



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS POR
EFECTO DE LA DEGRADACIÓN DEL TANQUE DE CONEXIÓN
DOMICILIARIA EN LA URB. CHANU CHANU DE
LA CIUDAD DE PUNO-2023**

Bach. René Pérez Pérez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
FORESTAL.**

Asesor:

M. Sc. Godofredo Huanca Chambi



JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS POR
EFECTO DE LA DEGRADACIÓN DEL TANQUE DE CONEXIÓN
DOMICILIARIA EN LA URB. CHANU CHANU DE
LA CIUDAD DE PUNO-2023**

Bach. René Pérez Pérez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
FORESTAL.**

Asesor:

M. Sc. Godofredo Huanca Chambi



**JULIACA - PERÚ
2025**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS POR
EFECTO DE LA DEGRADACIÓN DEL TANQUE DE CONEXIÓN
DOMICILIARIA EN LA URB. CHANU CHANU DE LA CIUDAD DE
PUNO-2023**

Bach. René Pérez Pérez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
FORESTAL.**

Asesor:

M. Sc. Godofredo Huanca Chambi

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Pérez, R. (2024) Determinación de la presencia de microplásticos por efecto de la degradación del tanque de conexión domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno-2023. (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: René Pérez Pérez

TÍTULO: Determinación de la presencia de microplásticos por efecto de la degradación del tanque de conexión domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno-2023.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (131pp)

NOTA: Tesis (**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal**) – Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 01-00059-01/P46

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: M.Sc. Godofredo Huanca Chambi

PALABRAS CLAVE:

Calidad del agua, microplásticos, degradación, tanque de techo, FTIR, distrito de Puno.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL**

**“DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS POR
EFECTO DE LA DEGRADACIÓN DEL TANQUE DE CONEXIÓN
DOMICILIARIA EN LA URB. CHANU CHANU DE LA CIUDAD DE
PUNO-2023”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
FORESTAL**

Presentado por:

Bach. René Pérez Pérez

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M. Sc. Hugo Apaza Aquino

PRESIDENTE DEL JURADO

M. Sc. Jael Calla Calla

JURADO (Secretario)

M. Sc. Milton Quispe Tisnado

JURADO (Vocal)

**M. Sc. Godofredo Huanca Chambi
ASESOR DE TESIS**

2° MIEMBRO

3° MIEMBRO

René Pérez Pérez

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS POR EFECTO DE LA DEGRADACIÓN DEL TANQUE DE CONEXI...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:534531376

133 páginas

Fecha de entrega

30 nov 2025, 9:48 p.m. GMT-5

30.829 palabras

Fecha de descarga

30 nov 2025, 9:51 p.m. GMT-5

175.818 caracteres

Nombre del archivo

TESIS R. PEREZ.pdf

Tamaño del archivo

3.7 MB






7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía espiritual y las bendiciones que me brinda cada día.

A mis adorados y preciados padres, por darme la vida y forjarme con valores.

A mis hermanos, por el apoyo y enseñanzas.

AGRADECIMIENTO

Gracias Dios, por ser lo que soy, por tu amor, por todas tus bendiciones durante mi vida y por darme todo lo que tengo.

A mis padres Moisés Pérez Toma (†) y Emiliana Pérez De Pérez, por haberme dado una educación, un hogar donde crecer, desarrollarme, equivocarme y aprender los valores que ahora definen mi vida.

A mi querido hijo Eithan Adriel Pérez Mendoza, eres la luz que ilumina mis días, la fuerza que me impulsa a seguir adelante y el mayor regalo que la vida me ha dado. Cada paso que das me llena de orgullo, y cada sonrisa tuya es mi mayor recompensa.

Agradezco de manera muy especial; al M Sc. Godofredo Huanca Chambi asesor de la presente investigación y a mis jurados M. Sc. Hugo Apaza Aquino, M. Sc. Jael Calla Calla y M. Sc. Milton Quispe Tisnado que, gracias a su orientación y guía estuvieron durante esta investigación realizada.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	11
ABSTRAC.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción del problema.....	14
1.2. Pregunta de la investigación.....	16
1.2.1. Pregunta general	16
1.2.2. Preguntas específicas	16
1.3. Objetivos de la investigación	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación.....	17
1.4.1. Justificación social	17
1.4.2. Justificación ambiental	17
1.4.3. Justificación económica.....	17
1.4.4. Justificación técnica.....	18

CAPÍTULO II.....	19
REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.1.3. Antecedentes locales.....	23
2.2. Marco teórico	24
2.2.1. Microplásticos.....	24
2.2.2. Microplásticos en el sistema acuático.....	25
2.2.3. Microplásticos en agua potable.....	26
2.2.4. Materiales polímeros.....	27
2.2.5. Calidad del agua.....	29
2.2.6. Parámetros fisicoquímicos	30
2.2.7. Parámetros bacteriológicos	30
2.2.8. Contaminación del agua.....	32
2.2.9. Tanques de conexión domiciliaria	32
2.2.10. Degradación de tanque de conexión domiciliaria.....	34
2.2.11. Microgrietas superficiales.....	34
2.2.12. Descoloramiento	34
CAPÍTULO III	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Ámbito de estudio	35
3.2. Ubicación geográfica.....	35
3.3. Tipo y nivel de investigación	36
3.4. Población y muestra	37

3.4.1.	Población	37
3.4.2.	Muestra	37
3.5.	Hipótesis de investigación.....	39
3.5.1.	Hipótesis general.....	39
3.5.2.	Hipótesis específica	39
3.6.	Materiales y equipos.....	40
3.6.1.	Materiales.....	40
3.6.2.	Equipos de laboratorio	40
3.6.3.	Reactivos e insumos.....	40
3.7.	Metodología por objetivo	41
3.7.1.	Determinación de la calidad del agua	41
3.7.2.	Determinación de la presencia de microplásticos.....	43
3.8.	Prevención de la contaminación.....	45
3.9.	Análisis estadístico.....	45
CAPÍTULO IV		46
RESULTADOS Y DISCUSIONES		46
4.1.	Resultado de parámetros de campo	46
4.2.	Resultado de parámetros fisicoquímicos.....	47
4.2.1.	Cloro residual libre	52
4.2.2.	pH.....	53
4.2.3.	Turbiedad	54
4.2.4.	Conductividad eléctrica	55
4.2.5.	Color	56
4.2.6.	Sólidos totales disueltos.....	57
4.2.7.	Nitratos.....	58

4.2.8.	Amoniaco.....	59
4.2.9.	Plomo.....	60
4.2.10.	Cadmio.....	61
4.3.	Resultados de parámetros bacteriológicos.....	62
4.3.1.	Coliformes totales.....	65
4.3.2.	Coliformes termotolerantes.....	66
4.3.3.	<i>E. Coli</i>	67
4.3.4.	Organismo de vida libre.....	68
4.4.	Resultado de la presencia de microplásticos.....	69
4.4.1.	Identificación y cuantificación de microplásticos bajo estereoscopio.....	69
4.4.2.	Caracterización de microplásticos por su forma.....	71
4.4.3.	Caracterización de microplásticos por su color.....	75
4.4.4.	Medición de microplásticos mediante microscopio estereoscopio.....	77
4.4.5.	Observación de microplásticos mediante el microscopio infrarrojo.....	79
4.4.6.	Caracterización de microplástico según el tipo de polietileno.....	81
4.4.7.	Identificación de la naturaleza del polímero mediante el equipo FTIR.....	82
CAPÍTULO V.....		88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		88
5.1.	Conclusiones.....	88
5.2.	Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		90
ANEXOS.....		121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Polímeros y su origen.	28
Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos de control obligatorio (PCO).....	30
Tabla 3 Parámetros bacteriológicos de control obligatorio (PCO).....	31
Tabla 4 Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 1ra Etapa.	37
Tabla 5 Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 2da Etapa.	38
Tabla 6 Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 3ra Etapa.	38
Tabla 7 Método de análisis en laboratorio para los parámetros fisicoquímicos.....	42
Tabla 8 Método de análisis en laboratorio para los parámetros bacteriológicos.	43
Tabla 9 Niveles de concentración de parámetros de campo.....	46
Tabla 10 Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.....	48
Tabla 11 Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.....	49
Tabla 12 Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.....	50
Tabla 13 Niveles de concentración de parámetros bacteriológicos.....	63
Tabla 14 Niveles de concentración de parámetros bacteriológicos.....	63
Tabla 15 Nivel de concentración de parámetros bacteriológicos.	64
Tabla 16 Niveles de concentración de microplásticos (MPs).....	70
Tabla 17 Microplásticos según su tipo en el PM-01 (Entrada) y el PM-02 (Tanque).....	71
Tabla 18 Caracterización de microplásticos según su tipo por vivienda.....	72
Tabla 19 Microplásticos según su color en el PM-01 (Entrada) y el PM-02 (Tanque).....	75
Tabla 20 Caracterización de microplásticos (MPs) con el equipo FTIR.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Tamaño de microplásticos encontrados en el medio ambiente.....	24
Figura 2 Transporte de MPs desde suelos hasta el sistema acuático.....	25
Figura 3 Abundancia de microplásticos en diferentes cuerpos de agua.....	26
Figura 4 Microplásticos en agua potable de infraestructuras.....	27
Figura 5 Estructura de microplásticos en el medio ambiente.....	29
Figura 6 Tanque de reserva domiciliaria.....	33
Figura 7 Ámbito de estudio, urbanización Chanu Chanu, distrito de Puno.....	35
Figura 8 Ubicación geográfica de la ciudad de Puno, distrito del mismo nombre.....	36
Figura 9 Punto de toma de muestras, tanques de reserva domiciliaria.....	38
Figura 10 Puntos de monitoreo, Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno.....	39
Figura 11 Ensayos de parámetros fisicoquímicos – UNAJ.....	47
Figura 12 Niveles de concentración de cloro residual libre.....	52
Figura 13 Niveles de concentración de pH.....	53
Figura 14 Niveles de concentración de turbiedad.....	54
Figura 15 Niveles de conductividad eléctrica.....	55
Figura 16 Niveles de color del agua en las 24 muestras.....	56
Figura 17 Niveles de sólidos totales disueltos del agua.....	57
Figura 18 Niveles de nitratos de muestras de agua.....	58
Figura 19 Niveles de amoníaco en las muestras de agua.....	59
Figura 20 Niveles de plomo (Pb) en las muestras de agua.....	60
Figura 21 Niveles de concentración de Cadmio (Cd) de agua.....	61
Figura 22 Ensayos de parámetros bacteriológicos, laboratorio de microbiología – UNAJ.....	50
Figura 23 Comparación de los coliformes totales.....	65
Figura 24 Comparación de los coliformes termotolerantes.....	66
Figura 25 Comparación de los E. Coli.....	67
Figura 26 Comparación del número de organismos de vida libre.....	68
Figura 27 Identificación y clasificación de microplásticos.....	69
Figura 28 MPs identificados con el equipo estereoscopio.....	76
Figura 29 Medición de MPs con microscopio estereoscopio.....	77

Figura 30 Medición de microplásticos con microscopio estereoscopio.....	77
Figura 31 Medición de microplásticos con microscopio estereoscopio.....	78
Figura 32 Medición de microplásticos con microscopio estereoscopio.....	78
Figura 33 Observación de las micro muestras con el IR.....	79
Figura 34 Observación de las micro muestras con el IR.....	79
Figura 35 Observación de las micro muestras con el IR.....	80
Figura 36 Observación de las micro muestras con el IR.....	80
Figura 37 Espectro FTIR para microplástico del tipo Poliéster.....	82
Figura 38 Grupo funcional del Poliéster.....	83
Figura 39 Espectro FTIR para microplástico del tipo Poliestireno.....	83
Figura 40 Grupo funcional del Poliestireno.....	84
Figura 41 Espectro FTIR para microplástico del tipo Acetato de Polivinilo.....	85
Figura 42 Grupo funcional del Acetato de Polivinilo.....	86
Figura 43 Espectro FTIR para microplástico del tipo Polietileno Clorado.....	86
Figura 44 Grupo funcional de Polietileno Clorado.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Punto de monitoreo 02 de cada vivienda.....	122
Anexo 2. Toma de muestras en tanques de reserva domiciliaria.	122
Anexo 3. Muestras representativas para análisis de parámetros fisicoquímicos.....	123
Anexo 4. Toma de muestras para la determinación bacteriológica.....	123
Anexo 5. Análisis de parámetros fisicoquímicos.	124
Anexo 6. Calibración para determinar el metal pesado plomo.	124
Anexo 7. Análisis de amoníaco en muestras de agua de consumo.	125
Anexo 8. Determinación de metales pesados como plomo y cadmio.....	125
Anexo 9. Preparación del Agar EMB para determinar bacterias.	126
Anexo 10. Distribución del Agar EMB en placas Petri.	126
Anexo 11. Determinación y cuantificación de microplásticos.....	127
Anexo 12. Caracterización de microplásticos en el laboratorio de microplásticos.....	127
Anexo 13. Identificación de microplástico (MPs) de color azul, de tipo fibra.	128
Anexo 14. Identificación de microplástico (MPs) de color blanco de tipo fibra.	128
Anexo 15. Equipo microscopio infrarrojo facultad de química - UNSA.....	129
Anexo 16. Equipo FTIR para la caracterización de MPs – UNSA.....	129

RESUMEN

La calidad del agua potable es un factor esencial para la salud pública y el bienestar de la población en la ciudad de Puno, especialmente en la urbanización Chanu Chanu. La investigación tuvo por objetivo determinar la presencia de microplásticos por efecto de la degradación del tanque de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno-2023. Para ello se realizó la recolección de muestras de agua de tanques de reserva domiciliaria instalados en techos de viviendas, de manera que se recolectaron las muestras en frascos, para posteriormente determinar la calidad del agua y la presencia de microplásticos. La metodología que se aplicó está dispuesta en el Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del ministerio de salud D.S. N° 031-2010-SA; asimismo, se aplicó la metodología estipulada en el Protocolo para la Planificación, Muestreo, Análisis e Identificación de Microplásticos en Aguas Superficiales (CITIUS). La caracterización de microplásticos se realizó mediante el equipo espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier – FTIR, de manera que se calibró en lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021) “Práctica estándar para técnicas generales de obtención de espectros infrarrojos para análisis cualitativo”, con un rango de número de onda desde 650 cm⁻¹ hasta 4000 cm⁻¹ y accesorio de reflectancia total atenuada universal, con una fuerza de 80 y salto UATR 3. Los resultados obtenidos de los Parámetro de Control Obligatorio de la calidad del agua, el cual fueron analizados y comparados con el D.S. N° 031-2010-SA, cumplen con la normativa; es decir, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, excepto los parámetros de cloro residual libre y coliformes totales. Por otra parte, los microplásticos caracterizados presentaron formas de fibra y fragmento, de color blanco, azul y negro, de tipo Poliéster (PES), Poliestireno (PS), Acetato de Polivinilo (PVA) y Polietileno Clorado (CPE). En conclusión, se logró determinar la calidad del agua potable en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno, encontrando que el cloro residual libre y las bacterias coliformes totales no cumplen con los límites permisibles, y la presencia de microplásticos tienen origen de la industria textil, que generalmente se encuentran en agua potable.

Palabras clave:

Calidad del agua, microplásticos, degradación, tanque de reserva domiciliaria, FTIR, Urb. Chanu Chanu.

ABSTRAC

The quality of drinking water is essential for public health and the well-being of the population in the city of Puno, especially in the Chanu Chanu residential development. The research aimed to determine the presence of microplastics due to the degradation of the residential storage tank in the Chanu Chanu residential development in Puno. Water samples were collected from residential storage tanks installed on the roofs of homes. The samples were then placed in flasks to subsequently determine the water quality and the presence of microplastics. The methodology used is set forth in the National Protocol for the Quality of Surface Water Resources and the Regulation on the Quality of Water for Human Consumption of the Ministry of Health, Supreme Decree No. 031-2010-SA. The methodology stipulated in the Protocol for the Planning, Sampling, Analysis, and Identification of Microplastics in Surface Water (CITIUS) was also applied. The characterization of microplastics was carried out using the Fourier transform infrared spectroscopy equipment - FTIR, so that it was calibrated in accordance with the guidelines of the ASTM E1252-98 (2021) standard "Standard practice for general techniques for obtaining infrared spectra for qualitative analysis", with a wavenumber range from 650 cm⁻¹ to 4000 cm⁻¹ and a universal attenuated total reflectance accessory, with a strength of 80 and UATR jump 3. The results obtained from the Mandatory Control Parameters of water quality, which were analyzed and compared with D.S. No. 031-2010-SA, comply with the regulations; that is, they are within the Maximum Permissible Limits, except for the parameters of free residual chlorine and total coliforms. Furthermore, the characterized microplastics presented fiber and fragment forms, white, blue, and black in color, of Polyester (PES), Polystyrene (PS), Polyvinyl Acetate (PVA), and Chlorinated Polyethylene (CPE). In conclusion, the quality of drinking water in the Chanu Chanu Urbanization in the city of Puno was determined. It was found that free residual chlorine and total coliform bacteria do not meet permissible limits, and the presence of microplastics originate from the textile industry, which are generally found in drinking water.

Key words: Water quality, microplastics, degradation, domestic storage tank, FTIR, Urb. Chanu Chanu.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable se evalúa a menudo en función a la alteración de las características fisicoquímicas y contaminación bacteriológica para garantizar el cumplimiento con los estándares de seguridad especificados en la normativa D.S. N° 031-2010-SA (Shruti et al., 2020), asimismo, la presencia de microplásticos (MPs) en el agua destinada al consumo humano representa una preocupación creciente debido a su ubicuidad en los ambientes acuáticos y los potenciales efectos adversos sobre la salud humana (Dalmau et al., 2024).

Por lo tanto, el seguimiento y cuantificación de los microplásticos en el agua potable es de suma importancia evaluar debido a los riesgos asociados que presenta, en efecto es fundamental implementar medidas específicas para su control (Barchiesi et al., 2024) dado que estas partículas plásticas pequeñas (<5 mm) conocidas como microplásticos, son motivo de gran preocupación a causa de su distribución mundial y los riesgos potenciales que plantean para la salud humana (Barboza et al., 2018; Morrison et al., 2022), ya que la acumulación de microplásticos plantea un desafío ambiental crítico en el siglo XXI (Sorasan et al., 2022).

En los últimos años, la presencia de MPs en el agua potable ha atraído cada vez más atención debido a la toxicidad potencial asociada a las propias partículas, la composición plástica y los aditivos y contaminantes o microorganismos adsorbidos en la superficie de los MPs (Gambino et al., 2022). La ciudad de Puno como importante destino turístico que experimenta un crecimiento poblacional constante (Maldonado et al., 2023), en su efecto la generación de residuos plásticos urbanos mal gestionados son una fuente de contaminación responsable de la degradación ambiental que afectan negativamente a los ecosistemas acuáticos, por consecuente a la salud de las personas (Chavan et al., 2022).

De manera preocupante, se ha detectado la presencia de microplásticos en agua potable, siendo una de las principales vías donde los microplásticos pueden llegar al organismo del ser humano (Halfar et al., 2021), ya que estas micropartículas (todas las partículas menores de 5 mm) que se encuentran en el agua se clasifican según su forma, tipo y color hechas de material natural, artificiales o sintéticos que representan un peligro para la salud de las personas (Ngo et al., 2019; Rosal, 2021).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La contaminación por microplásticos es un problema global creciente debido a su presencia en todos los ambientes (Pasquier et al., 2022), estos plásticos en forma de fibras, fragmentos o perlas, con un tamaño desde 5 mm a 1µm, son motivo de creciente preocupación (Santofimia et al., 2022; Liu et al., 2022), debido a su transmisibilidad excepcional, se encuentran estos microplásticos en el suelo, aire, océanos, lagos, ríos e incluso en agua potable, su persistencia en el entorno natural dura mucho tiempo (Makhdoumi et al., 2021; Amato et al., 2020; Hale et al., 2020; Zhou et al., 2020). Así también, los microplásticos son conocidos como importantes portadores de otros contaminantes, como los contaminantes orgánicos persistentes y los metales pesados (Selvam et al., 2021; Yu et al., 2020), por lo tanto, los efectos acumulativos de los microplásticos en la cadena alimentaria y el consumo de agua eventualmente causarán daños impredecibles a la salud humana y riesgos potenciales para el ecosistema (Li et al., 2018).

El uso creciente de plásticos en las actividades humanas diarias y su inadecuada disposición ha resultado una mayor entrada de partículas de microplásticos en el medio ambiente (Khu et al., 2025), estos microplásticos en la dieta humana se han convertido en una preocupación mundial hasta la fecha, ya que están muy vinculados a la vida humana y tienen una influencia significativa en la salud (Khu et al., 2025); Surendran et al., 2025; Maliwan y Hu, 2025; Pérez et al., 2022; Samandra et al., 2022), a causa de la ingestión de microplásticos por parte de las personas, ya sea intencional o inadvertida (Zhang et al., 2021) tiene el potencial de causar efectos de toxicidad a nivel subcelular, celular y de órganos, así como efectos adversos en los patrones de comportamiento, lo que influye en su supervivencia y reproducción (Rahman et al., 2021). La contaminación por microplásticos en el consumo de agua potable puede ocurrir durante el procesamiento o el almacenado (Oßmann, 2021).

En los pueblos urbanos de la región de Puno, los tanques de reserva domiciliaria son una forma de almacenamiento y suministro de agua potable (Hu et al., 2023). Las viviendas de la Urb. Chanu Chanu no es ajena a esta realidad; ya que el agua potable es almacenada en los tanques de reserva domiciliaria instalados en los techos. Por ende, estos tanques están expuestos directamente al entorno natural, lo que conlleva que la calidad del agua sufra alteraciones en sus parámetros, debido al tiempo de almacenamiento del agua, falta de limpieza, y el deterioro del tanque. Este último se presenta a causa del cumplimiento de su vida útil y la exposición a la radiación UV; es decir, una exposición prolongada y constante puede acelerar su deterioro, este fenómeno es conocido como la fotooxidación (Falkinham et al., 2015; Zhang et al., 2021). Según Chavéz (2019) los tanque de reserva domiciliaria expuesto al entorno natural presenta microgrietas superficiales, descoloramiento, pérdida de las propiedades mecánicas y la delaminación de capas externas lo que conlleva a la degradación y contaminación del agua potable por microplásticos; asimismo, el agua estancada a largo plazo facilita aún más el rebrote de microorganismos patógenos, esto por la exposición del tanque al intemperie, dado que es afectada por el agua de lluvia y el polvo que pueden ingresar directamente a los tanques (Miyagi et al., 2017).

Por otra parte, el material empleado para la fabricación de tanques, es el polietileno de alta densidad (DHPE), este material es también utilizado para las tuberías de conducción de las redes de distribución de agua potable como es el Policloruro de vinilo (PVC) (El Empaque, 2020), estos plásticos con el paso del tiempo y mediante el efecto de la radiación solar y demás procesos químicos, físicos y biológicos, pierden su resistencia y se fragmentan en partículas sin experimentar alteraciones en su composición química (Bandow et al., 2017), alterando la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, ya que transportan contaminantes, por ende, la población que consume el agua potable a través de estos sistemas están expuesto a serios problemas de salud humana.

1.2. Pregunta de la investigación

1.2.1. Pregunta general

¿Habrá presencia de microplásticos por efecto de la degradación en tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del agua en tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno?
- ¿Cuál será la calidad bacteriológica del agua en tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno?
- ¿Qué características presentarán los microplásticos en las muestras de agua de tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la presencia de microplásticos por efecto de la degradación del tanque de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno-2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas del agua en tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno.
- Evaluar la calidad bacteriológica del agua en tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chano de la ciudad de Puno.
- Caracterizar la presencia de microplásticos en las muestras de agua de tanques de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación social

El agua es vital para cualquier actividad, por lo que su disponibilidad es un derecho humano fundamental, del cual se debe garantizar su acceso para el uso de toda la población (Tufail et al., 2025). El rápido crecimiento demográfico y la expansión urbana desigual ejercen una enorme presión sobre la demanda y la calidad del agua para consumo humano, lo que en última instancia perjudica la seguridad del agua y la salud pública (Liu et al., 2024), esto implica que la contaminación del agua constituye una amenaza significativa para la salud de la población puneña; en ese sentido, es necesario monitorear y evaluar la calidad del agua para consumo humano, el cual permite la toma de decisiones y la gestión local del agua en la ciudad de Puno.

1.4.2. Justificación ambiental

La finalidad de la investigación fue determinar la presencia de microplásticos y la calidad del agua en los tanques de reserva domiciliaria, el cual es una preocupación apremiante en la actualidad (Xu et al., 2025; Chaïb et al., 2025), debido a que están vinculados a la vida humana y tienen una repercusión en la salud (Shi et al., 2022) ya que estos microplásticos, son contaminantes persistentes y emergentes que se caracterizan en formas de fragmentos, gránulos, discos, películas y fibras el cual alteran la calidad del agua (Babaei et al., 2024). A partir de esta investigación realizada se permite generar antecedentes acerca de la presencia de microplásticos en el suministro de agua potable y en el almacenamiento en tanques de reserva domiciliaria, por lo tanto, intervendrá en la toma de decisiones de carácter político para el control y mitigación en el uso de los tanques de reserva domiciliaria (Carbon, 2024; Yusuf et al., 2022).

1.4.3. Justificación económica

La presencia de microplásticos en los tanques de reserva domiciliaria, además de alterar la calidad del agua, en efecto repercute a la salud de la población (Negrete et al., 2023), ya que es un contaminante emergente en agua dulce y también es un vector ideal para las comunidades microbianas y el biofilm (Foglia et al., 2024), que a exposición a largo

plazo tiene impactos de toxicidad física y biológica en la salud humana debido a su biopersistencia y propiedades químicas únicas (Yang et al., 2024). Por ende, es importante evaluar la calidad del agua potable que es suministrada a través de un red de distribución (Zhou et al., 2025), ya que a través de los monitoreos podemos alertar a la población y las autoridades locales, para prevenir la ingesta de microplásticos y reducir los costos de tratamientos relacionados a la salud (Han et al., 2025). Además, es primordial en el planteamiento de soluciones y la toma de decisiones a este problema creciente, dado que hasta la actualidad en la región de Puno no existe estudios respecto a la determinación de microplásticos en agua para consumo humano.

1.4.4. Justificación técnica

Los microplásticos son extremadamente persistentes y tienen el potencial de facilitar la transferencia de contaminantes a través del medio ambiente, lo que afecta la salud de la población y presenta un peligro ecológico (King et al., 2023). Los tanques de reserva domiciliaria están constituidos esencialmente del polietileno de alta densidad HDPE (Kitamura et al., 2025), lo que conlleva a la comercialización en la ciudad de Puno, ya que cumple una función importante, el cual es almacenar agua, y facilita a la población proveer agua las 24 horas del día; asimismo, se ha demostrado que el polietileno de alta densidad expuesto a condiciones termo-oxidantes y foto-oxidantes, se oxida derivando en su deterioro desprendimiento de partículas de microplásticos hacia el agua (Chen et al., 2024). Además, la lixiviación de sustancias químicas con el contacto permanente del agua, altera su calidad y por ende perjudica la salud pública.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Narváez y Tipán (2022), determinaron la calidad del agua e identificaron los microplásticos en el río Pumacunchi. Para ello, aplicó el índice de calidad de agua, y para la identificación de los microplásticos lo realizó mediante la filtración tomando criterios metodológicos de la normativa nacional e internacional, en el cual establece la observación directa de la morfología de los microplásticos. Los resultados demostraron que la calidad del agua es buena para los P1 y P2; sin embargo, para el P3 la calidad del agua es regular. En cuanto a los microplásticos los resultados obtenidos demuestran que, en los tres puntos de monitoreo, el tipo de microplástico encontrado fue del tipo fibra. Finalmente, concluye que la investigación realizada debe socializarse con la población y las autoridades locales.

Hu et al. (2023), recolectaron muestras de agua en una zona urbana para evaluar la influencia de los tanques en la calidad del agua. Los resultados evidenciaron que los estancamientos de agua en tanque, provoca la disminución significativa del cloro residual libre en un 0.02 mg/L. A su vez, se detectaron con frecuencia hongos patógenos, *Mycobacterium spp* y *Legionella spp*, en su gran mayoría en este último; de la misma manera el cloro residual fue el impulsor que promovió la colonización bacteriana y moldeó la comunidad microbiana. Por otra parte, menciona que el sedimento acumulado en la base del tanque, una vez agitado provoca el aumento de la turbidez y la biomasa bacteriana. En conclusión, el estudio brinda sugerencias prácticas para controlar riesgos en tanques de techo.

Barchiesi et al. (2024), utilizaron el Raman para el monitoreo de microplásticos en agua para consumo humano en base a las directrices propuestas por la Unión Europea. Los protocolos automatizados seleccionados del estado del arte se implementaron en una campaña de monitoreo real en una planta de tratamiento de agua potable del centro de

Italia que trata aguas superficiales. Los resultados evidencian la necesidad de estandarizar los polímeros en clústeres principales, en rangos de tamaño de 20-500 μm mediante simples ajustes de software. El tiempo total de análisis se calculó en aproximadamente 4-5 horas; a su vez, mostraron una baja contaminación de MPs, en comparación con los hallazgos de estudios previos.

Castillo y Alvarado (2022), determinaron la concentración de microplásticos en agua para consumo humano procedentes de la planta de tratamiento de agua potable, a su vez se evaluó como complemento los parámetros fisicoquímicos. La metodología constó en tomar 123 muestras representativas en 44 plantas de tratamiento. Las muestras tomadas fueron 10 litros a cada 30 minutos; para la caracterización de microplásticos se utilizó el equipo espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, el cual identificó los microplásticos presentes en las muestras de agua. Los resultados obtenidos se compararon y se interpretaron mediante modelos estadísticos.

Orellana y Vivar (2022), evidenciaron la presencia de microplásticos mediante la aplicación de la técnica de Microscopía Invertida de Fluorescencia y Espectros Infrarroja en muestras de agua procedentes de la ciudad de Cuenca, Ecuador. El método de muestreo fue tomar muestras de la captación, red de distribución y red domiciliaria. Los resultados evidenciaron que los microplásticos en mayor cantidad encontrados fueron del tipo fibra y fragmentos, es decir, 18.28 partículas en 250 ml de muestra. Por otra parte, el tipo de microplástico encontrado corresponde al polietileno tereftalato, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, poliéster y polibutileno.

