

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

**EFFECTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y EXCRETAS
HUMANAS DE LA COMUNIDAD DE HUACARIZ-CAJAMARCA EN
LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MASHCÓN, 2018-2019**

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. CARLOS ALBERTO AMORÓS DELGADO

Asesora:

Dra. FLOR DE MARÍA GARCÍA ACOSTA

Cajamarca, Perú

2022

COPYRIGHT © 2023 By
CARLOS ALBERTO AMORÓS DELGADO
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

EFFECTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y EXCRETAS HUMANAS DE LA COMUNIDAD DE HUACARIZ-CAJAMARCA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MASHCÓN, 2018-2019

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. CARLOS ALBERTO AMORÓS DELGADO

JURADO EVALUADOR

Dra. Flor De María García Acosta
Asesora

Dr. Marco Antonio Rivera Jacinto
Jurado Evaluador

Dra. Leticia Noemí Zavaleta Gonzales
Jurado evaluador

Dra. Irma Agustina Mostacero Castillo
Jurado evaluador

Cajamarca, Perú

2022



Universidad Nacional de Cajamarca

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 090-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERÚ



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 4:00 horas, del día 21 de julio de dos mil veintidós, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el, **Dr. MARCO ANTONIO RIVERA JACINTO**, **Dra. LETICIA NOEMI ZAVALETA GONZALES**, **Dra. IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**, y en calidad de Asesora la **Dra. FLOR DE MARIA GARCIA ACOSTA**, Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**EFFECTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS Y EXCRETAS HUMANAS DE LA COMUNIDAD DE HUACARIZ - CAJAMARCA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO MASHCÓN, 2018-2019**”, presentada por el Maestro en Ciencias en Recursos Naturales **CARLOS ALBERTO AMORÓS DELGADO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó aprobar con la calificación de Dieciséis (16) la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Ciencias en Recursos Naturales **CARLOS ALBERTO AMORÓS DELGADO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención en Gestión Ambiental y Recursos Naturales.

Siendo las 5:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dra. Flor De María García Acosta
Asesora

.....
Dr. Marco Antonio Rivera Jacinto
Jurado Evaluador

.....
Dra. Leticia Noemi Zavaleta Gonzales
Jurado Evaluador

.....
Dra. Irma Agustina Mostecero Castillo
Jurado Evaluador

A la memoria de mis padres Esperanza y Alberto y hermano Humberto, a mis
hermanos, Oscar, Rosario de Pilar y Jaime

Tabla de contenido

| | |
|---|-----|
| Capítulo I | 1 |
| Introducción..... | 1 |
| Objetivo General..... | 6 |
| Hipótesis..... | 7 |
| Capítulo II..... | 8 |
| Marco Teórico | 8 |
| Bases teóricas | 30 |
| <i>Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM</i> | 86 |
| Capítulo III..... | 91 |
| Materiales y Métodos | 91 |
| Capítulo IV..... | 125 |
| Resultados y Discusión..... | 125 |
| Conclusiones | 141 |
| Recomendaciones | 142 |
| Referencias Bibliográficas | 143 |
| Apéndices..... | 161 |

Tablas

| | | |
|-----------------|---|------------|
| Tabla 11 | Tabla 1 Estándares Nacionales de Calidad ambiental para agua | 21 |
| Tabla 2 | Clasificación del Índice Prati | 25 |
| Tabla 3 | Logística requerida durante el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales..... | 72 |
| Tabla 4 | Normas Generales de Seguridad..... | 73 |
| Tabla 5 | Equipos de Protección Personal..... | 74 |
| Tabla 6 | Clasificación de los Residuos Sólidos | 78 |
| Tabla 7 | Tamaño de Muestra para Diversas Cantidades de Viviendas en las Ciudades..... | 81 |
| Tabla 8 | Residuos Sólidos Domiciliarios | 82 |
| Tabla 9 | Caracterización de los Residuos Sólidos | 84 |
| Tabla 10 | Clasificación del Agua Según Uso | 89 |
| Tabla 11 | Agua Categoría 3..... | 90 |
| Tabla 12 | Tamaño de muestra para diversas cantidades de viviendas en la comunidad Huacariz | 94 |
| Tabla 13 | Logística requerida durante el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos comunidad Huacariz | 98 |
| Tabla 14 | Normas Generales de Seguridad para el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos | 99 |
| Tabla 15 | Equipos de Protección Personal..... | 100 |
| Tabla 16 | Estaciones de Muestreo..... | 113 |
| Tabla 17 | Métodos para el Análisis Físicoquímico y Bacteriológico del Agua del rio Mashcón 2018 - 2019 ... | 115 |
| Tabla A1 | pH del Agua en las Estaciones de Muestreo..... | 161 |
| Tabla A2 | Turbiedad del Agua en las Estaciones de Muestreo..... | 167 |
| Tabla A3 | Cloruros del Agua del Rio Mashcón en los Diferentes Puntos de Muestreo..... | 168 |
| Tabla A4 | Dureza Total (mg/L) del Agua del Río Maschón | 169 |
| Tabla A5 | Sólidos Totales Disueltos | 170 |
| Tabla A6 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 171 |
| Tabla A7 | Oxígeno Disuelto del Agua del Rio Mashcón | 172 |
| Tabla A8 | Nitratos en el Agua del Rio Mashcón | 173 |
| Tabla A9 | Fosfato en el Agua del Rio Mashcón | 174 |

| | |
|---|------------|
| Tabla A10 Sulfatos en el Agua del Rio Mashc3n | 175 |
| Tabla A11 Aceites y Grasas en el Agua del rio Mashc3n..... | 176 |
| Tabla A12 Coliformes Totales..... | 177 |
| Tabla A13 Coliformes Termotolerantes..... | 178 |

Figuras

| | |
|--|--------------------------------------|
| Figura 1 Fuentes de Agua de la Cuenca Mashcón | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 2 Hidrografía de las Cuencas Mashcón y Chonta | 36 |
| Figura 3 Mapa de la Comunidad Huacariz por donde Discurre el río Mashcón | 37 |
| Figura 4 Ciclo de los Residuos Sólidos | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 5 Flujograma de las etapas para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos ... | 68 |
| Figura 6 Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios cuando se tiene un Sector | 76 |
| Figura 7 Método del cuarteo | 83 |
| Figura 8 Río San Lucas, Río Mashcón, Río Chonta y Río Cajamarquino | 92 |
| Figura 9 Generación de Residuos Sólidos Comunidad Huacariz | 101 |
| Figura 10 Toma de Muestras de Residuos Sólidos..... | 107 |
| Figura 11 Muestras Llevadas al Laboratorio para su Procesamiento..... | 108 |
| Figura 12 Determinación de la Densidad de los Residuos Sólidos | 110 |
| Figura 13 Determinación de la Composición Física de los Residuos Sólidos Comunidad Huacariz..... | 111 |
| Figura 14 Determinación de la Composición Física de los Residuos Sólidos Comunidad Huacariz..... | 111 |
| Figura 15 Curva de Calibración para la Determinación de Nitratos | 120 |
| Figura 16 Densidad de los Residuos Sólidos | 126 |
| Figura 17 Composición porcentual de los Residuos Sólidos Generados por la Comunidad Huacariz | 127 |
| Figura 18 Datos Orina y Heces..... | 128 |
| Figura 19 Temperatura y pH del Agua del Río Mashcón..... | 130 |
| Figura 20 Turbiedad, DBO5, Oxígeno Disuelto, Nitratos y Fosfatos | 132 |
| Figura 21 Sólidos Totales y Cloruros | 135 |
| Figura 22 Sulfatos, Aceites y Grasas..... | 138 |
| Figura 23 Coliformes Totales y Termotolerantes | 140 |

Lista de abreviaciones

ANA: Autoridad Nacional del Agua
APHA: American Public Health Association (Asociación Americana de Salud Pública)
BMWP: Biological Monitoring Working Party (Grupo de Trabajo de Vigilancia Biológica)
PET. Polietileno tereftalato-poliéster
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
CEPIS: Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales)
ECA: Estándares de Calidad Ambiental
EFA: Entidad de Fiscalización Ambiental
INEI: Instituto Nacional de Estadística e informática
LMP: Límite Máximo Permisible
MINAM: Ministerio del Ambiente
NMP: Numero más Probable
NOM: Normas Oficiales Mexicanas
OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS: Organización Mundial de la Salud
ONERN: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
PIGARS: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Solidos
PMRS: Plan de Manejo de Residuos Solidos
SEIA: Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SDT: Solidos Disueltos Totales
SST: Solidos Suspendidos Totales
STV: Solidos Totales Volátiles
USEPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estado Unidos)

Resumen

El presente trabajo de investigación trata sobre el efecto de los residuos sólidos que genera la comunidad Huacariz en la calidad del agua del río Mashcón, región Cajamarca; para tal efecto se midió la generación de residuos sólidos y excretas de parte de los pobladores de dicha comunidad y para el caso de la calidad del agua de este río se consideró cuatro estaciones en el recorrido del río Mashcón por la comunidad Huacariz, durante los años 2018-2019. Se evaluó la temperatura, pH, turbiedad, dureza total, sólidos totales disueltos, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, cloruros, nitratos, fosfatos, sulfatos, aceites y grasas, coliformes totales, coliformes termotolerantes. Los parámetros fisicoquímicos se evaluaron utilizando los métodos oficiales de la American Public Health Association (APHA).

Los resultados de la generación de residuos sólidos nos arrojan un valor de 0,66 kg per cápita, siendo el plástico PET (23,36 %) y restos de medicamentos (12,10 %) los que dan los valores más altos y el más bajo las telas, textiles (2,33 %). El volumen y masa promedio de orina fue de 1 335,70 mL y de heces de 401,40 g. Los análisis de los parámetros físicos (pH, temperatura, turbiedad) se encontraron dentro de los rangos establecidos por los ECA. Para los parámetros químicos, el oxígeno disuelto (OD) arroja valores superiores a los establecidos por los ECA. El 16,21 mg/L mes de setiembre-2018, el más bajo en la E2 con 3,55 mg/L en el mes de marzo-2018; la demanda bioquímica de oxígeno en la E1 con 15,13 % set-18, está por encima de los ECA. En cuanto a la dureza total corresponde a un agua dura; los fosfatos (18,34 mg/L, E3- agosto-18) y los aceites y grasas (E1 58,50 mg/L, Set-18) se encuentran muy por encima de los valores ECA. Igualmente, para el caso de coliformes totales y termotolerantes se halló valores elevados. Lo que nos indica que si hay efecto de las excretas humanas y residuos sólidos en la calidad del agua del río Mashcón.

Palabras clave: calidad de agua, río Mashcón, residuos sólidos, excretas humanas (orina y heces)

Abstract

This research work deals with the effect of solid waste generated by the Huacariz community on the water quality of the Mashcón river, Cajamarca region; For this purpose, the generation of solid waste and excreta by the inhabitants of said community was measured and in the case of the quality of the water of this river, four stations were found along the Mashcón River through the Huacariz community, during the years 2018-2019. Temperature, pH, turbidity, total hardness, total dissolved solids, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, chlorides, nitrates, phosphates, sulfates, oils and fats, total coliforms, thermotolerant coliforms were evaluated. Physicochemical parameters are evaluated using the official methods of the American Public Health Association (APHA).

The results of the generation of solid waste give us a value of 0.66 kg per capita, with PET plastic (23.36 %) and drug residues (12.10 %) giving the highest values; and the lowest. under fabrics, textiles (2.33 %). The urine volume was 1,335.70 mL and the stool mass was 401.40 g.

The physical parameters tests (pH, temperature, turbidity) were found within the ranges established by the ECA. For chemical parameters, dissolved oxygen (DO) shows values higher than those established by the ECA. E1 16.21 mg/L in September-2018, the lowest in E2 with 3.55 mg/L in March-2018; the Biochemical Oxygen Demand in the E1 with 15.13 % set-18, is above the ECA. As for the total hardness, it corresponds to hard water; phosphates (18,34 mg/L, E3-Augut-18) and oils and fats are well above the ECA. values. Oils and fats (E1 58.50 mg/L, Sep-18) are well above the ECA values. Likewise, for the case of Total and thermotolerant coliforms, high values were found. This indicates that there is an effect of human excreta and solid waste on the water quality of the Mashcón River.

Keywords: Water quality, MashcoCn river, solid waste, human excreta (urine and stoll)

Capítulo I

Introducción

Considerando que el agua es un elemento vital para la vida ya que gracias a ella es posible que se lleven a cabo las diferentes reacciones químicas necesarias para la obtención de los nutrientes necesarios para el mantenimiento de la vida, y que además es posible que sufra procesos de contaminación, sobre todo la proveniente de la actividad humana o antrópica, es por ello que hay la necesidad de conocer si la actividad humana afecta los recursos hídricos, en especial los de nuestro medio, como son los ríos, lagos, lagunas, etc., y, para tal caso el río Mashcón. En tal sentido se propuso hacer el estudio de los efectos sobre el agua del río Mashcón debido a la generación de residuos sólidos por la comunidad Huacariz en la ciudad de Cajamarca. En tal sentido al observar que el río Mashcón tiene muestras evidentes de contaminación se planteó esta investigación.

La comunidad Huacariz se ubica en la margen derecha del río Mashcón por lo que la actividad de la comunidad puede influir en la calidad del agua del río Mashcón sobre todo porque no cuenta con servicio de agua potable y desagüe, tampoco de recojo de los residuos sólidos.

Problema de la investigación

El manejo de los residuos sólidos en la comunidad de Huacariz no son realizados adecuadamente debido a que no se realiza el recojo adecuado y oportuno por estar relativamente alejada de la zona urbana, ya que el carro recolector pasa esporádicamente, y el recojo solo alcanza una zona bastante alejada de la comunidad, de manera que o son almacenados por un tiempo o son tirados al canal de regadío que cruza por la comunidad y que desemboca en el río Mashcón, lo cual causa contaminación del agua, suelo y aire, especialmente por los lixiviados que se generan de los residuos sólidos. Además, debemos

considerar que, al no contar con abastecimiento de agua y desagüe, se utilizan pozos sépticos para las deposiciones los cual por percolación va a llegar a la napa freática y por tanto llegará al río Maschón, por lo que cabe hace algunas interrogantes ¿Cómo influyen los residuos sólidos en la calidad del agua del rio Mashcón? ¿Cómo producen alteración del ambiente circundante en el agua? ¿Las excretas son fuente de contaminación para el agua de este río?

Cajamarca no es ajena a esta problemática, por lo que es necesario se realicen estudios tendientes a conocer la calidad de agua de las diversas fuentes, tal como la del río Mashcón el cual se ve perjudicado por la mala práctica de muchos pobladores de arrojar sus residuos al cauce de los ríos que discurren por nuestra ciudad. Es por esta razón se planteó realizar la presente investigación para contribuir al manejo adecuado y racional de nuestras fuentes de agua.

El agua es una sustancia vital para la vida. Todas las cosas vivientes, incluyendo los alimentos de origen vegetal y animal, están hechas principalmente de agua, no sólo es parte integral de ellos, sino que muchos de los cambios que tienen lugar cuando se combinan o se procesan, sólo se realizan debido a la presencia de agua.

Korbut (2019, citado en Larramedí, 2021) indica que el agua es un recurso natural cuya finitud y vulnerabilidad resultan de fundamental importancia, ya que sin ella no podría existir la vida en el planeta. Si se considera toda el agua que existe en la Tierra, el volumen es asombrosamente enorme, unos 1 400 millones de km³, sin embargo, de todo ello solamente el 3 % es agua dulce y de ésta casi el 70 % se encuentra en las capas de hielo de los polos y en los glaciares (MINAN, 2019).

En la ciudad de Cajamarca, el 70 % del agua de desagüe va hacia las pozas de oxidación ubicadas en la antigua carretera hacia Baños del Inca, el resto desemboca en el río Mashcón, produciendo la contaminación del agua de este río, lo cual, dependiendo de

las zonas, afecta el desarrollo de actividades económicas tales como la ganadería y el turismo. Así mismo, muchos de los ganaderos de las zonas por donde discurre el desagüe, utilizan esta agua de desagüe para regar el pasto que consumen las vacas criadas por dichos ganaderos con el consecuente peligro que representa para los pobladores de Cajamarca.

Igualmente el río San Lucas, tributario del río Mashcón que desemboca a la altura del centro poblado Bella Unión, constituye fuente de ingreso de contaminantes que viene arrastrando a lo largo de su recorrido por el centro de la ciudad de Cajamarca donde se arroja todo tipo de materiales, particularmente residuos sólidos domésticos y no domésticos como colchones, animales muertos, zapatos viejos, así como la presencia de tuberías de desagües de las casas aledañas al cauce de río que se vierten directamente al río, siendo un factor contaminante (Calla, 2019. p.30).

Adicionalmente, la contaminación de agua procedente de los efluentes de los hogares evidencia la falta de planificación en el proceso de expansión de las ciudades. El reconocimiento de las invasiones por parte del Gobierno presiona que se instalen los servicios públicos en lugares no previstos, lo cual exige a las empresas prestadoras de dichos servicios a efectuar inversiones a costos frecuentemente superiores al estándar (por lo general las invasiones están ubicadas en laderas de cerros y lugares poco accesibles).

La ciudad de Cajamarca ha registrado tasas de crecimiento poblacional el año 2017 de - 0,3 % (Banco Central de Reserva del Perú [BCR], 2019) (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). La autoridad local, por distintas razones, tales como carencia de recursos y ausencia de una planificación adecuada, no ha atendido oportunamente las exigencias de servicios de saneamiento básico. El resultado es que muchos hogares de escasos ingresos no cuentan con los servicios básicos de

abastecimiento de agua y desagüe, por lo que estarían expuestos a sufrir problemas de salud por dicha escasez.

De manera puntual, en zonas ribereñas del río Mashcón como la comunidad de Huacariz, las principales actividades son las labores agropecuarias, como la siembra de alfalfa, papa, hortalizas; crianza de vacunos, equinos, porcinos, animales menores. Esto implica la preparación de terreno, siembra de pastos (Rye grass-trébol blanco) y, consecuentemente, el uso de abonos orgánicos y/o químicos. Para la realización de las labores domésticas como son aseo personal, preparación de alimentos, limpieza de vajilla y ropa, utilizan agua del río o la que se obtiene generalmente de pozos artesianos, para las excretas se utiliza pozos ciegos.

En base a la importancia de la correcta disposición los residuos sólidos que, generados por la actividad humana, se tuvo en consideración la realización de la evaluación de lo que acontece en la comunidad Huacariz, tanto por la generación de residuos sólidos como por la influencia del agua del río Mashcón que discurre por la mencionada comunidad.

Además, es necesario mencionar que en Cajamarca se produce alrededor de 140 toneladas de basura y 194 litros por segundo de aguas residuales diariamente. Los sólidos producen un peligroso compuesto químico, y el líquido va a los ríos con un alto contenido de coliformes. Luego de su recolección, los residuos son trasladados al relleno sanitario ubicado en el sector Cochambul, carretera Namora, donde son compactados. Estos lugares sufren procesos físicos y químicos que producen aguas lixiviadas, un compuesto que contiene mercurio, cadmio, litio y plomo, sustancias dañinas para la salud y el medio ambiente (Rojas, 2015). Ahora bien, si se considera el sistema de formación de los suelos, así como de las mantas freáticas, muchas se vierten en las aguas del río Mashcón.

Para la consecución de esta propuesta se realizó visitas al área en estudio y entrevistas con los integrantes de algunas familias para informarnos como disponían sus residuos sólidos y excretas; para posteriormente coordinar sobre su participación en el proyecto. En cuanto al muestreo del agua se utilizó el método establecido por la normatividad vigente, procediendo de igual forma para el análisis de agua utilizando las técnicas analíticas correspondientes y se procedió al procesamiento de los resultados.

Por todo lo anteriormente expuesto se consideró necesario realizar la presente investigación dado que no se dispone de información que nos indique cuál es la calidad del agua del río Mashcón y, si la misma viene siendo afectada de manera importante debido a la contaminación por residuos sólidos y excretas humanas en la zona de estudio en desmedro de la calidad de vida de los pobladores de la comunidad de Huacariz.

Para una mejor orientación, la presente tesis se organizó de la siguiente manera:

Capítulo I, que corresponde a la Introducción, donde se planteó las preguntas que guiaron la investigación, la justificación, los objetivos y la hipótesis.

