB : www.irperu.com	DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR MERCK MILLIPORE 
--	--	---

IMPORTANTE: Sus pagos lo puede realizar en nuestra cuenta del BANCO DE CRÉDITO DEL PERÚ
Para Clientes de Lima y Callao: Cta. Cte. Soles **194-1505536-033** | CCI: 002-194-001505536033-91
Para Clientes de Provincias: Cta. Cte. Soles 191-2227291-088 | CCI: 002-191-00227291088-50

COTIZACIÓN N°1374-2019 IR

Señor (es) : JORGE SOTERO GARCIA BLASQUEZ MOROTE Atención : Departamento/Facultad : Teléfono : Correo Electronico : AYACUCHO.URI@GMAIL.COM	Fecha : 01/03/2019 Forma de pago : CONTADO Moneda : SOLES Validez oferta : 15 días Obs. : PRECIOS NO INCLUYEN IGV (18%)
---	--

ITEM	CODIGO PRODUCTO	DESCRIPCION	MARCA	PROCEDENCIA	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL	TIEMPO DE ENTREGA
1	PHR1305-1G	Sodium dodecylbenzenesulfonate	SIGMA	USA	FCO X 1GR	1	416.30	416.30	IMPORTACION 65 DIAS
2	S7010-250G	Sorbitane monostearate	SIGMA	USA	FCO X 250 GR	1	261.40	261.40	IMPORTACION 65 DIAS
3	US1428023-S0GM	Sodium n-Dodecyl Sulfate, Molecular Biology Grade - CAS 151-21-3 - Calbiochem	MERCK	ALEMANIA	FCO X 50 GR	1	168.00	168.00	STOCK 2 DIAS
SUB TOTAL								S/. 845.70	
IGV 18%								S/. 152.23	
TOTAL								S/. 997.93	

Ejecutivo de Negocios : Ivan Morales
Teléfono (anexo) : VENTAS: 434-1738 | RPM #996655941 | **FACTURACIÓN Y/O DESPACHO:** 719-9833 | RPM #978001882
Correo Electronico : implementos.reactivos@ir-peru.com
Preparado por : Olenka Martos

eppendorf

WTRW

merck

CALBIOCHEM

LABCONCO

DURAN GROUP





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

AV. UNIVERSITARIA NRO. 1801 URB. PANDO SAN MIGUEL - LIMA - LIMA

CENTRAL TELEFÓNICA : 626-2000

**BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA**
RUC:20155945860
B075-21111

Señor(es) : JORGE S. GARCÍA BLÁSQUEZ MOROTE
Dirección : GARCILAZO DE LA VEGA 456
DNI : 10102181
Unidad : Oficina de Tesorería

Fecha Emisión : 2019-02-28
Fecha Vencimiento : 2019-02-28

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor Venta
1	ST25608 Servicios a Terceros-Taller de Vidrio	1.00	70.80	60.00

CONFECCION DE 01 capilar de 6 mm. de diámetro externo x 1.2 mm. de diámetro interno y 15 cm longitud CONFECCION DE 01 capilar de 7 mm. de diámetro externo x 1.2 mm. de diámetro interno y 15 cm longitud.

Observaciones: TALLER DE VIDRIO



Total Valor de Venta - Operaciones Gravadas:	60.00
IGV:	10.80
Importe Total: (S/)	70.80

Representación Impresa de la Boleta de Venta Electrónica

SON: SETENTA Y 80/100 SOLES
S.E.U.O



N° Presupuesto: **PE19-1251**

ANÁLISIS EN AGUA CONSUMO Y AGUA SUPERFICIAL

PRECIO EN SOLES

Cliente: **JORGE GARCIA BLASQUEZ MOROTE**

Solicitante: **JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE**

Fecha Emisión: **03/03/2019**

Realizada Por:

ANTHUANET CCAHUANA CORDOVA

For a
better and
safer world

agqlabs.com

PRESUPUESTO

Cliente **JORGE GARCIA BLASQUEZ MOROTE**
Domicilio **GARCILAZO DE LA VEGA 456**
RUC **10218117**
Persona de Contacto **JORGE S. GARCIA BLASQUEZ MOROTE**
Teléfono
E-mail
N° Presupuesto **PE19-1251** Periodo validez **03/03/2019** Hasta **07/04/2019**
Fecha Emisión **03/03/2019**

Servicios Presupuestados

A continuación le detallamos precios (en PEN) y condiciones de trabajo para los análisis solicitados.

Análisis Tipo	Tipo Muestra	Unidades	Precio Ud.	Importe
A-PR-0010 (Barrido Metales)	AGUA CONSUMO	2	232,00	464,00
A-PR-0010 (Barrido Metales)	AGUA SUPERFICIAL	3	232,00	696,00
Importe				1.160,00
I.G.V. (18,00%)				208,80
TOTAL (PEN)				1.368,80

Forma de Pago: PAGO ANTICIPADO

IMPORTADORA ANDINA E.I.R.L.