Córdoba (2024), analizó la influencia de las incrustaciones calcáreas de microplásticos en tuberías de agua para consumo humano, Riobamba. La metodología empleada fue de tipo exploratoria y analítica. Se tomaron 18 muestras en cada red de distribución. Los resultados evidenciaron que todas las muestras contenían presencia de microplásticos uno más que otro, el cual pone en riesgo la salud de la población de Riobamba; asimismo, se identificó que las tuberías de la red de distribución presentan incrustaciones calcáreas, mismas que obstruyen y retrasan la degradación de los microplásticos. Consecuentemente se concluye, que la investigación será como un precedente para las futuras investigaciones respecto a microplásticos en agua para consumo humano.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Fuentes (2022), determinó la presencia de microplásticos en agua residual de la PTAR Ilo, el cual aplicó la metodología diseñada por la Administración Nacional de Océano y Atmósfera de los Estados Unidos; a su vez utilizó el equipo de microscopía infrarroja por transformada de Fourier. Los resultados evidenciaron que, el total de las muestras analizadas, se encontró 11 tipos de microplásticos de un total de 409 partículas de polímeros; estos microplásticos fueron de tipo Polietileno, Poliamida-Nylon y Polipropileno. Además, el color negro fue el que predominó, seguido por el azul y beige; en formas de fibras y fragmentos. En conclusión, esta investigación fue realizada para crear una base en la gestión ambiental y el estado actual de los microplásticos.

Fernández (2024), analizó la eficiencia del tratamiento de agua potable en la remoción de microplásticos, mediante la revisión bibliográfica para ampliar la base teórica. Los resultados demuestran que la eficiencia de la remoción de microplásticos depende de aspectos como el tamaño, la forma, la densidad, el tipo de polímero y la tecnología de tratamiento empleada. Además, recomienda aplicar un tratamiento que combine con la pre ozonización, coagulación, floculación, sedimentación, filtración de arena, filtración GAC, UV y cloración; el cual se lograría la remisión de microplásticos a un 99%. Por otra parte, se recomienda realizar mayor investigación respecto a la evaluación de microplásticos, para mejorar el proceso de remoción.

Cayotopa (2024), determinó la presencia de microplásticos en sedimentos del río Amojú, Santa Cruz, de manera que obtuvo datos en campo y laboratorio, posteriormente se caracterizó en cantidad, tipo, clase, color y medida. Las muestras analizadas evidencian un total de 229 microplásticos correspondientes a cuatro puntos de monitoreo. Además, se identificó puntos críticos de disposición de residuos sólidos a lo largo del río; en consecuencia, en la zona más alta del río se registró mayor cantidad de microplásticos, un total de 116 unidades. La investigación concluye, que a través de esta investigación se pretende comprender la problemática de los microplásticos en cuerpos de agua y el riesgo de la salud de la población.

Requena (2022), evaluó el nivel de satisfacción de la calidad del agua, para esto aplicó la metodología de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y de línea transversal. Los resultados evidenciaron que el sistema de conducción presentó cambios en resección en zonas geográficas con pendientes, las filas del movimiento de agua se llevaron en tuberías PVC de 1 ½", para alimentar al reservorio las cuales abastecen a la población de la zona de estudio. En ese sentido, se concluye que el mejoramiento de la red de distribución de agua para consumo humano cumpla con los requisitos mínimos de tratamiento básico y que la satisfacción de la población sea buena, así como la calidad del agua.

Cabrera (2024), determinó la calidad del agua potable, a su vez, analizó su relación con la satisfacción de los usuarios en el centro poblado de Javier Heraud, Ancash. La metodología consistió en la evaluación de características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua potable; para esto aplicó una encuesta a los beneficiarios con el fin de obtener el nivel de satisfacción respecto al servicio, cantidad y la calidad del agua. Los resultados demostraron que según los análisis en laboratorio y la comparación con la normativa, el agua cumple con los parámetros de calidad según D.S. N° 031-2010.SA; en cuanto al nivel de satisfacción los usuarios manifiestan que la calidad del agua es regular, es decir, existe una correlación entre la calidad del agua y satisfacción de los usuarios.

Juarez y Medina (2024), evaluación las técnicas de identificación de microplásticos en cuerpos de agua. De manera que la metodología aplicada consistió en la revisión sistemática de base de datos correspondientes a Science direct, Scopus, EBECOhost, Web of Science y Scielo, posteriormente se aplicaron criterios para seleccionar 25 artículos. Los resultados evidenciaron que la determinación de microplásticos en cuerpos de agua se emplean equipos como FTIR, FTIR-ART, Espectroscopia Raman (RS) y μ FTIR-FRA, en rangos de 48%, 26%, 22% y 4% respectivamente. Por otra parte, la detección de polietilenos el equipo con mayor eficiencia y técnica es la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier y sus variantes.

2.1.3. Antecedentes locales

Contreras et al. (2023), determinaron la calidad del agua para consumo humano en los manantiales de la parcialidad de Jiscullaya, Ilave. La investigación tuvo un enfoque descriptivo transversal, el propósito fue analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en muestras de agua. Los resultados obtenidos en el estudio demuestran que las características fisicoquímicas cumplen con la normativa, es decir, los valores obtenidos están dentro de los Límites Máximos Permisibles; sin embargo, para los parámetros bacteriológicos la calidad del agua está siendo alterada, debido que no cumple con la normativa D.S. 031-2010-MINSA. En efecto, la salud de la parcialidad está siendo afectada con enfermedades de origen digestivo.

Mamani (2024), evaluó las redes de distribución de agua potable en el distrito de San Miguel, Juliaca. La metodología aplicada fue cuantitativa, transversal y descriptiva. Los resultados evidenciaron que las características de las redes de distribución de agua potable tuvieron una presión mínima de 3.07 metros de columna y la máxima fue de 3.84 metros de columna; asimismo, se evidenció que los servicios de agua para los usuarios tenían una duración de 2 a 5 horas durante el día. Este estudio concluye, que de acuerdo a los resultados obtenidos la presión en las redes de distribución no cumple con el mínimo establecido en la norma peruana, de igual forma los servicios de agua debería ser continua para los usuarios, sin embargo, no se cumple.

Leon (2024), evaluó la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la ciudad de Juliaca. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo aplicada, de tipo descriptivo explicativo y su diseño de investigación fue experimental. Los resultados evidenciaron que los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa ambiental, es decir, están dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP). Sin embargo, la calidad bacteriológica no cumple con la normativa, debido a que los valores obtenidos sobrepasan el D.S. 031-2010-SA. Se concluye, las características fisicoquímicas se encuentran en condiciones ideales para consumo humano, en cambio la calidad bacteriológica en estas aguas no es apta para el consumo humano, ya que está siendo contaminada por excretas y residuos alcantarillados.

2.2. Marco teórico

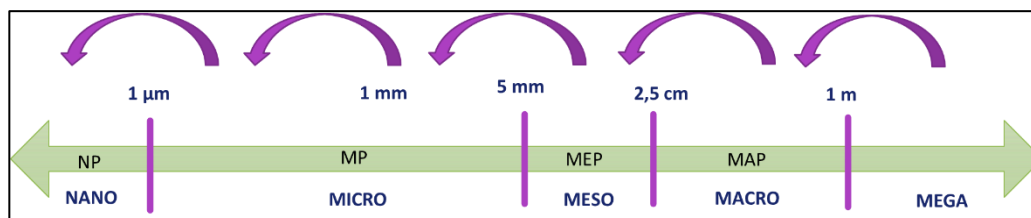
2.2.1. Microplásticos

Los microplásticos son considerados contaminantes emergentes, ya han recibido una atención mundial generalizada por sus diversos problemas ambientales para la ecología y las personas (Khalid et al., 2020; Zeyan Zhou et al., 2021; Dalu et al., 2023). Estos MPs están relacionados con fragmentos o partículas de plástico que miden menores a 5 mm conocidos como microplásticos (Sánchez, 2018; Mo et al., 2021), hablar de estos no es ninguna novedad. Recientes estudios demuestran que este material está invadiendo nuestros ríos, océanos, lagos y muchos de nuestros platillos, se han encontrado microplásticos en muchas especies de pescados y mariscos (Greenpeace, 2019; Xu et al., 2020).

Los microplásticos han recibido atención de una amplia gama de disciplinas y se consideran contaminantes ambientales persistentes emergentes (Priya et al., 2022; W. Yang et al., 2021; J. Yang et al., 2021), ya que estos microplásticos una vez depositados en la tierra pueden filtrarse verticalmente en el agua subterránea, agua de lluvia, nevados que es la principal fuente de agua potable en muchos países (He et al., 2018; Khant y Kim, 2022). Además, los microplásticos también pueden actuar como portadores de otros contaminantes tóxicos, amenazando indirectamente la seguridad del ecosistema del suelo y aumentando el riesgo de exposición humana a contaminantes tóxicos a través de la cadena alimentaria (Chang et al., 2022; H. Yang et al., 2022).

Figura 1

Tamaño de microplásticos encontrados en el medio ambiente.



Nota. Distribución de microplásticos según su tamaño. Extraído de la investigación realizada por Castañeta et al. (2020).

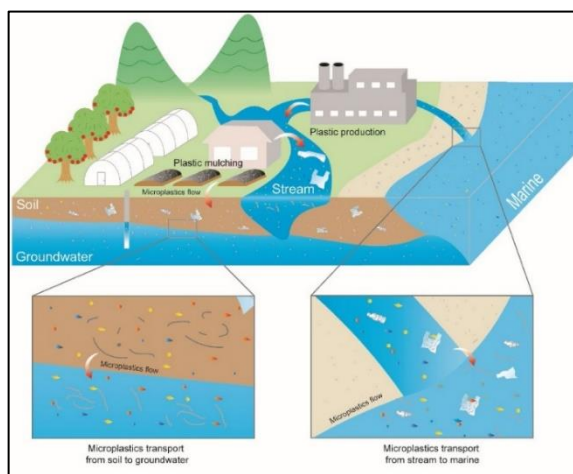
2.2.2. Microplásticos en el sistema acuático

La presencia de microplásticos (MPs) en cuerpos de agua es ocasionada por actividades antrópicas y negligencia en la disposición de residuos sólidos urbanos (Bordós et al., 2019; Rossatto et al., 2023), así también, son introducidos con frecuencia en el medio ambiente debido al tratamiento inadecuado de las aguas residuales y la eliminación de desechos de origen plástico (Gasperi et al., 2018; McEachern et al., 2019; Ma et al., 2019); esto implica, que la interacción de los microplásticos con otros materiales, especialmente en ambientes acuosos, es un tema crucial en términos de evaluación de la posible migración y ecotoxicidad (Ma et al., 2019; Rahman et al., 2023).

Esta contaminación genera preguntas sobre la salud humana y ambiental a medida que la producción y el consumo mundial anual de plásticos aumenta exponencialmente (Pelch et al., 2019; Lohmann et al., 2020; R. Kumar et al., 2021), debido a que desechos plásticos de varios tamaños, desde macroplásticos (<1 m), mesoplásticos (2,5 cm- 5 mm), microplásticos (<5 mm), considerados ubicuos en los cuerpos agua, y se sabe que interactúan con organismos acuáticos (Antunes et al., 2018; Barboza et al., 2018; Oliveira et al., 2018; Gonçalves et al., 2019; Capolupo et al., 2020), ya que pueden ser ingeridos por organismos de diferentes niveles tróficos y ser transferidos por la cadena alimentaria o consumo del agua (Farrell y Nelson, 2013).

Figura 2

Transporte de MPs desde suelos hasta el sistema acuático.



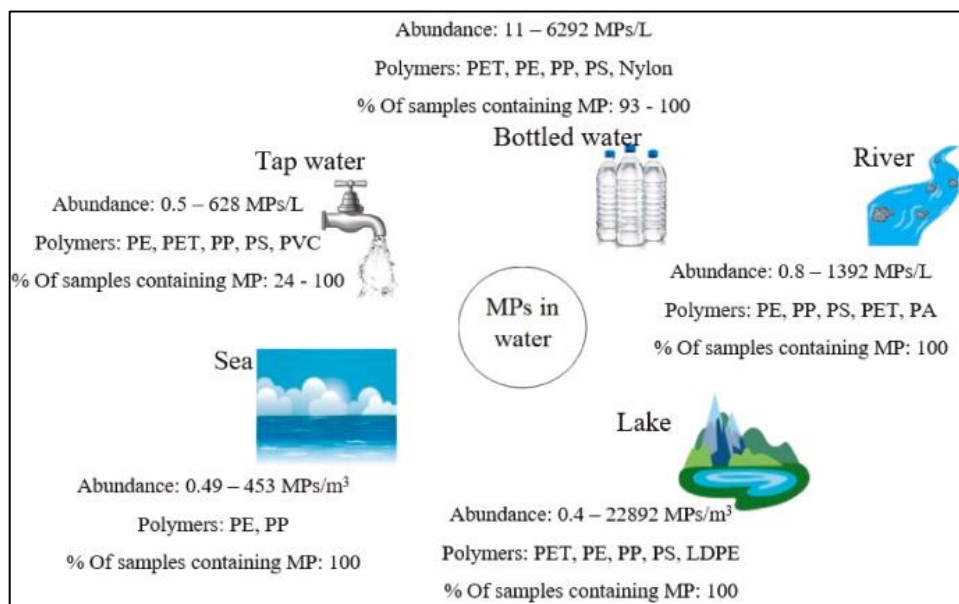
Nota: Transporte de microplásticos. Tomada de Chia et al. (2022).

2.2.3. Microplásticos en agua potable

Numerosos estudios científicos sobre microplásticos en aguas superficiales y en agua potable ha aumentado exponencialmente (Kirstein et al., 2021; Novotna et al., 2019; Eerkes-Medrano et al., 2019) indicaron que los microplásticos se encuentran con frecuencia en las fuentes de agua potable, ya que se encontró en el 81% de 159 muestras de agua del grifo de diferentes países y el 93% de 259 muestras de agua embotellada de 11 marcas diferentes (Johnson et al., 2020). El consumo humano de microplásticos se evidencia por su presencia en heces y sangre (J. Zhang et al., 2021; Leslie et al., 2022), así como órganos como los pulmones y la placenta (Jenner et al., 2022). Dado que el agua potable se consume a diario, se considera inevitable la exposición humana directa y a largo plazo a los microplásticos, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud humana en función de las propiedades fisicoquímicas de los microplásticos (J. Sun et al., 2019).

Figura 3

Abundancia de microplásticos en diferentes cuerpos de agua.



Nota: Extraído de la investigación elabora por Babaei et al. (2024).

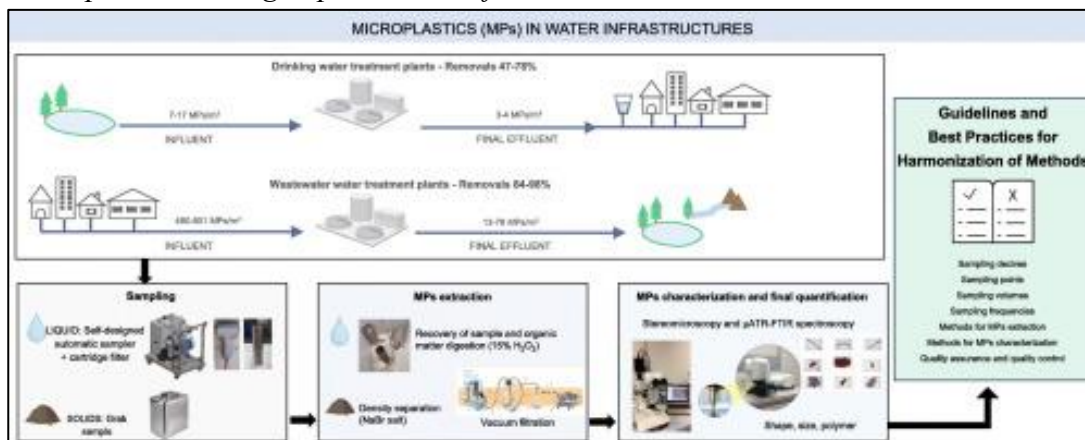
Además, la presencia significativa de microplásticos en los sistemas de agua dulce, aguas subterráneas y aguas residuales ha aumentado la preocupación científica sobre la contaminación del agua potable (Jenner et al., 2022), hasta la fecha se han encontrado

microplásticos de varios tamaños, formas y polímeros en una variedad de fuentes de agua potable, incluidas botellas y grifos, en todo el mundo (Winkler et al., 2019; Danopoulos et al., 2020; Oßmann, 2021), esto implica evidencia suficiente para imponer un enfoque de precaución para el monitoreo y mitigación de microplásticos en agua potable (Senathirajah et al., 2021) ya que estos microplásticos pueden provenir de una variedad de fuentes, como artículos de plástico, tanques de techo que se van degradando, aguas residuales de la industria, productos de limpieza, polvo de neumáticos o de nuestra ropa cuando la lavamos (Doulton, 2021).

En ese sentido, los entornos acuáticos son particularmente vulnerables a la contaminación por microplásticos provenientes de fuentes como aguas residuales sin tratar; estudios a nivel mundial han confirmado la presencia de microplásticos en el agua del grifo. Estudios demuestran que encontraron concentraciones de microplásticos de entre 0 y 1247 elementos/L en muestras de agua del grifo (Prasertboonyai et al., 2025).

Figura 4

Microplásticos en agua potable de infraestructuras.



Nota. Extraído de la investigación elaborada por Foglia et al. (2024).

2.2.4. Materiales polímeros

Los materiales poliméricos se utilizan ampliamente en los campos de la medicina, la electrónica, la automoción, elaboración de materiales de construcción y la industria textil (Wan y Xu, 2024).

Tabla 1*Polímeros y su origen.*

Polímeros	Acrónimo	Origen	Año.
Caucho	-	Natural	1839
Parkesina	-	Semisintético	1862
Celuloide	-	Semisintético	1863
Rayón	-	Semisintético	1894
Baquelita	BK	Sintético	1907
Vinilo	PVC	Sintético	1926
Polietileno de baja densidad	LDPE	Sintético	1935
Politetrafluoroetileno	PTFE	Sintético	1938
Poliestireno	PS	Sintético	1938
Nylon	PA	Sintético	1939
Tereftalato de polietileno	PET	Sintético	1941
Poliéster insaturado	UP	Sintético	1942
Polipropileno	PP	Sintético	1951
Polietileno de alta densidad	HDPE	Sintético	1951
Poliestireno extruido	XPS	Sintético	1954
Poliésteres termoplásticos	-	Sintético	1970
Polímeros de cristal líquido	LCP	Sintético	1985

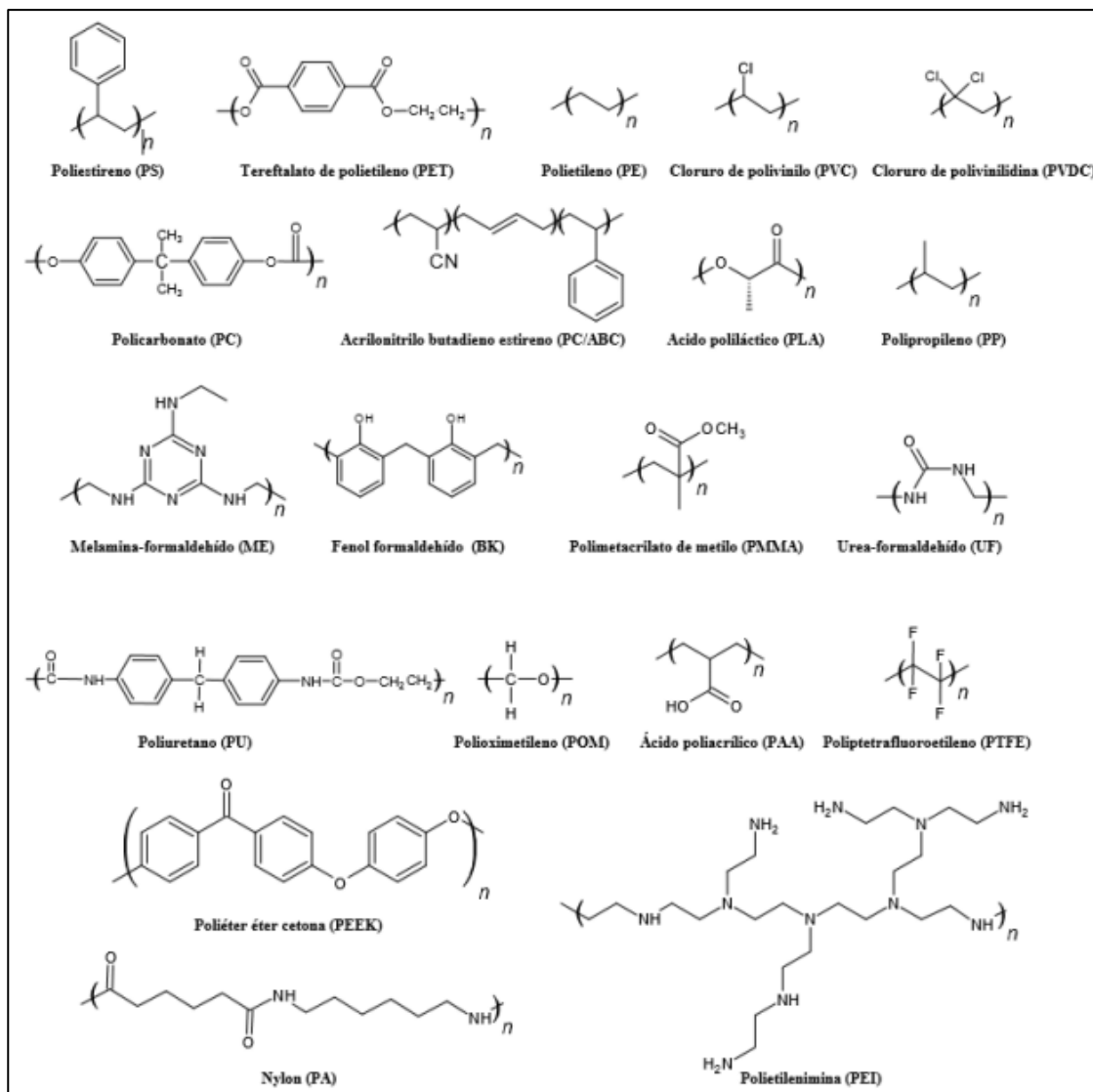
Fuente: Elaboración propia (2025).

Los polímeros son grandes moléculas que se crean a partir de la unión continua de una o múltiples unidades conectadas mediante enlaces covalentes, la palabra macromolécula se refiere a una molécula de gran tamaño (Li et al., 2025). Los términos “polímero” y “macromolécula” se emplean a menudo como sinónimos, sin embargo, no son exactamente lo mismo, ya que las macromoléculas no necesitan necesariamente estar compuestas por unidades repetitivas (Ren et al., 2025). Según su origen, los polímeros pueden clasificarse como naturales o artificiales. Es decir, los artificiales suelen consistir en uno a tres variedades distintas de unidades repetitivas, mientras que los naturales o biopolímeros, como la celulosa, el ADN o las proteínas, tienen configuraciones mucho más complicadas. Actualmente, los polímeros sintéticos son de mayor relevancia en el

ámbito comercial, así que generalmente nos enfocaremos casi únicamente en ellos (Demirdağ et al., 2024).

Figura 5

Estructura de microplásticos en el medio ambiente.



Nota. Extraído de la investigación elaborada por Priya et al. (2022).

2.2.5. Calidad del agua

Desde la antigüedad ha aumentado el interés por la calidad del agua, ya que constituye un componente importante de la existencia (Khouri y Bashar Al-Moufti, 2022), lograr y mantener una calidad de agua adecuada es uno de los parámetros importantes para garantizar la salud y el bienestar de los seres humanos y los ecosistemas (Singh et al.,

2022; Dettori et al., 2022; Penserini et al., 2023), esto implica que tener agua limpia es un factor importante para sustentar la salud humana (Qasemi et al., 2023), así también, la reducción de la pobreza, la igualdad de género y la seguridad alimentaria (Jha et al., 2020; Hogeboom, 2020), ya que el agua desempeña un papel fundamental en el logro de sistemas alimentarios más resilientes y dietas sostenibles (Poore y Nemecek, 2018; Ungureanu et al., 2020).

2.2.6. Parámetros fisicoquímicos

Tradicionalmente, la calidad del agua se evaluaba mediante parámetros fisicoquímicos (Peluso et al., 2021), ya que consiste en la determinación periódica de estos parámetros en muestras de agua, estos parámetros son parte de una metodología muy útil para evaluar la calidad del agua y establecer planes para su gestión (Aguasurbanas, 2018). En la tabla N° 3 se pueden apreciar los principales parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua superficial.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos de control obligatorio (PCO).

Parámetros	Descripción
Parámetros fisicoquímicos	Cloro residual/libre, Temperatura, pH, Turbiedad, Conductividad Eléctrica (CE), Oxígeno Disuelto (OD), Color, Sólidos totales disueltos (TDS), Nitrato (N-NO ₃), Amoníaco (N-NH ₃), Metales Pesados (Plomo, Cadmio).

Fuente: MINSA (2010).

2.2.7. Parámetros bacteriológicos

Las bacterias son microorganismos vivos más numerosos que existen, que se encuentran presentes casi en todas partes (NIH, 2022), el agua para consumo no es la excepción por tal motivo es necesario realizar monitoreos permanentes para determinar el grado de contaminación que tiene la misma (CESUMA, 2022), así también el agua puede estar contaminado por aguas residuales, las cuales no pueden ser detectadas mediante análisis

fisicoquímico, en cambio, el monitoreo microbiológico nos ayudan a detectarlas (AGQLabs, 2021).

Tabla 3

Parámetros bacteriológicos de control obligatorio (PCO).

Parámetros	Descripción
Parámetros bacteriológicos	Coliformes totales, coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismos de vida libre.

Fuente: MINSA (2010).

a. Coliformes totales

Las bacterias coliformes se han identificado recientemente como uno de los contaminantes más graves en los efluentes de agua (Mahmoud et al., 2022), estas bacterias coliformes de origen fecal generalmente se emplean como indicadores en la contaminación de agua (Scott et al., 2022). Por lo tanto, la contaminación por este tipo de bacterias patógenas debe minimizarse y limitarse para evitar posibles riesgos para la salud (Gomes et al., 2018).

b. Coliformes termotolerantes

Las bacterias indicadoras (es decir, coliformes totales y coliformes fecales) son indicadores típicos de la calidad microbiana del agua (Morris et al., 2022), ya que el consumo de agua sin ningún tratamiento se reconoce como una causa importante de enfermedades entéricas a nivel mundial (Ragot y Villemur, 2022). Estas bacterias pertenecen al Grupo “Coliforme” propios del tracto digestivo de animales y humanos de sangre caliente (Rojas, 2018).

c. *Escherichia coli*

Las cepas de *Escherichia coli* provocan diarrea enterohemorrágica e insuficiencia renal causando morbilidad y mortalidad severas en los seres humanos (Makhado et al., 2022), el consumo de agua insalubre que contiene microorganismos de origen fecal (Brown et al., 2020), puede causar brotes de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua como diarrea sanguinolenta, cólera, poliomielitis, fiebre tifoidea, disentería y salmonelosis (S. Kumar et al., 2019).

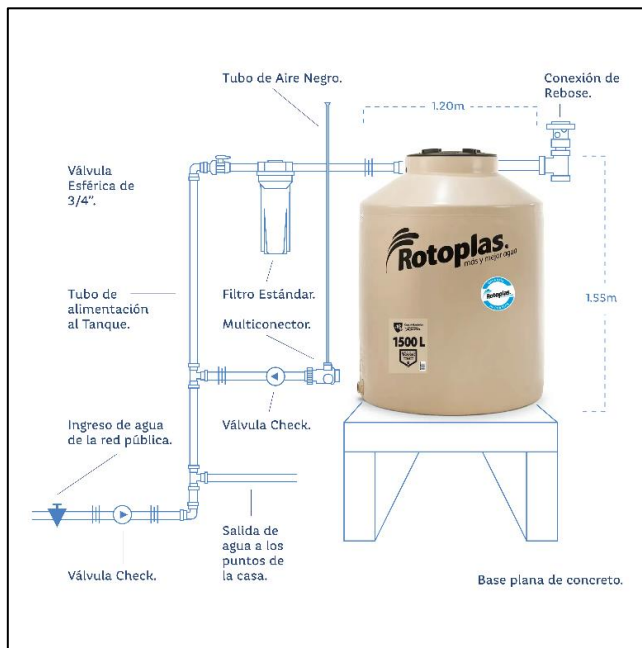
2.2.8. Contaminación del agua

El deterioro de la calidad del agua es un problema ambiental mundial en el siglo XXI (Tian et al., 2023), en los últimos años, se han encontrado tendencias descendentes en el nivel del agua y la reducción del área de agua causada por el cambio climático y las perturbaciones antrópicas en muchos lagos ubicados en regiones áridas/semiáridas (Tourian et al., 2015; da Costa et al., 2016; Hirsch et al., 2017; D. Li et al., 2021) ya que las ciudades, están asociado con el rápido desarrollo económico y el crecimiento de la población que amenaza la seguridad hídrica mundial (Bohenek y Sulliván, 2022; Wang et al., 2022), esto implica el aumento de la contaminación del agua en los últimos años (Bandala et al., 2022) y tienen un impacto directo en nuestro bienestar social y económico y en la salud de los ecosistemas (Shah et al., 2022).

2.2.9. Tanques de conexión domiciliaria

Los tanques de conexión domiciliaria, tiene la finalidad de almacenar agua en los techos, esta metodología es adoptada cada vez más en las ciudades o zonas rurales como nuevos diseños ecológicos para abordar los problemas del cambio climático, como la escasez de agua y la esorrentía de aguas pluviales (Maceda-Veiga et al., 2022), así también, el agua almacenada en los techos tiene muchos usos, incluso para agua potable (Lim y Jiang, 2013), el principal beneficio de contar con tanques de reserva o conexión domiciliaria es que se puede tener acceso al agua en cualquier momento, en la ciudad de Puno este depósito de agua son comunes para viviendas (Onda Azul, 2020).

Actualmente los tanques más utilizados en las casas son realizados en polietileno, esto se debe a que el material es liviano y cuentan con excelentes propiedades para el mantenimiento del agua (Eternit, 2020), el polietileno de alta densidad se usa ampliamente en aplicaciones de tuberías a presión, tanques de reserva entre otros (Hao et al., 2023), asimismo, se utilizan ampliamente en proyectos de infraestructura civil e ingeniería ambiental, como sistemas urbanos de gas y agua, debido a sus ventajas de bajo peso y bajo costo, alta tenacidad a la fractura y resistencia a la corrosión (Jubinville et al., 2023).