Capítulo II, Marco Teórico donde citan, exponen y sustentan los conceptos y teorías principales de especialistas que le dan fundamento a la presente investigación.

Capítulo III, Materiales y Métodos, se indica la ubicación, técnica e instrumental usados para la colecta, registro de la data fisicoquímica y procesamiento.

Capítulo IV, Resultados y Discusión, se muestra la data de registros y colectas procesadas, con una discusión y análisis de la investigación.

Capítulo V, Conclusiones, se responde a la pregunta formulada en la introducción, y que deriva como evidencia científica.

Capítulo VI, Referencias bibliográficas, para lo cual se usó las normas APA.

Capítulo VII, Anexos.

Por ello se planteó el siguiente problema, general y problemas específicos:

Problema General

¿Cuál es el efecto de la presencia de residuos sólidos y excretas humanas de la Comunidad de Huacariz –Cajamarca en la calidad del agua del Río Mashcón?

Problemas Específicos

¿Cuáles son las características de los residuos sólidos y excretas humanas de la comunidad de Huacariz y cuáles sus procesos de generación y eliminación?

¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas del río Mashcón antes, durante y después de su paso por la comunidad de Huacariz?

¿En qué grado se modifican las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del río Mashcón como consecuencia de la descarga de residuos sólidos y excretas humanas en la comunidad de Huacariz?

Objetivo General

Determinar el efecto de los residuos sólidos y excretas humanas de la Comunidad de Huacariz en la calidad de las aguas del río Mashcón.

Objetivos Específicos

Caracterizar la generación de residuos sólidos y excretas humanas en la Comunidad de Huacariz.

Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del río Mashcón.

Establecer en que grado los residuos sólidos y excretas humanas de la Comunidad de Huacariz afectan la calidad de agua del río Mashcón.

Hipótesis

Los residuos sólidos y excretas humanas procedentes de la Comunidad de Huacariz influyen en la calidad de agua del río Mashcón, 2018-2019.

Variable Independiente:

- Residuos sólidos:
 - Domésticos
 - Agrícolas
 - Pecuarios

- Excretas:
 - Heces
 - Orina

Variable Dependiente:

- Calidad del agua

Capítulo II

Marco Teórico

Antecedentes

Aguirre, (2019) en su estudio de residuos sólidos urbanos (RSU) en el distrito de Huánuco, concluye que los RSU influyen significativamente en la contaminación del medio ambiente del distrito de Huánuco - 2018, tal afirmación se demuestra en esta investigación que contiene suficientes evidencias estadísticas (p.vii).

Esparza (2021) sobre los residuos sólidos:

La generación de residuos sólidos urbanos representa una de las mayores problemáticas de la actualidad. En primer lugar, porque el volumen y la composición de la basura se ha incrementado y modificado por el nuevo estilo de consumo (se redujo el desecho orgánico, de papel y vidrio y aumentó el de plástico) y, en segundo lugar, por ser una problemática social, producto de la situación económica de los modelos neoliberales actuales. Este trabajo fue realizado en la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, en donde se han analizado basurales de difícil erradicación (basurales de gran escala) y de fácil erradicación (basurales de escala media y pequeña).

Como resultado se determinó que la población afectada es de 46 010 habitantes, de los cuales el 46 % pertenece a basurales en áreas inundables y el 32,45 % a basurales en asentamientos precarios. En el caso de los basurales de difícil erradicación, aquellos que comprometen imperiosamente la salud pública, se observó que los mismos promueven la proliferación de vectores contaminantes -acuíferos y terrestres, así como enfermedades cutáneas y respiratorias en niños y adultos mayores. El origen de los mismos, generalmente se produce por la falla

en el sistema de infraestructura integral y luego, por ser vertederos ilegales de uso público y privado. En tal sentido, la identificación y caracterización de estos, así como la cantidad de población y superficie afectada, permitiría determinar acciones para una eventual mitigación y/o erradicación como parte de un plan de ordenamiento urbano integral. (p. 357)

Aguilar, et al. (2018) en la investigación sobre inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto ambiental señalan que dicha investigación:

Se desarrolló con el propósito de determinar el impacto del inadecuado uso de residuos sólidos en la contaminación ambiental del distrito de Julcán, Perú. Se trabajó con una muestra de 70 viviendas; así mismo se ha empleado dos cuestionarios confiables y debidamente validados para la recolección de datos de las variables en estudio y se procesó la información a través del software de estadística para ciencias sociales (SPSS V23). Se concluyó que el inadecuado uso de residuos sólidos impacta en la contaminación ambiental según el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $-0,180$, con un nivel de significancia menor al 5 % de significancia estándar ($P= 0,042 < 0,05$), asimismo observamos que el estadístico Rho de Spearman es $-0,252$, con un nivel de significancia menor al 5 % de significancia estándar ($P= 0,045 < 0,05$). (p. 401)

Sánchez (2019), en la evaluación de los lixiviados del botadero de Carhuashjirca Huaraz, Ancash, concluye que:

Los parámetros fisicoquímicos de los lixiviados están dentro de los límites máximos permisibles; pero los parámetros de metales totales, microbiológicos y bioquímicos sobrepasan estos límites según la normativa ambiental vigente; por tanto, convierten a este lixiviado en una sustancia potencialmente contaminante

para la quebrada Vientojirca. El agua del cuerpo natural de la quebrada Vientojirca no es apta para consumo humano. (p.v)

Otro autor indica que:

En el estudio para evaluar el riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el manejo de los lixiviados (abril, mayo, junio y julio de 2017). De los datos obtenidos y del análisis respectivo, se determinó que la carga tóxica del lixiviado de la poza 2 de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca y su respectiva caracterización, es significativa; por ende y de la evaluación del nivel del riesgo ambiental, según su nivel de peligrosidad, así como el grado de afectación de la salud humana y animal, y de los ecosistemas, el riesgo ambiental también es significativo. (Gonzales, 2018, p. xiv)

Según otro autor:

Al evaluar los impactos en el medio ambiente y la salud, originados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos en la quebrada “El Atajo” sector Rondón, en base a la determinación de parámetros físicos (T°, pH, oxígeno disuelto y conductividad), químicos (DQO, DBO₅, SST y dureza), microbiológico (coliformes totales y termotolerantes), análisis de metales pesados (Hg, Pb, Cd) y a través de la utilización de la matriz según Conesa. Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 4. La toma de muestras se realizó durante las épocas creciente y estiaje estableciéndose cinco estaciones de muestreo en lugares estratégicos del trayecto de la quebrada (E1; E2; E3) y en el río Sonche (E4; E5); algunas de las muestras fueron analizadas en el laboratorio de investigación de suelos y aguas de la universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza –Amazonas.

Los resultados de los análisis de los parámetros físicos en la época creciente se encontraron dentro de los rangos establecidos por los ECA –agua, mientras que en la época de estiaje en la E2 (4,75 mg/L); y E3 (3,75 mg/L) el nivel de oxígeno disuelto se encontró por debajo de los ECA. Para los parámetros químicos en la época creciente los valores de la DBO₅ se encontraron por debajo de los ECA; el resultado del análisis de SST en la E2 (130 mg/L) sobrepasó lo establecido en los ECA; así mismo en la E1 (96 mg/L) se obtuvo un valor cercano a lo permitido. En la época de estiaje todos los valores se encontraron por debajo de los ECA, por otro lado, los análisis de metales pesados resultaron elevados con respecto a los ECA. Se encontró que los efectos en la salud fueron enfermedades de tipo respiratoria con un 38 %. De acuerdo a la matriz Conesa se obtuvo un impacto calificado como severo. (Carranza, 2019, p. ix)

Quispe, (2019) al realizar el estudio de la gestión de residuos sólidos y contaminación ambiental en la región R de Huaycán señala que, con una muestra de 102 familias siendo el muestreo de tipo no probabilístico. La técnica empleada para la recolección de información fue la encuesta, y los instrumentos de recolección de datos fueron a través de los cuestionarios sobre la gestión de residuos sólidos y el cuestionario niveles de contaminación ambiental, debidamente validados por juicio de expertos y determinando su confiabilidad a través del Alfa de Cronbach siendo su resultado de 0,76 para gestión de residuos sólidos y 0,87 niveles de contaminación ambiental respectivamente. Concluye que existe relación significativa entre la gestión de residuos sólidos y los niveles de contaminación ambiental en la zona R de Huaycán - Ate, 2019, con un nivel de significancia de .000. (p. xi)

Cruz, et al. (2020) al referirse a la generación de residuos sólidos urbanos indica que:

La generación de residuos sólidos urbanos se produce como resultado de las actividades propias de los seres humanos. Los problemas que trae consigo se deben al descontrol de la disposición final, causando deterioro al medio ambiente que los rodea. Los residuos sólidos urbanos ocasionan gran cantidad de agentes contaminantes en los que se destacan los metales pesados, ya que repercuten nocivamente al ecosistema. El municipio de Veracruz cuenta con un relleno sanitario que opera como tiradero a cielo abierto que podría estar causando un impacto sobre los cuerpos de agua cercanos.

Al evaluar la presencia de metales pesados Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en sedimentos del Río Grande, adyacente al relleno sanitario. Se establecieron tres sitios de muestreo durante temporadas de lluvias y estiaje. Los resultados mostraron la presencia de todos los metales; la mayor concentración encontrada de Pb en el sitio 1 fue durante la temporada de lluvia con 0,1535 mg/kg, para el caso de Zn, demostró un comportamiento significativamente distinto entre el sitio 1 y 3; por otro lado, la concentración de As reportó valores hasta los 0,1578 mg/kg. Se observa que el río trae consigo metales, a causa de otras fuentes puntuales antes de acercarse al relleno sanitario. De los resultados obtenidos, sólo As supera los LMP de la NOM 001 de la SEMARNAT; normativa mexicana más cercana con la que pudiera ser comparada. (p.53)

Según otro autor:

Los residuos sólidos son el resultado de lo que se genera en todas las actividades humanas, los cuales representan una problemática, pero hoy en día esta problemática se ha incrementado debido al aumento de la población, incremento de enfermedades y la composición de residuos sólidos. Perú, al igual que muchos países no cuenta con datos

actualizados sobre las características físicas de los residuos sólidos para poder proponer condiciones de manejo de residuos sólidos. La localidad de Constitución, enfrenta el mismo problema donde en la actualidad no se realiza actividades de reaprovechamiento ni se tiene programas de manejo de residuos sólidos, debido al poco interés por parte de las autoridades y a la carencia de estudios sobre el tema es por eso que se realizó la investigación “Caracterización física de los residuos sólidos para la ciudad de Constitución - Distrito de Constitución –Provincia de Oxapampa-Pasco” con la finalidad de generar información básica cuantitativa de las cantidades y características de los residuos sólidos. Según la metodología descrita por CEPIS y según la metodología del MINAM acorde a la meta de cumplimiento para las municipalidades se realizó la caracterización de residuos sólidos del distrito de Constitución que fue realizada en 8 días, del 04 al 11 de octubre del 2016. Se estratifico a la localidad de Constitución en zona I y II (Quinta Etapa y Cuarta Etapa respectivamente). Entre los principales resultados se encuentran: una producción Per-cápita de 0,605 Kg/hab./día, una producción total de residuos sólidos de 4 032,84 Kg/día, de los cuales 3 261,55 Kg/día corresponden al sector domiciliario, 485,74 Kg/día a los comercios, 224,75 Kg/día a las instituciones educativas, 60,8 Kg/día a los servicios de limpieza pública y una densidad de 103,02 Kg/m³, siendo la materia orgánica el componente de mayor proporción con 62,30 % en la generación de residuos sólidos. (Saavedra, 2018. p. ix)

Montalvo y Quispe (2018) con relación a la contaminación del agua superficial por lixiviados de un relleno sanitario señalan que:

La presente investigación trata sobre la contaminación del agua de manantiales por los lixiviados originados en un relleno sanitario, la cual a través del análisis y la interpretación de datos obtenidos de artículos científicos que se obtuvieron mediante las páginas de Scielo, redalyc, Google académico. Se determinará el grado de contaminación

que los lixiviados generan en el agua superficial teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos. Las modificaciones en parámetros tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, STD, STS y STV, metales pesados, Cr⁶⁺, CN-total, N-NH₃, N-NO₂, N-NO₃, N total, P total, son indicadores de la calidad del agua. Como conclusión los lixiviados de un relleno sanitario generan un alto grado de contaminación alterando los parámetros fisicoquímicos del agua siendo este muy alto puesto que al infiltrarse en las capas del suelo y entrar en contacto con el agua se alteran los parámetros químicos de NO₃, Pb, aumento de cloruros, Mn, Fe, DQO, DBO, además de la fuerte acumulación de metales pesados como (Cr, Ni, Zn, As, Ba, y Pb) debido a las limitadas concentraciones aeróbicas estos superan los límites de la legislación de la NOM y la US EPA. (pp.5-16)

Villalba (2012, citado por Champi y Villalba, 2014) En el estudio de "evaluación y propuesta de manejo de residuos sólidos en la Localidad de Checacupe", la existencia de botaderos clandestinos tanto en las vías públicas como riberas del Río Vilcanota y Pitumarca son focos infecciosos tanto para el recurso hídrico, suelo y proliferación de insectos que son los principales vectores de enfermedades que afectan en la salud del Hombre.

Cahuaya (2017) informa que:

La generación per capita de residuos sólidos en viviendas urbanas de la ciudad de Yunguyo, agosto a octubre de 2017 corresponde a 0,30 kg/hab./día. La composición de los residuos sólidos de la ciudad de Yunguyo se puede describir como variada pero con marcadas diferencias; en primer lugar se encuentra la materia orgánica con un 32,80 %, seguido de residuos inertes conformados por un 20 % tal como arena y tierra, sanitarios con 7,95 %, bolsas 8,40 %, papel con 5,13 %, plástico PET con un 3,97 %, cartón 3,37 %, latas con un 2,39 %, madera y

follaje con un 2,12 %, telas o textiles 2,01 %, vidrio 1,84 %, envolturas con 1,78 %, plástico duro con 1,73 % , otros con 1,03 %, el tetrapack con 0,45 %, restos de medicinas 0,37 %, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos con 0,16 % y pilas con 0,15 %, resultando el porcentaje de residuos orgánicos menor al obtenido por el MINAM (2013) que en el año 2013 los restos orgánicos de cocina y alimentos conformaron un 50,43 %, constituyendo los principales residuos generados por los domicilios, seguidos por los residuos no peligrosos reaprovechables que constituyen el 27,88 %.

Champi, V. y Villalba, M. (2014).

La disposición final de los residuos sólidos urbanos y rurales en botaderos a cielo abierto, promueve en la actualidad la contaminación del medio ambiente y el desequilibrio ecológico, esto ha suscitado una creciente preocupación en la sociedad, y su debate alcanza a todos los sectores de la comunidad. El botadero a cielo abierto es por definición un área de disposición final de residuos sólidos sin control, en el cual estos son arrojados sobre el suelo o enterrados durante largos periodos de tiempo, sin tomar en cuenta ninguno de los procedimientos de un sistema de disposición final técnicamente diseñado y operado (relleno sanitario) por lo tanto, Su operación no es ambientalmente segura. En consecuencia, el botadero a cielo abierto representa riesgos inadmisibles para los seres humanos y el medio ambiente.

En la Provincia de Calca, no existe un lugar de disposición final de residuos sólidos que pueda catalogarse como relleno sanitario, por lo tanto la inadecuada disposición final de estos residuos da lugar a la generación de lixiviado derivados de los procesos de descomposición microbiana y de ciertos componentes de residuos, de modo que por la presencia de su elevada toxicidad

pueden causar severos problemas al ambiente, así como al recurso edáfico en especial si estos botaderos se encuentran próximos a cursos de agua, generando focos infecciosos hacia la población a través del proceso de infiltración ya que estas aguas y suelos son utilizadas para riego y uso pecuario.

Calla, et al., (2019) mencionan que:

El río San Lucas se ha convertido en foco de contaminación, y el tramo barrio La Merced encontraron residuos sólidos conformados por residuos orgánicos 20,6 %, papel y cartón 7,5 %, plásticos 35,3 %, vidrio 14,8 %, metales 17,3 % y textiles 4,5 %, además encontraron colchones, llantas, zapatos, animales muertos, también se ve el desfogue de algunas casas aledañas.

Agreda y Mendieta (2008) refiere que, en cuanto al análisis hecho en un proyecto de evaluación social de la problemática de ese ámbito, lo siguiente:

En las cuencas del Mashcón y Chonta, esta gira alrededor de tres temas principalmente. En primer lugar, está la mayor heterogeneidad que se encuentra al interior de la población de estas cuencas, y la consecuente necesidad de diferenciar la problemática social, así como las propuestas que dicho proyecto propuso para cada segmento de la población que se identificó. En segundo lugar, las diferencias entre cuencas en la disponibilidad y problemática del acceso al agua, debido al hecho de que las aguas del Mashcón son utilizadas para el consumo de la población urbana (que tiene un proceso de crecimiento importante). Y, en tercer lugar, el impacto de la actividad minera, tanto en términos de la demanda y disponibilidad del recurso hídrico, y su relación con su contaminación. (p.154)

Singh, et al. (2016) consideran que sobre la importancia del agua:

Es fundamental para el desarrollo económico sostenible, el agua, el funcionamiento de ecosistemas saludables, la productividad agrícola confiable, la generación de energía confiable, el mantenimiento de la calidad ambiental deseable, el crecimiento industrial continuo, entre otros factores no menos importantes. En este sentido, al referirnos al agua, sobre todo que, con la población creciente, las demandas de agua para la agricultura y la industria se están disparando. (p. v)

Otro autor afirma:

Que la disponibilidad de agua dulce siempre ha sido y sigue siendo un factor importante que afecta a la población humana. Pero, a medida que la población mundial ha crecido, la calidad del agua se ha convertido en un tema igualmente importante. La calidad del agua es una consideración fundamental en el suministro de agua doméstica, agrícola e industrial, la producción de la pesca y la acuicultura, la recreación acuática y la salud de los ecosistemas. (Boyd C. , 2020, p. 7)

Respecto a la calidad del agua:

Las actividades humanas influyen fuertemente en la calidad del agua, y pueden alterar el statu quo natural. La influencia humana más común durante muchos años fue la introducción de organismos patógenos a través de la eliminación de desechos humanos en el suministro de agua.

Las enfermedades transmitidas por el agua fueron hasta el siglo pasado una de las principales causas de enfermedad y muerte en todo el mundo. Los problemas de las enfermedades transmitidas por el agua se han reducido mediante la aplicación de una mejor gestión de los residuos y las prácticas de salud pública en la mayoría de los países. (Boyd C. E., 2020, pp. IX-X).

Así mismo (Boyd C. E., 2020) indica:

Las enfermedades transmitidas por el agua siguen siendo un problema, pero la creciente población y el creciente esfuerzo agrícola e industrial necesario para apoyar a la humanidad están descargando contaminantes en aguas superficiales y subterráneas a un ritmo cada vez más creciente y alarmante. Los contaminantes incluyen partículas de suelo suspendidas de la erosión que causan turbidez y sedimentación en cuerpos de agua e insumos de nutrientes vegetales, metales tóxicos, pesticidas, productos químicos industriales y agua calentada de la refrigeración de procesos industriales.

Los cuerpos de agua tienen una capacidad natural para asimilar contaminantes, y esta capacidad es uno de los servicios que prestan los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, si el aporte de contaminantes excede la capacidad asimilativa de un cuerpo de agua, habrá daños ecológicos y pérdida de servicios ecológicos. (pp. IX-X)

En el mismo sentido (Li y Liu, 2019), afirman que:

La modernización en muchas partes del mundo, junto con la urbanización y su actividad humana concentrada, son responsables de los graves problemas de calidad del agua, que se consideran uno de los principales problemas que afectan al medio ambiente. El monitoreo de la calidad del agua (WQM/MCA), implica el análisis de las propiedades del agua en fuentes de agua dulce como ríos, arroyos, lagos, estanques, manantiales, embalses, aguas subterráneas poco profundas o profundas, aguas de cuevas, llanuras de inundación, pozos y humedales, para garantizar que la fuente de agua proporcione agua segura para beber y para otras actividades humanas y animales (p. 55).