Av. Emancipación 605 - Lima

R.U.C. N° 20270485015

R.U.C. N°
BOLETA DE VENTA
N° 001-0000024**NOMBRE** 10218117 - JORGE GARCIA BLASQUEZ MOROTE
VENDEDOR YURY GARCIA
COND. PAGO CONTADO**BOLETA N°** 001-0000024
FECHA EMISION 04/03/2019
PEDIDO N° 01057036

CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRE. UNIT.	TOTAL	% DCTO.	IMPORTE S/
IN01400325	TUBO LATEX PARA DESTILACION 1/4 X 3/32 X METRO - NACIONAL	12.000	12.7119	152.54	20.00	122.03
IN04100905	TUBO CONECTOR EN FORMA DE T DE 7 - 8 MM - KYNTEL BORO 3,3	3.000	1.1017	3.30		3.31

SON: CIENTO CUARENTA Y SIETE Y 90/100 SOLES

SUBTOTAL	125.34
0.00 % DCTO.	0.00
TOTAL VENTA	125.34
18.00 % IGV	22.56
TOTAL A PAGAR	147.90





CENTRO DE SERVICIOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PUCP
Av. Universitaria Cdra. 18 s/n San Miguel Telf.: 622540 - 308
Telefax: 618253

R.U.C. 15594586

FACTURA

Nº 020 - 00 03642

Nombre Univ. Nac. San Crictobal de Huamanga
R.U.C. 14366075
Dirección.....

Lima...6 de... setiembre de 199 4
Unidad Operativa: Taller de Vidrio

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	Confección de un generador de microburbujas.		S/. 99.00 =====
SON: NOVENTA Y NUEVE Y 00/100 NUEVOS SOLES s. e. u. o.			
TOTAL			99.00

FREDY'S
R.U.C. 10086345
Jr. Manuel Candamo 315 Of. 403
020 - 0000001 A 020 - 0010000
Lima 24/09/93

CANCELADA
Louisa Vargas
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS SECCION QUIMICA
ANALISIS QUIMICOS Y TALLER DE VIDRIO

SUNAT



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

AV. UNIVERSITARIA NRO. 1801 URB. PANDO SAN MIGUEL - LIMA - LIMA

CENTRAL TELEFÓNICA : 626-2000

BOLETA DE VENTA
ELECTRÓNICA
RUC:20155945860
B075-21111

Señor(es) : JORGE S. GARCÍA BLÁSQUEZ MOROTE
Dirección : GARCILAZO DE LA VEGA 456
DNI : 10102181
Unidad : Oficina de Tesorería

Fecha Emisión : 2019-02-28
Fecha Vencimiento : 2019-02-28

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor Venta
1	ST25608 Servicios a Terceros-Taller de Vidrio	1.00	70.80	60.00

CONFECCION DE 01 capilar de 6 mm. de diámetro externo x 1.2 mm. de diámetro interno y 15 cm longitud CONFECCION DE 01 capilar de 7 mm. de diámetro externo x 1.2 mm. de diámetro interno y 15 cm longitud.

Observaciones: TALLER DE VIDRIO



Total Valor de Venta - Operaciones Gravadas:	60.00
IGV:	10.80
Importe Total: (S/)	70.80

Representación Impresa de la Boleta de Venta Electrónica

SON: SETENTA Y 80/100 SOLES
S.E.U.O



IMPLEMENTOS Y REACTIVOS E.I.R.L.

IMPLEMENTOS Y REACTIVOS E.I.R.L.

AV. LOS FRUTALES NRO. 220 URB. FDO. MONTERICO GRANDE OESTE
ATE - ATE - LIMA

Telf. Directos: 719-9888 / 434-1738 Cel. RMP #99655941

E-mail: implementos.reactivos@ir-peru.com

Web Site: http://www.ir-peru.com

R.U.C. N° 20502538722

BOLETA ELECTRÓNICA

B001 N° 00000054

SEÑOR(ES):
GARCIA BLASQUEZ MOROTE, JORGE SOTERODocumento de Identidad.:
10218117DIRECCIÓN
PORTAL INDEPENDENCIA NRO 57 - AYACUCHO

FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO	CONDICIÓN DE PAGO
07/03/2019	07/03/2019	CONTADO

ORD. COMPRA	COD. CLIENTE	COTIZACIÓN	GUIA DESPACHO	RUBRO	VENDEDOR	ORDEN DE PEDIDO
OP2413	CLT0002373		0001-0023316		EVELYN MUÑOZ ASTETE	

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	U.MED	CANT.	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	US1428023-50GM	Sodium n-Dodecyl Sulfate, Molecular Biology Grade - CAS 151-21-3 - Calbiochem LOTE: 2754850 CANT: 1 FV: 31/10/2019	UND	1	198.24	198.24



PRECIOS NO INCLUYEN IGV

SON: CIENTO NOVENTA Y OCHO CON 24/100 SOLES

DESPACHAR A:
PORTAL INDEPENDENCIA NRO 57 - AYACUCHO

TOTAL S/ 198.24



REPRESENTACIÓN IMPRESA DE LA BOLETA ELECTRÓNICA

Para Consultar el comprobante ingresar a : 161.132.197.77