Figura 6*Tanque de reserva domiciliar.*

Nota. Extraído de la investigación elaborada por Miyagi et al. (2017).

Por otra parte, los simples tanques de almacenamiento de agua en los techos de las viviendas de apartamentos autoconstruidos en las aldeas urbanas están expuestos directamente al medio ambiente natural. El agua de lluvia y el polvo pueden ingresar directamente a los tanques del techo, lo que causa una grave contaminación microbiana exógena. El agua caliente en el tanque del techo debido a la exposición a la luz solar aceleraría la descomposición de los residuos de desinfectantes (Miyagi et al., 2017). Además, la falta de correspondencia entre el tamaño de los tanques de techo y la demanda de agua de los consumidores puede contribuir a la baja tasa de recambio de agua y al estancamiento del agua a largo plazo (Al-Bahry et al., 2011). El estancamiento del agua en los tanques de techo puede ofrecer condiciones ambientales estables, facilitando una serie de reacciones químicas y el más importante fue la descomposición de los desinfectantes a base de cloro. La descomposición de los desinfectantes a base de cloro facilitó aún más el recrecimiento de microorganismos, especialmente patógenos oportunistas, que a menudo son resistentes a los desinfectantes y pueden prosperar en las condiciones oligotróficas extremas del agua potable (Zhang et al., 2021).

2.2.10. Degradación de tanque de conexión domiciliaria

La exposición a la radiación solar o el sol provoca la ruptura de las cadenas poliméricas en el plástico, resultando en su fragilidad, pérdida de color y la creación de pequeñas partículas que se desprenden. Las variaciones en la temperatura a lo largo del día (calor durante el día y frío por la noche) provocan que el material (tanque en el techo) se expanda y contraiga, lo que a su vez deteriora su estructura (Pavlov et al., 2025). Un flujo constante de agua, especialmente si lleva partículas suspendidas, puede desgastar por dentro las paredes del tanque. Además, ciertos detergentes, bactericidas o un exceso de cloro pueden acelerar el deterioro del plástico, lo que puede contaminar el agua potable. Los microplásticos que se desprenden pueden terminar en el agua que beben las personas, presentando riesgos para la salud; aunque aún se lleva a cabo investigación, se han hallado microplásticos en órganos humanos, causando reacciones inflamatorias o transportando contaminantes (Nguyen et al., 2024).

2.2.11. Microgrietas superficiales

Las pequeñas fisuras en la superficie de los tanques de almacenamiento en hogares son un problema común, especialmente en tanques fabricados de plástico como los de polietileno de alta densidad (HDPE), como los tanques de la marca Rotoplas. Estas pequeñas fisuras pueden comprometer la estabilidad del tanque con el paso del tiempo y resultar en fallas significativas si no se abordan de manera oportuna (Villegas, 2021).

2.2.12. Descoloramiento

La decoloración se refiere a la disminución gradual del color original del recipiente, esto suele suceder en tanques de colores negro, azul, verde o beige, debido a la exposición radial. A medida que avanza, se tornan en tonos más claros o blanquecinos, mostrando rasgos como manchas o áreas blanquecinas provocadas por la oxidación superficial. En situaciones severas, el material puede volverse frágil, como si se estuviera desprendiendo al tacto. (Villegas, 2021).

CAPÍTULO III

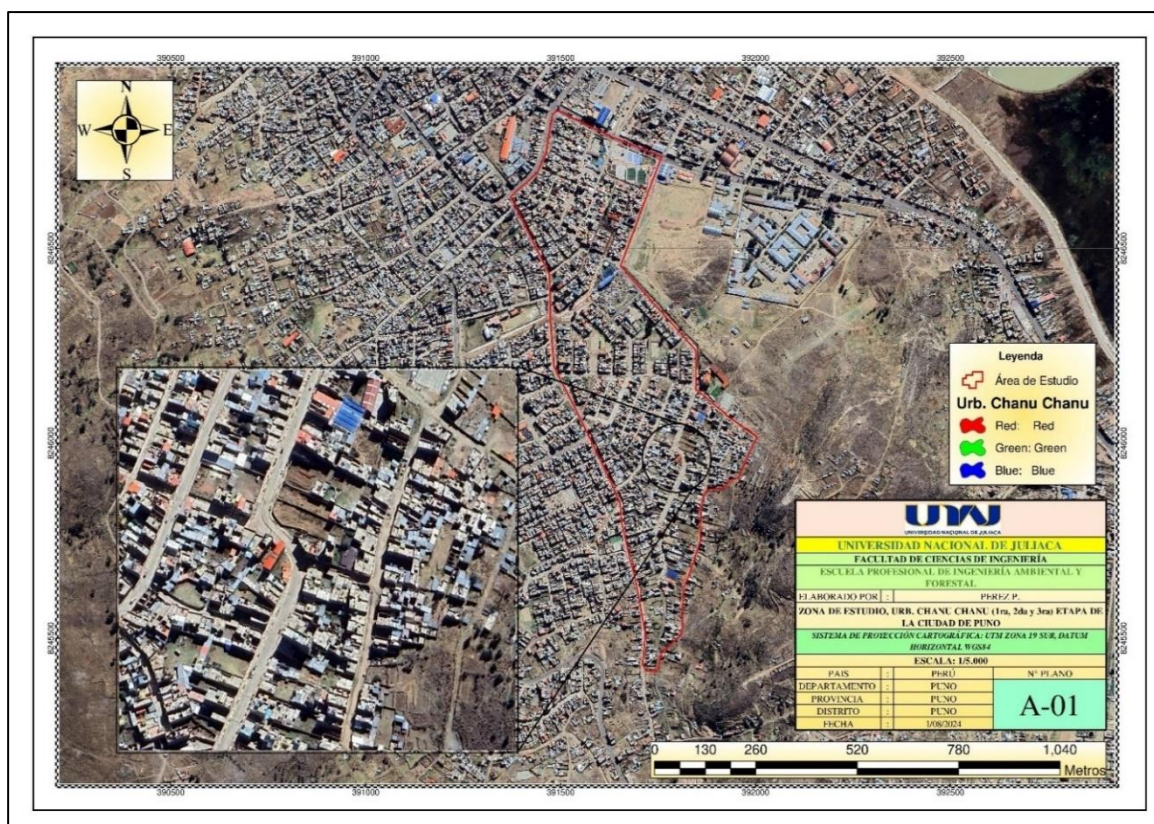
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

El estudio se realizó en la Urb. Chanu Chanu (1ra, 2da y 3ra Etapa) de la ciudad de Puno, capital del departamento del mismo nombre, siendo una de las ciudades de núcleo comercial regional más importante, sosteniendo una población aproximada de 129922 habitantes (INEI, 2018).

Figura 7

Ámbito de estudio, urbanización Chanu Chanu, distrito de Puno.



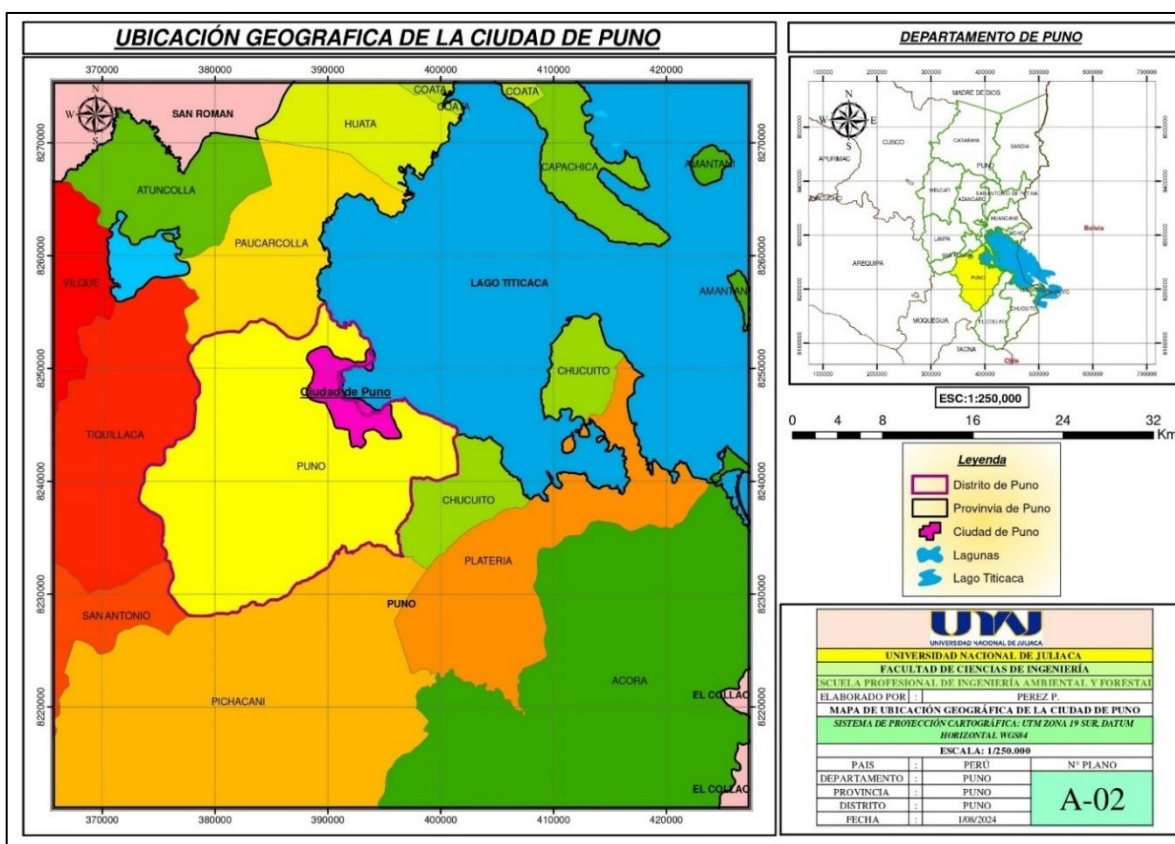
Fuente: Extraído de Google Earth Pro (2024)

3.2. Ubicación geográfica

La ciudad de Puno, capital de distrito, provincia y departamento de Puno, está ubicado al sureste del Perú, en las orillas del Lago Titicaca, en coordenadas UTM por el este 389922.73 m E y por el norte 8248426.98 m S, con una altitud de 3827 msnm.

Figura 8

Ubicación geográfica de la ciudad de Puno, distrito del mismo nombre.



Fuente: Extraído de Google Earth Pro, (2024).

3.3. Tipo y nivel de investigación

Según el tipo de investigación fue “no experimental”, debido a que se observó los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos; es decir no se modificaron las variables (Agudelo y Aigner, 2008). Así también, la investigación fue de carácter “transversal” dado que es un método no experimental que recolecta y analiza datos en un momento determinado (Maier et al., 2023). Según el nivel de investigación es “descriptivo”, debido a que nos permitió recolectar datos para el desarrollo del estudio (Guevara et al., 2020). Debido a que tuvo un enfoque “cuantitativo” de manera que se recolectó, procesó, analizó, comparó e interpretó los datos numéricos (Sarduy, 2007).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio fue establecida por los tanques de reserva domiciliaria mayores a 05 años instalados en techos de las viviendas en la Urb. Chanu Chanu (1ra, 2do y 3ra etapa) de la ciudad de Puno (Narváez y Tipán, 2022; Hu et al., 2023), los cuales representan puntos de almacenamiento y acceso al agua para consumo humano en la ciudad de Puno.

3.4.2. Muestra

La muestra de estudio fue 12 viviendas con conexión a tanques de reserva de agua; debido a que se aplicó el muestreo intencional, ya que es un método de muestreo no probabilístico, el cual nos permitió recopilar datos (González, 2021; Tutz, 2023).

A su vez se georreferenció los puntos de monitoreo (PM) en coordenadas UTM WGS 84, como se observa en la tabla 4, 5 y 6; la información está consolidada en la figura 10 mediante la elaboración de un mapa representativa a través del Software ArcGIS versión 10.5; estos puntos de monitoreo son establecidos para determinar la presencia de microplásticos y la calidad del agua para consumo humano.

Tabla 4

Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 1ra Etapa.

Puntos de recolección de muestras para agua y microplásticos			
Puntos	Coordenadas Este	Coordenada Norte	Dirección
MT-1	391500	8246709	Jr. Rosales
MT-2	391492	8246617	Jr. A. Martinez
MT-3	391660	8246638	Jr. Manuel Núñez Butrón
MT-4	391661	8246522	Jr. Beltrán Rivera

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 5*Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 2da Etapa.*

Puntos de recolección de muestras para agua y microplásticos			
Puntos	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Dirección
MT-5	391778	8246281	Jr. Juan Bustamante
MT-6	391813	8246184	Av. Residencial
MT-7	391782	8246106	Ciudad la Plata
MT-8	391848	8246111	Jr. Andrés Razuri

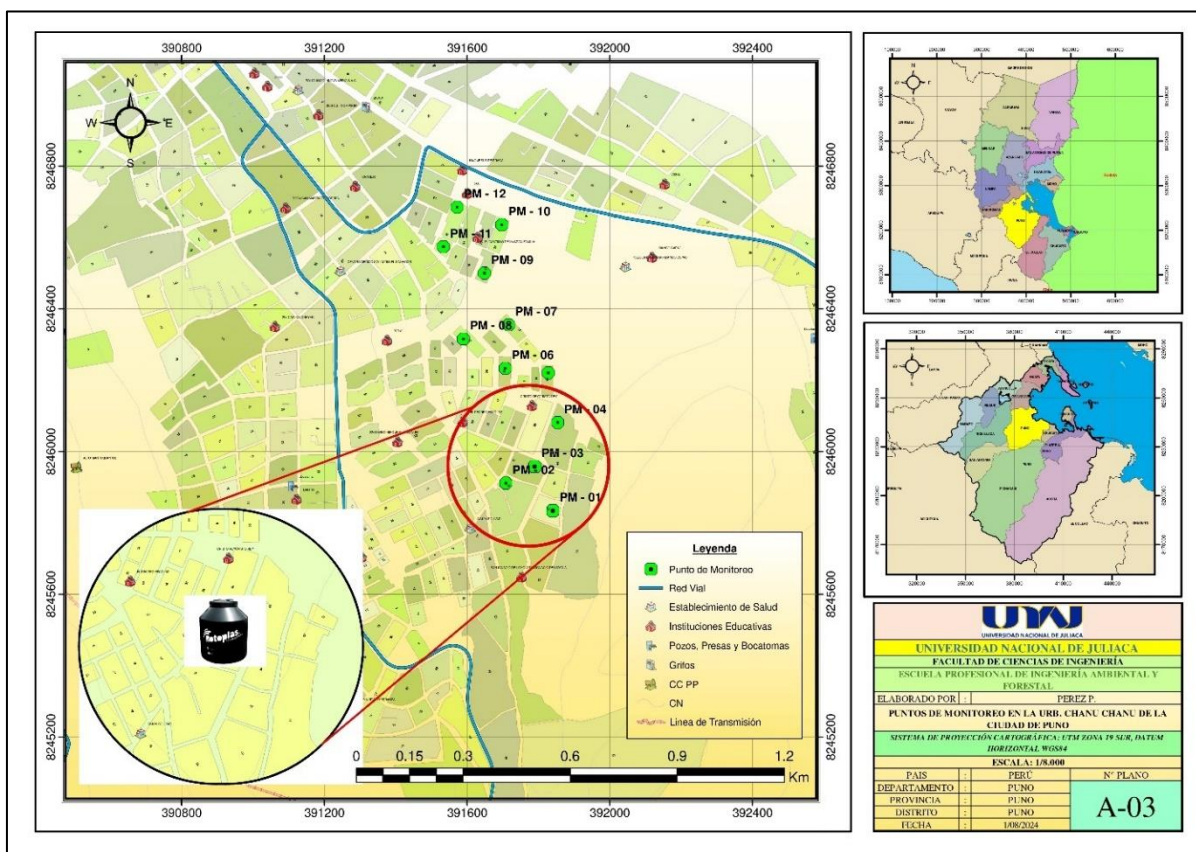
Fuente: Elaboración propia (2025).**Tabla 6***Puntos de monitoreo en la Urb. Chanu Chanu 3ra Etapa.*

Puntos de recolección de muestras para agua y microplásticos			
Puntos	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Dirección
MT-9	391873	8245921	Jr. Roque Sáenz Peña
MT-10	391867	8245903	Jr. Roque Sáenz Peña
MT-11	391706	8245931	Ciudad la Plata
MT-12	391896	8245898	Pje. Interior 6

Fuente: Elaboración propia (2025).**Figura 9***Punto de toma de muestras, tanques de reserva domiciliaria.***Fuente:** Elaboración propia (2023).

Figura 10

Puntos de monitoreo, Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno.



Fuente. Extraído de SIGRID, (2024).

3.5. Hipótesis de investigación

3.5.1. Hipótesis general

Debido al efecto de la degradación de tanques de reserva domiciliar, la calidad del agua está alterada y se evidencia la presencia de microplásticos en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno-2023.

3.5.2. Hipótesis específica

- El agua almacenada en tanques de reserva domiciliar, debido a la exposición al entorno natural, existe una alteración fisicoquímica del agua, por ende, sobrepasen los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SA.

- Debido a la alta carga biológica observada en los tanques de reserva domiciliaria, la calidad bacteriológica del agua, no es apta para el consumo humano según los Límites Máximos Permisibles del DS N° 146 031-2010-SA.
- Las muestras de agua del tanque de reserva domiciliaria en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno, evidencia la presencia de microplásticos.

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materiales

Cuaderno de campo, papel Kraft, polígrafos, tablero de campo, cooler, frascos de vidrio de 500 ml, frascos de video color ámbar de 500 ml, papel toalla, papel secante (Tissue), vaso de 500 ml, vasos de 50 ml, balde de 5 litros, pabilo, probeta de 10 ml, tubos de 10 ml, placas Petri, porta objetos, cubre objetos, probeta de 100 ml, matraz Kitasato de 500 ml, matraz Erlenmeyer 250ml, embudo Büchner, Mechero bunsen, pinza, asa bacteriológica, cinta masking, tijera, filtro de membrana de nitrocelulosa 0.45 μ m, cinta adhesiva polipropileno, bolsas poliburbujas, guantes quirúrgico, etiqueta para la identificación de frascos, Ice pack, pegafan doble contacto, micro pinzas, plumón indeleble punta fina, pipetas Pasteur, pipetas graduadas.

3.6.2. Equipos de laboratorio

Equipo multiparamétrico portátil, balanza analítica, espectrofotómetro de absorción atómica, autoclave eléctrica para esterilizar, incubadora, contador de colonias, estufa eléctrica, destilador de agua, equipo de filtración de membrana, bomba de vacío, microscopio visual, estereoscopio, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), microscopio estereoscopio, microscopio infrarrojo, desecador, colorímetro, potenciómetro, conductímetro, microscopio óptico compuesto, micropipetas, turbidímetro.

3.6.3. Reactivos e insumos

a. Reactivos

Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno al 30%, ácido mixto, reductor de nitrato, salicilato de amonio #1, salicilato #2, salicilato #3, DPD.

b. Insumos

Agua destilada, alcohol 70°, agar EMB, Bateria gram (cristal violeta, Lugol gram, decolorante gram y safranina), estándares de calibración para Pb y Cd.

3.7. Metodología por objetivo

3.7.1. Determinación de la calidad del agua

a. Recolección de muestras

En cada vivienda se realizó la toma de dos muestras simples; es decir, el primer punto fue la entrada (E), se tomaron muestras antes que el agua ingrese y sea almacenada en el tanque de reserva domiciliaria. El segundo punto de toma de muestra simple fue directamente del tanque (T), ya que estos dos puntos de monitoreo (PM) nos ayudó a evaluar y tener una correcta comparación de los dos puntos (Naspud y Zhiñin, 2022; Hu et al., 2023).

b. Análisis in situ

Los parámetros que se midieron in situ fueron la temperatura (°C), pH (Unid. pH) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), en los puntos de monitoreo de las 12 viviendas.

c. Análisis fisicoquímico y microbiológico

Las muestras para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se recolectaron según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016). Es decir, al tomar las muestras representativas fueron registradas y almacenadas a una temperatura de 4 °C aproximadamente; posteriormente las muestras se trasladaron a los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca para su respectivo análisis.

d. Método de análisis

En esta fase se analizaron los parámetros de control obligatorio (PCO), dispuestos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031-2010-SA. Las mismas que se muestran en la tabla 7 y 8; el ensayo de las muestras representativas se desarrolló en los Laboratorios Generales de la Universidad Nacional de Juliaca, de acuerdo a los métodos normalizados para agua potable (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Tabla 7

Método de análisis en laboratorio para los parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Unidad	Ensayo	Método
Cloro residual/libre	Cl ₂ mg/L	Comparador colorimétrico	Standard Methods 4500 Cl-
pH	Valor. pH	Medidor multiparamétrico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Temperatura	°C	Medidor multiparamétrico	APHA-AWWA-WEF (2005)
Turbiedad	UNT	Colorímetro (Absortimétrico)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Conductividad eléctrica	µmho/cm	Medidor multiparamétrico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Oxígeno disuelto	mg/L	Medidor multiparamétrico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Color	UCV escala Pt/Co	Colorímetro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	Medidor multiparamétrico	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Nitratos N-NO ₃	mg NO ₃ L ⁻¹	Colorímetro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Amoniaco N-NH ₃	mg N L ⁻¹	Colorímetro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Pb y Cd	mg/L	Espectroscopia de absorción atómica	EPA Method 200.8

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 8

Método de análisis en laboratorio para los parámetros bacteriológicos.

Parámetros	Unidad	Ensayo	Método
Coliformes totales	UFC/100ml a 35°C	Filtración de membrana	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL a 44,5°C	Filtración de membrana	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100ml a 44,5°C	Filtración de membrana	SMEWW-APHA-AWWA-WEF
Organismos de vida libre	Nº Organismo/L	Morfología por microscopía	SMEWW-APHA-AWWA-WEF

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.7.2. Determinación de la presencia de microplásticos

a. Análisis de la presencia de microplásticos en las muestras de agua

Las muestras se recolectó siguiendo el criterio aplicado por Chavéz (2019) y Quinteros (2022), la cual durante la toma de muestras se agitó el agua en el tanque y se dejó circular para que los microplásticos sedimentados en la base del tanque se dispersen en el agua. Las muestras se recolectaron en frascos de vidrio de 500 ml, de manera que se llenó hasta el límite del frasco, posteriormente fueron llevadas a los Laboratorios Generales de la Universidad Nacional de Juliaca, para determinar la presencia de microplásticos.

b. Método de análisis

❖ Digestión de las muestras

Para este proceso se aplicó lo establecido en el Protocolo para la Planificación, Muestreo, Análisis e Identificación de Microplásticos (CITIUS), en ese sentido se realizó el filtrado con la bomba de vacío a cada una de las muestras obtenidas en campo, ya que la finalidad es eliminar el agua. En esta fase se utilizó filtros de nitrato de celulosa de 0.45µm cuadrado y estéril. Una vez filtrada 500 ml de muestra, con una micro pinza estéril se trasladó el filtro a una placa Petri debidamente codificada, a su vez se logró echar 5 gotas de peróxido de hidrógeno

al 30% tal y como menciona León et al., (2020); posteriormente las placas Petri debidamente codificadas para cada muestra se introdujo al desecador durante 72 horas para el secado correspondiente.

❖ **Preparación de las micro muestras**

Una vez transcurrida las 72 horas para el secado de las muestras, se retiró de manera ordenada cada unidad, con el objetivo determinar la cantidad, forma, tipo y color del microplástico; para lo cual se utilizó el estereoscopio, micro pinzas, ficha de registro, mechero y un marcador indeleble, de manera que se codificó cada una de las filas del filtro tal y como establece el protocolo. Con ayuda del estereoscopio se revisó minuciosamente el recorrido de izquierda a derecha los filtros en busca de partículas de microplásticos (Aragaw y Getahun, 2021; Amelia et al., 2021). Por último, se identificaron las zonas en donde se encontraron los microplásticos, con la ayuda de un marcador se señaló estas zonas para su posterior análisis. Asimismo, se trabajó con la ficha de descarte e identificación de microplástico anexo 4 del protocolo; posteriormente se preparó las micro muestras para la caracterización de los polímeros en la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para esta selección de las micro muestras se utilizó una cinta de doble contacto, micro pinzas y placas Petri esterilizados.

❖ **Análisis con espectroscopía infrarroja por transformada Fourier**

En esta fase, después de visualizar y cuantificar los MPs con el estereoscopio, se utilizó la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), con el objetivo de caracterizar el tipo de microplástico encontrado, en esta etapa el equipo se calibró en lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021) “Práctica estándar para técnicas generales de obtención de espectros infrarrojos para análisis cualitativo”, con un rango de número de onda desde 650 cm^{-1} hasta 4000 cm^{-1} y accesorio de reflectancia total atenuada universal, con una fuerza de 80 y salto UATR 3; asimismo, se utilizó el microscopio estereoscopio y el

microscopio infrarrojo. Las micro muestras fueron caracterizadas en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

3.8. Prevención de la contaminación

Para evitar la alteración de los resultados, se trabajó considerando la prevención de los agentes contaminantes, en tal sentido, se realizó una correcta limpieza y desinfección de la superficie y el área de trabajo, asimismo, se tuvo una vestimenta adecuada con la finalidad de evitar desprendimiento de fibras de microplásticos al realizar movimientos en cada proceso de análisis de las micro muestras.

3.9. Análisis estadístico

Para determinar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con la normativa, se realizó la comparación de cada parámetro con los Límites Máximos Permisibles (LMP). De manera que se utilizó tablas y gráficas representativas mediante el programa Excel, con el fin de evaluar el cumplimiento. En ese sentido, en base a la comparación con la normativa D.S. N° 031-2010-SA se verificó el grado de cumplimiento y los valores registrados según los resultados obtenidos en laboratorio. Por otra parte, la determinación de microplásticos (MPs), el procesamiento de datos se desarrolló mediante un análisis estadístico descriptivo según su caracterización como la forma, tipo, color y tamaño de cada polímero. Se realizaron experimentos independientes para generar la media aritmética, mínimo, máximo y una desviación estándar (Li et al., 2023). El procesamiento se desarrolló mediante el programa Excel, SPSS y Minitab, el cual permitió organizar, tabular y graficar de manera ordenada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultado de parámetros de campo

Los parámetros que se midieron In Situ fue la temperatura (°C), pH (Valor de pH) y la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Los niveles de temperatura, potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica son medidos en cada punto de monitoreo.

Tabla 9

Niveles de concentración de parámetros de campo.

Ubicación	Temperatura (°C)		pH (Valor de pH)		CE ($\mu\text{mho}/\text{cm}$)	
	Entrada PM - 01	Tanque PM - 02	Entrada PM - 01	Tanque PM - 02	Entrada PM - 01	Tanque PM - 02
Zonas de toma de muestra						
Vivienda 1	12.5	11.3	8.25	8.15	1415	1426
Vivienda 2	12.4	11.2	8.20	8.10	1417	1410
Vivienda 3	12.6	11.6	8.21	8.13	1414	1425
Vivienda 4	12.4	11.1	8.22	8.12	1412	1427
Vivienda 5	12.5	11.6	8.22	8.14	1415	1435
Vivienda 6	12.6	11.4	8.35	8.17	1415	1430
Vivienda 7	12.4	11.3	8.28	8.10	1414	1450
Vivienda 8	12.4	11.5	8.23	8.12	1418	1410
Vivienda 9	12.6	11.4	8.28	8.11	1416	1430
Vivienda 10	12.3	11.5	8.35	8.13	1415	1445
Vivienda 11	12.5	11.2	8.21	8.12	1419	1445
Vivienda 12	12.3	11.3	8.22	8.15	1420	1444
LMP Agua (D.S. N° 031-2010- SA)	No registra		6.5 a 8.5		1500	

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.2. Resultado de parámetros fisicoquímicos

El análisis de los parámetros fisicoquímicos fue realizado en los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca, ubicado en la Av. Nueva Zelanda N° 631 Urb. La Capilla – Juliaca.

A continuación, se presentan los resultados de cada parámetro analizado y obtenido en esta investigación.

Figura 11

Ensayos de parámetros fisicoquímicos – UNAJ.



Fuentes. Elaboración propia (2023).

Tabla 10*Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.*

Resultado de parámetros fisicoquímicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 1^{ra} etapa – ciudad de Puno.										
Puntos monitoreo		Vivienda 1		Vivienda 2		Vivienda 3		Vivienda 4		LMP para agua
Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	(D.S. N° 031-2010-SA)
		PM - 01	PM - 02	PM - 03	PM - 04	PM - 05	PM - 06	PM - 07	PM - 08	
Cloro residual libre	mgL ⁻¹	0.88	0.11	0.85	0.00	0.85	0.00	0.87	0.00	0.5 a 5
pH	Valor de pH	8.24	8.13	8.20	8.04	8.19	8.03	8.22	8.11	6.5 a 8.5
Temperatura	°C	15.32	15.30	15.30	15.30	15.24	15.24	15.32	15.25	No registra
Turbiedad	UNT	0.00	0.00	0.11	0.00	0.12	0.48	0.10	0.63	5
Conductividad eléctrica	µmho/cm	1412	1425	1417	1407	1413	1435	1411	1425	1500
Oxígeno disuelto	mg/L	1.57	1.53	1.32	1.40	1.94	1.54	1.75	1.72	No registra
Color	UCV escala Pt/Co	2	3	4	2	3	2	3	6	15
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	827	833	824	832	826	830	825	824	1000
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	0.15	0.11	0.13	0.10	0.13	0.14	0.14	0.19	50.00

Amoniaco	mg N L ⁻¹	0.53	0.56	0.58	0.74	0.52	0.69	0.52	0.55	1.5
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.003

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 11

Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.

Resultado de parámetros fisicoquímicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 2^{da} etapa – ciudad de Puno.

Puntos de monitoreo	Unidad de medida	Vivienda 5		Vivienda 6		Vivienda 7		Vivienda 8		LMP para agua (D.S. N° 031-2010-SA)
		Entrada PM - 09	Tanque PM - 10	Entrada PM - 11	Tanque PM - 12	Entrada PM - 13	Tanque PM - 14	Entrada PM - 15	Tanque PM - 16	
Cloro residual libre	mgL ⁻¹	0.83	0.48	0.83	0.67	0.84	0.27	0.83	0.04	0.5 a 5
pH	mgL ⁻¹	8.24	8.05	8.37	8.07	8.29	8.08	8.22	8.12	6.5 a 8.5
Temperatura	°C	15.33	15.28	15.35	15.27	15.29	15.28	15.30	15.28	No registra
Turbiedad	UNT	0.00	0.00	0.10	0.00	0.07	0.00	0.05	0.00	5
Conductividad eléctrica	µmho/cm	1412	1433	1412	1430	1414	1448	1419	1403	1500
Oxígeno disuelto	mg/L	1.65	1.70	1.66	1.70	1.68	1.47	1.55	1.66	No registra.