Todo esto nos permite afirmar que la combinación de la creciente demanda de agua y la creciente preocupación por la calidad ambiental obliga a que los proyectos de recursos hídricos se planifiquen, diseñen, ejecuten y administren, teniendo en cuenta las condiciones cambiantes, especialmente el cambio climático y los cambios sociales y económicos. (Singh, Yadav, & Yadava, 2016)

Rivera (2017) refiere que por otro lado, la empresa Gloria S.A. para la renovación de su autorización de vertimiento, realizó la evaluación ambiental del efecto de vertimiento en el río Mashcón en Cajamarca, donde se obtuvo que el río se muestra afectado antes del ingreso del efluente tratado de la Planta Cajamarca por las altas concentraciones de los parámetros Coliformes Totales y Termotolerantes, las cuales superan los valores límite para ECA Agua Categoría 3, por lo que en la evaluación de balance de masas estos dos parámetros sobrepasan los estándares al límite de la zona de mezcla.

Con relación a la Contaminación con desechos orgánicos y de las actividades domésticas, Escobar y Sánchez (2018) señalan lo siguiente:

Otra de las actividades humanas que contaminan la cuenca del río Mashcón son desechos orgánicos y las actividades domésticas que realizan los pobladores que viven cerca al río, sobre todo en el perímetro de la ciudad en la cual el río tiene contacto directo con la población urbana. La situación es que la población, debido a sus actividades diarias tales como la alimentación, higiene y afines, utiliza y genera material orgánico que, debido a una falta de conciencia de la población, arroja los desechos orgánicos al río Mashcón, a esto se suma que existen pobladores que realizan actividades económicas tales como matanza de animales y producción de carne de manera informal, que tiene como productos de desecho

materia orgánica, que debido a la falta de conciencia y de políticas de prevención ambiental siguen contaminando el río Mashcón. (p. 41)

“Los daños que producen cuando llega materia orgánica al agua de los ríos es que producen eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de seres vivos y estos consumen oxígeno” (Mendoza, 2015).

Carranza et al (2014) señalan además los estándares e calidad ambiental para agua (ECA) categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, parámetros para riego de vegetales en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1*Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*

| PARÁMETROS | UNIDAD | VALOR |
|---|----------------|-----------|
| Fisicoquímicos | | |
| Conductividad eléctrica | µs/cm | ≤ 5 000 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L | ≤ 15 |
| Demanda química de oxígeno | mg/L | 40 |
| Fluoruro | mg/L | 2 |
| Nitratos NO ₃ ⁻ – N | mg/L | 50 |
| Nitritos NO ₂ ⁻ – N | mg/L | 1 |
| Oxígeno disuelto | unidades de pH | > 5 |
| pH | | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 500 |
| Sulfuro | mg/L | 0,05 |
| Inorgánicos | | |
| Aluminio | mg/L | 5 |
| Berilio | mg/L | 0,1 |
| Boro | mg/L | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0,01 |
| Cianuro WAD | mg/L | 0,1 |
| Cobalto | mg/L | 1 |
| Cobre | mg/L | 0,5 |
| Cromo (6+) | mg/L | 1 |
| Hierro | mg/L | 1 |
| Litio | mg/L | 2,5 |
| Magnesio | mg/L | 150 |
| Manganeso | mg/L | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 |
| Níquel | mg/L | 0,2 |
| Plata | mg/L | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,05 |
| Zinc | mg/L | 24 |
| Orgánicos | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 1 |
| Fenoles | mg/L | 0,001 |
| S.A.A.M. (detergentes) | | |
| Biológicos | | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 5 000 |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 2000 (3) |
| Enterococos | NMP/100 mL | 5000 (3) |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 mL | |
| Huevos de helmintos | Huevos/L | < 1 (1) |
| Huevos de helmintos | Huevos/L | < 1 (1) |
| <i>Salmonella sp</i> | Ausente | Ausente |
| <i>Vibrio cholerae</i> | Ausente | Ausente |

Nota: Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM: Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua

Vera-Zelada et al (2016) en el estudio de los contaminantes del agua del río Mashcón, concluyen que:

En relación con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas, categoría 3, la concentración del cadmio ninguno de ellos superó los Estándares de Calidad

Ambiental para Aguas, categoría 3 ($\text{Cd} = 0,05\text{mgL}^{-1}$ y $\text{Zn} = 2,0\text{mgL}^{-1}$). El cromo tuvo un comportamiento igual que el Cu y el Cd en donde sus concentraciones aumentaron con el incremento del caudal del río, solo el Cu superó el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas, categoría 3 ($0,2\text{mgL}^{-1}$). Los valores de Manganeseo mayores se encontraron en el periodo de mayor caudal del río, coincidiendo con las concentraciones máximas de Fe, debido a que en este mes (noviembre) el río pudo haber arrastrado una gran carga sedimentaria. Ambos superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas, categoría 3 ($\text{Mn} = 0,2\text{mgL}^{-1}$ y $\text{Fe} = 1,0\text{mgL}^{-1}$). La concentración de plomo está asociada a óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, y es posiblemente la razón por lo que también superó los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas, categoría 3 ($0,05\text{mgL}^{-1}$). La concentración de mercurio en el mes de noviembre del año 2011, en la estación RG – A, localidad de la Quinoa aproximadamente a 150m después de la confluencia con la quebrada China linda, superó los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas categoría 3 ($0,001\text{mgL}^{-1}$); alcanzando una concentración de 0,00126 ppm para Hg, donde es posible la relación de la actividad minera que se encuentra en el lugar. (p.32)

Azabache (2018), en cuanto a la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón – Cajamarca, en función de la macrofauna bentónica como bioindicador, concluye que: La *´calidad ecológica´* de las aguas, se valoró de buena a excelente calidad para el río Grande, de regular calidad para el río Mashcón, y de regular a pésima calidad para el río Porcón, calificando la calidad ecológica de las aguas dentro de la categoría A3 (*que pueden ser utilizadas para agricultura y pecuaria*), según los Estándares ECA del MINAM.

Mendoza A. V.E (2019), sobre la contaminación del río San Lucas, manifiesta que los ríos desde tiempos remotos han sido causa de contaminación principalmente por basuras producidas por la actividad humana, además por el arrojado de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales entre otros. Dentro de la contaminación del Río San Lucas se observó que los principales factores que contaminan a esta son: personas y animales que defecan en el río, vertimiento de basuras residenciales, descarga de aguas residuales (desagües clandestinos), lavados de carros, desechos residenciales, comerciales, minerales e inorgánicos y compuestos químicos, debido a malas prácticas de agricultores que vierten envases de fertilizantes e insumos agrícolas en el río.

Palomino (2016) al evaluar la calidad del agua en el río Mashcón determinando las características fisicoquímicas y microbiológicas, y relacionarlas con los Estándares de Calidad Ambiental ECA's para cuerpos de agua, seleccionando cinco estaciones de muestreo en las cuales se tomaron muestras de agua para su análisis físico, químico y microbiológico; de acuerdo con procedimientos estandarizados. Los parámetros de calidad del agua en las cinco estaciones de muestreo indican una notoria variación en cuanto a variables relacionadas a la cantidad de materia orgánica presente en el agua como el DBO₅ y DQO; como también en los coliformes totales. Estos parámetros son asociados a perturbación de origen antrópico, lo que guarda relación con la proximidad de las estaciones de muestreo con asentamientos humanos. Al ser comparados con los ECA para agua la estación E1 sobrepasa notoriamente los ECA para DBO₅, DQO y coliformes totales. Seguida de la estación E2. Lo que evidencia un fuerte grado de perturbación en el cuerpo de agua, por lo que se concluye que la calidad del agua es deficiente en el río Mashcón, en las estaciones de muestreo próximas a la zona urbana.

Calla N, J.A. (2019), manifiesta que:

Se identificaron 11 actividades antrópicas en la cuenca del río Mashcón; siendo las más importantes: Letrinas, desagües, derrumbe y construcción de puente, actividades agropecuarias, lavaderos, actividad forestal (extracción de madera), canteras, urbanización, criadero de animales y acumulación de basura.

Los parámetros fisicoquímicos de acuerdo con el índice Prati, demostraron que en un 82,5 % los puntos de muestreo presentaron una calidad de agua “excelente”, por lo cual podemos afirmar que el estado de la calidad del agua de la cuenca del río Mashcón, basado en estos parámetros es bueno en su mayoría. Asimismo, el parámetro biológico basado en el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) [Grupo de trabajo de supervisión biológica], confirma el buen estado ecológico del agua de la cuenca del río Mashcón, con un 43 % de los puntos de muestreo con calidad “aceptable” y un 45 % con calidad “regular”, este 88 % de puntos de muestreo con adecuada calidad, coinciden con los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos. (p.77)

Universidad de Pamplona Colombia (s.f.) sobre el índice Prati, nos menciona que:

Un importante parámetro para la discusión de la calidad fisicoquímica del agua es el oxígeno disuelto. Una concentración alta es primordial para el desarrollo de la vida acuática; igualmente, este juega un rol importante en la auto purificación de los ríos. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el investigador italiano Prati (Prati, 1971) desarrollo una fórmula para la variable de saturación de oxígeno que, transformada, es usada para definir clases de calidad (Tabla 2).

p.39

Tabla 2

Clasificación del Índice de Prati

| PIO | Clase | Calificación |
|------|-------|---------------------------|
| 0-1 | 1 | No Contaminado |
| 1-2 | 2 | Aceptable |
| 2-4 | 3 | Moderadamente Contaminado |
| 4-8 | 4 | Contaminado |
| 8-16 | 5 | Altamente Contaminado |
| > 16 | 6 | Excesivamente Contaminado |

Díaz G., C.E. (2017) hace un análisis de la calidad del agua, indicando que: debido a la inoperancia de las plantas de tratamiento de aguas servidas de los distritos de Cajamarca y Baños del Inca, se vierte los desechos producidos por estas ciudades directamente al Río Mashcón y a la parte baja del Río Chonta, zonas donde se encuentran algunas captaciones de agua de riego, que perjudican con la contaminación a las actividades agrícolas en todo el valle de Cajamarca. Comparando los resultados obtenidos en el análisis de calidad de aguas en el punto P-W05, ubicado sobre el Río Cajamarquino, con los parámetros establecidos por el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, se puede ver como principal problema la excesiva contaminación de aguas por coliformes fecales en el agua utilizada para el riego en los diferentes puntos de riego (280 000 NMP/100 mL frente a los 5 000 NMP/100 mL permitidos).

Las áreas perjudicadas por este problema constituyen aproximadamente el 50 % de los terrenos bajo riego de todo el valle y están ubicadas bajo los canales Ingenio, Huacariz, La Collpa y Jesús Chuco, que en suma atienden a 3 200 ha.

Guerrero (2016) al evaluar el uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca “El Sapanal” Cantón Pangua, Ecuador; con el objetivo de determinar la calidad de agua a partir de la evaluación del efecto del cambio del uso de suelo, basadas en el estudio de la dinámica de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

mediante el índice BMWP modificado para Costa Rica (BMWP-Cr), mostró que el uso de suelo del bosque posee aguas de calidad excelente, a diferencia del uso de suelo agrícola y pastizal con aguas de calidad regular. Demostrando que la reducción de la franja ribereña contribuye a la degradación del hábitat interior y de la calidad del agua. Se realizó una descripción de las áreas con distintos usos de suelo (pastizal, bosque secundario y cultivos agrícolas) mediante la observación directa, recopilación de datos de campo tomados con GPS, y aplicación del programa AutoCAD Map3D. Se tomaron muestras de macroinvertebrados acuáticos con una red, en diferentes tipos de hábitat, para su identificación hasta nivel de familia.

Otros autores afirman que:

Es de público conocimiento que, si los residuos sólidos no se manejan en forma adecuada, se produce contaminación ambiental y riesgos para la salud. Según el informe del estado actual de gestión de residuos sólidos municipales en el Perú (Año 2010-2011), por día se está generando aproximadamente 20 000 Tm. Según este informe, los que producen mayor cantidad de residuos sólidos son los habitantes de la costa peruana. Lima en la que habitan aproximadamente 8 000 000 de personas, generan 2 123 016 TM de residuos anuales. Cada habitante genera en promedio 0,61 Kg de residuos al día. La composición de los residuos sólidos por lo general es como sigue: 47 % de cocina y alimentos, 9,48 % plásticos y 6,37 % residuos peligrosos, tales como relaves mineros y residuos industriales u hospitalarios, seguido de los productos menos peligrosos como son residuos electrónicos, fierro, vidrio, madera y similares (Zarpan y Caro, 2018).

MINAM (2013) en cuanto a la legislación de residuos sólidos:

Actualmente se encuentra legislada la obligatoriedad de los gobiernos locales de orientar a la población a manejar correctamente los residuos sólidos. Son los

municipios a través de proyectos integrales, que persiguen educar a la ciudadanía con los procesos de reducir, reusar y reciclar los residuos sólidos, procurando minimizar la generación y la toma de conciencia sobre su generación. En estos días son varios municipios los que vienen aplicando acciones de segregación en la fuente y minimización de residuos sólidos, contribuyendo con la educación, sensibilización y participación ciudadana para una gestión eficiente, eficaz y sostenible de residuos sólidos.

A pesar que existe el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), dependencia del MINAM y las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) entre la que se encuentra la municipalidad de Catache; en los exteriores de la Institución educativa N°10641 y en general en todo el caserío Munana, se percibe falta de limpieza, acumulaciones de basura en calles, chacras, caminos, quebradas y quema de residuos sólidos sin las mínimas normas de seguridad. Según fuentes documentales de la municipalidad distrital de Catache, la actividad principal de sus pobladores es la agricultura, el número de habitantes al 31 de diciembre de 2016 llegó a 354, recolectándose un promedio de 4,8 TM de residuos sólidos mensuales. Luego de un cálculo por los investigadores resultó una producción promedio de 0,45 kg por habitante por día (0,45 kg/Hab/Día).

Bustamante (2018), con relación al río Mashcón concluye que:

La cuenca del Río Mashcón, con punto emisor en la Captación Huacariz, tiene un área de 158,313 km², coeficiente orográfico 0,074, relación de confluencias 2,005 e índice de Gravelius 1,528. El cauce principal se denomina Mashcón con una pendiente de 4,728 %, donde se ha observado que el agua es derivada principalmente para uso agrícola y pecuario. Los caudales medios mensuales

(m³/s) generados por el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz período (1968-2016), varían en relación con el régimen de precipitación pluvial de la cuenca del Río Mashcón; tal que en los meses lluviosos varía de 6,80 m³/s a 3,32 m³/s y en los meses de escasez varía de 3,19 m³/s a 0,99 m³/s, notándose una gran diferencia entre ambos períodos. Dichos caudales incluyen la escorrentía directa y el flujo base. La oferta hídrica generada por la cuenca del Río Mashcón tomando como punto de aforo la Captación Huacariz tiene las siguientes variaciones. Para uso agrícola y pecuario con una persistencia del 75 %, el volumen anual promedio es de 2,87 m³/s, el mayor volumen es 5,03 m³/s (Marzo) y el menor 0,13 m³/s (Julio); para consumo humano con una persistencia del 80 % el volumen anual promedio es 2,72 m³/s, el mayor volumen es 4,72 m³/s (Marzo) y el menor 0,13 m³/s (Julio); para uso industrial con una persistencia del 90 %, el volumen promedio anual es de 2,42 m³/s, el mayor es 4,11 m³/s (Marzo) y el menor 0,13 m³/s (Julio); para hidroenergía con una persistencia del 95 %, el volumen anual promedio es de 2,27 m³/s el mayor es 3,90 m³/s (Marzo) y el menor 0,14 m³/s (Julio). Los aforos se realizaron con la finalidad de tener un alcance de la oferta hídrica, generada por la cuenca del Río Mashcón, tomando como punto de aforo la Captación Huacariz.

Marco Legal

La Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a la vida y gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. Asimismo, señala que toda persona tiene derecho a su integridad moral, psíquica y física. También establece que todos tienen derecho a la protección de su salud. En este sentido el manejo adecuado de los residuos sólidos es de mucha importancia para mantener una buena salud

de los pobladores. Además, en el Perú hay una Ley General del Ambiente No 28611, la cual establece las responsabilidades en cuanto a la gestión de los residuos sólidos.

La Política Nacional del Ambiente elaborada por el MINAM en el 2009, señala la disposición del gobierno a fortalecer la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos. Así también, promover la mejora de los sistemas de recolección, operaciones de reciclaje, disposición final de residuos sólidos y el desarrollo de infraestructura a nivel nacional; asegurando el cierre o clausura de botaderos y otras instalaciones ilegales. En el país, se cuenta con la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio de 2000. Con esta Ley, se definieron políticas para articular la legislación y la gestión de residuos sólidos y se privilegia el manejo de los residuos sólidos con un enfoque integral desde su generación hasta la disposición final; así como, los enfoques preventivos que promuevan la minimización de los residuos en términos cuantitativos y cualitativos. Asimismo, el Decreto Legislativo N° 1065 de 2017 modificó la Ley N° 27314. Esta norma ha buscado generar un segundo impulso a la gestión de los residuos sólidos en el país, actualizando el marco normativo a la luz de los cambios institucionales, legales y técnicos que se produjeron durante los ocho años de vigencia del texto original de la Ley General de Residuos Sólidos. Esta modificatoria pretende afianzar y dinamizar el manejo integral y responsable de los residuos sólidos, bajo un enfoque selectivo en función a los distintos tipos de residuos existentes y de mejora continua, para consolidar buenas prácticas de manejo, promover la construcción de infraestructura y dar pasos más acelerados para lograr la universalidad y eficiencia en los servicios asociados a la recolección y manejo de los residuos domiciliarios y la limpieza pública.

Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio de 2000. Con esta Ley, se definieron políticas para articular la legislación y la gestión de residuos sólidos.

Decreto Legislativo N° 1278-2017 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Decreto Legislativo N° 1501, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Ley Orgánica de Municipalidades Ley No. 27972: En su artículo 80° establece las competencias municipales en cuanto a la limpieza pública, el recojo, transporte y disposición final de los Residuos Sólidos.

Decreto supremo N° 002-208-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Bases teóricas

Nippon Koei (2010a) sobre los recursos hídricos de la cuenca del río Mashcón indica que “las precipitaciones constituyen el principal recurso para la actividad agrícola. Estas ocurren estacionalmente, en el año se dispone de un periodo lluvioso que se extiende de octubre a abril con un decaimiento leve en noviembre y diciembre y otro, de escasa precipitación entre los meses de mayo a setiembre, que alcanza los niveles más bajos de junio a agosto. También la intensidad de las precipitaciones varía en relación directa con la altitud (desde 1 250 mm anuales en las partes altas hasta 600 mm en las partes bajas de las cuencas). También señala que las fuentes de agua superficial en la cuenca del río Mashcón son 2 lagunas, 6 ríos, 89 quebradas y 1 041 manantiales. Dentro de los ríos y quebradas inventariados en la cuenca del Mashcón son los que corresponden a sus tributarios principales: Grande, Porcón, Tres Ríos, Paccha y Sambar, incluyendo al propio Río Maschón.

Fernández, (2012) sobre la composición de las aguas naturales: iones mayoritarios, minoritarios y trazas, refiere que

La salinidad total de las aguas superficiales continentales está determinada normalmente por la presencia de los cationes sodio, calcio, magnesio y potasio y de los aniones cloruros, sulfato y bicarbonato-carbonato. La media mundial de salinidad de las aguas continentales es de alrededor de 120 mg/L, pero varía de un continente a otro (Livingstone, 1963) y se debe principalmente a los procesos de meteorización de rocas de la cuenca de drenaje, a la precipitación atmosférica y al equilibrio precipitación-evaporación. A su vez, la meteorización se produce mayormente como consecuencia de procesos de disolución, hidrólisis, de óxido reducción y de formación de complejos con sustancias inorgánicas u orgánicas (Kilham, 1990). (p. 151)

Calidad del agua para distintos usos

Fernández, (2012) al respecto del agua menciona que:

La disponibilidad de agua es de suma importancia para la vida y el desenvolvimiento económico de cualquier región del mundo. Los recursos disponibles deben repartirse entre numerosos usuarios además de tener en cuenta las necesidades del medio ambiente. Durante muchos años, todos los recursos eran considerados disponibles para cualquier uso antrópico, sin tener en cuenta la calidad o las necesidades para los usos ambientales. Cuando se considera la distribución del agua entre los distintos usuarios, la agricultura aparece como el sector de mayor demanda. Las dos terceras partes de los recursos hídricos se destinan al uso agrícola, con una demanda creciente para el turismo, usos urbanos e industriales, compitiendo por un acceso a un recurso cada vez menos disponible.