Color	UCV									
	escala Pt/Co	4	1	3	2	5	1	5	6	15
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	824	833	827	832	823	828	826	828	1000
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	0.05	0.05	0.08	0.03	0.07	0.14	0.06	0.07	50.00
Amoniacos	mg N L ⁻¹	0.54	0.53	0.56	0.51	0.59	0.58	0.53	0.44	1.5
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0.0003	0.0000	0.0003	0.0015	0.0000	0.0008	0.0000	0.0014	0.003

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 12

Niveles de concentración de parámetros fisicoquímicos.

Resultado de parámetros fisicoquímicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 3^{ra} etapa – ciudad de Puno.

Puntos de monitoreo	Unidad de medida	Vivienda 9		Vivienda 10		Vivienda 11		Vivienda 12		LMP para agua (D.S. N° 031-2010-SA)
		Entrada PM - 17	Tanque PM - 18	Entrada PM - 19	Tanque PM - 20	Entrada PM - 21	Tanque PM - 22	Entrada PM - 23	Tanque PM - 24	
Cloro residual libre	mgL ⁻¹	0.87	0.43	0.87	0.72	0.84	0.27	0.85	0.04	0.5 a 5
pH	mgL ⁻¹	8.26	8.07	8.35	8.12	8.02	8.02	8.20	8.10	6.5 a 8.5

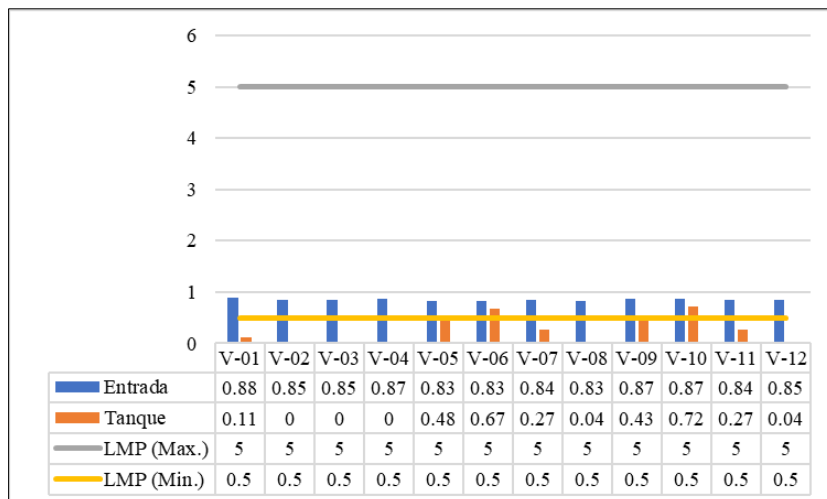
Temperatura	°C	15.28	15.26	15.35	15.30	15.29	15.30	15.30	15.27	No registra
Turbiedad	UNT	0.00	0.72	0.10	0.00	0.00	0.35	0.06	0.42	5
Conductividad eléctrica	µmho/cm	1417	1430	1415	1443	1419	1444	1418	1445	1500
Oxígeno disuelto	mg/L	1.62	1.67	1.54	1.51	1.70	1.59	1.60	1.49	No registra
Color	escala Pt/Co	4	3	1	2	3	5	3	3	15
Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	825	837	827	820	826	824	825	823	1000
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	0.12	0.14	0.13	0.16	0.12	0.12	0.13	0.14	50.00
Amoniaco	mg N L ⁻¹	0.57	0.49	0.59	0.45	0.51	0.73	0.57	0.74	1.5
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0.0010	0.0014	0.0010	0.0012	0.0008	0.0011	0.0013	0.0010	0.003

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.2.1. Cloro residual libre

Figura 12

Niveles de concentración de cloro residual libre.



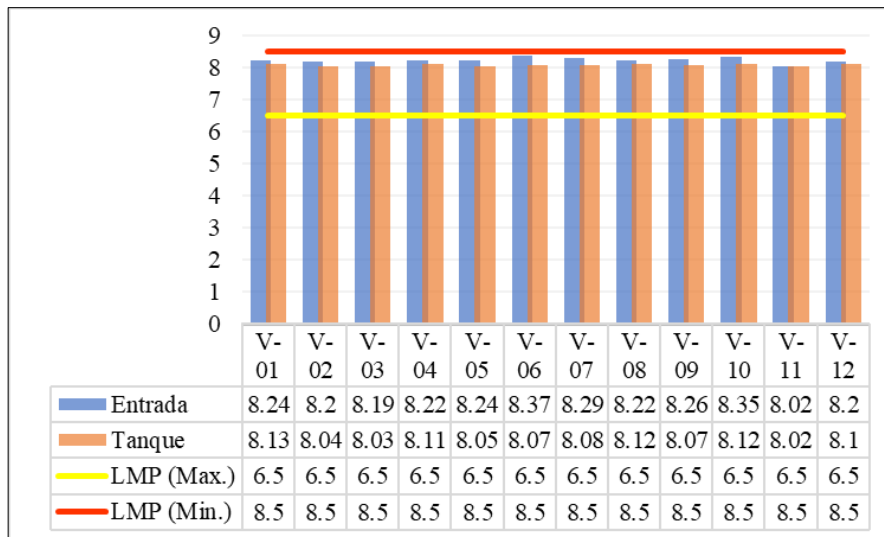
Fuente: Elaboración propia (2023).

En la figura 12, se muestra que los niveles del cloro residual libre de las muestras analizadas para las viviendas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 del PM-02, el cual corresponde a las muestras de agua extraídas del tanque de conexión domiciliaria, se encuentran fuera del rango establecido por la normativa para cloro residual, es decir, están fuera del parámetro permitido de acuerdo al D.S N° 031-2010-SA. Según Angassa et al. (2025) menciona que esto se debe al tiempo de permanencia prolongado debido al estancamiento del agua también conduce a una rápida reducción en los residuos de desinfectante y permite que los patógenos microbianos crezcan. Además, gran parte del cloro se consume a través de reacciones con sustancias residuales que quedan en el agua después del tratamiento (Brazil et al., 2025). Asimismo, la disminución del cloro residual se acelera aún más por la contaminación externa y los procesos de descomposición natural dentro del sistema (Tai et al., 2025). Por otra parte, la vivienda 6 y 10 del PM-02, se encuentran dentro del rango establecido, de la misma manera todos los puntos del PM-01, los niveles de concentración de cloro residual libre están dentro del rango establecido de 0.5 mgL^{-1} a 5 mgL^{-1} , puesto que cumple con el parámetro establecido por el D.S N° 031-2010-SA. Estos valores son similares a los valores obtenidos por Torres, (2024), donde los resultados obtenidos estaban dentro de los LMP, el cual es apto para consumo humano.

4.2.2. pH

Figura 13

Niveles de concentración de pH.



Fuente: Elaboración propia (2023).

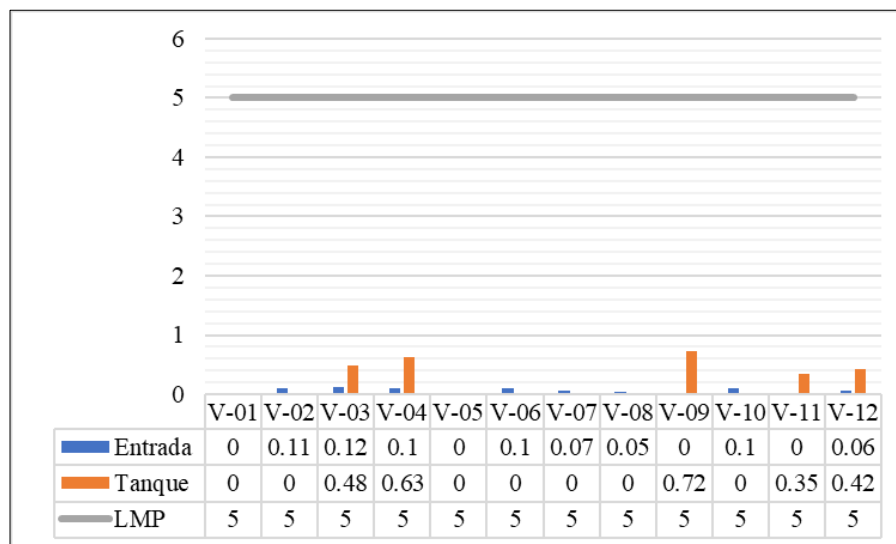
En la figura 13, se observa el comportamiento de los resultados obtenidos del potencial de hidrógeno (pH) de las muestras de agua comparados con el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano; donde los valores del PM-01 y el PM-02 de las 12 viviendas monitoreadas se encuentra dentro del parámetro establecido; es decir, los resultados están en el rango estipulado por el D.S N° 031-2010-SA. Según Sima y Castro (2024) menciona que el pH en agua para consumo humano debe mantenerse en el rango establecidos, ya que de esta manera se garantizará que sea segura y agradable al momento de beber; de la misma manera la Organización Mundial de la Salud (2023) y la normativa nacional establece un rango específico de pH de 6.5 a 8.5, de manera que este rango en el análisis de muestras de agua es ideal para el consumo. Por otra parte, estos valores obtenidos son similares a la investigación realizada por Guerra y Luis (2024), donde caracterizó el agua para consumo humano en términos de pH, temperatura, SST, conductividad y turbiedad, el cual posteriormente comparó con el D.S N° 031-2010-SA, sus resultados obtenidos sostuvo que está dentro de la normativa; de manera similar Suárez y Guerrero (2024) en su investigación determinó las características fisicoquímicas y calidad bacteriológica en agua para consumo humano, los resultados evidenciaron que la

concentración de parámetros fisicoquímicos cumplieron con los Límites Máximos Permisibles, es decir, la calidad del agua es buena; sin embargo, la calidad bacteriológica fue de mala calidad, debido a que no cumplió con la normativa.

4.2.3. Turbiedad

Figura 14

Niveles de concentración de turbiedad.



Fuente: Elaboración propia (2023).

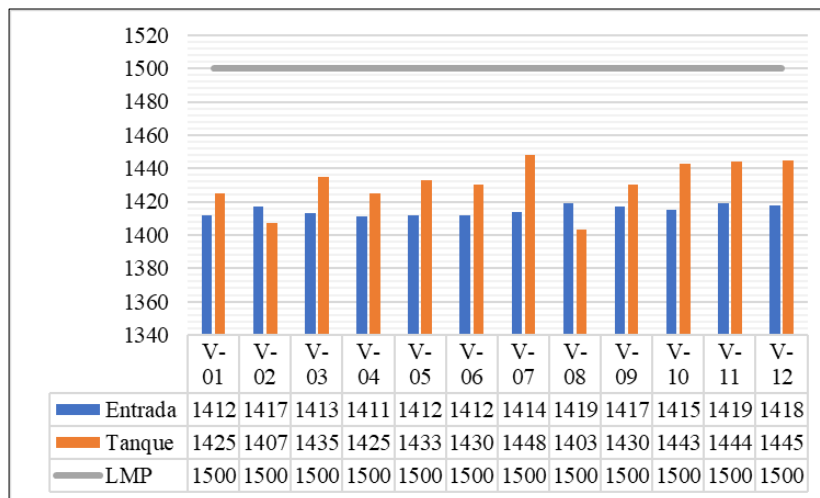
En la figura 14 se demuestra la comparación de la turbiedad con el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, los resultados evidencian que el punto de PM-01 y el PM-02 de las 12 viviendas, los valores alcanzados para la turbiedad están dentro de los Límites Máximo Permisibles establecidos por el D.S N° 031-2010-SA, tal como se muestra en la figura 14 y la tabla 10, 11 y 12 (resultados); es decir, el agua almacenada en tanque de techo y el sistema de suministro es apta para consumo humano. Según Taipe y Paucar (2024) este parámetro en el agua para consumo humano mide la concentración de partículas en suspensión; niveles altos de turbiedad genera una coloración turbia o nublada que caracteriza el agua. De manera similar, según Lecca (2024) este parámetro es un indicador específico de la calidad de agua, debido a que niveles altos de turbidez sería un peligro de contaminación, ya que los microorganismos patógenos se proliferan con mayor facilidad y consecuentemente afectaría la salud de la población. En tal sentido, los valores

obtenidos en esta investigación se encuentran dentro la normativa nacional; así como los valores obtenidos por Lecca (2024), donde los resultados obtenidos para la turbiedad, cumple con los Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano.

4.2.4. Conductividad eléctrica

Figura 15

Niveles de conductividad eléctrica.



Fuente: Elaboración propia (2023).

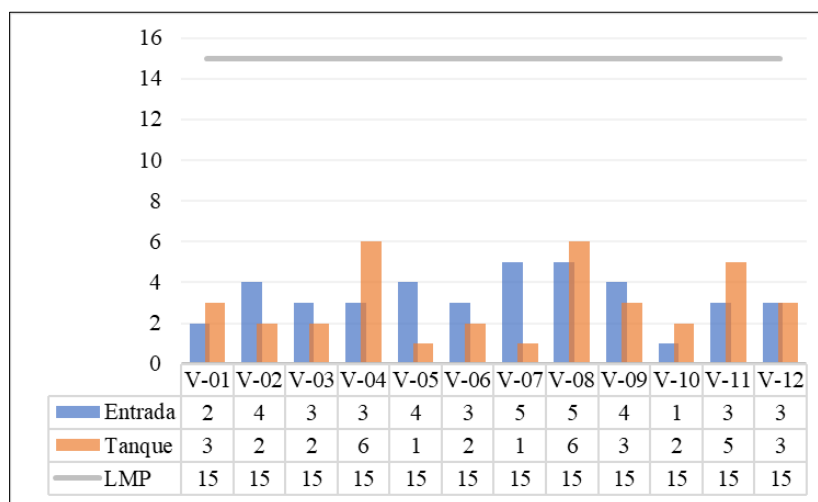
En la figura 15 el resultado obtenido de la conductividad eléctrica, comparado con el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, se evidencia que los valores obtenidos en el PM-01 y el PM-02 de las 12 viviendas, cumplen con la normativa ambiental, debido a que la concentración de la conductividad eléctrica está dentro del parámetro establecido por el D.S N° 031-2010-SA. Según la gráfica el valor máximo alcanzado para este parámetro fue de 1448 uS/cm y como valor mínimo 1411 uS/cm en las viviendas 4 y 7. En tal sentido estos valores están dentro del reglamento. Según Escalona et al. (2025) manifiesta que los valores de la conductividad eléctrica está específicamente relacionado con la concentración de sales disueltas en el agua, de manera que la conductividad nos indica el nivel de mineralización del agua. Asimismo, la Organización Mundial de Salud establece que el Límite Máximo Permissible obligatorio para este parámetro es menor a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; evaluando los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que la calidad de agua para consumo humano es buena. Por otra parte, Blanco (2023) en sus resultados obtuvo 906.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 329.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual estos valores

son similares al presente estudio realizado, en tal sentido, manifiesta que está dentro de los límites permitidos.

4.2.5. Color

Figura 16

Niveles de color del agua en las 24 muestras.



Fuente: Elaboración propia (2023).

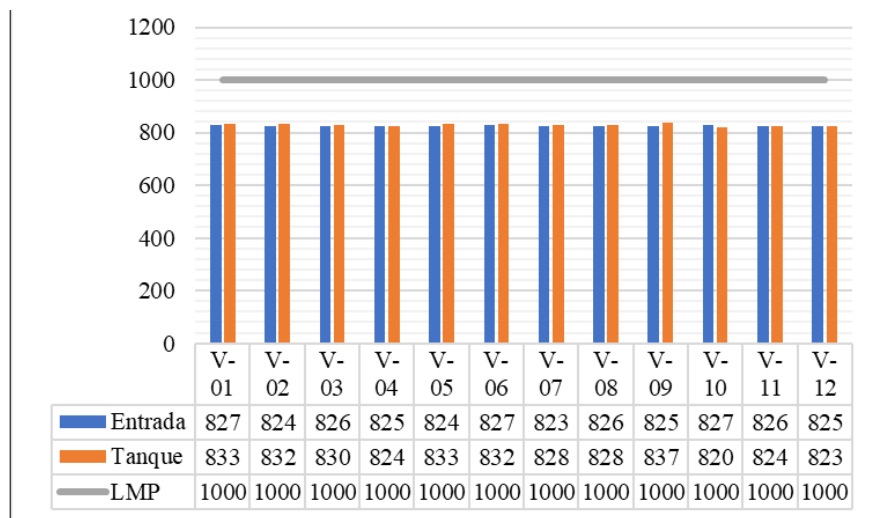
En la figura 16 se demuestra los valores de color comparado con el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, donde el PM-01 y el PM-02 de las 12 viviendas cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S N° 031-2010-SA. En tal sentido, no se encontró contaminantes, ni la presencia de la carga de materia orgánica en los tanques que alteren este Parámetro de Control Obligatorio; según Meregildo et al. (2024), menciona que niveles altos de concentración resultan una preocupación ambiental y de salud humana; a su vez, estos contaminantes impactan la calidad del agua alterando su turbidez y color, lo que a su vez pone en peligro la vida acuática y las poblaciones humanas. Por otra parte, según la Organización Mundial de la Salud (2023) recomienda que el color del agua para consumo humano no debe exceder las 15 unidades de color (UCV), ya que el agua dentro de este parámetro establecido tiene una característica incolora; en tal sentido, los resultados obtenidos en este estudio realizado se encuentran dentro de lo establecido por la normativa nacional y la Organización Mundial de la Salud. Además, estos valores obtenidos son similares a los resultados obtenidos por Cisneros (2024), el cual realizó el monitoreo de agua para consumo humano en tiempos de

estiaje, donde los resultados no superaron los Límites Máximos Permisibles impuestos por la normativa nacional; en ese sentido, según las comparaciones desarrolladas el agua suministrada para la población es apta para el consumo.

4.2.6. Sólidos totales disueltos

Figura 17

Niveles de sólidos totales disueltos del agua.



Fuente: Elaboración propia (2023).

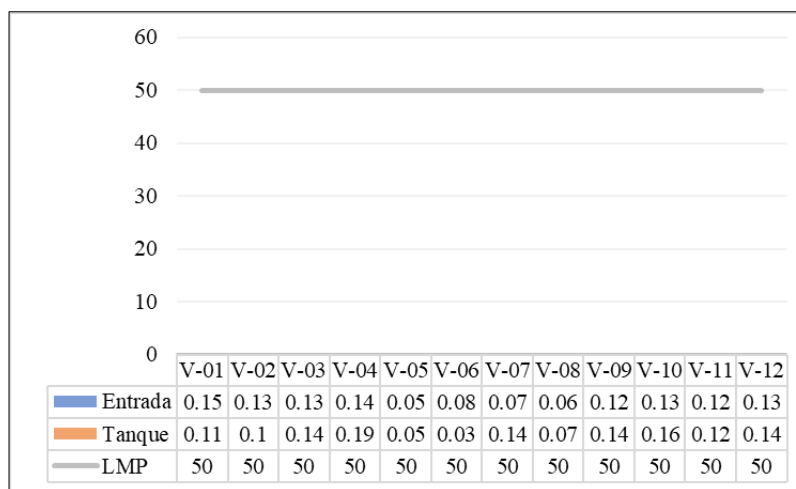
En la figura 17 los resultados demuestran el nivel de concentración de sólidos totales disueltos, comparado con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo II. Se evidencia que este parámetro cumple con lo estipulado en el D.S N° 031-2010-SA; es decir, el PM-01 y el PM-02 de las viviendas monitoreadas los resultados obtenidos cumplen con los Límites Máximos Permisibles. En ese sentido, el agua suministrada y almacenada en tanques de techo son aptas para el consumo humano. De la misma manera la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental, categoriza los valores de concentración de sólidos totales disueltos; es decir, el nivel de TDS (mg/L o ppm) clasifica en el rango de 600 mg/L a 900 mg/L, como agua de consumo aceptable (OMS, 2024). Según Chavarría et al. (2024) nos indica que realizar el análisis de los sólidos totales disueltos, asegura la calidad del agua para consumo humano; consecuentemente en su investigación realizada sobre la calidad del agua para consumo humano, en sus resultados obtuvo valores de sólidos totales disueltos (TDS) entre 850 mg/L

hasta 983 mg/L, el cual estos valores son similares a los resultados obtenidos en esta investigación. Por lo que se puede concluir que la calidad del agua es buena, a su vez es apta para consumo humano, tanto en el suministro a la población y el agua almacenada en tanques de conexión domiciliaria.

4.2.7. Nitratos

Figura 18

Niveles de nitratos de muestras de agua.



Fuente: Elaboración propia (2023).

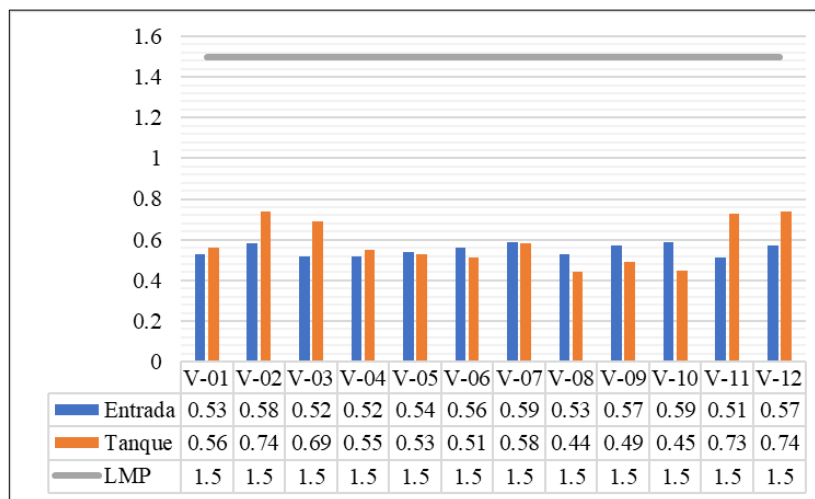
En la figura 18, se demuestra la comparación del nivel concentración de nitratos con el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano; donde los valores obtenidos durante el análisis de las muestras de agua, evidencian concentraciones inferiores a lo estipulado por el reglamento, es decir las 24 muestras tienen niveles de nitrato dentro de los parámetros permitidos de acuerdo al D.S N° 031-2010-SA. Según Goyal y Mondal (2025) numerosos estudios previos han informado asociaciones entre la exposición al nitrato en el agua potable y efectos adversos para la salud, incluido el potencial carcinogénico. Sin embargo, si el nitrato en el agua potable es un contaminante preocupante para la salud es un tema controvertido, y algunos argumentan que no hay evidencia fundamentada de que el agua potable/nitrato dietético conduzca a resultados negativos para la salud (Larcombe et al., 2025). Además, el nitrato dietético puede en realidad tener propiedades antimicrobianas y, por lo tanto, ser beneficioso en algunas circunstancias. También existe evidencia de efectos beneficiosos del nitrato y el nitrito de

fuentes vegetales sobre las enfermedades cardiovasculares (Kotopoulou et al., 2022). Por otra parte, según Hurtado et al., (2024) menciona que la contaminación del agua potable por nitratos se asocia negativamente con la salud pulmonar de los adultos.

4.2.8. Amoniac

Figura 19

Niveles de amoniac en las muestras de agua.



Fuente: Elaboración propia (2023).

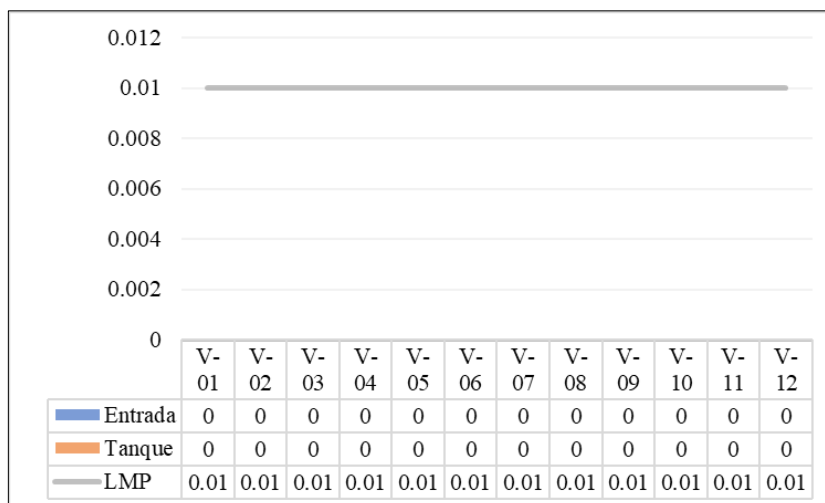
En el gráfico 19, se demuestra la comparación del nivel de concentración de amoniac en las 24 muestras de agua con el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, donde los valores obtenidos como resultados en el análisis de las muestras de agua, en las viviendas 2 y 10 del PM -01 se observa valores máximos de 0.58 mg/L y 0.59 mg/L respectivamente. Por otra parte, las viviendas 2, 11 y 12 del PM-02 presentan valores máximos de 0.74 mg/L, 0.73 mg/L y 0.74 mg/L respectivamente. En conclusión, se evidencia que las viviendas monitoreadas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el D.S N° 031-2010-SA. Según el Ministerio de Sanidad (2023) el amoniac se encuentra en agua superficial cruda en forma de nitrógeno; en cambio en agua para consumo humano se debe generalmente por la presencia de materia orgánica o por efecto de la cloración en el sistema de suministro. Según Higiene Ambiental (2024) indica que si el amoniac se consume en altas concentraciones tienen un efecto tóxico, el cual puede producir intolerancia a la glucosa. No obstante, niveles bajos de amoniac en aguas para consumo humano, no representa un riesgo para la salud humana

(Huang et al., 2024); en ese sentido, las muestras de agua de tanque y la red de distribución, se encuentra por debajo del límite permisible, en conclusión, el agua se encuentra apta para consumo humano.

4.2.9. Plomo

Figura 20

Niveles de plomo (Pb) en las muestras de agua.



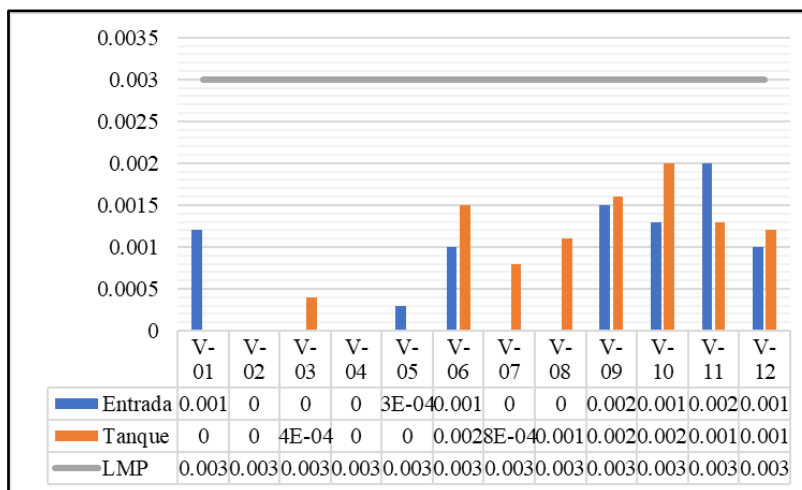
Fuente: Elaboración propia (2023).

En la figura 20 se evidencia la comparación del metal pesado plomo (Pb) con el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, de manera que no existen la presencia de plomo en los PM-01 y el PM-02, es decir, todos los puntos de monitoreo presentan valores de cero; lo cual en cada pileta y tanque domiciliario no se evidencia la presencia de plomo. No obstante, evaluando con la normativa este parámetro se encuentra dentro de los límites permitidos por el D.S N° 031-2010-SA. Resultados similares obtuvo Vázquez et al. (2024) donde la concentración de plomo, cadmio y arsénico varían en un rango de 0.001mg/L hasta 0.003mg/L en muestras de agua para consumo humano, donde estos valores no excedieron la normativa ambiental para agua de consumo humano. Según Abd et al. (2023) menciona que los metales pesados tienen alta toxicidad, durabilidad y características acumulativas y de baja degradación en cuerpos de agua. De manera que, su presencia en aguas para consumo humano se debe a conexiones de tuberías antiguas, soldaduras con plomo y corrosiones en las redes de distribución de agua. En ese sentido, el agua se considera apta para consumo humano, dado que cumple con la normativa.

4.2.10. Cadmio

Figura 21

Niveles de concentración de Cadmio (Cd) de agua.



Fuente: Elaboración propia (2023).

En la figura 21, se demuestra la comparación del metal pesado cadmio (Cd) con el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, de modo que la concentración de cadmio (Cd) en las muestras de agua analizadas evidencian valores que están dentro de los límites permisibles estipulado por el reglamento; es decir estos valores se encuentran por debajo de los parámetros permitidos que establece el D.S N° 031-2010-SA. Según Rasin et al. (2025) menciona que uno de los metales pesados más dañinos que se encuentra comúnmente en el agua, el aire, el suelo y los sedimentos es el cadmio (Cd). Asimismo, Sheikh et al. (2023) indica que el cadmio es uno de los metales pesados más tóxicos, y que representa una grave amenaza para los ecosistemas y la salud humana, lo que requiere métodos urgentes para detectarlo y eliminarlo de las fuentes de agua de consumo humano. Por otra parte, según Tiwari et al. (2023) este metal pesado se encuentra entre los contaminantes más peligrosos presentes en fuentes de agua contaminadas, que por efecto del vertimiento en aguas destinadas para potabilización, alteran sus calidad y ponen en riesgo la salud de las personas. No obstante, según los resultados encontrados en muestras de agua de la Urbanización Chanu Chanu, el agua se encuentra apta para el consumo humano.

4.3. Resultados de parámetros bacteriológicos

El análisis de las muestras para los parámetros bacteriológicos fue realizado en el laboratorio de Química II de la Universidad Nacional de Juliaca, ubicado en la Av. Nueva Zelanda N° 631 Urb. La Capilla – Juliaca. A continuación, se presentan los resultados de cada parámetro analizado y obtenido en esta investigación.

Figura 22

Ensayos de parámetros bacteriológicos, laboratorio de microbiología – UNAJ.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 13*Niveles de concentración de parámetros bacteriológicos.*

Resultado de parámetros bacteriológicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 1^{ra} etapa – ciudad de Puno.										
Puntos de monitoreo		Vivienda 1		Vivienda 2		Vivienda 3		Vivienda 4		LMP para agua (D.S. N° 031-2010-SA)
Parámetros bacteriológicos	Unidad de medida	Entrada PM - 01	Tanque PM - 02	Entrada PM - 03	Tanque PM - 04	Entrada PM - 05	Tanque PM - 06	Entrada PM - 07	Tanque PM - 08	
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0	0	0	3	0	3	0	8	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organismos de vida libre	N° org/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (2025). *UFC = Unidad formadora de colonias***Tabla 14***Niveles de concentración de parámetros bacteriológicos.*

Resultado de parámetros bacteriológicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 2^{da} etapa – ciudad de Puno.										
Puntos de monitoreo		Vivienda 5		Vivienda 6		Vivienda 7		Vivienda 8		LMP para agua (D.S. N° 031-2010-SA)
Parámetros bacteriológicos	Unidad de medida	Entrada PM - 09	Tanque PM - 10	Entrada PM - 11	Tanque PM - 12	Entrada PM - 13	Tanque PM - 14	Entrada PM - 15	Tanque PM - 16	
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0	5	0	11	0	9	0	2	0

Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nº org/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organismos de vida libre										

Fuente: Elaboración propia (2025). *UFC = Unidad formadora de colonias*

Tabla 15

Nivel de concentración de parámetros bacteriológicos.

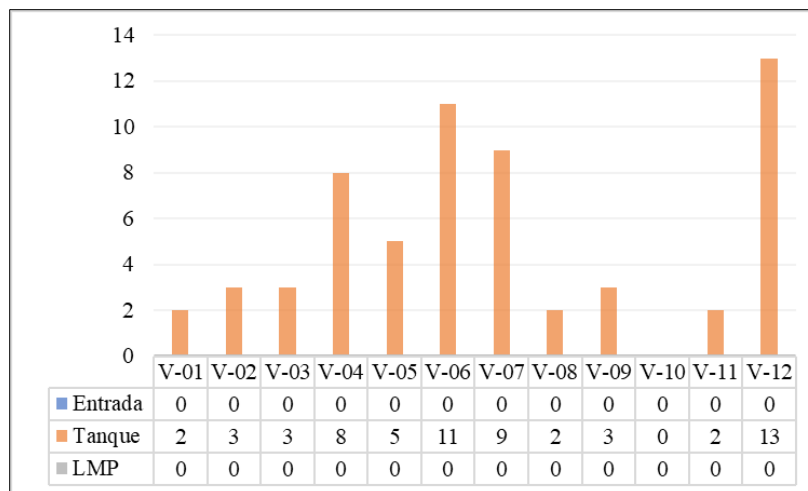
Resultado de parámetros bacteriológicos monitoreados en la Urbanización Chanu Chanu 3ª etapa – ciudad de Puno.										
Puntos de monitoreo		Vivienda 9		Vivienda 10		Vivienda 11		Vivienda 12		LMP para agua (D.S. Nº 031-2010-SA)
Parámetros bacteriológicos	Unidad de medida	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	Entrada	Tanque	
		PM - 17	PM - 18	PM - 19	PM - 20	PM - 21	PM - 22	PM - 23	PM - 24	
Coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0	3	0	0	0	2	0	13	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organismos de vida libre	Nº org/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (2025). *UFC = Unidad formadora de colonias*

4.3.1. Coliformes totales

Figura 23

Comparación de los coliformes totales.



Fuente: Elaboración propia (2023).

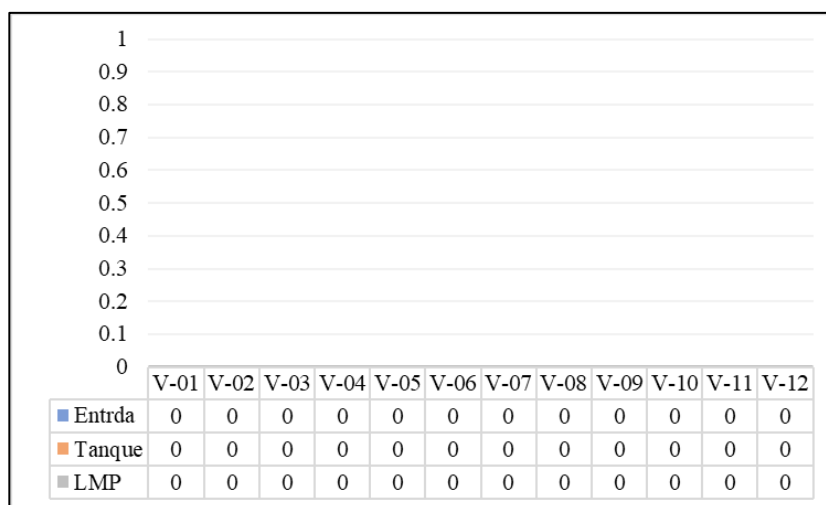
Según la comparación con los límites permisibles en la figura 23, se observa la concentración de las bacterias coliformes totales, donde el PM-01 de las 12 viviendas muestran valores de cero; es decir estos resultados comparados con el Anexo I, se encuentran dentro de los parámetros permitidos por el D.S. N° 031-2010-SA. Sin embargo, el PM-02 lo cual corresponde al resultado de las muestras analizadas del tanque de conexión domiciliaria; comparados con el Anexo I del D.S. N° 031-2010-SA. Se demuestra una contaminación bacteriológica debido a que los valores están por encima de los parámetros establecidos. Según Veras et al. (2025) menciona que los coliformes totales su presencia en el agua de tanque de conexión domiciliaria se debe a la contaminación por material fecal o carga orgánica. Según Chavarría et al. (2023), indica que esto se debe generalmente por la falta de limpieza de los tanques, ya que acumulan sedimentos, materia orgánica y biofilm, que en consecuencia favorece al crecimiento bacteriano. Por otra parte, según los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en los PM-02 de las 12 viviendas, se encuentran fuera del rango establecido por la normativa para cloro residual, es decir, están fuera del parámetro permitido de acuerdo al D.S N° 031-2010-SA. Además, según Angassa et al. (2025) menciona que esto se debe al tiempo de permanencia

prolongado del estancamiento del agua que conduce a una rápida reducción en los residuos de desinfectante y permite que los patógenos microbianos crezcan.

4.3.2. Coliformes termotolerantes

Figura 24

Comparación de los coliformes termotolerantes.



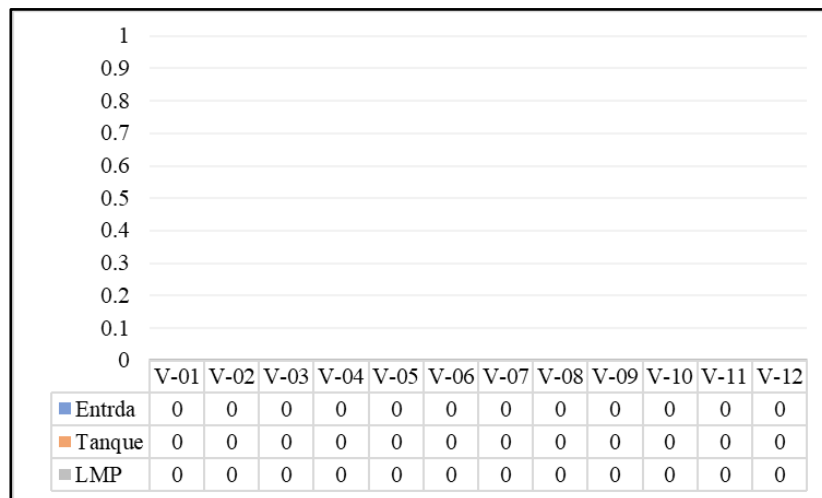
Fuente: Elaboración propia (2023).

La presencia de bacterias en agua para consumo humano se observa en la figura 24, donde no se evidencia la concentración de coliformes termotolerantes o fecales en el PM-01 y el PM-02. Comparados con el Anexo I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, cumplen con los límites permisibles debido a que los valores observados son cero, es decir los dos puntos de monitoreo (PM-1 y PM-02) de cada vivienda evidencian la inexistencia de coliformes termotolerantes o fecales. En conclusión, estos valores se encuentran dentro del parámetro permitido por el D.S N° 031-2010-SA. Según Mahmodian et al. (2024) menciona que los principales microorganismos indicadores utilizados para evaluar la calidad microbiana del agua potable son los coliformes totales y fecales. En ese sentido, Godiel (2024) en su estudio obtuvo resultados similares de bacterias coliformes termotolerantes, los tres puntos que monitoreo los valores se encuentran por debajo del límite máximo permisible, es decir, cumplen con la normativa ambiental del D.S. 031 – 2010 – MINSA. Asimismo, Huaccha et al. (2024) en sus resultados obtuvo valores de parámetros de control obligatorio como coliformes termotolerantes, el cual está establecido en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano.

4.3.3. *E. Coli*.

Figura 25

Comparación de los E. Coli.



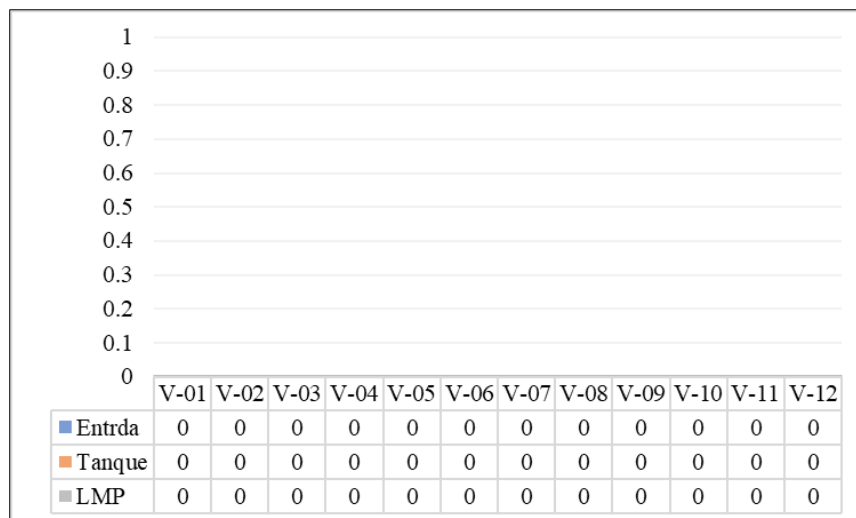
Fuente: Elaboración propia (2023).

No se evidencia la presencia de *Escherichia coli* en los puntos de monitoreo 01 y 02, esto podemos apreciar en la figura 25, donde se demuestra la comparación con el Anexo I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano. Los resultados obtenidos para el parámetro de control obligatorio de las muestras de agua de consumo humano; la concentración para este parámetro en los 24 puntos de monitoreo de las 12 viviendas tiene valores de cero; es decir, no existe contaminación bacteriológica. En conclusión, la calidad del agua está apta para el consumo humano, debido a que estos valores están dentro de los parámetros establecidos por el D.S N° 031-2010-SA. Según Torres (2023) indica que si se evidencia la presencia de coliformes termotolerantes es necesario realizar el ensayo de *Escherichia coli* como un medio confirmativo de contaminación fecal. En ese sentido, según los resultados obtenidos para esta investigación en la tabla 16 y figura 24 no se evidencia la presencia de coliformes termotolerantes, es decir, la prueba para *Escherichia coli* fue negativa dado que no se evidencia su presencia en los puntos de monitoreo; por ende, cumple con los límites permisibles del D.S N° 031-2010-SA. De manera que, el agua sinistrada por EMSAPuno, no tiene contacto alguno con las heces humanas o animales, ya que el *Escherichia coli* es un tipo de coliforme fecal que puede contaminar el agua potable (Ghabalo y Safarkar, 2022).

4.3.4. Organismo de vida libre

Figura 26

Comparación del número de organismos de vida libre.



Fuente: Elaboración propia (2023).

En la figura 26, se muestra la comparación del parámetro de control obligatorio (PCO) establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, donde el número de organismos de vida libre (como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos) con el Anexo I, las 24 muestras analizadas en el laboratorio no se evidenciaron la existencia de estos organismos, es decir, se obtuvieron valores de cero. Por lo tanto, cumplen con los límites permisibles establecidos en el D.S N° 031-2010-SA. Resultados similares obtuvo Valderrama (2023), no se encontró presencia de organismo de vida libre en muestras de agua potable, no obstante el agua es considerada apta para el consumo humano. Asimismo, Pimentel (2024) en sus resultados obtenidos no se evidencia la presencia de organismo de vida libre en agua para consumo humano en tiempos de estiaje y avenida. De esa manera dicho parámetro en ambas épocas, está dentro de los límites permisibles. En ese sentido, los tanques de conexión domiciliaria en la Urbanización Chanu Chanu de la ciudad de Puno, se encuentran libre coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y organismo de vida libre; por lo tanto, estos parámetros de control obligatorio cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S N° 031-2010-SA.

4.4. Resultado de la presencia de microplásticos

El análisis y la determinación de la presencia de microplásticos en tanques de conexión domiciliar se realizó en los laboratorios generales de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), ubicado en la Av. Nueva Zelanda N° 631 Urb. La Capilla – Juliaca. Asimismo, para la caracterización de los microplásticos se realizó en el laboratorio de microplásticos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), ubicado en la Av. Independencia cercado Arequipa. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los muestreos de microplásticos realizados en la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno.

4.4.1. Identificación y cuantificación de microplásticos bajo estereoscopio

Figura 27

Identificación y clasificación de microplásticos.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 16*Niveles de concentración de microplásticos (MPs).*

Resultado de la determinación de microplásticos en tanques de conexión domiciliar monitorizados en la Urbanización Chanu Chanu 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} etapa – ciudad de Puno.

Punto de monitoreo	N° de muestras	Tipo de MPs		Color de MPs			Color de Tanque	Edad de Tanque	Presencia de MPs		Número de MPs
		Fibra	Fragmento	Blanco	Negro	Azul			SI	NO	
Vivienda 1	PM-01 (E)	4x	5x	4	1	4	-	-	X		9
	PM-02 (T)	4x	-	3	1	0	Plomo	10	X		4
Vivienda 2	PM-03 (E)	8x	2x	8	1	1	-	-	X		6
	PM-04 (T)	9x	3x	9	2	1	Negro	10	X		12
Vivienda 3	PM-05 (E)	5x	-	5	0	0	-	-	X		5
	PM-06 (T)	8x	4x	7	1	3	Plomo	9	X		12
Vivienda 4	PM-07 (E)	5x	-	3	2	0	-	-	X		3
	PM-08 (T)	8x	4x	4	4	0	Plomo	6	X		2
Vivienda 5	PM-09 (E)	14x	-	12	2	0	-	-	X		14
	PM-10 (T)	2x	-	2	0	0	Plomo	10	X		2
Vivienda 6	PM-11 (E)	3x	-	3	0	0	-	-	X		3
	PM-12 (T)	3x	4x	0	3	4	Plomo	9	X		7
Vivienda 7	PM-13 (E)	4x	-	3	1	0	-	-	X		4
	PM-14 (T)	1x	20x	1	15	5	Plomo	8	X		21
Vivienda 8	PM-15 (E)	12x	-	12	0	0	-	-	X		12
	PM-16 (T)	7x	1x	4	3	1	Plomo	10	X		8
Vivienda 9	PM-17 (E)	3x	-	3	0	0	-	-	X		3
	PM-18 (T)	7x	1x	3	4	1	Plomo	9	X		8
Vivienda 10	PM-19 (E)	17x	-	16	1	0	-	-	X		17
	PM-20 (T)	4x	8x	2	2	8	Negro	10	X		12
Vivienda 11	PM-21 (E)	15x	-	7	8	0	-	-	X		15
	PM-22 (T)	3x	1x	1	2	1	Plomo	8	X		4
Vivienda 12	PM-23 (E)	4x	-	2	2	0	-	-	X		4
	PM-24 (T)	15x	1x	15	0	1	Plomo	8	X		16

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.4.2. Caracterización de microplásticos por su forma

Tabla 17

Microplásticos según su tipo en el PM-01 (Entrada) y el PM-02 (Tanque).

Tipo de MPs	Punto de monitoreo por vivienda							
	Entrada				Tanque			
	Media	Máximo	Mínimo	Des. Est.	Media	Máximo	Mínimo	Des. Est.
Fibra	8	17	3	5	6	15	1	4
Fragmento	1	5	0	2	4	20	0	6

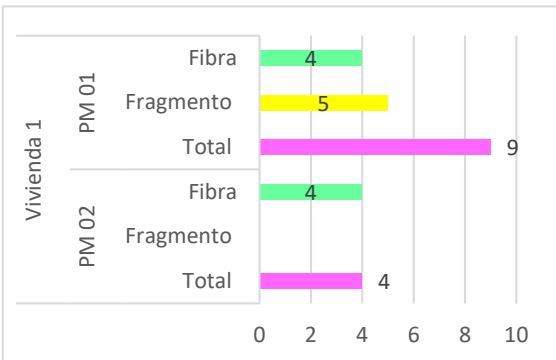
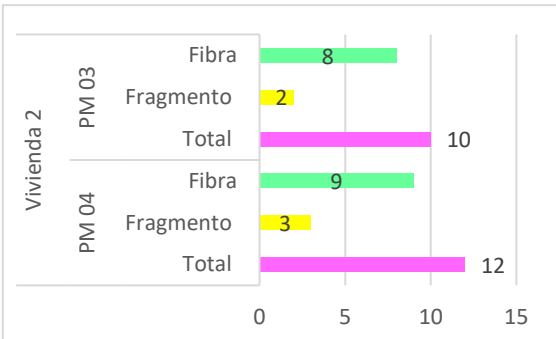
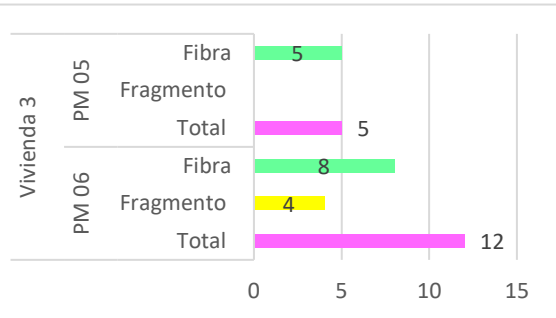
Fuente: Elaboración propia (2025).

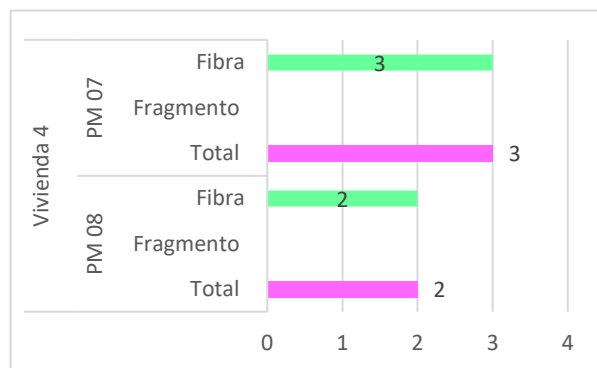
En la tabla 17 se observa la caracterización de microplásticos según su forma; donde el PM-01 (Entrada) el microplásticos de tipo fibra tuvo una media de 8, como el valor más alto registrado fue 17 en la vivienda 10, y como valor mínimo se encontró 3 MPs, la desviación estándar para este grupo fue 5. Del mismo modo, se observa microplásticos en formas de fragmentos en el PM-01 (Entrada), el análisis de muestras representativas evidencia un valor medio de 1, y como valor máximo registrado que se encontró fue 5, la desviación estándar fue 2, hay viviendas donde no se encontró microplásticos en formas de fragmentos. Por otra parte, los microplásticos en formas de fibra en el PM-02 (Tanque) de cada vivienda la media tuvo un valor de 6, y la cantidad máxima de fibras fue 15, y como mínimo se encontró 1, la desviación estándar para estas características de microplástico fue 4. Asimismo, los microplásticos en formas de fragmentos en el PM-02 (Tanque), la media fue 4, el valor máximo de MPs registrado fue 20, y la desviación estándar para este grupo fue 6. No obstante, se evidencio que existen tanques de conexión domiciliaria que no registraron la presencia de microplásticos de tipo fragmento, es por eso que el valor mínimo es 0. Se concluye que los microplásticos en formas de fibra tienen a disminuir en la entrada debido a la circulación continua del agua, en cambio en muestras de tanque directo la cantidad de microplásticos aumentan, dado que el agua de tanque permanece estancada y los microplásticos llegan a sedimentar y acumularse (Zhou et al., 2023). De la misma forma los microplásticos en formas de fragmento aumentan en el PM-02 (Tanque), lo que indica la acumulación o contaminación (Acarer, 2023). Según Adediran et al. (2024) menciona que las plantas de tratamiento de agua han demostrado previamente una alta eficiencia en la eliminación de microplásticos $> 25 \mu\text{m}$ del agua cruda de origen. Sin embargo, lo que es

menos conocido es el grado en que los microplásticos de esta clase de tamaño se generan o se pierden dentro de la red de distribución de agua, en particular si hay una mayor presencia en el grifo del cliente que en la salida de la planta de tratamiento de agua. En la tabla 18 se describe la presencia de microplásticos por vivienda y según su tipo.

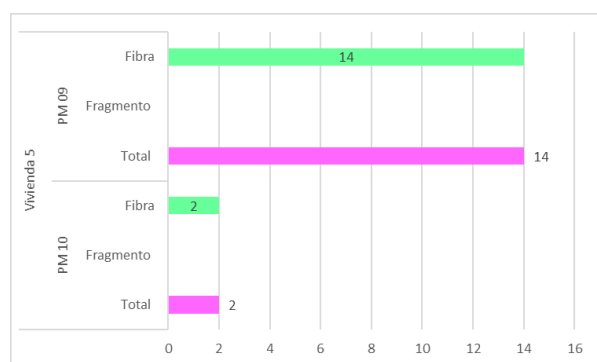
Tabla 18

Caracterización de microplásticos según su tipo por vivienda.

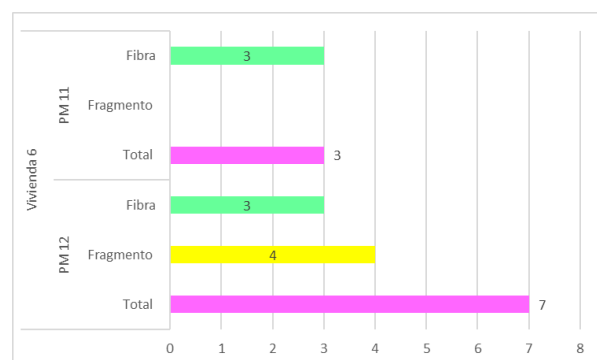
Microplásticos según su tipo	Descripción por punto de monitoreo												
 <table border="1"> <caption>Vivienda 1</caption> <thead> <tr> <th>Punto de Monitoreo</th> <th>Fibra</th> <th>Fragmento</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM 01</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>PM 02</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total	PM 01	4	5	9	PM 02	4	0	4	<p>Las muestras analizadas en la vivienda 1, se logró identificar MPs en formas de fibras (4) y fragmentos (5) en el PM-01. En el PM-02 se identificó 4 fibras y 0 fragmentos, de manera que en el PM-01 se cuantificó mayor cantidad de microplásticos un total de 9 en forma de fibras y fragmentos.</p>
Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total										
PM 01	4	5	9										
PM 02	4	0	4										
 <table border="1"> <caption>Vivienda 2</caption> <thead> <tr> <th>Punto de Monitoreo</th> <th>Fibra</th> <th>Fragmento</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM 03</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>PM 04</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total	PM 03	8	2	10	PM 04	9	3	12	<p>Las muestras analizadas de la vivienda 2, se identificaron 8 en formas de fibra y 2 en fragmentos correspondientes al PM-03. Por otra parte, en el PM-04 se logró identificar 9 MPs en formas de fibra y 3 fragmentos, identificados en total 12 microplásticos.</p>
Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total										
PM 03	8	2	10										
PM 04	9	3	12										
 <table border="1"> <caption>Vivienda 3</caption> <thead> <tr> <th>Punto de Monitoreo</th> <th>Fibra</th> <th>Fragmento</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM 05</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>PM 06</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total	PM 05	5	0	5	PM 06	8	4	12	<p>Las muestras correspondientes a la vivienda 3, en el PM-05 se logró evidenciar 5 fibras y 0 fragmentos; asimismo, en el PM-06 se identificó 8 fibras y 4 fragmentos sumando un total de 12 microplásticos (MPs), de modo que este último punto de monitoreo presentó mayor cantidad de microplásticos.</p>
Punto de Monitoreo	Fibra	Fragmento	Total										
PM 05	5	0	5										
PM 06	8	4	12										



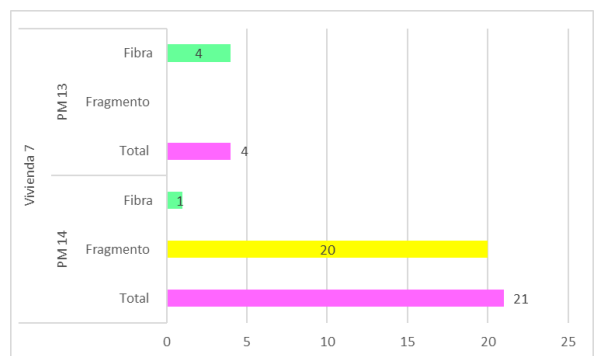
Las muestras de la vivienda 4, se evidencio la presencia de 3 fibras y 0 fragmentos en el PM-07; así también, en el PM-08 se logró identificar 2 fibras y 0 fragmentos. De manera que en el punto de monitoreo 07 se encontró mayor cantidad de microplásticos en forma de fibras.



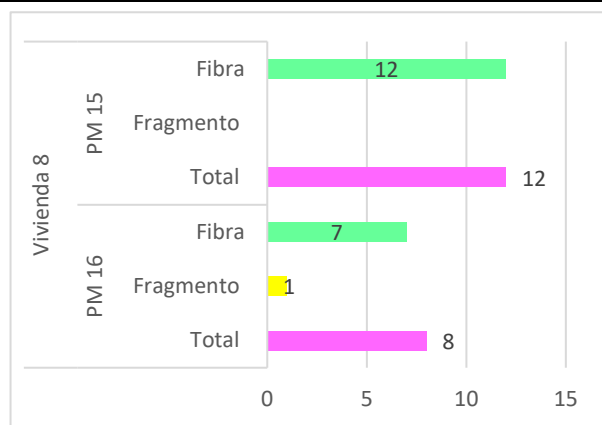
En el punto de monitoreo 09 se logró cuantificar 14 MPs en formas fibras y 0 fragmentos; de la misma forma en el punto de monitoreo 10 se identificó 2 fibras y 0 fragmentos. Como se puede observar en el punto de monitoreo 09 predominan mayor cantidad de microplásticos en formas de fibra.



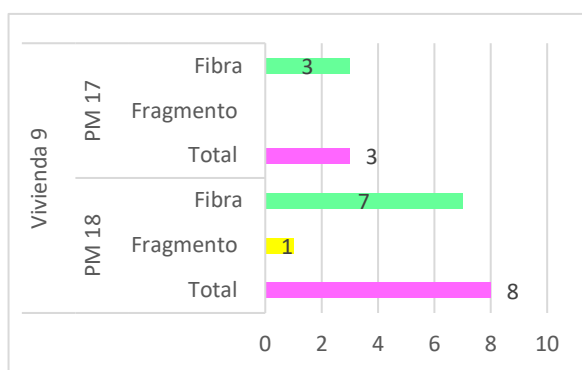
Las muestras analizadas para la vivienda 6, se identificó 6 fibras y 0 fragmentos en el PM-12, es decir para este punto de monitoreo se encontró mayor cantidad de fibras. Por otra parte, en el PM-12 se logró evidenciar 3 fibras y 4 fragmentos, lo cual este punto presentó mayor cantidad de microplásticos de forma fibra y fragmento.



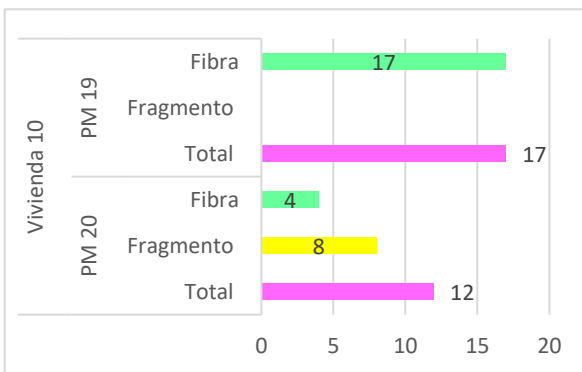
En la vivienda 7. se identificó 4 fibras y 0 fragmentos de microplásticos analizadas en el PM-13, Sin embargo, no se encontró MPs en formas de fragmentos. En la muestra 14 se logró identificar 1 fibra y 20 fragmentos de microplásticos, el cual la mayor cantidad de plásticos encontrados fue en la muestra 14.



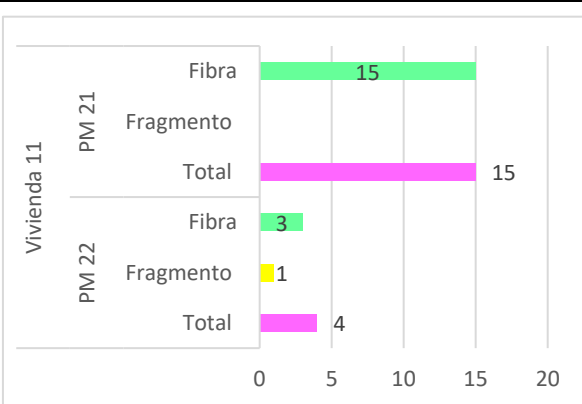
En las muestras correspondientes a la vivienda 8, en PM-15 se identificó 12 fibras y 0 fragmentos. Por otra parte, PM-16 se identificó 7 MPs en formas de fibras y 1 fragmento; donde la mayor cantidad de microplásticos se observa en la muestra 15, un total de 12 microplásticos en formas de fibra.



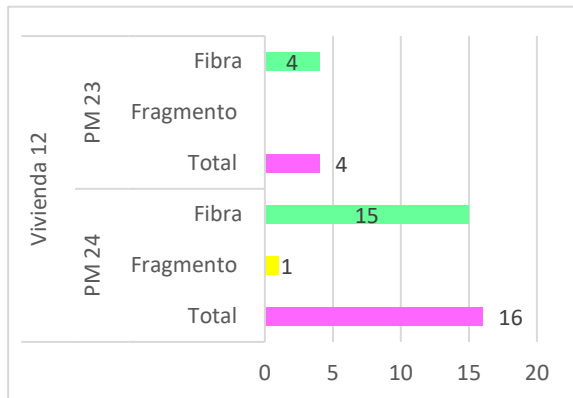
En el PM-17 se evidenció 3 fibras y 0 fragmentos de microplásticos, siendo la fibra como predominante en este punto de monitoreo; de igual manera en el PM-18 se identificó 7 fibras y 1 fragmento, este último punto de monitoreo fue predominante en cantidad de microplásticos en forma de fibra y fragmento.