Normalmente los recursos hídricos se obtienen de aguas superficiales o de aguas subterráneas. El uso de unas u otras depende de muchos factores, inicialmente de la disponibilidad de cada recurso. Normalmente las aguas

superficiales ofrecen cantidades mayores de agua a corto plazo, mientras que las subterráneas son un recurso más constante, al menos, a mediano plazo. (pp. 153)

Los principales contaminantes del agua subterránea son: amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos procedentes de fuentes puntuales urbanas, industriales, mineras, áreas militares, vertederos de escombros (basureros); lixiviación de nitratos; lixiviación de plaguicidas; acidificación; sales originadas por intrusiones de origen marino; sales procedentes del uso de aguas salinas para regar. (p. 156)

Como señala Gualdron (2016) al mostrar los resultados de su investigación que el valor medio de turbiedad fue de 49,9 mg/L valor que sobrepasa las 5 UNT que permite la normatividad colombiana, e indican que muchos ríos en Colombia presentan partículas en suspensión que reducen la transparencia del agua, efecto generado por procesos de arrastre como remoción de tierra y en otros casos por vertimiento de tipo industrial y/o urbano.

Carranza et al. (2014). Analizaron los resultados de los análisis del agua superficial del río Mashcón, las muestras se tomaron en dos puntos; el primer punto al inicio del río Mascón, ubicado luego de la intercepción de los ríos Porcón y Puruay; el segundo punto ubicado en el puente cercano al aeropuerto Armando Revoredo Iglesias. Se determinó Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes Fecales y se los comparará con los parámetros dados por el Decreto Supremo (MINAM) N° 002-2008: Estándar Nacional de calidad ambiental del agua, para fines agrícolas, con el objetivo de verificar si las aguas del río Mashcón pueden ser utilizadas para riego. En el Primer punto se obtuvo un pH 6,5-8,4 valor aceptable según los ECA para agua, se tomó al inicio del río Mascón, ubicado luego de la intercepción de los ríos Porcón y Puruay

Los resultados de las muestras ensayadas fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) DS N° 004 – 2017.

Los parámetros para la muestra de código C-227-E214-SCI-UPN-KBS, Se encuentran dentro de los límites establecidos por MINAM.

Del mismo modo se muestran los resultados de los análisis realizados por laboratorio NKAP en el segundo punto: Muestra de agua superficial con código C-228-E214-SCI-UPN, pH 7,65; oxígeno disuelto 7,41; valores aceptables de acuerdo con los ECA establecidos por MINAM.

Análisis resultados. Según los estándares nacionales de calidad Ambiental para Agua se obtuvo que el agua del este río si es aceptable para riego ya que están dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua.

Los niveles de pH están dentro de los estándares recomendados, ya que el estándar de pH varía entre 6,5 a 8,4 y en laboratorio de obtuvo 7,36 y 7,65, en dos puntos del río, en unidades de pH.

El nivel de oxígeno disuelto OD obtenido en laboratorio en diferentes puntos de la cuenca fueron 7,51 y 7,4, al compararlos con los estándares recomendados estos resultados se encuentran dentro, ya que en unidades mg/L los resultados son mayores que 5. Este parámetro es un indicador de la cantidad de bacterias o animales acuáticos en el área.

Finalmente, el análisis de coliformes totales en unidades NMP/100mL se encuentra por debajo del estándar siendo así aceptable para el riego de vegetales.

Contaminación en el Agua

Al notar los altos niveles de contaminación en el segundo punto de muestra, nos propusimos identificar el porqué de este resultado, por lo cual acudimos al Río Mashcón y recorrimos a lo largo de su cauce reconociendo los agentes externos causantes de este

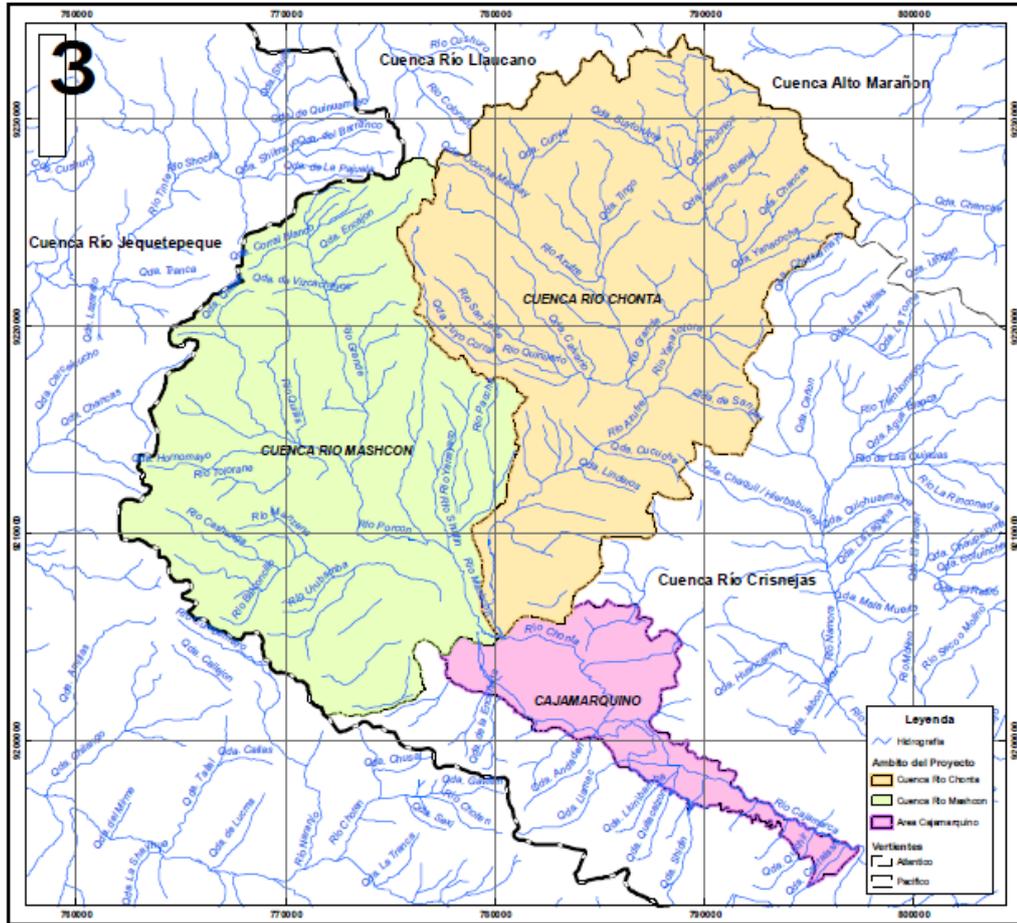
grado de contaminación, los cuales fueron: Desechos al lado del río como basura doméstica, heces fecales, animales muertos, llantas, entre otros. Tuberías de desagües que desembocaban directamente al río. Pozos sépticos. Por lo que es posible afirmar que el lecho del Río es usado como botadero público al que no se le realiza ningún control de saneamiento.

Nipon Koei (2010b) sobre los usos del agua nos indica que “el agua se destina a uso poblacional ya que la ciudad de Cajamarca es el centro poblado urbano más importante que se encuentra dentro del ámbito de influencia de las cuencas del río Mashcón y Chonta; su población supera los 125 000 habitantes y reportan un consumo de 246/L/s. Baños del Inca con 9 600 habitantes consume 23 L/s, que se obtienen de los manantiales. Otro uso que se da al agua de esta fuente es el uso agropecuario dentro de una extensión de 25 048 ha de tierras destinadas a la siembra de cultivos alimenticios y pastos, con un área de siembra de 19 915 ha para los primeros y 5 133 ha para pastos.

En la figura 1 se aprecia las fuentes de agua de la cuenca Mashcón siendo el río Mashcón la principal fuente que atraviesa la comunidad de Huacariz.

Figura 2

Hidrografía de las Cuencas Mashcón y Chonta



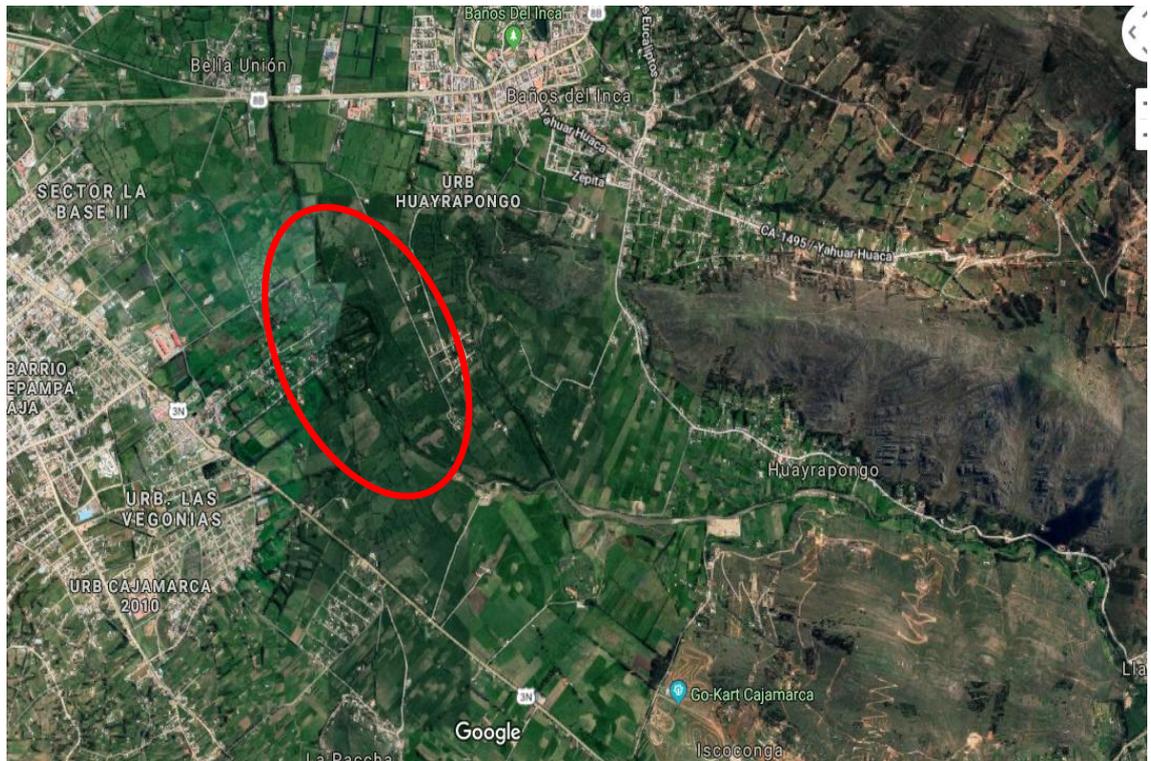
Nota. Google Earth

Los Ríos Quinarío, Azufre y Grande, constituyen los afluentes más importantes del Chonta; cubren un área de drenaje de 245 km², que además de corresponder a más del 70 % del área total de la cuenca, se ubican en el área de mayores precipitaciones anuales. Estos tres ríos, se unen en el cañón conocido como Tres Tingos y unos pocos kilómetros aguas abajo, recibe los aportes del Río Yanatotora, a partir de cuya confluencia comienza la subcuenca del Bajo Chonta, donde se ubica la mayor cantidad de tierras dedicadas a la actividad agropecuaria.

En la figura 3 a continuación se puede observar el mapa del recorrido del río Mashcón que atraviesa por la comunidad Huacariz encerrada en el círculo rojo.

Figura 3

Mapa de la Comunidad Huacariz por donde Discurre el Río Mashcón.



Nota. Google Earth

Residuos Sólidos, Ley General de Residuos Sólidos 27314-2000

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: 1. Minimización de residuos 2. Segregación en la fuente 3. Reaprovechamiento 4. Almacenamiento 5. Recolección 6. Comercialización 7.

Transporte 8. Tratamiento 9. Transferencia 10. Disposición final. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales.

Clasificación de los residuos sólidos

Existen varias formas posibles de clasificar los residuos sólidos. Por ejemplo:

Por su naturaleza física: seca o mojada,

Por su composición química: materia orgánica y materia inorgánica.

Por los riesgos potenciales: peligrosos, no-inertes e inertes.

Por su origen, esto es donde o quien los genera.

Actualmente, la Ley General de Residuos Sólidos, en su Artículo 150° clasifica a los residuos sólidos según su origen en:

Residuos domiciliarios: Son aquellos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.

Residuos comerciales: Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogos. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.

Residuos de limpieza de espacios públicos: Son aquellos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.

Residuos de establecimientos de atención de salud: Son aquellos generados en los procesos y en las actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios

clínicos, consultorios, entre otros afines. Estos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro, tales como agujas hipodérmicas, gasas, algodones, medios de cultivo, órganos patológicos, restos de comida, papeles, embalajes, material de laboratorio, entre otros.

Residuos industriales: Son aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufacturera minera, química, energética, pesquera y otras similares. Estos residuos se presentan como lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos.

Residuos de las actividades de construcción: Son aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a estas.

sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos.

Residuos agropecuarios: Son aquellos generados en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros.

Residuos de instalaciones o actividades especiales: Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar servicios públicos o privados, tales como plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras, o de

aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares.

Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024

Estado actual de la gestión de residuos sólidos en el Perú

A continuación, se describe la situación actual del manejo de los residuos sólidos en el Perú.

Generación de Residuos Sólidos a Nivel Nacional

Generación per cápita de residuos y composición. El Perú durante el año 2014 generó un total de 7 497 482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales un 64 % son residuos domiciliarios y un 26 % son residuos no domiciliarios, siendo la región costa la que produce la mayor cantidad de residuos, en particular Lima Metropolitana y Callao, donde se genera un promedio de 9 794 t/día.

La generación total domiciliaria de residuos sólidos diaria y anualmente en el 2020 en el Perú fue de: 14 306 t/d y 5 221707,9 t/año (2018); 14 924,2 t/d y 5 447 333,0 t/año (2019) y, 15 160,5 t/día y 5 533 582,7 t/año. De ese total, más de la mitad de los desechos son materia orgánica como alimentos o vegetales.

Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2018 es importante resaltar que el 57,5 % de los residuos sólidos son materia orgánica, 7,6 % papel, cartón; textiles 1,8 %; 5,3 % plásticos; 2,7 % vidrio; metales 1,9 %; otro material inorgánico 23,2 % (INEI, 2021)

En relación con los residuos de origen no municipal, la última información corresponde al año 2013, contando en su mayoría con información de los sectores manufactura, pesquería, acuicultura, agricultura y salud; determinándose que para el año 2013 se generó un total de 1,03 millones de toneladas, siendo el sector manufactura el

que más contribuyó con el 80 % de la generación. Cabe resaltar que para el periodo 2012, se reportaron un total de 11,03 millones de toneladas generadas en el sector no municipal; por lo que esta variabilidad puede deberse no a un cambio en patrones de generación sino más bien a problemas de gestión de información a nivel sectorial.

Disposición final de residuos sólidos. Según la legislación vigente las municipalidades provinciales deben regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial; así como las municipalidades distritales debe proveer el servicio de limpieza pública determinando áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y del aprovechamiento industrial de desperdicios

Del total de la generación de residuos sólidos municipales al 2014 (7 497 482 t/año), sólo 3 309 712 toneladas menos del 50 % fueron dispuestos en un relleno sanitario tal como indica la normatividad vigente; siendo el remanente dispuesto inadecuadamente en el ambiente.

Actualmente, el principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, se estima que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, sin embargo, en el año 2014 existían solo 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones correspondientes, y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal a nivel nacional.

En ese sentido, en un esfuerzo direccionado hacia las municipalidades Tipo C, se ejecutaron una serie de proyectos cofinanciados por el Fondo Contravalor Perú- Alemania centrado en el fortalecimiento de la gestión integral de residuos en diversas localidades¹.

¹ El MEF clasifica a los Gobiernos Locales en 4 tipos: Municipios Tipo A (40 municipalidades), Tipo B (210 municipalidades), Tipo C (564 municipalidades) y Tipo D (1053 municipalidades), Decreto

Estos proyectos fueron desarrollados en 12 gobiernos locales e incluyen la elaboración y actualización de instrumentos técnicos para la gestión de residuos (PIGARS, PMRS, Optimización de Rutas); Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud.

MINAM (2018) informa que:

En el Perú solo se recicla el 1,9 % del total de residuos sólidos reaprovechables. Al conmemorar el 17 de mayo de dicho año el Día Mundial del Reciclaje, señala que es una conmemoración que busca que todos tomen conciencia de la importancia de tratar los desechos de forma adecuada, reaprovechando aquellos que pueden ser convertidos en nuevos productos. En el Perú existe mucho que hacer en ese sentido, pues solo se recicla el 1,9 % del total de residuos sólidos reaprovechables que se generan.

El reciclaje permite reaprovechar un residuo mediante un proceso de transformación que lo convierte en materia prima para la fabricación de nuevos productos, lo cual constituye al reciclaje como una forma de darle valor a los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo.

El año 2016, a nivel nacional, se generaron 7 005 576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de las cuales solo se reciclaron el 1,9 % del total de residuos sólidos reaprovechables (plástico, vidrio, cartón, entre otros). Como dato indica que cada habitante de la provincia de Lima y la provincia constitucional del Callao genera en su domicilio aproximadamente 870 gramos de residuos sólidos al día.

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017), en el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, entre sus objetivos busca minimizar la generación

Supremo N.º 093-2011-EF, Aprueban los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Modernización Municipal del año fiscal 2012.

de residuos sólidos en el origen (viviendas, empresas, industrias, comercios, entre otros), así como promover su recuperación y valorización a través de procesos como el reciclaje de plásticos, metales, vidrios y otros, y la conversión de residuos orgánicos en compost, lo cual impulsará una industria moderna del reciclaje, incluyendo a los pequeños recicladores en esta cadena de valor.

Asimismo, con la finalidad de minimizar y regular el uso del plástico en el Perú, el MINAM presentó al Congreso de la República una iniciativa legislativa, la cual viene siendo discutida en la Comisión de Pueblos Andinos, Amazónicos y Afroperuanos, Ambiente y Ecología, junto a otras propuestas legislativas.

Para lograr incrementar la cultura del reciclaje es necesario que los ciudadanos sigan las siguientes prácticas ambientales:

Segregar en casa los residuos sólidos que podemos reaprovechar tales como:

Papel (hojas bond, revistas, recibos, guías telefónicas, periódicos, etc.)

Cartón (conos de papel higiénico, cono de papel toalla, cajas, empaques, etc.)

Plástico (botellas de bebidas, de yogurt, lejía, envases de champú).

Metales (latas de leche, atún, conservas de frutas y menestra, etc.).

Vidrio (botellas de hidratantes, cerveza, licores, salsas, etc.)

Participar en los programas de segregación en la fuente y recolección selectiva que las municipalidades vienen implementando progresivamente.

Informarse sobre la ubicación en el distrito de su residencia, o en alguno cercano, respecto de los puntos y estaciones de reciclaje más cercano.

Sólidos Disueltos

(Boyd, 2020) sobre sólidos disueltos en el agua:

La concentración total de sólidos disueltos (TDS) en agua dulce se determina al pasar agua a través de un filtro de 2 μm , evaporar el filtrado a sequedad y reportar

el peso de los sólidos remanentes después de la evaporación en miligramos por litro. Las concentraciones de TDS en las aguas dulces naturales suelen oscilar entre aproximadamente 20 y 1 000 mg/L; los sólidos consisten principalmente en bicarbonato (y carbonato a un pH superior a 8,3), cloruro, sulfato, calcio, magnesio, potasio, sodio y silicato. La concentración de TDS en aguas interiores está controlada principalmente por factores geológicos y climáticos. Las aguas más débilmente mineralizadas se encuentran en áreas con alta precipitación y suelos muy lixiviados o poco desarrollados. Las aguas más fuertemente mineralizadas generalmente ocurren en regiones áridas. Se presentan ejemplos de concentraciones de STD en diferentes regiones, y se explican las razones de las diferencias en las concentraciones de STD entre regiones y fuentes de agua. (p.83)

Aunque las principales sustancias inorgánicas disueltas en el agua natural son esenciales para la vida, los constituyentes menores disueltos en el agua a menudo tienen el mayor efecto sobre los organismos acuáticos. El efecto principal de la concentración de TDS en animales y plantas generalmente está relacionado con la presión osmótica que aumenta con una mayor concentración de STD. La concentración promedio de STD en el agua de mar es de aproximadamente 35 000 mg/L. Sin embargo, es más común utilizar la salinidad o la conductancia específica como un indicador del grado de mineralización de las aguas salinas y marinas.

Dureza Total

Boyd (2020) en cuanto a la dureza total del agua indica:

La dureza total del agua resulta de los cationes divalentes, principalmente del calcio y el magnesio, expresados como carbonato de calcio equivalente. La equivalencia de dureza total de 1 mg/L de calcio es de 2,5 mg/L, mientras que 1

mg/L de magnesio equivale a 4,12 mg/L. La dureza y la alcalinidad a menudo son similares en concentración en aguas de regiones húmedas, pero la dureza frecuentemente excede la alcalinidad en aguas de regiones áridas. La dureza generalmente es menos importante que la alcalinidad como factor biológico, pero es muy importante en el suministro y uso del agua. Las altas concentraciones de calcio y magnesio en el agua que contiene alcalinidad apreciable conducen a la formación de incrustaciones cuando el agua se calienta o aumenta su pH. Esto conduce a la obstrucción de las tuberías de agua y la acumulación de incrustaciones en calderas y en los intercambiadores de calor. El índice de saturación de Langelier se usa a menudo para determinar si el agua tiene potencial para causar incrustaciones. Los iones divalentes también precipitan el uso de jabón, lo que aumenta el uso de jabón para fines domésticos y en lavanderías comerciales. El método tradicional para ablandar el agua es precipitar el calcio como carbonato de calcio y el magnesio como hidróxido de magnesio mediante el proceso de cal de ceniza de sosa. El agua también puede ablandarse pasándola a través de un medio de intercambio catiónico como la zeolita. (p. 205)

Microorganismos

Boyd (2020), nos dice que:

El fitoplancton y las bacterias tienen un mayor efecto sobre la calidad del agua que otros microorganismos acuáticos. El fitoplancton es el principal productor primario, mientras que las bacterias son responsables de la mayoría de la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Se proporciona una descripción general del crecimiento microbiano, la fotosíntesis y la respiración, y se discuten los métodos para medir la producción primaria y la respiración en cuerpos de agua. Las actividades fisiológicas combinadas de los

organismos productores y descomponedores en cuerpos de agua hacen que aumente el pH y la concentración de oxígeno disuelto y que la concentración de dióxido de carbono disminuya durante el día, mientras que ocurre lo contrario durante la noche. En cuerpos de agua no estratificados, las condiciones aeróbicas usualmente existen en la columna de agua y en la interfaz de agua de sedimento. Sin embargo, el sedimento es generalmente anaeróbico a profundidades mayores de unos pocos centímetros en cuerpos de agua oligotróficos o mayores de unos pocos milímetros en cuerpos de agua eutróficos.

En los sedimentos (o agua) anaeróbicos, la actividad metabólica de las bacterias quimiotróficas es importante para descomponer los compuestos orgánicos que resultan de la fermentación. Si bien las bacterias quimiotróficas son beneficiosas para asegurar una descomposición más completa de la materia orgánica, los desechos metabólicos tóxicos, en particular el nitrito y el sulfuro de hidrógeno, producidos por estos microorganismos pueden ingresar a la columna de agua. Las algas verdeazuladas, a menudo llamadas cianobacterias, tienden a dominar las comunidades fitoplanctónicas en aguas eutróficas. Las algas verdeazuladas pueden causar escamas superficiales y estratificación térmica superficial, ser tóxicas para otras algas y animales acuáticos, o producir problemas de sabor y olor en los suministros de agua públicos.

Temperatura del Agua

La temperatura del agua es una medida de su contenido interno de energía térmica. Es una propiedad que se puede detectar y medir directamente con un termómetro. El contenido de calor es una propiedad de capacidad que debe ser calculada. El contenido de calor generalmente se considera como la cantidad de energía por encima de la que mantiene el agua líquida a 0 °C. Es una función de la temperatura

y el volumen. Un litro de agua hirviendo en un vaso de precipitados tiene una temperatura alta pero un contenido de calor pequeño en comparación con el agua a 20 °C en un depósito de cinco millones de m³ de volumen.

La temperatura del agua está relacionada con la radiación solar y la temperatura del aire. La temperatura del agua sigue muy de cerca la temperatura del aire. En estanques, pequeños lagos y arroyos. Las temperaturas del agua por lo general son bastante predecibles por temporada y ubicación. Las temperaturas promedio mensuales en pequeños cuerpos de agua en un sitio tropical (Guayaquil, Ecuador en 2.1833° S; 79.8833° W) y un sitio templado (Auburn, Alabama en 32.5977° N; 85.4808° W). Las temperaturas del agua en Auburn, Alabama, cambian notablemente con la estación. La temperatura del aire en Ecuador es más alta durante la estación húmeda (de enero a mayo) que durante la estación seca. Esta diferencia en la temperatura del aire entre estaciones también se refleja en las temperaturas del agua. Por lo tanto, las temperaturas del agua varían con la estación incluso en los trópicos, pero la variación es menor que en la zona templada. Las temperaturas del aire en una localidad determinada pueden desviarse de lo normal durante un período particular y causar una desviación de las temperaturas del agua. (p.21)

Materia Orgánica Disuelta

Boyd (2020) refiere que:

La materia orgánica consiste en restos de material vegetal y animal, y se compone de una amplia gama de compuestos. Puede ingresar al agua por la disolución de materia orgánica o la suspensión de partículas orgánicas de cuencas hidrográficas, caída de hojas, etc. Las fuentes externas de materia orgánica se conocen como fuentes alóctonas. La materia orgánica también se produce dentro de los

ecosistemas acuáticos; Este material es conocido como materia orgánica autóctona. La materia orgánica se descompone gradualmente como resultado de procesos físicos, químicos y biológicos, y una fracción de este material se vuelve lo suficientemente pequeña como para que sea soluble. Los organismos también pueden excretar compuestos orgánicos solubles directamente en el agua. La materia orgánica en el suelo y el agua es una mezcla de restos de plantas y animales en varias etapas de descomposición, compuestos sintetizados química y biológicamente durante la descomposición y microorganismos de descomposición y sus restos.

En general, se dice que la materia orgánica es de naturaleza no húmeda o húmeda. Las sustancias no húmicas consisten en carbohidratos, proteínas, péptidos, aminoácidos, grasas, ceras, resinas, pigmentos y otros compuestos de peso molecular relativamente bajo. Estos compuestos son fácilmente descomponibles por microorganismos y no se producen en el agua en grandes concentraciones. El humus es un producto de síntesis y descomposición por microorganismos. Existe como una serie de macromoléculas ácidas de color amarillo a negro de peso molecular desconocido pero alto. La materia orgánica del suelo es 60–80 % de humus. La química de la materia orgánica disuelta de Humus 91 no se conoce bien, pero consiste en una mezcla heterogénea de moléculas que forman sistemas de polímeros. Las masas moleculares de los polímeros en el humus varían de varios cientos a más de 300 000. Una hipótesis sostiene que, en la formación de humus, los polifenoles derivados de la lignina y otros sintetizados por microorganismos polimerizan junto con compuestos amino para formar polímeros de pesos moleculares variables con grupos ácidos

funcionales. El humus a menudo se considera compuesto de tres clases de compuestos: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina.

Los ácidos fúlvicos tienen mayor contenido de oxígeno, menor contenido de carbono, menor peso molecular y mayor grado de acidez que los ácidos húmicos. Los ácidos fúlvicos son amarillentos, mientras que los ácidos húmicos son de color marrón oscuro o negro. Las propiedades de la humina están mal definidas. El humin se diferencia de los ácidos fúlvico y húmico por ser insoluble en álcali.

Debido a que las sustancias húmicas se descomponen muy lentamente, pueden acumularse en algunas aguas y especialmente en aguas ácidas. Hay menos datos sobre las concentraciones de materia orgánica disuelta que sobre las concentraciones de minerales disueltos. La mayoría de las aguas relativamente claras tendrán menos de 10 mg/L de materia orgánica. Las aguas enriquecidas con nutrientes con abundante fitoplancton a veces tienen mucha más materia orgánica disuelta. Las concentraciones más altas se encontrarán en aguas teñidas con sustancias húmicas, como las de los lagos y pantanos, o en aguas contaminadas donde la materia orgánica disuelta puede exceder los 50 mg/L. La materia orgánica en el agua causa color y restringe la penetración de la luz. Los compuestos orgánicos quelatan los metales y aumentan la solubilidad de los metales traza en el agua.

Fósforo

Boyd (2020) sobre este parámetro manifiesta lo siguiente:

El fósforo generalmente es el nutriente más importante que limita la productividad del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos y terrestres. El fósforo se encuentra naturalmente en la mayoría de las formaciones geológicas y los suelos en

cantidades y formas variables; La principal fuente de fosfato agrícola e industrial son los depósitos de la apatita mineral, conocida como fosfato de roca. La contaminación municipal y agrícola es una fuente importante de fósforo para muchos cuerpos de agua. La mayor parte del fósforo inorgánico disuelto en los ecosistemas acuáticos es un producto de ionización del ácido ortofosfórico (H_3PO_4). Al pH de la mayoría de los cuerpos de agua, $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ y H_2PO_4^-

Son las formas de fosfato disuelto. A pesar de su importancia biológica, la dinámica del fósforo en los ecosistemas está dominada por procesos químicos. El fosfato se elimina del agua mediante reacciones con el aluminio y, en menor medida, con el hierro en el sedimento. En ambientes alcalinos, el fosfato se precipita como fosfato de calcio. El aluminio, el hierro y los fosfatos de calcio son solo ligeramente solubles, y los sedimentos actúan como sumideros para el fósforo. Las concentraciones de fósforo inorgánico en cuerpos de agua rara vez superan los 0,1 mg/L, y la concentración total de fósforo rara vez es superior a 0,5 mg/L. En las zonas anaeróbicas, aumenta la solubilidad de los fosfatos de hierro; El agua de poros de sedimento y el agua hipolimnética de lagos eutróficos pueden tener concentraciones de fosfato superiores a 1 mg/L. El fósforo no es tóxico a una concentración elevada, pero junto con el nitrógeno, puede conducir a la eutrofización.

Sobre la calidad del agua de los ríos y su purificación:

En el caso de los ríos, el flujo de agua posee, como es evidente, unos índices de calidad que disminuyen conforme aumenta la proximidad a los núcleos de población. Sin embargo, el agua que encontramos en los tramos altos de los ríos es de muy buena calidad, debido principalmente a los escasos vertidos y a su elevada capacidad de autodepuración.

La autodepuración de las aguas es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas al flujo. Éstas son, principalmente, bacterias aerobias, que consumen materia orgánica con ayuda del oxígeno disuelto en el agua. Además, hay que añadir las plantas acuáticas, que asimilan algunos componentes en forma de nutrientes, así como mediante otros procesos fotoquímicos. (Structuralia, 2017)

Ambientum (2022) sobre la dureza del agua:

La reglamentación técnico-sanitaria española establece como valor orientador de calidad para la dureza total mínimo en aguas ablandadas de 150 mg/L CaCO_3 . En términos generales, la calidad de las aguas en función de su dureza es según la concentración de CaCO_3 en mg/L: a) de suma calidad hasta 150; b) calidad media hasta 300; c) calidad aceptable hasta 500 y d) calidad muy mala más de 600.

Las normas europeas han adoptado como concentración límite 500 mg/L CaCO_3 , 50ºf. La Organización Mundial de Salud, OMS, ha adoptado como concentración máxima deseable 100 mg/L de CaCO_3 y como concentración máxima admisible 500 mg/L. La reglamentación técnico-sanitaria española establece como valor orientador de calidad hasta un contenido en calcio de 100 mg/L y como límite máximo tolerable 200 mg/L. Se sabe que concentraciones de magnesio en aguas superiores a 125 mg/L pueden tener efectos laxantes e incluso adquirir un sabor amargo, sobre todo cuando el contenido de ion sulfato es notable.

Baños, (2018), al referirse a la turbidez del agua señala que:

La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. Un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia dispersa en el agua. Y, consecuentemente, indica también una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua.

A todos nos gusta el agua clara y desconfiamos del agua turbia. Y no vamos errados.

La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

El control de la turbidez del agua está estrechamente relacionado con la eficacia de los procesos de desinfección, tanto químicos (cloro u otros biocidas) como físicos (radiaciones UV). A mayor turbiedad, mayor particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los microhuecos de las partículas en suspensión, y la disminución de la eficacia de los desinfectantes, al no poder contactar físicamente con el organismo diana a eliminar.

Además de partículas inertes en suspensión, el agua turbia puede contener también materia orgánica en suspensión, lo que inhibe el efecto del biocida, que se pierde al reaccionar con la materia orgánica, y esta reacción puede dar lugar a la formación de subproductos de la desinfección, como los trihalometanos y las tricloroaminas, nocivos para la salud humana.

No es de extrañar pues que la turbidez sea un parámetro que esté incluido en la normativa estatal vigente relacionada con el agua: la turbidez tiene límites máximos

permitidos en el Real Decreto 140/2003 sobre criterios higienicosanitarios de las aguas de consumo humano, el Real Decreto 742/2013 sobre criterios tecnicosanitarios de las piscinas, el Real Decreto 865/2003 sobre prevención y control de la Legionelosis, así como el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de las aguas depuradas.

La reglamentación técnico-sanitaria española establece como valor orientador de calidad hasta mg/L y como límite tolerable hasta 50 mg/L. La OMS establece como concentración máxima deseable 30 mg/L, si hay más de 250 mg/L de sulfato. Si la concentración de sulfatos es inferior, pueden permitirse hasta 50 mg/L.

En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno:

La DBO Se define como la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos no fotosintéticos a una temperatura de 20°C, para metabolizar los compuestos orgánicos degradables biológicamente. Para la obtención de una medida que sea estable y confiable se mide el DBO₅, que mide la demanda de cinco días.

Durante los primeros dos días, los microorganismos rápidamente metabolizan los compuestos orgánicos disponibles y viables de degradar biológicamente. Tales cinéticas son obtenidas siempre que las condiciones medioambientales sean apropiadas, tales como: pH neutro, presencia de un inóculo lo suficientemente aclimatado, presencia de una cantidad adecuada de nutrientes minerales necesarios para el crecimiento microbianos (de particular importancia son N, P, Ca, Mg, Fe, S). En investigaciones se ha demostrado que gran parte de los microorganismos metabolizan aeróbicamente los sustratos orgánicos, tales como lípidos, azúcares, alcoholes o proteínas, tal que alcanzan un máximo rendimiento de producción celular de 0,4 g de células en peso seco por gramo de DBO eliminado. (Sikes,1975, pp. 591-600)

Al respecto, Palomares, A, (2013) señala que los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO_3^-), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos. Actualmente en la Comunidad Europea el nivel máximo permitido de nitratos en aguas potables es de 50 mg/L, siendo 25 mg/L el valor guía. Sin embargo, existe un número importante de estaciones de captación de agua en las que se superan estos valores, especialmente en Baleares, Canarias y la cuenca interna de Cataluña (Palomares, A. 2013).

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra

en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas. Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos.

Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como $\text{NO}_3\text{-N}$). Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/L o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños de más de seis meses y mucho menos en adultos. La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales. Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de

una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado. Es importante destacar que, aunque el agente responsable de esta enfermedad son los nitritos, debido a que estos se forman naturalmente a partir de los nitratos, un factor determinante en la incidencia de esta enfermedad es la concentración de nitratos en el agua y los alimentos. Para dar una idea de la gravedad y magnitud potencial de este problema, basta mencionar que los datos obtenidos a través del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (GEMS, por sus siglas en inglés) indican que 10 % de los ríos estudiados en todo el mundo tenían concentraciones de nitratos por encima del límite recomendado por la OMS. Los estudios de GEMS también encontraron que en Europa 15 % de los ríos tenían concentraciones de nitratos hasta 45 veces mayores que la concentración natural. Los métodos tradicionales de floculación e incluso ablandamiento con cal no son efectivos para la remoción de nitratos. El más eficiente es el de resinas de intercambio iónico, que puede remover concentraciones tan altas como 30 mg/L y reducirlas hasta 0,5 mg/L en procesos continuos. En la práctica, difícilmente los nitritos se encuentran en aguas tratadas debido a que se oxidan fácilmente y se convierten en nitratos durante la cloración. Por sus efectos adversos para la salud de los lactantes y porque no se tienen procesos definitivos para su remoción, el contenido de nitratos en aguas de consumo público no debe exceder, según la EPA, de 10 mg/L. Puesto que los nitritos tienen un efecto tóxico superior a los nitratos, el contenido no debe exceder de un mg/L; en ambos casos, medidos como nitrógeno. La OMS establece un valor guía provisional de 50 mg/L (N-NO₃) y 3 mg/L (N-NO₂), mientras que el Canadá recomienda un máximo de 10 mg/L para el primero y un mg/L para el segundo (CEPIS/OMS-Barnechea M, Ada. 2005, pp. 39).

Sólidos totales

Digesa/MINSA, indica que la fuente de los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua:

Características: Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido. Los “sólidos totales” es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporización de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Las sustancias no disueltas usualmente se denominan materia suspendida o sólidos suspendidos, pocas veces se realizan pruebas de sólidos suspendidos, estos generalmente se evalúan por medición de turbiedad. Sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos volátiles se emplean para evaluar la concentración de los residuos domésticos industriales. Riesgos Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales.

Las enzimas polifosfatasas-cinasas, las cuales pueden almacenar o restituir los polifosfatos. Se estima que por lo menos el 85 % del fósforo vertido y aportado al medio ambiente procede de la red de colectores de las ARU (aguas residuales urbanas), suponiendo un nivel de vida adecuado con instalaciones sanitarias completas. Esta fracción proviene de los desechos humanos y de los detergentes. La agricultura es la causante del 15 % restante, siendo su influencia relativamente pequeña, debido a que, al contrario que en el caso de los nitratos, el fósforo se absorbe y se almacena bien en el

suelo. El fósforo aparece como fosfato en las formas siguientes: - Ortofosfatos solubles: Fácilmente precipitables, pueden proceder directamente de los vertidos o del resultado de una degradación en el proceso del tratamiento de los polifosfatos orgánicos o inorgánicos. Polifosfatos: Orgánicos o inorgánicos, que pueden bien degradarse en ortofosfatos, o bien permanecer inertes. A su vez pueden estar en solución o en suspensión más o menos sedimentable. La relación entre estas diversas formas es muy variable, y no se pueden proporcionar datos demasiado concretos: En una ARU bruta, los ortofosfatos pueden representar del 15 % al 35 % de los fosfatos totales. En las ARU decantadas, la proporción aumenta en un 5 % a un 10 %. En una ARU con tratamiento secundario (biológico), la fracción de ortofosfatos llega a alcanzar el 50 % o incluso el 90 %. Si comparamos las formas inorgánicas y orgánicas, estas últimas representarían del orden de un 30 %.

El fósforo es un elemento esencial para la vida biológica, tanto para los organismos inferiores como para los de estructuras más complejas. Además, el papel del fósforo en la vida es de gran complejidad, ya que interviene en la formación de múltiples constituyentes de las células. En particular citaremos: La membrana citoplasmática, así como el ADN. Las enzimas denominadas transferasas: ADP (adenosina-difosfato) y ATP (adenosina-trifosfato) que tienen la propiedad de almacenar o devolver energía, pasando de una forma a otra:



Al referirse a los contaminantes asociados, se puede decir que es esencialmente de tipo orgánica y biológica, cuyo origen es debido a la existencia de fosas sépticas, pozos negros, alcantarillado, y vertederos, entre otros. Además de los anteriores contaminantes se debe añadir la presencia de productos químicos de tipo doméstico (detergentes, plaguicidas) y los denominados productos farmacéuticos y de uso personal (PPCPs). Estos últimos (Daughton, 2001), constituyen un grupo específico de contaminantes cuya

presencia en las aguas subterráneas se ha detectado especialmente en algunos países europeos, y que constituyen una nueva amenaza a las aguas subterráneas. (Eckel et al., 1993; Heberer et al., 1998; Holm et al., 1995; Seiler et al., 1999)

Esto implica que, cuando los microorganismos metabolizan aeróbicamente 1g de DBO, estos inmovilizan aproximadamente la mitad de la materia orgánica en la forma de biomasa y consumen oxígeno para oxidar la otra mitad. Lo que lleva a relacionar el máximo rendimiento celular y no tiene en cuenta la manutención del metabolismo de la bacteria durante la segunda fase del ensayo.