En el PM-19 se identificó 17 fibras y 0 fragmentos, es decir, en este punto de monitoreo se logró encontrar la mayor cantidad de microplásticos en su mayoría en formas de fibra. En el PM-20 se identificaron 4 fibras y 8 fragmentos. En efecto, se identificó MPs en formas de fragmento en mayor cantidad



En el PM-21, se logró encontrar 15 fibras y 0 fragmentos obteniéndose un total de 15 microplásticos en este punto; asimismo, se evidenció la mayor cantidad de microplásticos en forma de fibra. Por otra parte, en el PM-22 se identificó 3 fibras y un fragmento, lo cual no supera al punto de monitoreo 21.



En el PM-23, se logró evidenciar la presencia de 4 fibras y 0 fragmentos, es decir, estos microplásticos en su mayoría se presentaron en forma de fibras. De igual manera, en el PM-24 se identificó 15 fibras y 1 fragmento, donde este punto presentó la mayor cantidad de microplásticos respecto a la muestra 23, como predominante fue MPs en formas de fibras.

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.4.3. Caracterización de microplásticos por su color

Tabla 19

Microplásticos según su color en el PM-01 (Entrada) y el PM-02 (Tanque).

Tipo de MPs	Punto de monitoreo por vivienda							
	Entrada				Tanque			
	Media	Máximo	Mínimo	Des. Est.	Media	Máximo	Mínimo	Des. Est.
Blanco	7	16	2	5	4	15	0	4
Negro	2	8	0	2	3	15	0	4
Azul	0	4	0	1	2	8	0	0

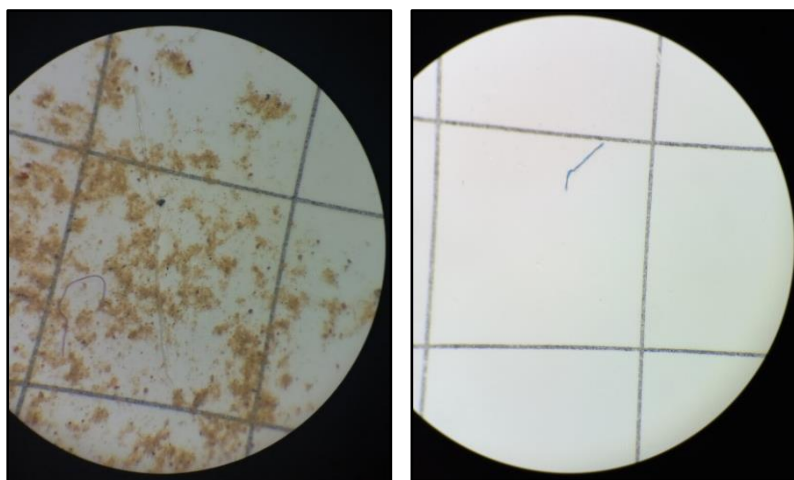
Fuente: Elaboración propia (2025).

En la tabla 19 se observa la caracterización de microplásticos según su color; donde el PM-01 (Entrada) el microplásticos de color blanco tuvo una media de 7, como el valor más alto registrado fue 16 en la vivienda 10, y como valor mínimo se encontró 2 MPs de color blanco, la desviación estándar para MPs de color blanco fue 5. Del mismo modo, se observa microplásticos caracterizados según el color negro, en el PM-01 (Entrada), el análisis de muestras representativas evidencia un valor medio de 2, y como valor máximo registrado que se encontró fue 8, la desviación estándar fue 2, hay viviendas donde no se encontró microplásticos. Asimismo, en el PM-01 (Entrada) se evidencio microplásticos de color azul, para este grupo de microplásticos la media tuvo un valor de 0, como valor máximo MPs de color azul fue 4, la desviación estándar se muestra con un valor de 1. No obstante,

existen viviendas donde no se identificaron microplásticos, por ende, el valor mínimo fue cero. Por otra parte, los microplásticos de color blanco en el PM-02 (Tanque) de cada vivienda, la media registro un valor de 4, y la cantidad máxima de MPs de color blanco fue 15, y como mínimo se encontró cero, la desviación estándar para este grupo de microplástico de color blanco fue 4. Asimismo, el grupo de microplásticos de color negro en el PM-02 (Tanque), la media registro un valor de 3, y como valor máximo de MPs de color negro fue 15, la desviación estándar para este grupo de MPs de color negro fue 4; no obstante, se evidencio que existen tanques de conexión domiciliaria que no registraron la presencia de microplásticos, es por eso que el valor mínimo para este grupo de microplásticos de color negro fue cero. Del mismo modo, para el grupo de microplásticos de color azul en el PM-02 (Tanque), la media tuvo un valor de 2, y como máximo de MPs de color azul registro un valor de 8, la desviación estándar para este grupo fue cero, el valor mínimo registrado fue también cero, debido a que se identificó viviendas donde no se encontró la presencia de microplásticos. Según Malekzadeh et al. (2025) manifiesta que los MPs pueden tener su origen en fuentes primarias (cosméticos, textiles, productos de cuidado personal, medicamentos, pinturas, etc.) o secundarias (fragmentación de partículas grandes). A su vez encuentran en varios tipos (PE, PP y PET), formas (fibra, fragmento, película, paleta y esfera), tamaños y colores. En ese sentido, la figura 28 muestra microplástico de tipo fibra y color azul identificado con el equipo estereoscopio.

Figura 28

MPs identificados con el equipo estereoscopio.



Fuente: Elaboración propia (2023).

4.4.4. Medición de microplásticos mediante microscopio estereoscópico

Figura 29

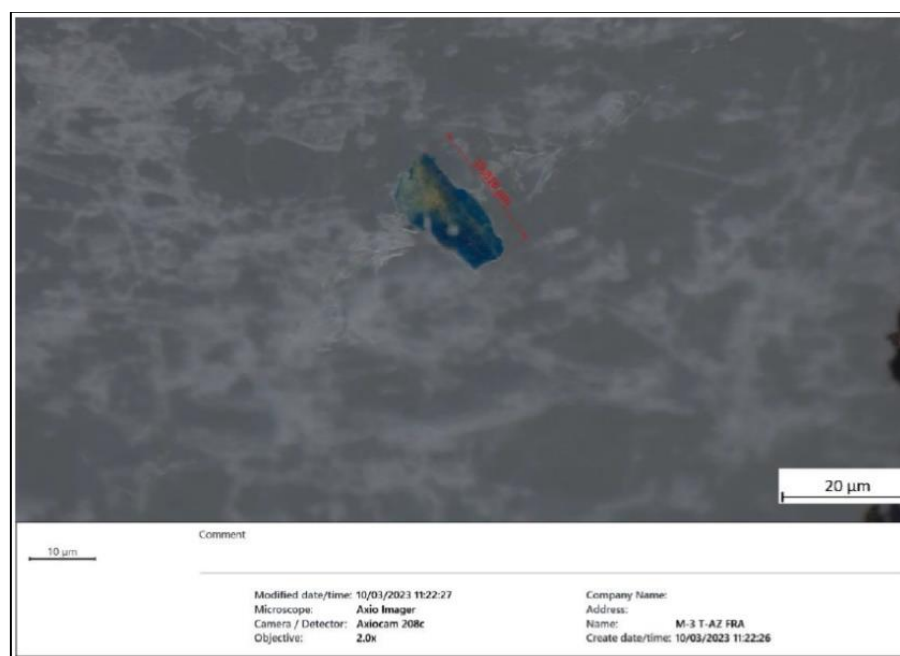
Medición de MPs con microscopio estereoscópico.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 30

Medición de microplásticos con microscopio estereoscópico.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 31

Medición de microplásticos con microscopio estereoscopio.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 32

Medición de microplásticos con microscopio estereoscopio.

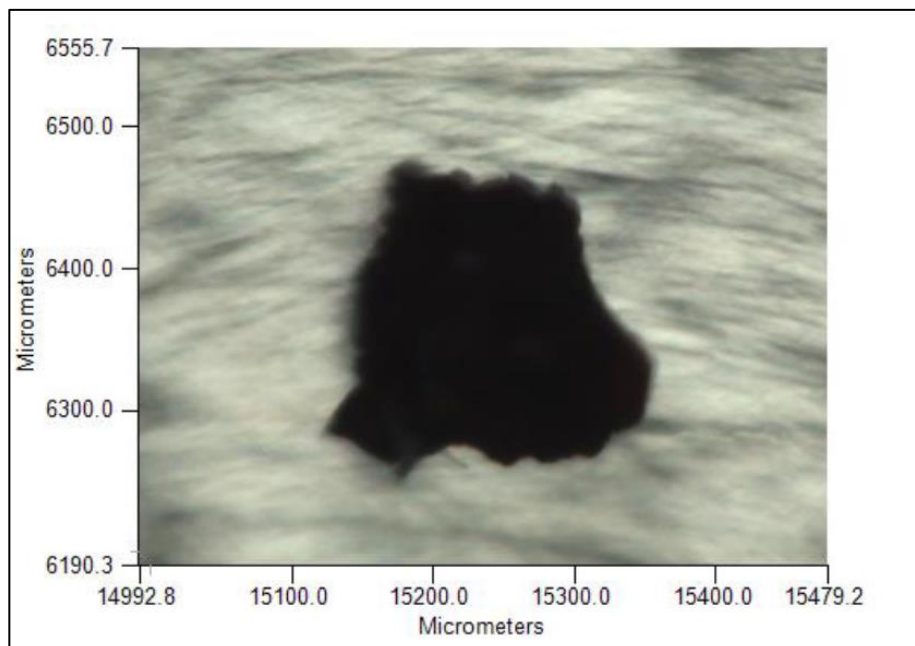


Fuente: Elaboración propia (2023).

4.4.5. Observación de microplásticos mediante el microscopio infrarrojo

Figura 33

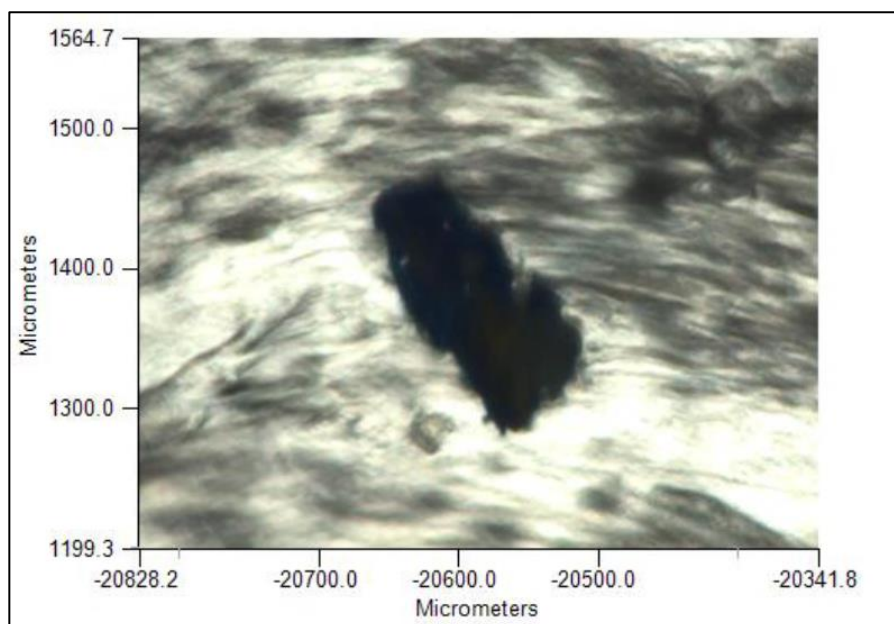
Observación de las micro muestras con el IR.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 34

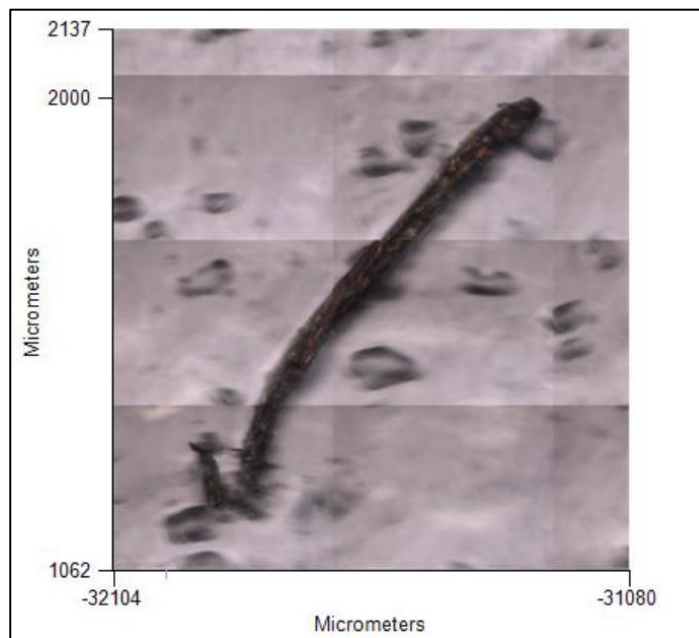
Observación de las micro muestras con el IR.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 35

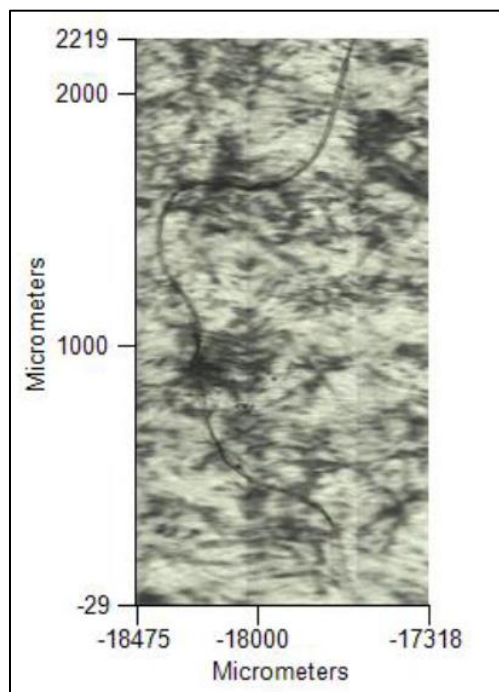
Observación de las micro muestras con el IR.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 36

Observación de las micro muestras con el IR.



Fuente: Elaboración propia (2023).

4.4.6. Caracterización de microplástico según el tipo de polietileno

Tabla 20

Caracterización de microplásticos (MPs) con el equipo FTIR.

Micro muestras	Tamaño de MPs (μm)		Color	Identificación	Match
	Fibra	Fragmento			
MM-01	408.018	x	Blanco	POLIÉSTER	0.873
MM-02	101.594	x	Negro	POLYSTYRENE	0.992
MM-03	x	19.816	Azul	POLYVINYL ACETATE	0.750
MM-04	x	27.115	Negro	POLYETHYLENE CHLORINATED	0.823

Fuente: Elaboración propia (2025). *MPs: Microplásticos

En la tabla 20 se muestra la caracterización de microplásticos según el tipo de polietileno, donde las muestras de agua recolectadas de la entrada al tanque y muestras tomadas del tanque directo, se identificó un total de 176 microplásticos (MPs) en forma de fibras y fragmentos, donde las fibras fueron predominantes en este estudio, asimismo, el color característico fue blanco, azul y negro de manera que el color blanco tenía predominio respecto a los demás colores; lo cual concuerda con la investigación realizada por Zhou et al., (2023), en sus resultados demuestra que las fibras fueron la forma dominante de microplásticos en todas las unidades de tratamiento, representando entre el 62 y el 100% de las partículas. Por otra parte, en el color los microplásticos blancos representan la gran mayoría, seguidos de los microplásticos azules. De manera similar, Dalmau et al. (2024) caracterizó la presencia de microplásticos que incluyen polimetilmetacrilato (PMMA), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC) y poliestireno (PS) en agua destinada para consumo humano. En ese sentido, según Na et al. (2024) indica que una de las principales fuentes de la presencia de microplásticos en el medio ambiente son los efluentes tratados de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales. Por otra parte, La Cecilia et al. (2024) indica que los microplásticos primarios se generan intencionalmente para la fabricación de textiles, la producción de cosméticos y productos de cuidado personal y el procesamiento industrial; asimismo, los microplásticos secundarios se producen después de la erosión y la fragmentación de artículos plásticos más grandes (Hale et al., 2020).

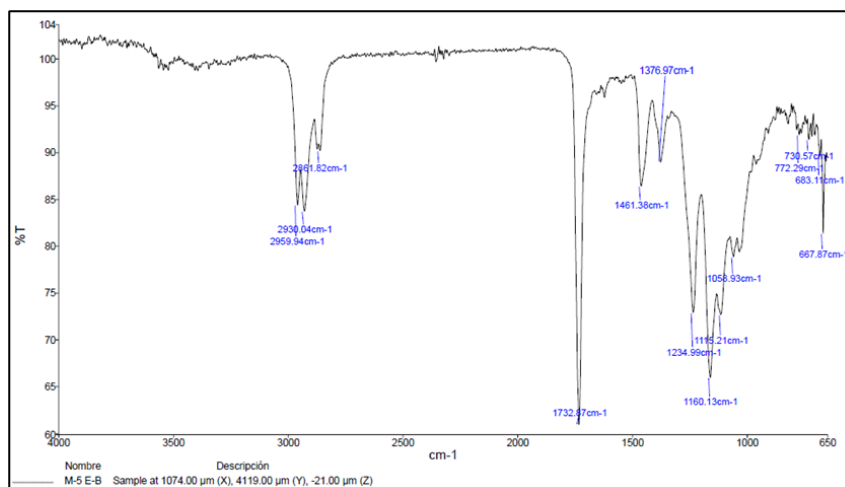
4.4.7. Identificación de la naturaleza del polímero mediante el equipo FTIR

Se utilizó el equipo espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para la caracterización del tipo de microplásticos, se realizó la lectura de cada micro muestra preparada así obtener espectros detallados de cada microplásticos identificados.

a. Poliéster (PES)

Figura 37

Espectro FTIR para microplástico del tipo Poliéster.



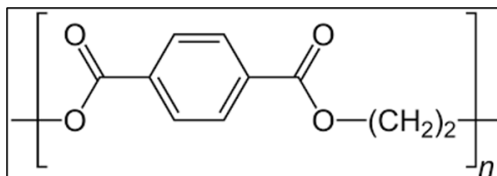
Fuente: Elaboración propia (2023).

Según la caracterización de microplásticos durante el análisis de las micro muestras, el primer polietileno identificado de acuerdo al base de datos fue el Polyester (Poliéster) (figura 37), en forma de fibra, color blanco y con una medida de $408.018\mu\text{m}$ lo que se confirmó mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Donde el Poliéster pertenece a la familia de los polímeros y es una de las fibras más empleadas en la industria textil (Jin et al., 2024), es decir, las fibras de poliéster se obtienen del tereftalato de polietileno (PET), debido a que son la fibra sintética más popular que se ha utilizado ampliamente en la industria textil, a su la tela de poliéster tiene un bajo costo de producción, alta resistencia a la fractura y buena resistencia al desgaste, además de sus ventajas únicas que no tienen comparación con otras fibras (Abbate et al., 2018; Snari et al., 2024).

Cabe mencionar que el Poliéster es un tipo de resina plástica que se obtiene del petróleo, siendo el PET (Politereftalato de Etileno) el plástico o formato más fabricado (Chandramouli et al., 2024). Por otra parte, la fibra de tereftalato de polietileno (PET) es actualmente una de las fibras sintéticas más utilizadas y de mayor rendimiento en el mundo (Cheng et al., 2024; X. Xu et al., 2023), la fibra de PET tiene excelentes propiedades mecánicas, estabilidad térmica, flexibilidad, resistencia al desgaste, durabilidad y resistencia a la corrosión (Ullah et al., 2025; Owad et al., 2022; Roy et al., 2021).

Figura 38

Grupo funcional del Poliéster.



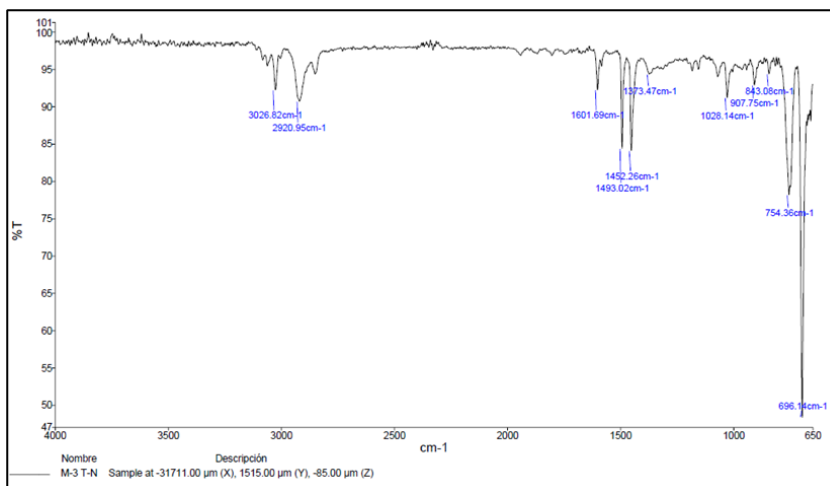
Fuente: Priya et al. (2022).

En la figura 37 se observa el espectro obtenido mediante la lectura del equipo FTIR al microplástico del tipo Poliéster, con su grupo funcional detallado en la figura 38, de manera que se determinó del total de las muestras filtradas se identificó que el 58.1% son de este tipo de microplástico.

b. Poliestireno (PS)

Figura 39

Espectro FTIR para microplástico del tipo Poliestireno.



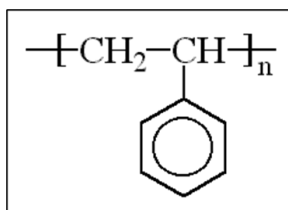
Fuente: Elaboración propia (2023).

Para la micro muestra 02 analizada en el laboratorio, se identificó el microplástico el Polystyrene (Poliestireno) (figura 39), en forma de fibra, color negro y con una medida de 101.594 μm ; este tipo de microplástico fue el más característico que se observó en las muestras de agua en la entrada al tanque y muestras de tanque directo. En tal sentido, el Poliéstireno es uno de los plásticos más utilizados en el mundo (Y. Sun et al., 2022; S. Sharma et al., 2023), debido a esto los niveles crecientes de microplásticos de poliestireno (PS) en el medio ambiente plantean una enorme amenaza para la salud mundial (Mega Obukohwo et al., 2024), así también para los usuarios de la Urb. Chanu Chanu de la ciudad de Puno. Según las investigaciones realizadas por Gomiero et al., (2021) indican que diversos tipos de polímeros, como el polietileno (PE), poliestireno (PS), poliamida (PA), cloruro de polivinilo (PVC) se encuentran en niveles más altos en el agua potable. Asimismo, Zandieh y Liu, (2022) en su estudio manifiesta que los microplásticos más abundantes en los recursos hídricos es el polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET).

El Poliéstireno (PS) se considera generalmente no biodegradable debido a su alto peso molecular y alta estabilidad estructural (Vaksmaa et al., 2021), según Schwaminger et al. (2021) manifiesta en su investigación que el Poliéstireno se origina a partir del lavado de ropa ya que los microplásticos desprende de la ropa debido a la interacción con los detergentes o también al desechar productos de uso diario como pastas de dientes, botellas de champú, etc. Ya que este tipo de microplástico se considera hidrófobo, ligero y se puede acumular fácilmente en el suelo y el agua (Liu et al., 2022).

Figura 40

Grupo funcional del Poliéstireno.



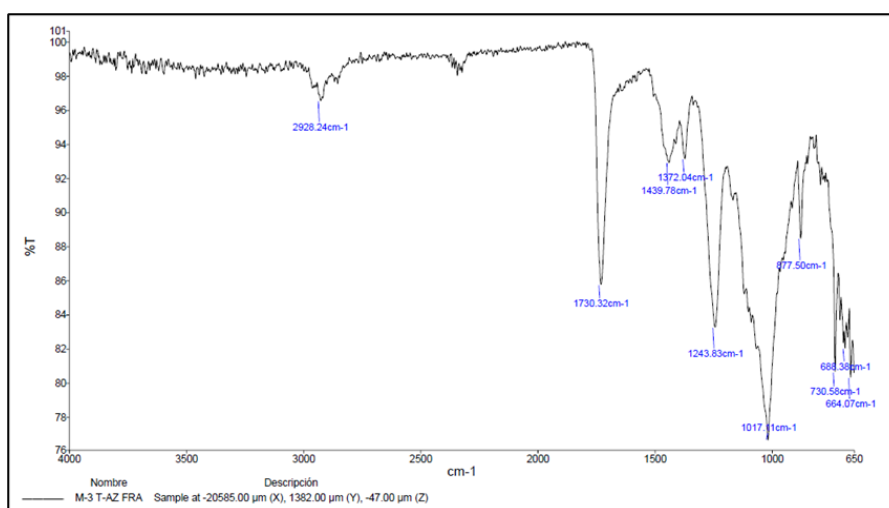
Fuente: Priya et al. (2022).

En la figura 39 se observa el espectro obtenido mediante la lectura del equipo FTIR al microplástico del tipo Poliestireno, con su grupo funcional detallado en la figura 40, del total de las muestras filtradas en el proceso identificación de microplásticos el 16.6% fueron de este tipo de microplástico.

c. Acetato de Polivinilo (PVA)

Figura 41

Espectro FTIR para microplástico del tipo Acetato de Polivinilo.



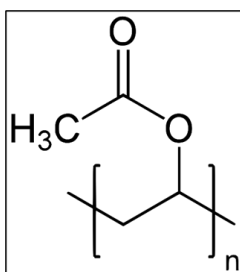
Fuente: Elaboración propia (2023).

En la micro muestra 03, según los resultados obtenidos el microplástico caracterizado fue el Polyvinyl acetate (Acetato de polivinilo) (figura 41) de forma fragmento, color azul y con medida de 19.816 μm; este tipo de microplástico se encontró en muestras de entrada y también en muestras de tanque directo. De manera que el acetato de polivinilo (PVA) según Mexpolímeros, (2014) y La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, (2016) indica que es un adhesivo termoplástico incoloro, también conocido como cola blanca o cola fría es uno de los tantos polímeros sintéticos y gomosos que generalmente son tóxicos ya que se obtiene mediante la polimerización del acetato de vinilo.

Además, acetato de polivinilo (PVA) es ampliamente utilizado en el campo artístico debido a que es un producto que se adhiere a la superficie (Fernández et al., 2020), así también este tipo de polímero se utiliza comúnmente en la producción y revestimiento de papel, en la impregnación de textiles. Por otra parte la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, (2016) menciona que el acetato de polivinilo (PVA) se ha detectado en el aire, tierra y agua llegando al medio ambiente principalmente de las industrias que lo fabrican. Este tipo de microplástico generalmente se libera en el aire, posteriormente podría encontrarse en la lluvia, nieve o agua. Puede desplazarse a través de la tierra y llegar al agua subterránea.

Figura 42

Grupo funcional del Acetato de Polivinilo.



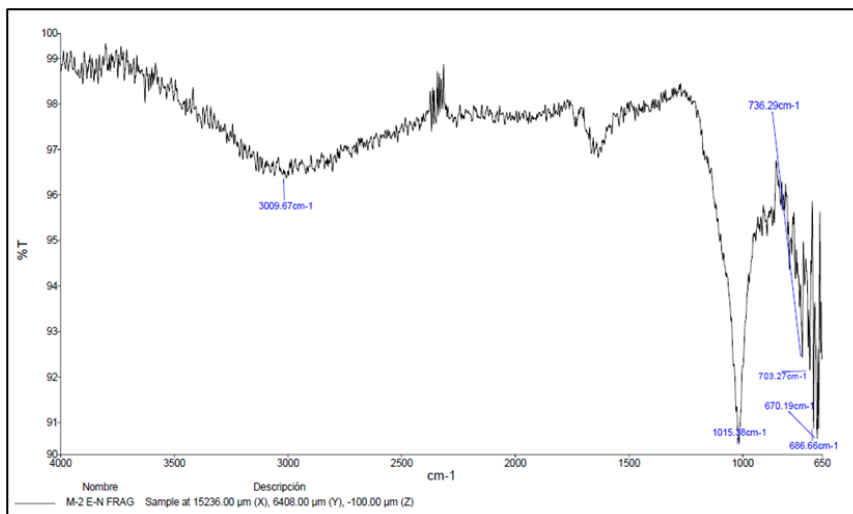
Fuente: Priya et al. (2022).

Posteriormente, en la figura 41 se observa el espectro obtenido mediante la lectura del equipo FTIR al microplástico del tipo Acetato de Polivinilo y su grupo funcional detallado en la figura 42, donde el 11.5% del total de las muestras filtradas corresponde a este tipo de microplástico.

d. Polietileno Clorado (CPE)

Figura 43

Espectro FTIR para microplástico del tipo Polietileno Clorado.

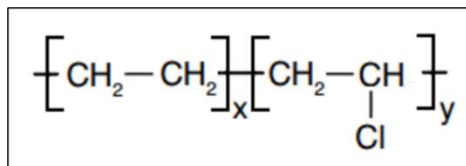


Fuente: Elaboración propia (2023).

Respecto a la micro muestra 04, se identificó el microplástico de clase Polyethylene chlorinated (Polietileno clorado) (figura 43) de forma fragmento, color negro y con medida de 27.115 μm; el polietileno clorado se caracteriza por ser un plástico que contiene cloro, duradero y resistente que generalmente se utiliza en la fabricación de tuberías (PVC), cables y en la industria del automóvil, entre otros (Loyal, 2022). Asimismo, es un microplástico elastómero que resulta del proceso de clorar el polietileno, dado que implica añadir cloro gaseoso al polietileno en altas temperaturas, dado que los átomos de cloro reemplazan a los átomos de hidrógeno formando cadenas de polietileno clorado (Xian Wan Li, 2024).

Figura 44

Grupo funcional de Polietileno Clorado.



Fuente: Priya et al. (2022).