La respiración endógena constante para los cultivos microbianos promedio es aproximadamente 10 g de oxígeno consumido por gramo de biomasa peso seco por día.

Se cita la siguiente relación para determinar el DBO₅.

$DBO_5 = O_2 \text{ (para crecimiento 1-2 días)} + O_2 \text{ (para respiración de biomasa 2-4 días)}$

$DBO_5 = [DQO * 0,5] + [DQO * 0,40] * 0,1 * 3,5$

$DBO_5 = DQO * 0,65$

Boyd (2020) señala que:

El oxígeno disuelto es de suma importancia en la calidad del agua, ya que es fundamental para la respiración aeróbica. La absorción de oxígeno por parte de los peces y otros animales acuáticos está controlada por la presión de oxígeno en el agua en lugar de la concentración de oxígeno disuelto en miligramos por litro.

La baja presión de oxígeno puede estresar o incluso matar a los organismos acuáticos. La baja presión de oxígeno puede estresar o incluso matar a los organismos acuáticos. Las concentraciones excesivas de gas disuelto (incluido el oxígeno) en el agua pueden provocar un traumatismo por burbujas de gas en los peces y otros animales acuáticos.

Los altos niveles de fosfato en el agua para beber provocan problemas digestivos. Según la OMS (2008), los límites máximos de seguridad de los fosfatos en el agua potable son de 0,5 mg/L; mientras que para la agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) (2002), los criterios de calidad de los fosfatos no deben exceder de 0,1 mg/L, para los arroyos que no se vacían en los embalses y 0,05 mg/L para las corrientes que descargan en los embalses y 0,025 mg/L para los embalses (Nangulu, 2015)

Cloruros

El ion cloruro (Cl^-) es un anión monovalente y monoatómico que se forma al ganar un electrón y quedar cargado electronegativamente con 17 protones y 18 electrones. Este ion forma sales muy solubles, suelen estar asociadas al ion Na^+ , especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen en 10 y 250 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua del mar contiene alrededor de 20 000 ppm Lapeña (1990). El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial, a partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interface óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. Se valora con nitratos de plata usando cromato potásico como indicador (Lapeña, 1990)

Cloro y cloruros El cloro elemental es un gas amarillo-verdoso altamente soluble en agua. Cuando se disuelve en ausencia de sustancias nitrogenadas (con la materia orgánica nitrogenada forma cloraminas) u otros productos que puedan interferir, el cloro es rápidamente hidrolizado a ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). A su vez el ácido clorhídrico se disocia fácilmente a iones hidrógeno y cloruro, mientras que el ácido hipocloroso, que es un ácido débil, se disocia parcialmente en iones hidrógeno y

iones hipoclorito (OCl^-). Las proporciones relativas de Cl_2 , HOCl y OCl^- en equilibrio (especies que en conjunto se denominan cloro libre disponible) se encuentran controladas por el pH, la temperatura y la fuerza iónica. El cloro en agua reacciona fácilmente con las sustancias nitrogenadas para producir mono-, di- y triaminas, N-cloraminas y N-cloramidas y otros compuestos N-clorados (conocidos en conjunto como cloro disponible combinado). Tanto las formas de cloro libre como las de cloro combinado participan en diversas reacciones con compuestos orgánicos para generar productos clorados. El cloro que permanece en agua después de un tratamiento se denomina cloro residual. El conjunto de cloro libre y cloro combinado se nombra como cloro residual total (TRC total residual chlorine). La medida de TRC se considera suficiente para definir la toxicidad sobre los organismos acuáticos de agua dulce. El ion cloruro se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, generalmente en forma de cloruro sódico, potásico o cálcico. El gran inconveniente de los cloruros es el sabor desagradable que comunican al agua. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable.

La presencia de cloruros en las aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos minerales de sal gema, contaminación proveniente de diversos efluentes de la actividad industrial, aguas excedentarias de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales plásticas (Catalán L, et al., 1971; Pettyjohn, 1972; Bond y Straub, 1973; Agued, 1997; Metcalf y Eddy, 1998; 1999). A veces puede presentarse un incremento esporádico del contenido en cloruros como consecuencia de contaminaciones domésticas, en particular procedentes de la orina del hombre y de los animales, que contiene por término medio 5 g/L del ion (Catalán et al., 1971)

Aceites y grasas

La contaminación del agua por aceite es un caso típico de las aguas residuales procedentes de procesos industriales. La descarga del agua contaminada con aceite contribuye a la polución del medio ambiente. Consecuentemente, las normas sobre los niveles de contaminación son cada vez más estrictas. En muchos procesos industriales se utilizan detergentes y productos de limpieza a presión que generan mezclas de aceite y agua. La liberación de aceites y grasas al medio acuático, como sustancias hidrófobas de menor densidad, además de provocar un impacto estético, aportan otros contaminantes como la elevada DQO que en gran medida afectan al intercambio gaseoso. Así, estas sustancias una vez entran al medio acuático, se difunden a la superficie reduciendo la oxigenación a través de la interfase aire-agua y la actividad fotosintética, ya que absorbe la radiación solar, disminuyendo así, además, la producción interna de oxígeno disuelto. El vertido de aceites usados en los cursos de aguas deteriora notablemente la calidad de estas, al ocasionar una capa superficial que impide la oxigenación de las aguas y produce la muerte de los organismos que las pueblan. El contenido de aceites y grasas en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/L de MEH (material extraíble en hexano). Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/L de MEH (material extraíble en hexano). Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en tierra, esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta. Los hidrocarburos saturados que contienen no son biodegradables (en el mar el

tiempo de eliminación de un hidrocarburo puede ser de 10 a 15 años). Se dice que 5 litros de aceite usado, capacidad corriente del cárter de un automóvil, vertidos sobre un lago cubriría una superficie de 5 000 m² con una capa oleosa que perturbaría gravemente el desarrollo de la vida acuática. A estas dificultades debemos añadir los riesgos que implican las sustancias tóxicas contenidas en los aceites usados, vertidos en el agua que pueden ser ingeridas por el hombre o los animales. Dichas sustancias tóxicas provienen de los aditivos añadidos al aceite y engloban diversos grupos de compuestos tales como: fenoles, aminas aromáticas, terpenos fosfatados y sulfonados di-alkil-ditiofosfato de cinc, detergentes, poli-isobutilenos, poliésteres, que durante el uso del aceite a temperaturas elevadas forman peróxidos intermedios que son muy tóxicos.

Bolaños-Alfaro, (2017) en un trabajo de investigación sobre nitritos, nitratos, sulfatos y fosfato, indican lo siguiente:

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores-alerta y máximos indicados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, N.º 38924-S, y se establecieron las posibles causas de contaminación de origen humano, según las actividades industriales, el crecimiento demográfico y el manejo de las aguas residuales, entre otros factores que afectan las distintas zonas en estudio. Como sucesos relevantes se tiene que los acueductos ASADA (Asociación Administradora del Acueducto) de La Arena y El Cajón son los que se relacionan con mayor vulnerabilidad en las nacientes e, incluso, más riesgo para la salud humana, ya que los valores encontrados están por encima de la normativa en los parámetros de concentración de nitratos, sulfatos y fosfatos, por lo que deben ser monitoreados como indicadores de contaminación.

Mejía (2005, Citado por Oblitas y Torres, 2016) sobre contaminación del agua:

La contaminación del agua es generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como los animales también son responsables de dicha contaminación. Varios microorganismos pueden estar presentes en el agua, esto principalmente se debe a la contaminación implicando una alteración perjudicial para la salud. El peligro más común del agua es el de su contaminación directa o indirecta por aguas servidas, desechos o excretas del hombre o animales.

La contaminación del agua representa un gran problema de salud pública, provocando transmisiones de enfermedades por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados. El agua actúa como vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través del consumo de alimentos contaminados.

Coliformes totales. Se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 °C a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂), aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad de la β-galactosidasa. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales, así mismo pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua. El grupo coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, por lo que este grupo se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua. El grupo de los coliformes está conformado por cuatro grandes grupos, que son: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

Ríos-Tobón, et al. (2017) refiere los siguiente:

El agua potable, definida como “adecuada para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”, es libre de microorganismos causantes de enfermedades. Las posibles consecuencias de la contaminación microbiana para la salud son tales que su control debe ser objetivo primordial y nunca debe comprometerse (OMS, 2017). La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Los cambios relacionados con las actividades antropogénicas se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico. Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica de las fuentes de agua (Núñez N, Fraile I, Lizarazu J, 2009). Aunque la presencia de microorganismos de transmisión hídrica no está limitada a una región específica en el mundo, o a su nivel de desarrollo (OMS, 2017), los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los Estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública, favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el agua de consumo, principalmente en países en vía de desarrollo (OMS, 2017; (Silva J, Ramírez L, Alfieri A, Rivas G, Sánchez M, 2004). La falta de garantías en la seguridad del recurso hídrico hace

que la comunidad quede expuesta al riesgo de brotes de enfermedades relacionadas con el agua.

Cusiche, L. y Miranda, G. (2019) en su trabajo sobre calidad del agua del Lago Junín en las tres estaciones de muestreo del cuerpo de agua del lago obtienen las medias de dureza total es 144, 146 y 134 mg L⁻¹ respectivamente en época de lluvia, mientras en época de estiaje las medias son ligeramente superior (156, 169 y 179 mg L⁻¹) en las tres estaciones debido a la concentración de carbonatos. Presentó un rango de medias de pH 7,7 a 8,37 en las dos épocas de muestreo.

Según Bussing (2002) por lo general el pH de los ríos varía entre 6,5 y 7,4 y la dureza total de 25 a 70 mg L⁻¹. Los lagos suelen ser más alcalinos, con pH entre 7 y 8 y dureza total entre 20 y 150 mg L⁻¹. Las aguas del lago Junín contienen medias en época de lluvia, pH de 7,7 en la estación de muestreo E1, pH de 8,3 en la estación E2 y de 8,37 en la estación E3. En época de estiaje las medias de los pH son 8,2; 8,21 y 8,3 para E1, E2 y E3 respectivamente. En general se puede considerar un pH homogéneo y casi constante pero ligeramente superior al rango de Bussing. En cuanto a la alcalinidad en las estaciones E1, E2 y E3 presentaron en sus medias, ligeras variaciones de periodicidad tanto en lluvia como en estiaje. Estas variaciones son debidas a las fluctuaciones del CaCO₃ de 124 a 134 mg L⁻¹ en época de lluvia y de 146 a 169 mg L⁻¹ en época de estiaje. Además, se observan en los resultados que las medias de los sólidos totales reportados son superiores a la alcalinidad en las tres estaciones del cuerpo de agua del lago, esta superioridad se puede atribuir a que al calcio y magnesio podría estar asociado con los nitratos, cloruros y sulfatos.

Gómez Apac, H, (2014), indica que el:

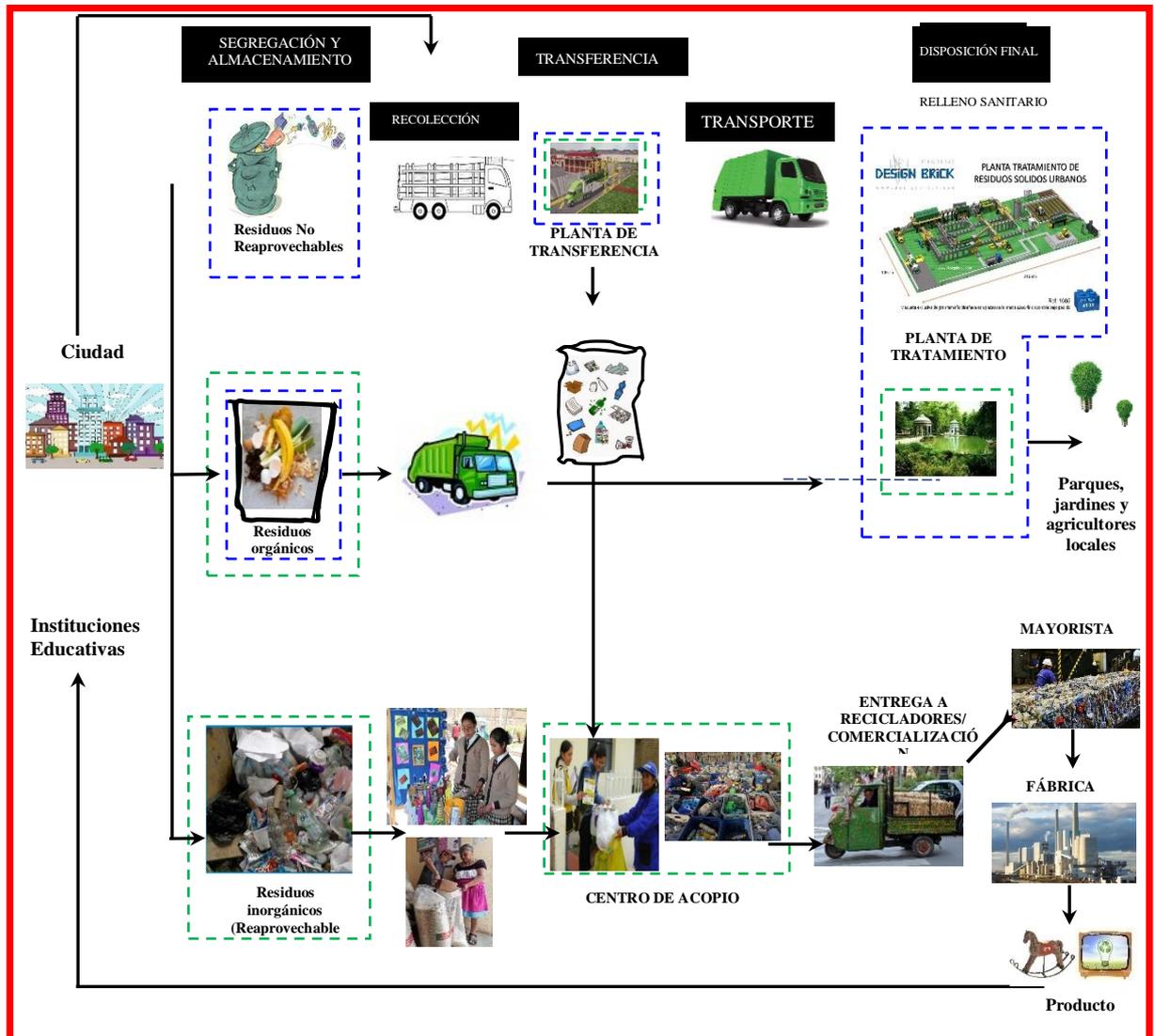
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) —en el marco de las funciones conferidas por la Ley N°.29325 - Ley del Sistema Nacional de

Evaluación y Fiscalización Ambiental, modificada por la Ley N°.30011— está facultado para ejercer la fiscalización ambiental en los subsectores de su competencia, la cual comprende las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y sanción, destinadas a asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales de sus administrados, así como el régimen de incentivos de buenas prácticas ambientales.

Roldan, (2008) en la figura 4 nos muestra el recorrido que siguen los residuos sólidos desde su generación hasta su disposición final o transformación en un nuevo producto.

Figura 4

Ciclo de los Residuos Sólidos



Nota. *Imágenes de ciudad saludable. Roldan, P. (2008).*

De otro lado, como ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), ejerce las funciones normativa y supervisora de Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) de ámbito nacional, regional y local. A través de esta última, el OEFA realiza supervisiones a las municipalidades provinciales y distritales para verificar el debido cumplimiento de sus funciones

en materia de fiscalización ambiental. Las municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generan residuos similares a estos, en todo el ámbito de su jurisdicción territorial. Asimismo, en coordinación con las autoridades del sector salud, deben evaluar e identificar los espacios adecuados para implementar rellenos sanitarios, que son las infraestructuras autorizadas para la disposición final de residuos sólidos municipales.

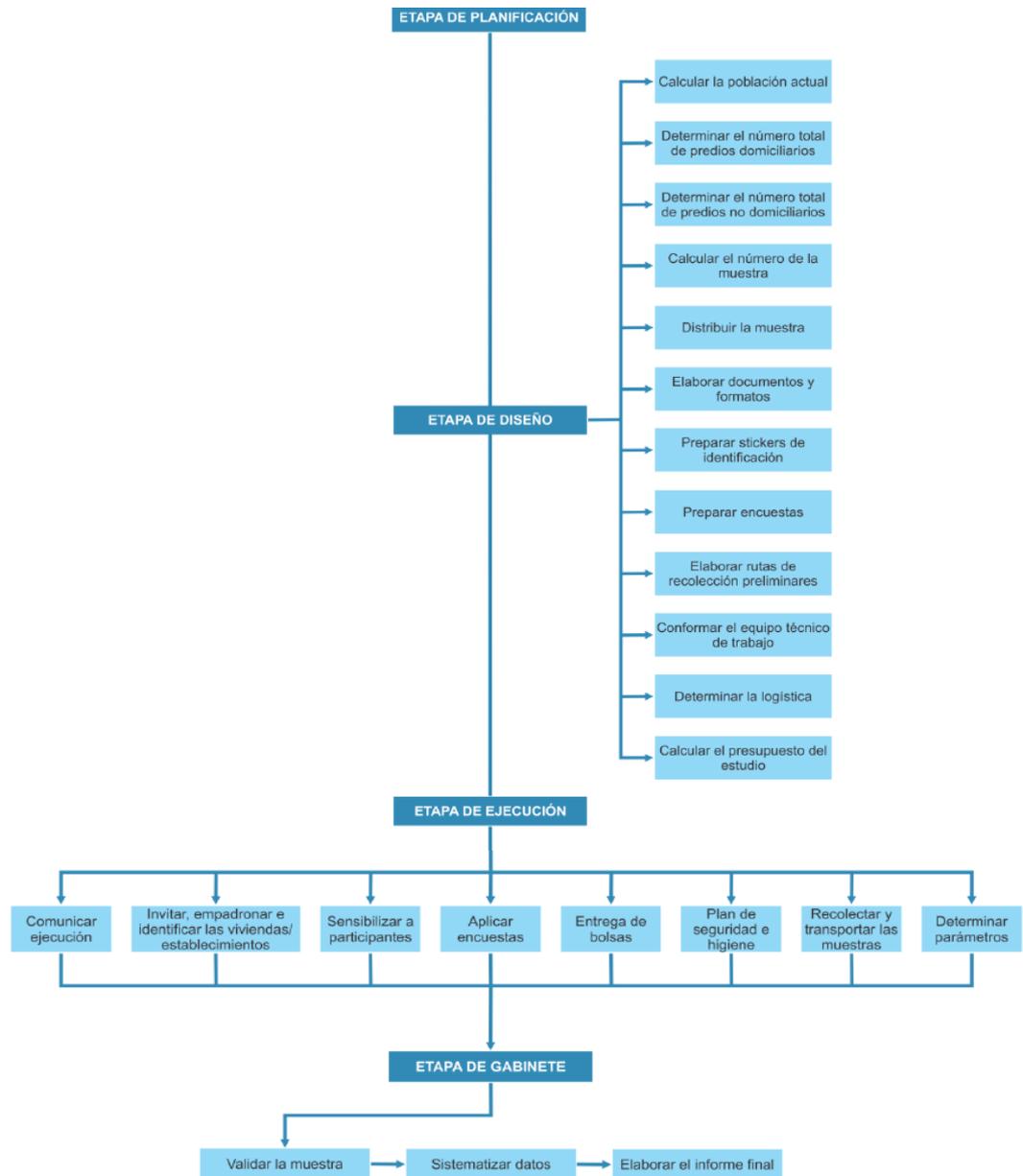
En el Perú existen diez rellenos sanitarios autorizados² y en funcionamiento para una población que supera los treinta millones de habitantes. Esta situación demuestra que existen graves problemas que impiden la rápida implementación de infraestructuras para la adecuada disposición final de los residuos sólidos. Para superar estas dificultades, es necesario contar con la participación de todos los niveles del sector público, las empresas y organizaciones privadas y la ciudadanía en general. Los asuntos sociales, económicos y ambientales vinculados a la gestión de residuos sólidos involucran tanto a los gobiernos regionales como a los gobiernos locales, al ser ellos las autoridades más cercanas a la población y sus necesidades.

MINAM, 2015 de acuerdo con la Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM), establece las pautas para el establecimiento de la población al momento de la realización del estudio, cálculo del número de muestra, distribución de la muestra, elaboración de documentos y encuestas y demás para estos estudios según flujograma que se muestra en la figura

² Información proporcionada por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (Digesa), actualizada al 04 de noviembre de 2014.

Figura 5

Flujograma de las etapas para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos



Nota. Minan, 2015

El cálculo de la población actual se realiza aplicando la formula $PF = P_i \times (1+r)^n$, donde P_i es la población inicial obtenida del último censo nacional, r la tasa de crecimiento anual inter censal, n número de años que se desea proyectar a la población, a partir de la población inicial (P_i). El siguiente paso es la

determinación del número total de predios domiciliarios, donde se asume un valor promedio de 5 habitantes por predio; sin embargo, si tiene información que pueda sustentar otro valor lo debe usar. Para calcular el número de muestra se debe utilizar la fórmula correspondiente. La distribución de la muestra se hace según estratos. En el caso de algunas zonas rurales o urbanas que tienen una población con características homogéneas se considera como una población de un solo estrato, sin embargo, en estos casos pueden sectorizarse por: barrios, sectores, urbanizaciones, entre otros. Conocidos el número de muestra cursar las invitaciones a las viviendas que participaran del estudio, además llenar el formato de registro de los participantes que se muestra a continuación

Formato N° 1 Registro de viviendas participantes en el estudio de caracterización

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO.....

REGISTRO DE VIVIENDAS PARTICIPANTES

| ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO | | | | | | | |
|---|------------------------|-----------|-------------|---------------------|-----|----------------------|-------|
| REGISTRO DE VIVIENDAS PARTICIPANTES | | | | | | | |
| Fecha | de de 20xx | | | | | | |
| Número | Código | Dirección | Urb/CP/AAHH | Nombres y Apellidos | DNI | Número de habitantes | Firma |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| n | | | | | | | |

Nota. Adaptado del Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014 para el cumplimiento de la Meta. Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 20 % y 25 % de las viviendas urbanas del distrito

Preparar encuestas. La encuesta tiene como objetivo conocer la percepción del servicio municipal de limpieza pública dirigida a los jefes de hogar de las familias. El paso siguiente es elaborar un plano de ruta de recolección y transporte. Luego determinar la logística para su ejecución que por lo general contempla los siguientes elementos:

Tabla 3

Logística requerida durante el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales.

| Logística a utilizar en Oficina/Gabinete |
|---|
| Materiales de oficina |
| Logística a utilizar en Campo |
| Personal |
| Equipos de protección personal |
| Materiales de campo |
| Movilidad |
| Ambiente para realizar la caracterización |
| Herramientas e insumos |
| Insumos para la limpieza del local |
| Comunicación |

Calcular el presupuesto del estudio

Etapa de ejecución del estudio: en primer lugar, comunicar a la comunidad sobre la realización del estudio. Invitar, empadronar e identificar las viviendas seleccionadas. Las viviendas que aceptan participar deben ser debidamente empadronadas según formato: seguidamente elaborar rutas de recolección preliminares. Luego sensibilizar a participantes de estudio, Consiste en informar a los participantes el objetivo del estudio y la metodología a seguir, esta sensibilización puede ser “puerta a puerta” de manera conjunta con la entrega de los oficios previa aceptación y recepción del oficio, o en un taller con todos los que aceptaron participar en el estudio de caracterización.

Entrega de bolsas para recolectar los residuos: El personal de campo debe entregar las bolsas rotuladas con el código asignado a cada vivienda y establecimiento participante; además, para diferenciar las bolsas que contienen residuos domiciliarios y no domiciliarios se recomienda usar dos colores de bolsas

Plan de seguridad e higiene: El personal de campo y operarios deben tomar las medidas necesarias de seguridad durante el trabajo de campo del EC-RSM, como se indica a continuación:

Tabla 4

Normas Generales de Seguridad

| Actividades a realizar | Normas de Seguridad |
|--|---|
| Recolección selectiva | Uso de todos los equipos de protección personal (guantes, mascarilla, botas, uniforme). |
| Descarga de bolsas | Descargar las bolsas cuidadosamente y sin tirarlas. |
| Pesado de las bolsas | Si las bolsas son muy pesadas, manipularlas entre dos integrantes del equipo. |
| Traslado de bolsas para segregación y/o separación | Llevar las bolsas a la mesa de trabajo, de ser muy pesadas, trasladarlas entre dos integrantes del equipo. |
| Segregación y/o separación | Abrir las bolsas y vaciarlas cuidadosamente a la mesa de trabajo, usar los equipos de protección personal. |
| Determinación de la densidad | Levantar con cuidado el cilindro, para evitar golpes. |
| Disposición final | Realizar el traslado de bolsas al área de disposición final con las medidas de seguridad necesaria para evitar cualquier accidente (caídas, luxaciones lumbares y otros). |

Nota. *Guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización de residuos sólidos. 2012*

En la recolección, descarga de bolsas, pesaje, traslado, separación y disposición final se debe prevenir cualquier riesgo de accidentes (cortes con objetos punzocortantes, cortes de vidrio, pinchazo con agujas contaminadas, caídas y otros). Para evitar cualquier tipo de accidentes, el personal técnico y los operarios, deben utilizar todo el equipo de protección personal necesario, como se indica a continuación:

Tabla 5*Equipos de Protección Personal*

| Equipo de protección | Características | Riesgos que cubre |
|---|--|---|
| Mandil  | Mandil o delantal de plástico que prende del cuello o uniforme de trabajo. | Gérmenes, salpicaduras, frío y calor en el trabajo. |
| Gorra  | Sombrero o gorro que cubra el cabello, según características de la región. | Gérmenes que afectan el cuero cabelludo, la insolación, dolor de cabeza por el sol. |
| Botas de seguridad  | Botas para cubrir los pies de la humedad. | Golpes y/o caída de objetos resbalones |
| Guantes  | Guantes de cuero y/o de nitrilo | Cortes con objetos, quemaduras y contacto con gérmenes. |
| Mascarilla  | Mascarilla con filtro de repuesto | Inhalación de polvo, vapor, humo, gases. |

Nota. Guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización de residuos sólidos. 2012

Recolectar y transportar las muestras del estudio Para la recolección es importante que los operarios de recolección respeten los horarios establecidos con los jefes de hogar y responsables de los establecimientos. Además, el último día de recolección deben indicar a los participantes que la fase de campo se ha concluido. Este detalle es importante para no generar molestia.

Determinar parámetros: Los principales parámetros a determinar en el estudio de caracterización tanto para los domiciliarios y los no domiciliarios son:

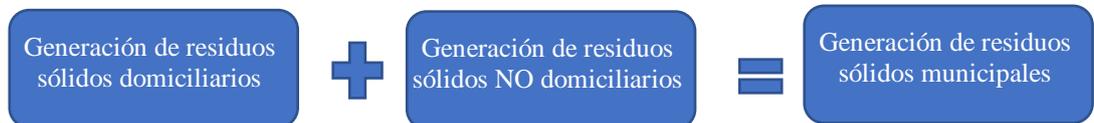
Generación Este parámetro es importante para conocer la generación total de residuos sólidos, de esta manera se puede dimensionar el equipamiento para su recolección, transporte e infraestructura.

Composición Permite conocer qué componentes tienen los residuos, esto permite tener un criterio técnico para establecer programas de recuperación y/o reciclaje de residuos.

Densidad Se usa para dimensionar el equipamiento de almacenamiento público de residuos (contenedores, papeleras, etc.)

Humedad Se usa en el diseño de rellenos sanitarios para estimar la generación de lixiviados.

Generación: La Generación de residuos sólidos municipales es la resultante de sumar la generación de residuos sólidos domiciliarios y la generación de residuos sólidos no domiciliarios.



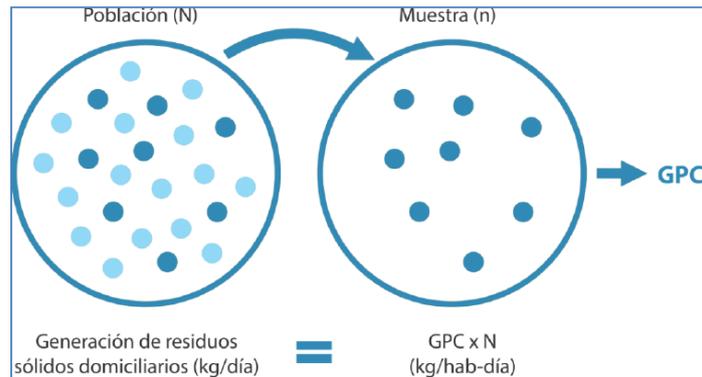
a) Generación de residuos sólidos domiciliarios

Previo al cálculo de la generación per cápita se debe tener en cuenta lo siguiente:

Si solo se tiene un sector; porque el distrito tiene un mismo estrato económico, la generación total de residuos sólidos domiciliarios se calcula: generación per-cápita promedio de la muestra por la población total. Ver figura 6.

Figura 6

Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios cuando se tiene solo un Sector:



Nota. MIMAN, 2015

Si se desea calcular la generación per cápita promedio (para proyecciones) la GPC promedio sería:

$$GPC_{promedio} = \frac{GPC1.n1 + GPC2.n2 + GPC3.n3}{n}$$
$$= \frac{GCP1.N1 + GPC2.N2 + GPC3.N3}{N}$$

El cálculo de la generación per-cápita de una zona se determina de la siguiente manera:

- a. Se debe conocer el número de habitantes por cada vivienda participante, (por ejemplo, en la vivienda1 hay “X” habitantes, en la vivienda2 “y” habitantes, en la vivienda “n” hay “z” habitantes)
- b. Durante 8 días se recolectan las bolsas de residuos de las viviendas participantes y transportan hacia el local acondicionado para el estudio.
- c. Se pesan las bolsas identificando a que vivienda pertenece (por ello las bolsas deben estar codificadas), Se anota el peso de las bolsas en el formato de registro diario (Ver más adelante el Formato N° 6).

Formato N° 6: Registro de pesos diarios – domiciliarios

| Código de vivienda | Código | N° de Habitantes | Peso (Kg) | | | | | | | | Generación per cápita Kg/persona /dia |
|--------------------|--------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | | | Día 0 Kg | Día 1 Kg | Día 2 Kg | Día 3 Kg | Día 4 Kg | Día 5 Kg | Día 6 Kg | Día 7 Kg | |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| n | | | | | | | | | | | |

Nota. MINAM (2015)

Composición:

La metodología sugerida es la siguiente:

Para realizar este trabajo se utiliza la muestra de un día. Se deben colocar los residuos en una zona pavimentada o sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los residuos con tierra.

Se rompen las bolsas y se vierten los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable.

Si se tiene un volumen de residuos muy grande, se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas (lados sombreados del gráfico que se muestra a continuación) para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra que sea manejable.

Se separan los componentes del último montón y se clasifican en:

Tabla 6*Clasificación de los Residuos Sólidos*

| Tipo de residuos sólidos | Detalle |
|--------------------------------------|---|
| 1. Materia orgánica | Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares. |
| 2. Madera, follaje | Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas. |
| 3. Papel | Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros. |
| 4. Cartón | Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto |
| 5. Vidrio | Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde. |
| 6. Plástico PET | Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites. |
| 7. Plástico duro | Considera frascos, bateas, otros recipientes. |
| 8. Bolsas | Considera a aquellas bolsas chequeras o de despacho. |
| 9. Tetrapak | Considera envases de leche, jugos, etc. |
| 10. Tecnopor y similares | Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros. |
| 11. Metal | Considera latas de atún, leche, conservas, fierro, envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc. |
| 12. Telas, textiles | Considera restos de telas , textiles |
| 13. Caucho, cuero, jebe | Considera restos de cartuchos, cuero o jebes. |
| 14. Pilas | Considera residuos de pilas. |
| 15. Restos de medicinas, focos, etc. | Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares. |
| 16. Residuos sanitarios | Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas. |
| 17. Residuos inertes | Considera, tierra, piedras y similares. |
| 18. Otros (Especificar) | Considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo. |

Nota. Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014, para el cumplimiento de la Meta: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 20 y 25 % de las viviendas urbanas del distrito.

Los componentes se van clasificando en bolsas o recipientes pequeños.

Con ayuda de una balanza se deben pesar los componentes.

Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (\text{Pi}/\text{Wt}) \times 100$$

Para determinar el porcentaje promedio de cada componente, se efectúa un promedio simple, es decir sumando los porcentajes de todos los días de cada componente y dividiéndolo entre los siete días de la semana.

Densidad: Para determinar la densidad se debe realizar los siguientes pasos:

Utilizar un recipiente con capacidad conocida de preferencia cilindros 150 u 200 litros y con lados homogéneos.

Medir la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.

Al azar escoger bolsas de las ya registradas y pesadas y vaciar su contenido dentro del recipiente, anotando el código de las bolsas en el Formato N° 7.

Una vez lleno el recipiente, levantar el cilindro 20 cm sobre la superficie y dejarlo caer, repite esta acción por tres veces, con la finalidad de uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del cilindro.

Medir la altura y registrar el dato en el Formato N° 7.

Realizar este procedimiento durante los 8 días del estudio.

Cuando se llene el cilindro se procede a determinar la altura que se deja libre de residuos sólidos dentro de este, para ello se debe medir la altura libre del cilindro es decir la altura sin residuos (m) y se registra en el Formato N° 7.

Formato N° 7: Registro de pesos y altura libre de cilindro para determinar la densidad

| N° | Fecha | Peso (kg) | Altura libre del cilindro (m) | Altura fórmula (m) | Volumen | Densidad | Densidad promedio |
|----|-------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------|----------|-------------------|
| A | 1 día | | | | | | | | | |
| B1 | | | | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | |
| B1 | 2 día | | | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | |

Para calcular la densidad se utiliza la siguiente fórmula:

Calcular la densidad haciendo uso de la siguiente fórmula, para cada uno de los residuos comerciales:

$$\text{Densidad (s)} = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H: Altura total del cilindro

π : Constante (3,1416)

La Resolución Ministerial N° 457-2018 MINAM (2018) Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en lo que respecta a la identificación de muestras por fuente de generación, de acuerdo a la normativa vigente en gestión de residuos sólidos, los residuos sólidos municipales se pueden clasificar en: a) Residuos sólidos domiciliarios: que comprenden específicamente a las viviendas, entendiéndose como tales a cualquiera de los predios con el uso específico de “casa habitación”; b) Residuos sólidos, que comprende una amplia variedad de actividades económicas e institucionales: establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos.

Para el cálculo y distribución de las muestras necesarias para el estudio, cada una de estas fuentes de generación de residuos sólidos deberá analizarse independientemente de la siguiente manera:

- a) Identificación de generadores domiciliarios

- b) **Tamaño de la muestra:** existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo: para este tipo de estudios se determinara el tamaño de la muestra teniendo como base que la población tiene una distribución normal.

En la aplicación de guías anteriores se han evidenciado dificultades al momento de aplicar formulas de determinación del tamaño muestral, en la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras, conforme a la tabla 6, que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de viviendas en cada distrito, de modo que no generen controversias. Cabe señalar que en el Anexo 5 se presenta la metodología realizada para determinar las mismas.

Tabla 7

Tamaño de Muestra para Diversas Cantidades de Viviendas en las Ciudades

| Rango de viviendas (N) | Tamaño de muestra (n) | Muestras de contingencia (20 % de n) | Total de muestras domiciliarias |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Hasta 500 viviendas | 45 | 9 | 54 |
| Mas de 500 y hasta 1000 viviendas | 71 | 14 | 85 |
| Mas de 1000 y hasta 5000 viviendas | 94 | 19 | 113 |
| Mas de 5000 y hasta 10000 viviendas | 95 | 19 | 114 |
| Mas de 10000 viviendas | 95 | 23 | 119 |

Nota. MINAM, 2018

Tabla 8*Residuos Sólidos Domiciliarios*

| Tipo | Ejemplos |
|------------------|---|
| Orgánico | Restos putrescibles, como restos vegetales, provenientes generalmente de la cocina, como cascara de frutas y verduras. También los excrementos de animales menores |
| Papel | Hojas de cuadernos, revistas, periódicos, libros. |
| Cartón | Cajas, sean gruesas o delgadas. |
| Plásticos | Plásticos agrupados en siete tipos: <ul style="list-style-type: none"> • PET (polietileno de tereftalato): botellas transparentes de gaseosas, cosméticos, empaques de electrónicos. • HDPE o PEAD (polietileno de alta densidad): botellas de champú, botellas de yogur, baldes de pintura, bolsas de electrónicos, jabs de cerveza, bateas y tinas. • PVC (cloruro de polivinilo): tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pelotas, suela de zapatillas, botas, etc. • LPDE o PEBD (polietileno de baja densidad): bolsas, botellas de jarabes y pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche, etiquetas de gaseosas, bateas y tinas. • PPO (polipropileno): empaques de alimentos (fideos y galletas), tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas, estuches negros de discos compactos. • PS (poliestireno): juguetes, jeringas, cucharitas transparentes, vasos de Tecnopor, cuchillas de afeitarse, platos descartables (blancos y quebradizos), casetes. • BAS (poliuretano, policarbonato, poliamida): discos compactos, baquelitas, micas, carcasas electrónicas (computadoras y celulares), juguetes, piezas de acabado en muebles |
| Fill | Envolturas de snacks, golosinas |
| Vidrio | Botellas transparentes, ámbar, verde y azul, vidrio de ventanas. |
| Metal | Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero |
| Textil | Restos de tela, prendas de vestir, etc. |
| Cuero | Zapatos, carteras, sacos |
| Tetra pack | Envases de jugos, leche y otros. |
| Inertes | Tierra, piedras, restos de construcción. |
| Residuos de baño | Papel higiénico, pañales, toallas higiénicas |
| Pilas y baterías | De artefactos, juguetes y de vehículos, etc. |

Nota. Guía de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de residuos

sólidos municipales a nivel de perfil, elaborada por el Proyecto STEM del MINAM y la

Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional –USAID/Perú, 2008, pág.

168.

Caracterización Residuos Sólidos

MINAM (2018) en el numeral 3.3.10 de la Resolución Ministerial N.º 457-2018-MINAM, Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales se establece la naturaleza de los residuos sólidos en cuanto a composición:

La metodología sugerida es la siguiente:

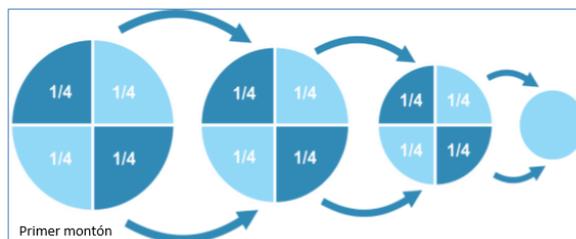
Para realizar este trabajo se utiliza la muestra de un día. Se deben colocar los residuos en una zona pavimentada o sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los residuos con tierra.

Se rompen las bolsas y se vierten los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable.

Si se tiene un volumen de residuos muy grande, se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas (lados sombreados de la figura 5 gráfico que se muestra a continuación) para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra que sea manejable.

Figura 7

Método del cuarteo



Nota. MINAM (2018).

La Municipalidad de Lima (2017) reporta los resultados de la caracterización de residuos sólidos municipales en el mercado de Lima, informa que la generación per cápita obtenida en Mercado de Lima es de 0,694 kg/hab/día y la densidad de los residuos sólidos domiciliarios de 206,52 kg/m³ y la composición física de los residuos sólidos domiciliarios en el mercado de Lima el año 2017.

El Instructivo del Ministerio del Ambiente (2014) se indica como se realiza la caracterización de los residuos sólidos en la tabla 4.