Finalmente, en la figura 43 se observa el espectro obtenido mediante la lectura del equipo FTIR al microplástico del tipo Polietileno Clorado, con su grupo funcional detallado en la figura 44, del total de las muestras filtradas en el proceso identificación de microplásticos el 13.8% fueron de este tipo de microplástico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró determinar las características fisicoquímicas de la calidad del agua, el cual según los resultados encontrados se encuentran dentro del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA; es decir, cumplen con la con Límites Máximos Permisibles. No obstante, se evidenció que el cloro residual libre correspondiente al punto de monitoreo 02 (Tanque) de cada vivienda, no se encuentra en el rango establecido por la normativa ambiental, debido a que el cloro residual libre tuvo un valor de cero.

Se logró determinar la calidad bacteriológica del agua para consumo humano, donde los valores encontrados para cada parámetro bacteriológico cumplen con la normativa; es decir, no excede los Límites Máximos Permisibles. Sin embargo, se evidenció la existencia de las bacterias del tipo coliformes totales en el punto de monitoreo 02 (Tanque) de cada vivienda, en efecto no cumple con los Límites Máximos Permisibles establecido en el D.S. N° 031-2010-SA.

Se logró identificar y caracterizar de la presencia de microplásticos en agua potable, donde los microplásticos encontrados en los puntos de monitoreo de cada vivienda ya sea en la entrada y tanque directo, en el cual se encontró microplásticos de tipo Poliéster, Poliestireno, Acetato de Polivinilo y Polietileno Clorado; su forma fibra y fragmento, y de tamaño 408.018 μm , 101.594 μm , 19.816 μm y 27.115 μm ; finalmente, su color fue blanco, negro y azul. Asimismo, en toda la caracterización de los microplásticos encontrados el predominante fue el polietileno de tipo Poliéster (58.1%), seguido por Poliestireno (16.6%), Polietileno Clorado (13.8%) y finalmente el Acetato de Polivinilo (11.5%).

5.2. Recomendaciones

Realizar monitoreos periódicos en horarios diferentes para evaluar la concentración de los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos, en tanques de conexión domiciliaria.

Se recomienda realizar investigaciones en temas de determinación y caracterización de microplástico en muestras de agua de tanques de conexión domiciliaria, ubicados en el techo de cada vivienda.

Se recomienda continuar realizando investigaciones con enfoques a la identificación y caracterización de microplásticos en aguas superficiales y agua potable, utilizando el microscopio Raman de la Universidad Nacional de Juliaca.

Se recomienda desarrollar talleres orientados a la caracterización de microplásticos, dirigidos a estudiantes, docentes y la población local; debido a que permitirá fortalecer los conocimientos y las capacidades técnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, M. K., Elkaliny, N. E., Elyazied, M. M., Azab, S. H., Elkhalfa, S. A., Elmasry, S., Mouhamed, M. S., Shalamesh, E. M., Alhoriény, N. A., Abd Elaty, A. E., Elgendy, I. M., Etman, A. E., Saad, K. E., Tsigkou, K., Ali, S. S., Kornaros, M., & Mahmoud, Y. A.-G. (2023). Toxicity of Heavy Metals and Recent Advances in Their Removal: A Review. *Toxics*, *11*(7), 580. <https://doi.org/10.3390/toxics11070580>
- Acarer, S. (2023). Abundance and characteristics of microplastics in drinking water treatment plants, distribution systems, water from refill kiosks, tap waters and bottled waters. *Science of The Total Environment*, *884*, 163866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163866>
- Adediran, G. A., Cox, R., Jürgens, M. D., Morel, E., Cross, R., Carter, H., Pereira, M. G., Read, D. S., & Johnson, A. C. (2024). Fate and behaviour of Microplastics (> 25µm) within the water distribution network, from water treatment works to service reservoirs and customer taps. *Water Research*, *255*, 121508. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121508>
- AGQLabs. (2021). *Análisis microbiológicos rápidos en alimentos*. <https://agqlabs.pe/2021/01/05/analisis-microbiologicos-rapidos-en-alimentos/>
- Aguasurbanas. (2018). *Monitoreo de variables físico-químicas de agua*. <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>
- Agudelo, L. G., & Aignerren, J. M. (2008). *Diseños de investigación experimental y no experimental*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/2622>
- Al-Bahry, S. N., Elshafie, A. E., Victor, R., Mahmoud, I. Y., & Al-Hinai, J. A. (2011). Opportunistic pathogens relative to physicochemical factors in water storage tanks. *Journal of Water and Health*, *9*(2), 382–393. <https://doi.org/10.2166/wh.2011.054>
- Amato-Lourenço, L. F., dos Santos Galvão, L., de Weger, L. A., Hiemstra, P. S., Vijver, M. G., & Mauad, T. (2020). An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? *Science of The Total Environment*, *749*, 141676. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676>
- ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos*

superficiales.

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recurso_hidricos_superficiales.pdf

Angassa, K., Feyisa, M., Tessema, I., & Abewaa, M. (2025). Residual chlorine modelling in drinking water distribution system of Bishoftu Town, Ethiopia. *Results in Engineering*, 25, 104075. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104075>

Antunes, J., Frias, J., & Sobral, P. (2018). Microplastics on the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 131(May), 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.025>

APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (S. A. Editorial Díaz de Santos (ed.)). file:///C:/Users/Acer/Downloads/metodos-normalizados-para-el-analisis-de-aguas-potables-y-residuales-17nbsped-9788479780319_compress.pdf

Babaei, A. A., Reshadatian, N., & Feizi, R. (2024). A state of the art-mini review on the sources, contamination, analysis, and consequences of microplastics in water. *Results in Engineering*, 23, 102827. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102827>

Bandala, E. R., Quevedo-castro, A., Bustos-terrones, Y. A., Loaiza, J. G., & Rangel-peraza, J. G. (2022). Modeling the effect of climate change scenarios on water quality for tropical reservoirs. *Journal of Environmental Management*, 322(August), 116137. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4032298>

Bandow, N., Will, V., Wachtendorf, V., & Simon, F.-G. (2017). Contaminant release from aged microplastic. *Environmental Chemistry*, 14(6), 394. <https://doi.org/10.1071/EN17064>

Barboza, L. G. A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A.-K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>

Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., Branco, V., Figueiredo, N., Carvalho, F., Carvalho, C., & Guilhermino, L. (2018). Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass,

- Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758). *Aquatic Toxicology*, 195(July 2017), 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.12.008>
- Barchiesi, M., Di Marcantonio, C., Frugis, A., Lazzazzara, M., Gioia, V., Castellani, M., Boni, M. R., & Chiavola, A. (2024). A critical analysis on the limits and possibilities of the μ -Raman as a routine method for microplastics determination in drinking water. *Journal of Water Process Engineering*, 65, 105771. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105771>
- Blanco, M. (2023). *Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia San Román, departamento de Puno*. [Universidad Nacional del Altiplano]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/10619/Blanco_Coaquira_Maritzita.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bohenek, J. R., & Sulliván, S. M. P. (2022). Inland Waters—Rivers: Land Use and Water Quality. In *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 453–470). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00167-5>
- Bordós, G., Urbányi, B., Micsinai, A., Kriszt, B., Palotai, Z., Szabó, I., Hantosi, Z., & Szoboszlay, S. (2019). Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere*, 216, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.110>
- Brazil, G. R. M., Arai, Y., Iwamoto, T., Caronge, M. A., Kunizane, T., & Koizumi, A. (2025). Long duration forecasting and its performance capability for seasonal variation modelling of residual chlorine concentrations: A comparative evaluation of two small-scale water distribution systems in Japan. *Water Research*, 268, 122766. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122766>
- Brown, J., Bir, A., & Bain, R. E. S. (2020). Novel methods for global water safety monitoring: comparative analysis of low-cost, field-ready E. coli assays. *Npj Clean Water*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0056-8>
- Cabrera, L. J. (2024). “Evaluación de la Calidad de Agua Potable en la Satisfacción de los Usuarios del Centro Poblado Javier Heraud, Santa-2023” [Universidad Nacional del Santa].

[https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4910/Tesis
Capa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4910/Tesis_Capa.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Cabrera

- Capolupo, M., Sørensen, L., Jayasena, K. D. R., Booth, A. M., & Fabbri, E. (2020). Chemical composition and ecotoxicity of plastic and car tire rubber leachates to aquatic organisms. *Water Research*, 169, 115270. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115270>
- Carbon, D. (2024). Linking water stress and measures of crisis management - A systematic review of emergency drinking water management in Germany. *Journal of Environmental Management*, 359, 120901. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120901>
- Castillo, M. F., & Alvarado, L. F. (2022). *Evaluación de la contaminación de los microplásticos en las juntas de agua de los cantones: Girón, Santa Isabel, Camilo Ponce Enríquez, Nabón, Oña, Pucará y San Fernando* [Universidad politécnica salesiana sede cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22951/1/UPS-CT009995.pdf>
- Cayotopa, N. L. (2024). *Micro plásticos en sedimentos de la cuenca baja y desembocadura del río Amojú en Jaén, Cajamarca – Perú*. [Universidad Nacional de Jaen]. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/720>
- CESUMA. (2022). *Efectos de la contaminacion de las aguas*. Centro de Estudios Superiores Maranathá. [https://www.cesuma.mx/blog/efectos-de-la-contaminacion-de-las-aguas.html#:~:text=La contaminaci3n del agua viene,%2C plaguicidas...etc](https://www.cesuma.mx/blog/efectos-de-la-contaminacion-de-las-aguas.html#:~:text=La%20contaminaci%20del%20agua%20viene,%20plaguicidas...etc)
- Chaïb, I., Doyen, P., Merveillie, P., Dehaut, A., & Duflos, G. (2025). Microplastic contaminations in a set of beverages sold in France. *Journal of Food Composition and Analysis*, 144, 107719. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107719>
- Chandramouli Swamy, T. M., Nagarathna, S. V., Reddy, P. V., & Nayak, A. S. (2024). Efficient biodegradation of Polyethylene terephthalate (PET) plastic by *Gordonia* sp. CN2K isolated from plastic contaminated environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 281, 116635. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116635>
- Chang, J., Fang, W., Liang, J., Zhang, P., Zhang, G., Zhang, H., Zhang, Y., & Wang, Q. (2022). A critical review on interaction of microplastics with organic contaminants in soil and their ecological risks on soil organisms. *Chemosphere*, 306(April), 135573.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135573>

- Chavan, D., Lakshmikanthan, P., Manjunatha, G. S., Singh, D., Khati, S., Arya, S., Tardio, J., Eshtiaghi, N., Mandal, P., Kumar, S., & Kumar, R. (2022). Determination of risk of spontaneous waste ignition and leachate quality for open municipal solid waste dumpsite. *Waste Management*, *154*, 272–282. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.10.008>
- Chavarría, E. Y., Huamaní, L. L., Basurto, C. M., Gutierrez, J. E., & Cusiche, M. L. (2023). Determinación clásica de coliformes fecales en agua entubada en el distrito de Ahuaycha, Perú. *Revista Alfa*, *7*(21), 560–566. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.236>
- Chavarría, E. Y., Huamani, L. L., Cusiche, M. L., Sáez, W., Angeles, J. M., & Basurto, C. M. (2024). *Sólidos totales disueltos en agua superficial para consumo humano en San Juan de Pillo, Perú*. 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>
- Chavéz, B. A. (2019). *Presencia de microplástico derivado de la degradación de tanques de reserva plástico en el agua potable de Riobamba* [Universidad nacional de chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5608/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2019-0011.pdf>
- Chen, C., Deng, S., Tian, H., Kou, X., Yu, H., Huang, J., Lou, X., & Yuan, H. (2024). Novel bioactive sponge mats composed of oxidized bacterial cellulose and chitosan-gum Arabic microcapsules loaded with cinnamon essential oil for enhancing meat preservation. *Food Hydrocolloids*, *148*, 109496. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109496>
- Cheng, J., Wang, P., Zhang, Y., Zhang, X., Zhang, T., Wang, G., & Chen, L. (2024). One-step, low-cost and environmentally friendly method to prepare superhydrophilic polyester fabric for oil-water separation. *Surface and Coatings Technology*, *476*, 130198. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.130198>
- Chia, R. W., Lee, J.-Y., Jang, J., & Cha, J. (2022). Errors and recommended practices that should be identified to reduce suspected concentrations of microplastics in soil and groundwater: A review. *Environmental Technology & Innovation*, *28*, 102933. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102933>
- Cisneros, B. A. (2024). *Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de*

- agua potable del sector urbano del cantón Chambo* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12984>
- Contreras, H., Belizario, G., & Chui, H. N. (2023). CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LOS MANANTIALES EN LA PARCIALIDAD DE JISCULLAYA, EL COLLAO, PUNO, PERÚ. *Revista Boliviana de Química*, 40(2). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.2.1>
- Córdoba, Á. A. (2024). *Retención de microplásticos en tuberías de agua potable que contienen incrustaciones calcáreas en Riobamba*” [Universidad Nacional de Chimborazo]. [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14097/1/Córdoba V.%2C Ángel A.%282024%29“Retención de microplásticos en tuberías de agua potable que contienen incrustaciones calcáreas en Riobamba”.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/14097/1/Córdoba%20V.%2C%20Ángel%20A.%282024%29%20%22Retención%20de%20microplásticos%20en%20tuberías%20de%20agua%20potable%20que%20contienen%20incrustaciones%20calcáreas%20en%20Riobamba%22.pdf)
- da Costa, M. R. A., Attayde, J. L., & Becker, V. (2016). Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. *Hydrobiologia*, 778(1), 75–89. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2593-6>
- Dalmau-Soler, J., Boleda, M. R., & Lacorte, S. (2024). Routine method for the analysis of microplastics in natural and drinking water by pyrolysis coupled to gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1730, 465153. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.465153>
- Dalmau, J., Boleda, M. R., & Lacorte, S. (2024). Routine method for the analysis of microplastics in natural and drinking water by pyrolysis coupled to gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1730, 465153. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.465153>
- Dalu, T., Themba, N. N., Dondofema, F., & Cuthbert, R. N. (2023). Nowhere to go! Microplastic abundances in freshwater fishes living near wastewater plants. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 101(May), 104210. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104210>
- Danopoulos, E., Twiddy, M., & Rotchell, J. M. (2020). Microplastic contamination of drinking water: A systematic review. *PLOS ONE*, 15(7), e0236838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236838>
- Demirdağ, C., Nodehi, M., Bideci, A., Bideci, Ö. S., Tuncer, M., Gencel, O., & Ozbakkaloglu, T.

- (2024). The use of natural (coconut) and artificial (glass) fibers in cement – polymer composites: An experimental study. *Construction and Building Materials*, 412, 134895. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134895>
- Dettoni, M., Arghittu, A., Deiana, G., Castiglia, P., & Azara, A. (2022). The revised European Directive 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. A step forward in risk assessment, consumer safety and informative communication. *Environmental Research*, 209(January), 112773. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112773>
- Doulton. (2021). *Cómo filtrar, reducir y eliminar los microplásticos del agua potable del grifo*. <https://doulton.com.pe/como-filtrar-reducir-y-eliminar-los-microplasticos-del-agua-potable-del-grifo/#:~:text=Los microplásticos se definen como,presente en nuestra agua potable.>
- Eerkes-Medrano, D., Leslie, H. A., & Quinn, B. (2019). Microplastics in drinking water: A review and assessment. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 7, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.12.001>
- El Empaque. (2020). *La desinformación: el verdadero problema detrás del Polietileno – PEAD*. <https://www.elempaque.com/es/noticias/la-desinformacion-el-verdadero-problema-detras-del-polietileno-pead>
- Escalona, R. Y., Villarreal, J. M., Infante, D. M., & Barrios, R. de J. (2025). Calidad del agua para uso agrícola y consumo humano en el río Huixtla, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 41. <https://doi.org/10.20937/RICA.55101>
- Eternit. (2020). *¿Cómo elegir el tanque de agua para mi casa?* <https://www.eternit.com.ar/es-ar/blog/62050/como-elegir-tanque/>
- Falkinham, J., Pruden, A., & Edwards, M. (2015). Opportunistic Premise Plumbing Pathogens: Increasingly Important Pathogens in Drinking Water. *Pathogens*, 4(2), 373–386. <https://doi.org/10.3390/pathogens4020373>
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>
- Fernández, K. (2024). *Análisis de la Eficiencia de Sistemas de Tratamiento de Agua Potable en la*

Remoción de Microplásticos [Universidad Nacional de Santander].
<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/69182de1-fae1-4b5c-981c-846314640f22/content>

- Fernández, P., Nebot, E., & Moltó, T. (2020). *Las pinturas de acetato de polivinilo: caracterización, envejecimiento y conservación preventiva a través de una obra de uiso alemany.* 10. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/[https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/156584/Las pinturas de acetato de polivinilo caracterización%2C envejecimiento y conservación preventiva a través.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/156584/Las_pinturas_de_acetato_de_polivinilo_caracterización%2C_envejecimiento_y_conservación_preventiva_a_travé.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Foglia, A., Pittura, L., Vivani, V., Sgroi, M., De Simoni, L., Eusebi, A. L., Gorbi, S., Regoli, F., & Fatone, F. (2024). Microplastics in urban water cycles: Looking for a more scientific approach for sampling and characterization in wastewater and drinking water treatment plants. *Science of The Total Environment*, 952, 175919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175919>
- Fuentes, D. J. (2022). *Determinación de la presencia de microplásticos (MPs) en el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales Media Luna, provincia de Ilo-2020* [Universidad nacional de moquegua]. <https://repositorio.unam.edu.pe/items/7beddbc4-52a7-4c25-85f2-d18b12380845>
- Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A., & De Donno, A. (2022). Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5283. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095283>
- Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Kelly, F. J., & Tassin, B. (2018). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>
- Ghabalo, A. P., & Safarkar, R. (2022). Monitoring and Evaluation of Antibiotic Resistance Pattern of Escherichia coli Isolated from Drinking Water Sources in Ardabil Province of Iran. *The Open Microbiology Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/18742858-v16-e2203100>

- Godiel, L. L. (2024). *Evaluación del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad de locumba, 2024* [Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/4004/Godiel-Galvez-Lucero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gomes, I. B., Lemos, M., Mathieu, L., Simões, M., & Simões, L. C. (2018). The action of chemical and mechanical stresses on single and dual species biofilm removal of drinking water bacteria. *Science of The Total Environment*, 631–632, 987–993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.042>
- Gomiero, A., Øysæd, K. B., Palmas, L., & Skogerbø, G. (2021). Application of GCMS-pyrolysis to estimate the levels of microplastics in a drinking water supply system. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125708. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125708>
- Gonçalves, C., Martins, M., Sobral, P., Costa, P. M., & Costa, M. H. (2019). An assessment of the ability to ingest and excrete microplastics by filter-feeders: A case study with the Mediterranean mussel. *Environmental Pollution*, 245, 600–606. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.038>
- González, O. H. (2021). An approach to the different types of nonprobabilistic sampling. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), 6–8.
- Goyal, H., & Mondal, P. (2025). Integrated enviro-economic assessment and optimization for sustainable nitrate and fluoride remediation from contaminated water through electrocoagulation-electroreduction. *Journal of Water Process Engineering*, 72, 107575. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107575>
- Greenpeace. (2019). *Estudio sobre el impacto de la contaminación por microplástico en peces de México*. https://storage.googleapis.com/planet4-mexico-stateless/2019/10/01f918b5-estudio-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-por-microplasticos-en-peces-de-mexico.pdf?_ga=2.233883614.1949418601.1588024008-2123208562.1588024008
- Guerra, J. V., & Luis, E. (2024). *Evaluación del cloro residual en el suministro de agua potable en el caserío Huayatan provincia de Santiago de Chuco – 2024* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dd5c024f-a92a-46ee-aa01->

08e7198e2f3c/content

- Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. 18. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. (2020a). A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1). <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. (2020b). A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1). <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>
- Halfar, J., Brožová, K., Čabanová, K., Heviánková, S., Kašpárková, A., & Olšovská, E. (2021). Disparities in Methods Used to Determine Microplastics in the Aquatic Environment: A Review of Legislation, Sampling Process and Instrumental Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7608. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147608>
- Han, Z., Jiang, J., Ni, X., Xia, J., Yan, C., & Cui, C. (2025). Occurrence and risk of microplastics and hexabromocyclododecane in urban drinking water systems: From source water to tap water. *Science of The Total Environment*, 958, 177966. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177966>
- Hao, S., Wu, X., & Lu, C. (2023). Time courses of strains that induce necking and fracturing in high-density polyethylene. *Polymer Testing*, 120(February), 107946. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.107946>
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Higiene Ambiental. (2024). *Amonio y agua potable: el papel crucial del amonio en la calidad del agua*. <https://atusaludambiental.es/amonio-y-agua-potable.html/>
- Hirsch, P. E., Eloranta, A. P., Amundsen, P.-A., Brabrand, Å., Charmasson, J., Helland, I. P.,

- Power, M., Sánchez-Hernández, J., Sandlund, O. T., Sauterleute, J. F., Skoglund, S., Ugedal, O., & Yang, H. (2017). Effects of water level regulation in alpine hydropower reservoirs: an ecosystem perspective with a special emphasis on fish. *Hydrobiologia*, 794(1), 287–301. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3105-7>
- Hogeboom, R. J. (2020). The Water Footprint Concept and Water's Grand Environmental Challenges. *One Earth*, 2(3), 218–222. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.010>
- Hu, D., Zeng, J., Chen, J., Lin, W., Xiao, X., Feng, M., & Yu, X. (2023). Microbiological quality of roof tank water in an urban village in southeastern China. *Journal of Environmental Sciences*, 125, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.01.036>
- Huaccha, A. E., Rimarachin, L., & Campos, Y. del P. (2024). *Evaluación de los parámetros microbiológicos de control obligatorio de la calidad del agua para consumo humano en el Centro Poblado San Miguel de las Naranjas, Jaén - Cajamarca* [Universidad Nacional de Jaén]. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/719>
- Huang, Z., Zhang, C., Shen, C., Jin, L., Zeng, Y., & Guan, B. (2024). Adsorption - Catalytic ozonation of ammonia nitrogen in drinking water by alkali-modified NaX zeolites. *Journal of Water Process Engineering*, 60, 105243. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105243>
- Hurtado, M., Castellano, A., Strauss, S. L., González, J., & González, A. (2024). Application of full-scale aerobic granular sludge technology for removing nitrate from groundwater intended for human consumption. *Journal of Water Process Engineering*, 57, 104601. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104601>
- INEI. (2018). Ley de organizació y funciones del instituto nacional de estadística e informática. In *Censos económicos*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf
- Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V., & Sadofsky, L. R. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831(December 2021), 154907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>

- Jha, M. K., Shekhar, A., & Jenifer, M. A. (2020). Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. *Water Research*, *179*, 115867. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115867>
- Jin, X., He, H., Ming, L., Jiang, J., Qi, X., & Zhu, C. (2024). Detection of moisture content of polyester fabric based on hyperspectral imaging and BP neural network. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *321*, 124678. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124678>
- Johnson, A. C., Ball, H., Cross, R., Horton, A. A., Jürgens, M. D., Read, D. S., Vollertsen, J., & Svendsen, C. (2020). Identification and Quantification of Microplastics in Potable Water and Their Sources within Water Treatment Works in England and Wales. *Environmental Science & Technology*, *54*(19), 12326–12334. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03211>
- Juarez, A. N., & Medina, J. C. (2024). *Evaluación de técnicas de identificación de microplásticos en cuerpos de agua* [Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/156806/B_Juarez_TAN-Medina_CJC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jubinville, D., Chen, G., & Mekonnen, T. H. (2023). Simulated thermo-mechanical recycling of high-density polyethylene for the fabrication of hemp hurd plastic composites. *Polymer Degradation and Stability*, *211*(December 2022), 110342. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2023.110342>
- Khalid, N., Aqeel, M., & Noman, A. (2020). Microplastics could be a threat to plants in terrestrial systems directly or indirectly. *Environmental Pollution*, *267*, 115653. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115653>
- Khant, N. A., & Kim, H. (2022). Review of Current Issues and Management Strategies of Microplastics in Groundwater Environments. *Water*, *14*(7), 1020. <https://doi.org/10.3390/w14071020>
- Khouri, L., & Bashar Al-Moufti, M. (2022). Selection of suitable aggregation function for estimation of water quality index for the Orontes River. *Ecological Indicators*, *142*(August), 109290. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109290>

- Khu, S.-T., Li, F., & Zhao, W. (2025). Microplastics in drinking water distribution systems: Occurrence, environmental behavior, and human health concerns. *Environmental Pollution*, 126666. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126666>
- King, C. D., Stephens, C. G., Lynch, J. P., & Jordan, S. N. (2023). Farmers' attitudes towards agricultural plastics – Management and disposal, awareness and perceptions of the environmental impacts. *Science of The Total Environment*, 864(November 2022), 160955. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160955>
- Kirstein, I. V., Hensel, F., Gomiero, A., Iordachescu, L., Vianello, A., Wittgren, H. B., & Vollertsen, J. (2021). Drinking plastics? -Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by μ FTIR and Py-GCMS. *Water Research*, 188, 116519. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116519>
- Kitamura, A., Matsuzoe, Y., Okitsu, N., & Sato, H. (2025). Quantitative analysis of branched high-density polyethylene content using far-infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 329, 125492. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.125492>
- Kotopoulou, S., Zampelas, A., & Magriplis, E. (2022). Dietary nitrate and nitrite and human health: a narrative review by intake source. *Nutrition Reviews*, 80(4), 762–773. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab113>
- Kumar, R., Verma, A., Shome, A., Sinha, R., Sinha, S., Jha, P. K., Kumar, R., Kumar, P., Shubham, Das, S., Sharma, P., & Vara Prasad, P. V. (2021). Impacts of Plastic Pollution on Ecosystem Services, Sustainable Development Goals, and Need to Focus on Circular Economy and Policy Interventions. *Sustainability*, 13(17), 9963. <https://doi.org/10.3390/su13179963>
- Kumar, S., Nehra, M., Mehta, J., Dilbaghi, N., Marrazza, G., & Kaushik, A. (2019). Point-of-Care Strategies for Detection of Waterborne Pathogens. *Sensors*, 19(20), 4476. <https://doi.org/10.3390/s19204476>
- L'Abbate, P., Dassisti, M., Cappelletti, G. M., Nicoletti, G. M., Russo, C., & Ioppolo, G. (2018). Environmental analysis of polyester fabric for ticking. *Journal of Cleaner Production*, 172,

735–742. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.045>

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Resúmenes de salud pública - Acetato de vinilo (Vinyl Acetate)*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs59.html

La Cecilia, D., Philipp, M., Kaegi, R., Schirmer, M., & Moeck, C. (2024). Microplastics attenuation from surface water to drinking water: Impact of treatment and managed aquifer recharge – and identification uncertainties. *Science of The Total Environment*, 908, 168378. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168378>

Larcombe, A. N., Landwehr, K. R., Berry, L. J., Catchpole, E. E., Gray, A., Kardol, L. R., & Wyrwoll, C. S. (2025). In utero and early-life nitrate in drinking water impacts lung function of weanling rats. *Science of The Total Environment*, 971, 179072. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179072>

Lecca, J. I. (2024). *Remoción de sólidos suspendidos, turbiedad y DBO por aplicación combinada de sulfato de aluminio y cáscara de naranja como coagulantes en efluentes domésticos de la Empresa Linsumat, 2023* [Universidad Nacional Federeico Villareal]. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/9222/UNFV_FIGAE_Lecca_Espinoza_Jerlin_Isaac_Titulo_profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

León, D., Peñalver, P., Fuentes, E. F., Benfatti, E., Comes, L., Ciudad, C., Muñoz, M., Guemes, S., Fernando, A., Serrano, L., & Parrilla, R. (2020). *Protocolo para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en ríos*.

Leon, G. J. (2024). *Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en la Urbanización Santo Tomás de la Ciudad de Juliaca – Puno* [Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez]. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2483>

Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163(December 2021), 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>

Li, D., Pan, B., Han, X., Li, J., Zhu, Q., & Li, M. (2021). Assessing the potential to use CDOM as an indicator of water quality for the sediment-laden Yellow river, China. *Environmental*

- Pollution*, 289(August), 117970. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117970>
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
- Li, Q., Pan, X., Ying, Q., Zhu, W., Hu, J., Li, J., & Zhu, J. (2025). RAFT Step-Growth polymerization via the Z-group approach using xanthate and vinyl ether. *European Polymer Journal*, 235, 114073. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2025.114073>
- Lim, K.-Y., & Jiang, S. C. (2013). Reevaluation of health risk benchmark for sustainable water practice through risk analysis of rooftop-harvested rainwater. *Water Research*, 47(20), 7273–7286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.059>
- Liu, R., Jiang, S., Ou, J., Kouadio, K. L., & Xiong, B. (2024). Multifaceted anomaly detection framework for leachate monitoring in landfills. *Journal of Environmental Management*, 368, 122130. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122130>
- Liu, S.-J., Huang, Z.-Q., Yang, C., Yao, Q., & Dang, Z. (2022). Effect of polystyrene microplastics on the degradation of sulfamethazine: The role of persistent free radicals. *Science of The Total Environment*, 833, 155024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155024>
- Liu, Y., Wu, L., Shi, G., Cao, S., & Li, Y. (2022). Characteristics and sources of microplastic pollution in the water and sediments of the Jinjiang River Basin. *China Geology*, 5(3), 1–10. <https://doi.org/10.31035/cg2022051>
- Lohmann, R., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Glüge, J., Goldenman, G., Herzke, D., Lindstrom, A. B., Miller, M. F., Ng, C. A., Patton, S., Scheringer, M., Trier, X., & Wang, Z. (2020). Are Fluoropolymers Really of Low Concern for Human and Environmental Health and Separate from Other PFAS? *Environmental Science & Technology*, 54(20), 12820–12828. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03244>
- Loyal. (2022). *Qué es el polietileno clorado (CPE)*. <https://additives-pvc.com/es/blog/what-is-chlorinated-polyethylene-cpe/>
- Ma, J., Zhao, J., Zhu, Z., Li, L., & Yu, F. (2019). Effect of microplastic size on the adsorption behavior and mechanism of triclosan on polyvinyl chloride. *Environmental Pollution*, 254,

113104. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113104>

- Maceda-Veiga, A., MacNally, R., Rodríguez, S., Szabo, S., Peeters, E. T. H. M., Ruff, T., & Salvadó, H. (2022). Effects of two submerged macrophyte species on microbes and metazoans in rooftop water-storage ponds with different labile carbon loadings. *Water Research*, 211, 117999. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117999>
- Mahmodian, Y., Farhadi, M., Ghanbari, S., Ghanbari, F., Filban, F., & Mohammadi, M. J. (2024). Monitoring microbial safety and evaluation of removal efficiency from drinking water in Ahvaz, Iran. *Desalination and Water Treatment*, 319, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100561>
- Mahmoud, M. E., Shoaib, S. M. A., Salam, M. A., & Elsayed, S. M. (2022). Efficient and fast removal of total and fecal coliform, BOD, COD and ammonia from raw water by microwave heating technique. *Groundwater for Sustainable Development*, 19(May), 100847. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100847>
- Maier, C., Thatcher, J. B., Grover, V., & Dwivedi, Y. K. (2023). Cross-sectional research: A critical perspective, use cases, and recommendations for IS research. *International Journal of Information Management*, 70, 102625. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102625>
- Makhado, U. G., Foka, F. E. T., Tchatchouang, C.-D. K., Ateba, C. N., & Manganyi, M. C. (2022). Detection of virulence gene of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) strains from animals with diarrhoea and water samples in the North-West Province, South Africa. *Gene Reports*, 27(March 2020), 101617. <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2022.101617>
- Makhdoumi, P., Amin, A. A., Karimi, H., Pirsaeheb, M., Kim, H., & Hossini, H. (2021). Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. *Journal of Water Process Engineering*, 39(October 2020), 101708. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101708>
- Maldonado, I., Miranda-Mamani, J., & Paredes-Espinal, C. (2023). Heavy metals and ecological alterations resulting from wastewater discharge in Inner Puno Bay, Lake Titicaca. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100903. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100903>

- Malekzadeh, M., Dehghanzadeh, R., Ebrahimi, S. M., Sarbakhsh, P., Fathifar, Z., & Aslani, H. (2025). Occurrence, sampling, identification and characterization of microplastics in tap water: A systematic review and meta-analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 299, 118347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118347>
- Maliwan, T., & Hu, J. (2025). Release of microplastics from polymeric ultrafiltration membrane system for drinking water treatment under different operating conditions. *Water Research*, 274, 123047. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.123047>
- Mamani, F. D. (2024). *Evaluación de las redes de distribución de agua potable del Distrito de San Miguel Departamento de Puno* [Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2136>
- McEachern, K., Alegria, H., Kalagher, A. L., Hansen, C., Morrison, S., & Hastings, D. (2019). Microplastics in Tampa Bay, Florida: Abundance and variability in estuarine waters and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 148(April), 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.068>
- Mega Obukohwo, O., Abodunrin, O. A., Ejoro, O. P., Rume, R. A., & Edesiri, T. P. (2024). Lycopene supplement mitigates polystyrene microplastics (PS-MPs)-induced reproductive alteration in rats via modulation of steroidogenic enzymes, inhibition of apoptosis and oxidoinflammatory reaction. *Kuwait Journal of Science*, 51(3), 100244. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2024.100244>
- Meregildo, C. X., Lázaro, R. J., Guerrero, A. E., Rodríguez, R. F., Azabache, Y. F., & Ipanaque, J. M. (2024). *Turbidity and Color Removal from Irrigation Water, with Coagulants and Activated Carbon, Controlled by an Arduino System*. 10(October). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100978>
- Mexpolímeros. (2014). *Acetato de polivinilo y alcohol de polivinilo*. <https://www.mexpolimeros.com/pva.html#:~:text=El acetato de polivinilo fue,porosos como madera y papel.>
- Ministerio de Sanidad. (2023). *¿Qué nos dice el amonio sobre la calidad del agua de consumo?* <https://higieneambiental.com/calidad-del-agua-de-consumo-amonio>

- MINSA. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*.
file:///C:/Users/Acer/Downloads/1590.pdf
- Miyagi, K., Sano, K., & Hirai, I. (2017a). Sanitary evaluation of domestic water supply facilities with storage tanks and detection of *Aeromonas*, enteric and related bacteria in domestic water facilities in Okinawa Prefecture of Japan. *Water Research*, *119*, 171–177.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.002>
- Miyagi, K., Sano, K., & Hirai, I. (2017b). Sanitary evaluation of domestic water supply facilities with storage tanks and detection of *Aeromonas*, enteric and related bacteria in domestic water facilities in Okinawa Prefecture of Japan. *Water Research*, *119*, 171–177.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.002>
- Mo, Q., Yang, X., Wang, J., Xu, H., Li, W., Fan, Q., Gao, S., Yang, W., Gao, C., Liao, D., Li, Y., & Zhang, Y. (2021). Adsorption mechanism of two pesticides on polyethylene and polypropylene microplastics: DFT calculations and particle size effects. *Environmental Pollution*, *291*(September), 118120. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118120>
- Morris, C. L., Pokhrel, L. R., Williams, A., & Iverson, G. (2022). Understanding factors influencing total coliform and *E. coli* sampling outcomes in new private water wells in North Carolina, USA. *Groundwater for Sustainable Development*, *17*(July 2021), 100759.
<https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100759>
- Morrison, M., Trevisan, R., Ranasinghe, P., Merrill, G. B., Santos, J., Hong, A., Edward, W. C., Jayasundara, N., & Somarelli, J. A. (2022). A growing crisis for One Health: Impacts of plastic pollution across layers of biological function. *Frontiers in Marine Science*, *9*.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.980705>
- Na, S.-H., Kim, M.-J., Kim, J., Batool, R., Cho, K., Chung, J., Lee, S., & Kim, E.-J. (2024). Fate and potential risks of microplastic fibers and fragments in water and wastewater treatment processes. *Journal of Hazardous Materials*, *463*, 132938.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132938>
- Narváez, J. J., & Tipán, S. A. (2022). *Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, periodo 2022*.

Universidad técnica de cotopaxi.

- Naspud, P., & Zhiñin, M. A. (2022). *Evaluación de la contaminación de los microplásticos en las juntas de agua de los cantones: Gualaceo, Chordeleg y Guachapala* [Universidad politécnica salesiana sede cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22942>
- Negrete Velasco, A., Ramseier, S., Zimmermann, S., Le Coustumer, P., & Stoll, S. (2023). Contamination and Removal Efficiency of Microplastics and Synthetic Fibres in a Conventional Drinking Water Treatment Plant in Geneva, Switzerland. *SSRN Electronic Journal*, 880(March), 163270. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4348383>
- Ngo, P. L., Pramanik, B. K., Shah, K., & Roychand, R. (2019). Pathway, classification and removal efficiency of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Pollution*, 255, 113326. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113326>
- Nguyen, T.-B., Ho, T.-B.-C., Chen, C.-W., Chen, W.-H., Bui, X.-T., Hsieh, S., & Dong, C.-D. (2024). Enhancing the degradation of microplastics through combined KMnO₄ oxidation and UV radiation. *Journal of Environmental Management*, 370, 122942. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122942>
- NIH. (2022). *Bacteria*. Nacional Human Genome Research Institute. <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bacteria>
- Novotna, K., Cermakova, L., Pivokonska, L., Cajthaml, T., & Pivokonsky, M. (2019). Microplastics in drinking water treatment – Current knowledge and research needs. *Science of The Total Environment*, 667, 730–740. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.431>
- Oliveira, P., Barboza, L. G. A., Branco, V., Figueiredo, N., Carvalho, C., & Guilhermino, L. (2018). Effects of microplastics and mercury in the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* (Müller, 1774): Filtration rate, biochemical biomarkers and mercury bioconcentration. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164(August), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.062>
- OMS. (2024). *Informe anual de la calidad del agua de 2024*. [https://doi.org/Informe anual de la calidad del agua de 2024](https://doi.org/Informe%20anual%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20de%202024)
- Onda Azul. (2020). *Puno: Varios barrios del distrito de Macusani son afectados por falta de agua*.

<https://radioondaazul.com/puno-varios-barrios-del-distrito-de-macusani-son-afectados-por-falta-de-agua/>

Orellana, G. Y., & Vivar, A. P. (2022). *Detección de micropartículas de plástico en el sistema de potabilización de agua Tomebamba, Cuenca - Ecuador* [Universidad politécnica sasiana ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23398/4/UPS-CT010064.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2023a). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organización Mundial de la Salud. (2023b). *Calidad del agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Oßmann, B. E. (2021). Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions. *Current Opinion in Food Science*, 41, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.011>

Owad, T. T. A., Siddig, E. A. A., Salih, R. E. M., Zhang, Y., Wang, C., Xu, Y., & Zhang, J. (2022). Durable and recoverable hydrophilicity of polyethylene terephthalate fabric prepared with plasma selective etching. *Surfaces and Interfaces*, 32, 102081. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.102081>

Pasquier, G., Doyen, P., Carlesi, N., & Amara, R. (2022). An innovative approach for microplastic sampling in all surface water bodies using an aquatic drone. *Heliyon*, 8(11), e11662. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11662>

Pavlov, N., Wallbank, J. A., Hermans, S. M., Kingsbury, J. M., Pantos, O., & Lear, G. (2025). Putative plastic degrading communities within New Zealand's geothermal environments. *Total Environment Microbiology*, 1(2), 100012. <https://doi.org/10.1016/j.temicr.2025.100012>

Pelch, K. E., Reade, A., Wolffe, T. A. M., & Kwiatkowski, C. F. (2019). PFAS health effects database: Protocol for a systematic evidence map. *Environment International*, 130(May), 104851. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.045>

Peluso, J., Pérez Coll, C. S., Cristos, D., Rojas, D. E., & Aronzon, C. M. (2021). Comprehensive assessment of water quality through different approaches: Physicochemical and

- ecotoxicological parameters. *Science of The Total Environment*, 800, 149510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149510>
- Penserini, L., Cantoni, B., Gabrielli, M., Sezenna, E., Saponaro, S., & Antonelli, M. (2023). An integrated human health risk assessment framework for alkylphenols due to drinking water and crops' food consumption. *Chemosphere*, 325(January), 138259. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138259>
- Pérez-Guevara, F., Roy, P. D., Elizalde-Martínez, I., Kutralam-Muniasamy, G., & Shruti, V. C. (2022). Human exposure to microplastics from urban decentralized pay-to-fetch drinking-water refill kiosks. *Science of The Total Environment*, 848(July), 157722. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157722>
- Pimentel, E. J. (2024). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano del Manantial de Paccha, Provincia de Huari, 2022* [Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/10146/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Prasertboonyai, K., Muenmee, S., Chouychai, B., Hongsawat, P., & Prarat, P. (2025). Abundance, characteristics, and potential human intake of microplastic contamination in tap water: A study of water supply treatment plants in Rayong Province, Thailand. *Journal of Water Process Engineering*, 72, 107460. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107460>
- Priya, A. K., Jalil, A. A., Dutta, K., Rajendran, S., Vasseghian, Y., Qin, J., & Soto-Moscoso, M. (2022). Microplastics in the environment: Recent developments in characteristic, occurrence, identification and ecological risk. *Chemosphere*, 298(December 2021), 134161. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134161>
- Qasemi, M., Darvishian, M., Nadimi, H., Gholamzadeh, M., Afsharnia, M., Farhang, M., Allahdadi, M., Darvishian, M., & Zarei, A. (2023). Characteristics, water quality index and human health risk from nitrate and fluoride in Kakhk city and its rural areas, Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115(May 2022), 104870.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104870>

- Quinteros, K. S. (2022). *Detección de micropartículas de plástico en el sistema de potabilización de agua “Mahuarcay” de la ciudad de Azogues, Ecuador* [Universidad politécnica de salesiana ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23401>
- Ragot, R., & Villemur, R. (2022). Influence of temperature and water quality on the persistence of human mitochondrial DNA, human Hfl83 Bacteroidales, fecal coliforms and enterococci in surface water in human fecal source tracking context. *Science of The Total Environment*, 838(January), 156025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156025>
- Rahman, A., Sarkar, A., Yadav, O. P., Achari, G., & Slobodnik, J. (2021). Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Science of The Total Environment*, 757, 143872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143872>
- Rahman, M. M., Sultan, M. B., & Alam, M. (2023). Microplastics and adsorbed micropollutants as emerging contaminants in landfill: A mini review. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 31, 100420. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100420>
- Rasin, P., V, A. A., Basheer, S. M., Haribabu, J., Santibanez, J. F., Garrote, C. A., Arulraj, A., & Mangalaraja, R. V. (2025). Exposure to cadmium and its impacts on human health: A short review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 17, 100608. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100608>
- Ren, N., Wang, X., Sun, P., Ge, M., Han, W., & Zhu, X. (2025). Multi-mechanism Polymerization as a Promising Tool for Polymer Synthesis. *Progress in Polymer Science*, 101988. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2025.101988>
- Requena, D. M. (2022). *Mejoramiento del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararin – provincia de Recuay – departamento de Ancash – Ietapa* [Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrion]. [https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6190/Requena Marcelo%20Deiby Mijail_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6190/Requena%20Marcelo%20Deiby%20Mijail_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rojas, O. M. (2018). Evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico del río Ragra

afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas – Simón Bolívar – Pasco – 2018 [Universidad nacional daniel alcides carrion]. In *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion*.

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Nef_tali.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rosal, R. (2021). Morphological description of microplastic particles for environmental fate studies. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112716. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112716>

Rossatto, A., Arlindo, M. Z. F., de Morais, M. S., de Souza, T. D., & Ogodowski, C. S. (2023). Microplastics in aquatic systems: A review of occurrence, monitoring and potential environmental risks. *Environmental Advances*, 13(April), 100396. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100396>

Roy, S., Nagabooshanam, S., Chauhan, N., Kumar, R., Wadhwa, S., & Mathur, A. (2021). Design and development of a novel flexible molecularly imprinted electroanalytical sensor for the monitoring of diabetic foot ulcers. *Surfaces and Interfaces*, 26, 101310. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2021.101310>

Samandra, S., Johnston, J. M., Jaeger, J. E., Symons, B., Xie, S., Currell, M., Ellis, A. V., & Clarke, B. O. (2022). Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. *Science of The Total Environment*, 802, 149727. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149727>

Sánchez, J. E. (2018). *Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos*. 19, 1. file:///C:/Users/Acer/Downloads/2027-Texto del artículo-9507-1-10-20190619.pdf

Santofimia, E., González, F. J., Rincón-Tomás, B., López-Pamo, E., Marino, E., Reyes, J., & Bellido, E. (2022). The mobility of thorium, uranium and rare earth elements from Mid Ordovician black shales to acid waters and its removal by goethite and schwertmannite. *Chemosphere*, 307, 135907. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135907>

Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa.

Revista Cubana de Salud Pública, 33(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020&lng=es&tlng=es.

- Schwaminger, S. P., Fehn, S., Steegmüller, T., Rauwolf, S., Löwe, H., Pflüger-Grau, K., & Berensmeier, S. (2021). Immobilization of PETase enzymes on magnetic iron oxide nanoparticles for the decomposition of microplastic PET. *Nanoscale Advances*, 3(15), 4395–4399. <https://doi.org/10.1039/D1NA00243K>
- Scott, L. C., Esser, S. M., Aubee, A., Lee, N., Flood, M. T., & Aw, T. G. (2022). Use of microbial fecal indicator monitoring and fecal source tracking as a park management tool in Rocky Mountain National Park. *Environmental Challenges*, 8(June), 100583. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100583>
- Selvam, S., Jesuraja, K., Venkatramanan, S., Roy, P. D., & Jeyanthi Kumari, V. (2021). Hazardous microplastic characteristics and its role as a vector of heavy metal in groundwater and surface water of coastal south India. *Journal of Hazardous Materials*, 402(May 2020), 123786. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123786>
- Senathirajah, K., Attwood, S., Bhagwat, G., Carbery, M., Wilson, S., & Palanisami, T. (2021). Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 404(PB), 124004. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124004>
- Shah, N. W., Baillie, B. R., Bishop, K., Ferraz, S., Lars, H., & Nettles, J. (2022). The effects of forest management on water quality. *Forest Ecology and Management*, 522(February), 120397. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112722003917>
- Sharma, S., Sharma, V., & Chatterjee, S. (2023). Contribution of plastic and microplastic to global climate change and their conjoining impacts on the environment - A review. *Science of The Total Environment*, 875, 162627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162627>
- Sheikh, M. C., Hasan, M. M., Hasan, M. N., Salman, M. S., Kubra, K. T., Awual, M. E., Waliullah, R. M., Rasee, A. I., Rehan, A. I., Hossain, M. S., Marwani, H. M., Islam, A., Khaleque, M. A., & Awual, M. R. (2023). Toxic cadmium(II) monitoring and removal from aqueous

- solution using ligand-based facial composite adsorbent. *Journal of Molecular Liquids*, 389, 122854. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.122854>
- Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., & Kutralam-Muniasamy, G. (2020). Metro station free drinking water fountain- A potential “microplastics hotspot” for human consumption. *Environmental Pollution*, 261, 114227. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114227>
- Sima, M., & Castro, L. (2024). *Calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Nina Rumi, San Juan Bautista, Loreto, 2024* [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/10988/Milca_Tesis_Titulo_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Singh, S., Rai, S., Singh, P., & Mishra, V. K. (2022). Real-time water quality monitoring of River Ganga (India) using internet of things. *Ecological Informatics*, 71(August), 101770. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101770>
- Snari, R. M., Sayqal, A., Alanazi, K. D., Alorabi, A. Q., Aljuhani, E., Alaysuy, O., Abumelha, H. M., & El-Metwaly, N. M. (2024). Green composite colorimetric and “Turn-on” fluorescent material for the detection of Al³⁺ ion in blood serum and herbal tea. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 451, 115539. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2024.115539>
- Sorasan, C., Edo, C., González-Pleiter, M., Fernández-Piñas, F., Leganés, F., Rodríguez, A., & Rosal, R. (2022). Ageing and fragmentation of marine microplastics. *Science of The Total Environment*, 827, 154438. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154438>
- Suárez, I., & Guerrero, A. (2024). Calidad de fuentes de agua para consumo humano en la comunidad El Frutillo, Bambamarca-Cajamarca. *Technological Innovations Journal*, 3(2), 20–37. <https://doi.org/10.35622/j.ti.2024.02.002>
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M. C. M., & Ni, B.-J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, 152, 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050>
- Sun, Y., Liu, S., Wang, P., Jian, X., Liao, X., & Chen, W.-Q. (2022). China’s roadmap to plastic waste management and associated economic costs. *Journal of Environmental Management*,

309, 114686. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114686>

Surendran, D., Sakai, H., Takagi, S., & Dimapilis, D. A. (2025). Tire-based microplastics: Composition, detection, and impacts of advanced oxidation processes in drinking water treatment. *Science of The Total Environment*, 972, 179114. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179114>

Szabo, D., Coggan, T. L., Robson, T. C., Currell, M., & Clarke, B. O. (2018). Investigating recycled water use as a diffuse source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to groundwater in Melbourne, Australia. *Science of The Total Environment*, 644, 1409–1417. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.048>

Tai, Z. S., Sun, Y., Dulatre Medriano, C. A., Fu, Y., Jiang, Y., Lei, F., Liu, K., Yan, T., Xin Eve, L. J., Bae, S. W., Hoon Elaine, Q. P., Chue, P. W., Hui Lennis, S. K., Wong, J. J., Ong, S. L., & Hu, J. (2025). Exploring water quality variations and biofilm growth in a drinking water distribution system via a biofilm annular reactor series system and predictive modelling of residual chlorine. *Chemosphere*, 371, 144048. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.144048>

Taipe, A. M., & Paucar, M. (2024). *Análisis de la eficiencia de remoción de turbidez y materia orgánica con el sulfato de aluminio y la opuntia ficus-indica de las aguas residuales del camal Santo Domingo de Guzmán del distrito de Sicaya, Huancayo-2023* [Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/16074/5/IV_FIN_107_TE_Taipe_Paucar_2024.pdf

Tian, L., Zhou, P., Su, Z., Liu, T., Graham, N., Bond, T., & Yu, W. (2023). Insights into the properties of surface waters and their associated nanofiltration membrane fouling: The importance of biopolymers and high molecular weight humics. *Chemical Engineering Journal*, 451(P2), 138682. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138682>

Tiwari, A. K., Pal, S. L., Srivastava, N., Shah, M., Ahmad, I., Alshahrani, M. Y., & Pal, D. B. (2023). Bioadsorbent and adsorbent-based heavy metal removal technologies from wastewater: new insight. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(15), 13335–13356. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02343-1>

- Torres, J. C. (2023). *Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la comunidad de Cuchacmalca, distrito de Cochabamba – 2020* [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1682bb91-d6c6-489b-a9a7-e1b16ea6480a/content>
- Torres, V. C. (2024). *Determinación de Cloro residual en la red de distribución de agua potable en 14 centros poblados de la Provincia Daniel Alcides Carrión – Pasco – 2022* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/4595/1/T026_73383521_T.pdf
- Tourian, M. J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S., & Sneeuw, N. (2015). A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. *Remote Sensing of Environment*, *156*, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.006>
- Tufail, M., Nasir, M. J., Rahman, A., Kakakhel, S. I., Ashraf, M., & Tariq, A. (2025). Community perceptions of potable water quality and public health implications in flood-affected areas of Nowshera District, Pakistan. *World Development Perspectives*, *38*, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2025.100679>
- Tutz, G. (2023). Probability and non-probability samples: Improving regression modeling by using data from different sources. *Information Sciences*, *621*, 424–436. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.032>
- Ullah, H., Hafeez, S., Mian, I. A., Khan, A. A., Khan, A. A., & Khan, B. (2025). Seasonal microplastic pollution in surface water and sediments of the Swat and Kabul Rivers, Pakistan. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *13*(3), 117048. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117048>
- Ungureanu, N., Vlăduț, V., & Voicu, G. (2020). Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. *Sustainability*, *12*(21), 9055. <https://doi.org/10.3390/su12219055>
- Vaksmas, A., Knittel, K., Abdala Asbun, A., Goudriaan, M., Ellrott, A., Witte, H. J., Vollmer, I., Meirer, F., Lott, C., Weber, M., Engelmann, J. C., & Niemann, H. (2021). Microbial Communities on Plastic Polymers in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Microbiology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673553>

- Valderrama, R. E. (2023). *Efecto del sulfato de cobre sobre los organismos de vida libre en la plata de tratamiento de agua potable, El Milagro - 2023* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7ca662fd-b3f4-48af-957c-a4e64054ba34/content>
- Vázquez, L. M. R., Alvarado, D. A. C., Méndez, M. Á. S., Palacios, L. C., Ríos, G. S. A. de los Terrazas, E. Y., Peraza, E. F. H., & Talamantes, M. del C. A. (2024). DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN HIDALGO DEL PARRAL, CHIHUAHUA. In *Scientific and technological advances in environmental science* (pp. 105–130). South Florida Publishing. https://doi.org/10.47172/sfp2020.ed.978-65-83117-08-3_8
- Veras, C. E., Tobiasson, J., Marques, A. C., Lee, Y., & Kumpel, E. (2025). Seasonal Total Coliform Dynamics in a Drinking Water Reservoir. *Water Research*, 123850. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123850>
- Villegas, R. A. (2021). *Diseño de un reservorio circular de almacenamiento de agua potable ubicado en la ciudad de Lima de 2500 m³ de capacidad* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20561>
- Wan, X., & Xu, T. (2024). Water-assisted self-healing of polymeric materials. *European Polymer Journal*, 217, 113310. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2024.113310>
- Wang, J., Yin, W., Wang, L. X., Li, N. X., Hao, R., Xu, J. F., Xiao, H. B., Zhong, Z. M., Zhang, Y. P., & Shi, Z. H. (2022). Unraveling the effects of hydrological connectivity and landscape characteristics on reservoir water quality. *Journal of Hydrology*, 613(August), 128410. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128410>
- Winkler, A., Santo, N., Ortenzi, M. A., Bolzoni, E., Bacchetta, R., & Tremolada, P. (2019). Does mechanical stress cause microplastic release from plastic water bottles? *Water Research*, 166, 115082. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115082>
- Xian Wan Li. (2024). *¿Cuál es la diferencia entre CPE y PVC?* <https://es.wanli-safety.com/info/what-is-the-difference-between-cpe-and-pvc-93229914.html>

- Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., Wang, H., Lu, Z., Brookes, P. C., Tang, C., Gan, J., & Xu, J. (2020). Microplastics in the soil environment: Occurrence, risks, interactions and fate – A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(21), 2175–2222. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1694822>
- Xu, H., Yu, Z., Dong, C., Yao, W., & Xie, Y. (2025). Cap opening induced microplastic contamination in bottled water revealed by single particle FTIR imaging and analysis. *Food Control*, 111508. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111508>
- Xu, X., Zhu, T., Zheng, W., Xian, C., Huang, J., Chen, Z., Cai, W., Zhang, W., & Lai, Y. (2023). A robust and transparent hydrogel coating for sustainable antifogging with excellent self-cleaning and self-healing ability. *Chemical Engineering Journal*, 451, 137879. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137879>
- Yang, H., Dong, H., Huang, Y., Chen, G., & Wang, J. (2022). Interactions of microplastics and main pollutants and environmental behavior in soils. *Science of The Total Environment*, 821, 153511. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153511>
- Yang, J., Li, L., Li, R., Xu, L., Shen, Y., Li, S., Tu, C., Wu, L., Christie, P., & Luo, Y. (2021). Microplastics in an agricultural soil following repeated application of three types of sewage sludge: A field study. *Environmental Pollution*, 289(August), 117943. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117943>
- Yang, L., Kang, S., Luo, X., & Wang, Z. (2024). Microplastics in drinking water: A review on methods, occurrence, sources, and potential risks assessment. *Environmental Pollution*, 348, 123857. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123857>
- Yang, W., Cheng, P., Adams, C. A., Zhang, S., Sun, Y., Yu, H., & Wang, F. (2021). Effects of microplastics on plant growth and arbuscular mycorrhizal fungal communities in a soil spiked with ZnO nanoparticles. *Soil Biology and Biochemistry*, 155(August 2020), 108179. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108179>
- Yu, H., Yang, B., Waigi, M. G., Peng, F., Li, Z., & Hu, X. (2020). The effects of functional groups on the sorption of naphthalene on microplastics. *Chemosphere*, 261, 127592. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127592>

- Zandieh, M., & Liu, J. (2022). Removal and Degradation of Microplastics Using the Magnetic and Nanozyme Activities of Bare Iron Oxide Nanoaggregates. *Angewandte Chemie*, 134(47). <https://doi.org/10.1002/ange.202212013>
- Zhang, C., Struewing, I., Mistry, J. H., Wahman, D. G., Pressman, J., & Lu, J. (2021a). Legionella and other opportunistic pathogens in full-scale chloraminated municipal drinking water distribution systems. *Water Research*, 205(February), 117571. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117571>
- Zhang, C., Struewing, I., Mistry, J. H., Wahman, D. G., Pressman, J., & Lu, J. (2021b). Legionella and other opportunistic pathogens in full-scale chloraminated municipal drinking water distribution systems. *Water Research*, 205, 117571. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117571>
- Zhang, J., Wang, L., Trasande, L., & Kannan, K. (2021). Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces. *Environmental Science & Technology Letters*, 8(11), 989–994. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00559>
- Zhang, N., Li, Y. Bin, He, H. R., Zhang, J. F., & Ma, G. S. (2021). You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing. *Science of The Total Environment*, 767, 144345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144345>
- Zhou, G., Wu, Q., Wei, X.-F., Chen, C., Ma, J., Crittenden, J. C., & Liu, B. (2023). Tracing microplastics in rural drinking water in Chongqing, China: Their presence and pathways from source to tap. *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132206. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132206>
- Zhou, Yu, Zou, K., Wang, X., Wang, Z., Song, W., Du, X., & Lin, D. (2025). Water quality and biofilm growth in drinking water distribution systems with the low-dose sodium hypochlorite disinfection after ultrafiltration pretreatment. *Journal of Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2025.04.083>
- Zhou, Yujie, Wang, J., Zou, M., Jia, Z., Zhou, S., & Li, Y. (2020). Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Science of The Total Environment*, 748, 141368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141368>

Zhou, Z., Zhang, P., Zhang, G., Wang, S., Cai, Y., & Wang, H. (2021). Vertical microplastic distribution in sediments of Fuhe River estuary to Baiyangdian Wetland in Northern China. *Chemosphere*, 280(May), 130800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130800>

ANEXOS

Toma de muestras en campo.

Anexo 1. Punto de monitoreo 02 de cada vivienda.



Anexo 2. Toma de muestras en tanques de reserva domiciliaria.



Anexo 3. Muestras representativas para análisis de parámetros fisicoquímicos.



Anexo 4. Toma de muestras para la determinación bacteriológica.



Ensayos en laboratorio parámetros fisicoquímicos

Anexo 5. Análisis de parámetros fisicoquímicos.



Anexo 6. Calibración para determinar el metal pesado plomo.



Anexo 7. Análisis de amoníaco en muestras de agua de consumo.



Anexo 8. Determinación de metales pesados como plomo y cadmio.



Ensayos en laboratorio de parámetros microbiológicos.

Anexo 9. Preparación del Agar EMB para determinar bacterias.



Anexo 10. Distribución del Agar EMB en placas Petri.



Determinación de microplásticos.

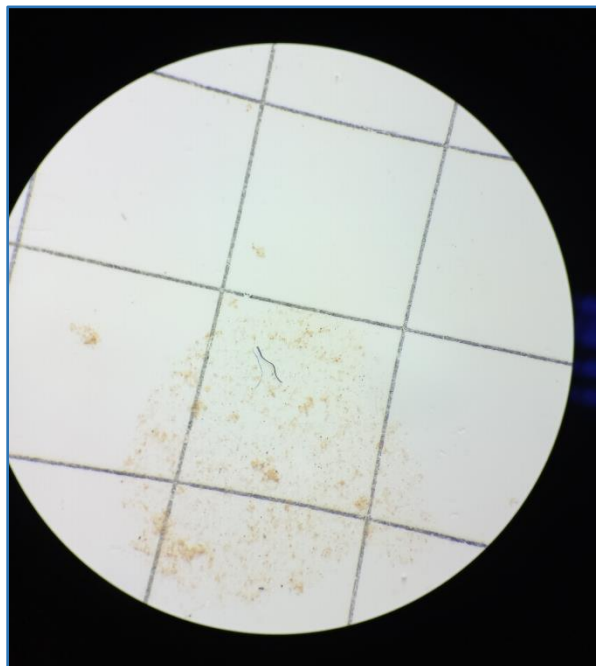
Anexo 11. Determinación y cuantificación de microplásticos.



Anexo 12. Caracterización de microplásticos en el laboratorio de microplásticos.



Anexo 13. Identificación de microplástico (MPs) de color azul, de tipo fibra.



Anexo 14. Identificación de microplástico (MPs) de color blanco de tipo fibra.



Anexo 15. Equipo microscopio infrarrojo facultad de química - UNSA.



Anexo 16. Equipo FTIR para la caracterización de MPs – UNSA.



UWU