Tabla 9

Caracterización Residuos Solidos

| | Tipo de residuos solidos | Detalle |
|----|----------------------------------|---|
| 1 | Materia orgánica | Considera restos de alimentos, cascaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares. |
| 2 | Madera, follaje | Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas |
| 3 | Papel | Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros |
| 4 | Cartón | Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto. |
| 5 | Vidrio | Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde. |
| 6 | Plástico PET | Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites. |
| 7 | Plástico duro | Considera frascos, bateas, otros recipientes |
| 8 | Bolsas | Considera a aquellas bolsas chequeras o de despacho |
| 9 | Tetrapak | Considera envases de leche, jugos, etc. |
| 10 | Tecnopor y similares | Si es representativo considerado en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros |
| 11 | Metal | Considera latas de atún, leche, conservas, fierro, envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc. |
| 12 | Telas, textiles | Considera restos de telas, textiles |
| 13 | Caucho, cuero, jebe | Considera restos de cartuchos, cuero o jebes. |
| 14 | Pilas | Considera residuos de pilas |
| 15 | Restos de medicinas, focos, etc. | Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares |

| | Tipo de residuos solidos | Detalle |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Residuos sanitarios | Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas |
| 17 | Residuos inertes | Considera tierra, piedras y similares |
| 18 | Otros (especificar) | Considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo. |

Nota: Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014, para el cumplimiento de la Meta: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 20 % y 25 % de las viviendas urbanas del distrito.

Los componentes se van clasificando en bolsas o recipientes pequeños.

Con ayuda de una balanza se deben pesar los componentes.

Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (\text{Pi}/\text{Wt}) \times 100$$

Para determinar el porcentaje promedio de cada componente, se efectúa un promedio simple, es decir sumando los porcentajes de todos los días de cada componente y dividiéndolo entre los siete días de la semana

Nota: Repetir el procedimiento durante los siete días que dura el muestreo de los residuos. Hay que recordar que de los ocho días iniciales que dura el muestreo, se elimina la muestra del primer día por no considerarla útil.

Los residuos sólidos contienen aproximadamente un 45 % de materia orgánica en estado de putrefacción y descomposición provocando una disociación de las macromoléculas orgánicas a formas más sencillas que tienen estado líquido o pueden ser fácilmente arrastradas por el agua, formando los lixiviados y diversos compuestos de nitrógeno y fósforo procedente de la mineralización de esta materia orgánica (Colomer y Gallardo, 2007).

Cuando el agua percola a través de las basuras urbanas que el hombre origina y que se encuentran depositadas en un vertedero municipal, disuelve componentes orgánicos e inorgánicos que producen lixiviados contaminados que pueden constituir un importante riesgo potencial para las poblaciones humanas y los ecosistemas circundantes. Es sabido que los lixiviados que estos residuos producen contienen varios tipos de compuestos químicos resultantes de los procesos de degradación. El efecto ambiental más serio, pero menos reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, es por el vertimiento de basura a ríos y arroyo, así como por el líquido percolado (lixiviado) producto por la descomposición de los residuos sólidos de los botaderos a cielo abierto (Stanley, 2007).

La descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo en muchas regiones las corrientes de agua han dejado de ser fuente de abastecimiento para el consumo humano y de recreación de sus habitantes (Piñeiro, 1991).

Estándares de calidad del agua

Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. Mediante el cual se establece los Estándares de Calidad del Agua.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la

clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

En la tabla 5 se indica la clasificación del agua según uso, categoría 1, subcategoría A para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable establecido en el DS 004-2017-MINAM.

Tabla 10*Clasificación del Agua Según Uso*

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|--|------------------|---|---|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| FISICOQUÍMICOS | | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 0,5 | 1,7 | 1,7 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 250 | 250 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg/L | 3 | 5 | 10 |
| Fósforo Total | mg/L | 0,1 | 0,15 | 0,15 |
| Nitratos (NO ₃) (c) | mg/L | 50 | 50 | 50 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 4 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 5,5 – 9,0 | 5,5 – 9,0 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 1 000 | 1 000 | 1 500 |
| Sulfatos | mg/L | 250 | 500 | ** |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 | ** |
| Turbiedad | UNT | 5 | 100 | ** |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS | | | | |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 50 | ** | ** |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 20 | 2 000 | 20 000 |

Nota. (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

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

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

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

La tabla 6 nos indica los parámetros fisicoquímicos para el agua categoría 3 con fines de riego de vegetales y bebida de animales

Tabla 11

Agua categoría 3

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

| Parámetros | Unidad medida | de | | D1: Riego de vegetales | | D2: Bebida de animales | |
|--|---------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--|
| | | Agua para riego restringido (c) | no para riego restringido | Agua para riego | para bebida de animales | | |
| FISICOQUÍMICOS | | | | | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | | | | 10 | |
| Cloruros | mg/L | 500 | | | | * | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 15 | | | | 15 | |
| Nitratos (NO ₃ ⁻ - N) + Nitritos (NO ₂ ⁻) - N | mg/L | 100 | | | | 100 | |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 4 | | | | ≥ 5 | |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 - 8,5 | | | | 6,5 - 8,4 | |
| Sulfatos | mg/L | 1 000 | | | | 1 000 | |
| Temperatura | °C | Δ 3 | | | | Δ 3 | |

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica del Ámbito de Estudio

El área de estudio de la presente investigación corresponde al río Mashcón luego de la desembocadura del río San Lucas y el recorrido del río Mashcón a lo largo de la Comunidad Huacariz, ubicada a 2651 msnm entre los 7° 10' 57.7" S (-7.18269478000) latitud sur y 78° 28' 31.5" W (-78.47541778000) longitud oeste en el distrito de Baños del Inca y Cajamarca, tal como se muestra en los gráficos 4, 6, 7 y tabla 11.

El estudio se desarrolló en la localidad de Cajamarca, ciudad ubicada en la sierra norte del Perú, en la cuenca del río Mashcón, habiéndose definido los siguientes puntos para el muestreo, como se muestra en la figura 6, la comunidad Huacariz se ubica en la ribera derecha del río Mashcón y tiene como tributario el río San Lucas que desemboca a la altura del centro poblado Bella Unión, sigue su recorrido cruzando debajo de la carretera Cajamarca-Baños del Inca en el Puente Mashcón, cruza a lo largo de la comunidad Huacariz hasta que a la altura de La Victoria se une con el río Chonta y forman el río Cajamarquino que desemboca en el río Marañón. Los puntos de ubicación fueron justo luego de la desembocadura del río San Lucas, más adelante en el Fundo Valero que se ubica más o menos a la mitad del recorrido del río Mashcón y el último punto de muestreo antes de que este río se una con el río Chonta.

Para establecer la ubicación del área de estudio se observa en la figura 6 el río Mashcón y el recorrido que realiza por la comunidad Huacariz, su tributario el río San Lucas y la unión de este río con el río Chonta para formar el río Cajamarquino a la altura de La Victoria.

Figura 8

Río San Lucas, Río Mashcón, Río Chonta y Río Cajamarquino



Nota. *Google earth*

Caracterización Climática

De acuerdo con la clasificación del Sistema Thornthwaite, la ONERN (1977) estableció para las partes altas del área de estudio, un clima de tipo BrC'a', húmedo y frío con promedios de 1,400 mm de precipitación anual, y 10 °C de temperatura; donde no está clara una estación seca y el cambio térmico invernal.

Descripción del diseño de la investigación:

Selección de las Estaciones de Muestreo

Para este cometido, fue necesario realizar cuatro salidas previas de exploración, usando un mapa de la zona, un GPS para fijar los puntos de muestreo. Asimismo, se tuvo en cuenta aspectos fisiográficos, y diferenciales de los cursos de agua, a fin de que las estaciones fueran representativas.

El trabajo se realizó siguiendo lo establecido en la Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuo Sólidos Municipales (EC-RSM) (2015) que indica las pautas para establecer la población participante, cálculo del número de muestra, elaboración de documentos y encuestas y demás pasos para la realización del estudio. En el caso de este estudio tomaremos los siguientes puntos, luego de haber establecido la población actual de 75 viviendas dato obtenido del alcalde vecinal de la comunidad Huacariz, asumiendo un valor promedio de 5 habitantes por predio. Para calcular el número de muestra se utilizó la fórmula estadística que se indica más adelante.

$$n = \frac{v^2}{\left[\frac{(E)^2}{(1,96)^2} + \frac{v^2}{N} \right]}$$

Teniendo en cuenta que según la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos del MINAM, 2018, hay evidencia de dificultades al momento de aplicar fórmulas de determinación del tamaño muestral, y con fines prácticos se consideró los rangos de tamaño de muestras de acuerdo a la cantidad de viviendas en la comunidad para no generar controversias, según la tabla 6

Tabla 12

Tamaño de muestra para diversas cantidades de viviendas en las comunidad Huacariz

| Rango de viviendas (N) | Tamaño de muestra (n) | Muestras de contingencia (20 % de n) | Total de muestras domiciliarias |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Hasta 500 viviendas | 45 | 9 | 54 |
| Más de 500 y hasta 1 000 viviendas | 71 | 14 | 85 |
| Más de 1 000 y hasta 5 000 viviendas | 94 | 19 | 113 |
| Más de 5 000 y hasta 10 000 viviendas | 95 | 19 | 114 |
| Más de 10 000 viviendas | 95 | 24 | 118 |

Nota. *MINAM, 2018*

La distribución de la muestra se hizo teniendo en cuenta que es una zona rural con una población con características homogéneas se considera como una población de un solo estrato. Conocido el número de muestra se cursó las invitaciones a las viviendas que participaron del estudio, además llenar el formato de registro de los participantes que se muestra a continuación:

Formato N° 1 Registro de viviendas participantes en el estudio de caracterización

| ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO | | | | | | | |
|---|------------------------|-----------|-------------|---------------------|-----|----------------------|-------|
| REGISTRO DE VIVIENDAS PARTICIPANTES | | | | | | | |
| Fecha | de de 20xx | | | | | | |
| Número | Código | Dirección | Urb/CP/AAHH | Nombres y Apellidos | DNI | Número de habitantes | Firma |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| n | | | | | | | |

Nota. *Adaptado del Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014 para el cumplimiento de la Meta. Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 20 % y 25 % de las viviendas urbanas del distrito*

Se aplico las encuestas para conocer la percepción del servicio municipal de limpieza pública dirigida a los jefes de hogar de las familias. La encuesta tuvo el siguiente formato:

ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LOS GENERADORES DOMICILIARIOS

| I. DATOS GENERALES | |
|--------------------|-----------|
| 1 | Familia |
| 2 | Dirección |
| 3 | Teléfono |

| II. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|-------------------------|--|---------------|---|---------------------------|---|------------------|---|----------------|---|----------------|---|----------|---|-------|---|
| 4 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tenencia de la vivienda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Propia</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Alquilada</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Alquiler – venta</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Otro: (señale)</td> <td>d</td> </tr> </tbody> </table> | Tenencia de la vivienda | | Propia | a | Alquilada | b | Alquiler – venta | c | Otro: (señale) | d | | | | | | |
| Tenencia de la vivienda | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Propia | a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alquilada | b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alquiler – venta | c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otro: (señale) | d | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Material</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Adobe</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Madera</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Material noble</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Quincha/Estera</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>Otro: (Señale)</td> <td>e</td> </tr> </tbody> </table> | Material | | Adobe | a | Madera | b | Material noble | c | Quincha/Estera | d | Otro: (Señale) | e | | | | |
| Material | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adobe | a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Madera | b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Material noble | c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quincha/Estera | d | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otro: (Señale) | e | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Uso del predio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Solo vivienda</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Vivienda y act. comercial</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Act. comercial</td> <td>c</td> </tr> </tbody> </table> | Uso del predio | | Solo vivienda | a | Vivienda y act. comercial | b | Act. comercial | c | | | | | | | | |
| Uso del predio | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solo vivienda | a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vivienda y act. comercial | b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Act. comercial | c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Servicios de vivienda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Red de agua</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Energía eléctrica</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Red de desagüe</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Teléfono</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>TV cable</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td>Internet</td> <td>f</td> </tr> <tr> <td>Todos</td> <td>g</td> </tr> </tbody> </table> | Servicios de vivienda | | Red de agua | a | Energía eléctrica | b | Red de desagüe | c | Teléfono | d | TV cable | e | Internet | f | Todos | g |
| Servicios de vivienda | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Red de agua | a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energía eléctrica | b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Red de desagüe | c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teléfono | d | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TV cable | e | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Internet | f | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Todos | g | | | | | | | | | | | | | | | | |

| III. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|-------------------|---|-----------------------|---|------------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-----------|---|-------------|---|------------|---|---------------------|---|---------|---|------|---|
| 8 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">¿Cuántas personas habitan su vivienda?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Una persona</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>2 a 3 personas</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>2 a 6 personas</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Más de 6 personas</td> <td>d</td> </tr> </tbody> </table> | ¿Cuántas personas habitan su vivienda? | | Una persona | a | 2 a 3 personas | b | 2 a 6 personas | c | Más de 6 personas | d | | | | | | | | | | | | | | |
| ¿Cuántas personas habitan su vivienda? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Una persona | a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 a 3 personas | b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 a 6 personas | c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 6 personas | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">¿Cuánto paga por los servicios de vivienda?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor a 300 soles</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Entre 300 y 750 soles</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Entre 750 y 1200 soles</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Entre 1200 y 2500</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>Mas de 2500 soles</td> <td>e</td> </tr> </tbody> </table> | ¿Cuánto paga por los servicios de vivienda? | | Menor a 300 soles | a | Entre 300 y 750 soles | b | Entre 750 y 1200 soles | c | Entre 1200 y 2500 | d | Mas de 2500 soles | e | | | | | | | | | | | | |
| ¿Cuánto paga por los servicios de vivienda? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Menor a 300 soles | a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 300 y 750 soles | b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 750 y 1200 soles | c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 1200 y 2500 | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mas de 2500 soles | e | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">4 gastos que prioriza al mes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energía eléctrica</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Agua y desagüe</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Alimentos</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>TV/cable/internet</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>Salud</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td>Educación</td> <td>f</td> </tr> <tr> <td>Combustible</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Vestimenta</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Vivienda (alquiler)</td> <td>i</td> </tr> <tr> <td>Celular</td> <td>j</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td>k</td> </tr> </tbody> </table> | 4 gastos que prioriza al mes | | Energía eléctrica | a | Agua y desagüe | b | Alimentos | c | TV/cable/internet | d | Salud | e | Educación | f | Combustible | g | Vestimenta | h | Vivienda (alquiler) | i | Celular | j | Otro | k |
| 4 gastos que prioriza al mes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energía eléctrica | a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agua y desagüe | b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alimentos | c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TV/cable/internet | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Salud | e | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Educación | f | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Combustible | g | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vestimenta | h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vivienda (alquiler) | i | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Celular | j | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otro | k | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">¿Cuál es el gasto familiar al mes?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor a 300 soles</td> <td>a</td> </tr> <tr> <td>Entre 300 y 750 soles</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>Entre 750 y 1200 soles</td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>Entre 1200 y 2500</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>Mas de 2500 soles</td> <td>e</td> </tr> </tbody> </table> | ¿Cuál es el gasto familiar al mes? | | Menor a 300 soles | a | Entre 300 y 750 soles | b | Entre 750 y 1200 soles | c | Entre 1200 y 2500 | d | Mas de 2500 soles | e | | | | | | | | | | | | |
| ¿Cuál es el gasto familiar al mes? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Menor a 300 soles | a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 300 y 750 soles | b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 750 y 1200 soles | c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entre 1200 y 2500 | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mas de 2500 soles | e | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IV- GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

| | | |
|----|--|---|
| 12 | ¿Recipiente donde almacena sus residuos sólidos? | |
| | Recipiente de plástico | a |
| | Recipiente de metal | b |
| | Recipiente de cartón | c |
| | Saco, costal, bolsa | d |
| | Otro: | e |

| | | |
|----|--|---|
| 13 | ¿En cuántos recipientes almacena sus residuos? | |
| | Solo uno | a |
| | 2 a 3 | b |
| | 4 a 6 | c |
| | 7 a 8 | d |
| | Más de 9 | e |

| | | |
|----|---|---|
| 14 | ¿En cuántos días se llena el tacho de residuos? | |
| | Todos los días | a |
| | Cada 2 días | b |
| | Cada 3 días | c |
| | Más de 4 días | d |

| | | |
|----|--|---|
| 15 | ¿Cómo califica el manejo de los residuos en su vivienda? | |
| | Malo | a |
| | Regular | b |
| | Bueno | c |
| | Muy bueno | d |

V. RECOLECCIÓN Y PAGO DEL SERVICIO

| | | |
|----|---|---|
| 15 | ¿usted recibe el servicio de recolección de residuos? | |
| | Si | a |
| | No (pase a la pregunta 19) | b |

| | | |
|----|---|---|
| 16 | ¿Quién está recolectando los residuos de su vivienda? | |
| | Municipalidad | a |
| | Empresa | b |
| | Empresa - municipalidad | c |
| | Recojo informal | d |
| | Otro | e |

| | | |
|----|---|---|
| 17 | ¿Cada cuánto tiempo paga por el servicio? | |
| | Todos los meses | a |
| | Trimestral | b |
| | Semestral | c |
| | Anual | d |
| | Otro | e |

| | | |
|----|--|---|
| 18 | ¿Cada cuánto tiempo recogen los residuos de su casa? | |
| | Todos los días | a |
| | Cada 2 días | b |
| | Cada 3 días | c |
| | Cada 4 días | d |
| | Una vez por semana | e |

| | | |
|----|--|---|
| 19 | ¿En qué horario se realiza la recolección? | |
| | Mañana | a |
| | Tarde | b |
| | Noche | c |
| | Madrugada | d |
| | Más de 2 turnos | e |

| | | |
|----|--|---|
| 20 | ¿Cómo dispone los residuos fuera de su vivienda? | |
| | Arroja al carro recolector | a |
| | Entrega al personal de recolección | b |
| | Lo deja frente a su casa | c |
| | Lo deja en una esquina | d |
| | Otro | e |

| | | |
|----|----------------------------|---|
| 21 | ¿Usted segrega en casa? | |
| | Si (pase a la pregunta 22) | a |
| | No (pase a la pregunta 23) | b |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 22 | ¿Si separa los residuos? | |
| | En 2 grupos | a |
| | Solo los orgánicos | b |
| | Solo los inorgánicos | c |
| | Para reciclaje | d |
| | Otro | e |

| | | |
|----|-----------------------------|---|
| 23 | ¿No separa los residuos? | |
| | No tengo tiempo para ello | a |
| | No sabía que se puede hacer | b |
| | No sé cómo se hace | c |
| | Es muy trabajoso | d |
| | Otro | e |

VI. PERCEPCIÓN DEL SERVICIO

24 ¿Cómo calificaría el actual servicio de limpieza pública de la ciudad?

| | |
|-----------|---|
| Malo | a |
| Regular | b |
| Bueno | c |
| Muy bueno | d |

25 ¿Cómo calificaría el actual servicio de recolección de residuos sólidos de su vivienda?

| | |
|-----------|---|
| Malo | a |
| Regular | b |
| Bueno | c |
| Muy bueno | d |

26 ¿Cuál considera es el principal problema de la recolección de RRSS de la ciudad?

| | |
|---------------------------------------|---|
| Escasa participación del vecino | a |
| Escaso vehículos y personas | b |
| Desinterés del municipio | c |
| Los vecinos no pagana por el servicio | d |
| Otro | e |

27 ¿Qué debería hacer la municipalidad para mejorar la gestión de RRSS en la ciudad?

| | |
|--|---|
| Aumentar la frecuencia de recolección | a |
| Educar y propiciar la participación de los vecinos | b |
| Mejorar cantidad/calidad de los vehículos | c |
| Privatizar el servicio | d |
| Otro | e |

VII. NECESIDAD DE SENSIBILIZACIÓN

28 ¿Ha recibido alguna capacitación sobre temas de residuos sólidos en los últimos 12 meses?

| | |
|-----------------------------|---|
| Si | a |
| No (pasar a la pregunta 36) | b |

29 ¿Qué entidad la brindo?

| | |
|----------------------|---|
| Municipalidad | a |
| ONG | b |
| Empresa | c |
| Institución de salud | d |
| Otro | e |

30 ¿Ha recibido o visto alguna información sobre RRSS? ¿Por qué medio?

| | |
|-------------------------------------|---|
| Por radio y TV | a |
| Folletos, afiches, periódicos, etc. | b |
| Internet, redes sociales | c |
| Otro | d |

31 ¿Por qué medio le gustaría recibir información sobre RRSS?

| | |
|-----------------------------------|---|
| Capacitaciones, charlas, talleres | a |
| Uso de medios audiovisuales | b |
| En internet | c |
| Mezcla de varios | d |
| Otro | e |

32 ¿Qué días es el más adecuado para recibir una charla sobre residuos sólidos?

| | |
|-----------|---|
| Lunes | a |
| Martes | b |
| Miércoles | c |
| Jueves | d |
| Viernes | e |
| Sábado | f |
| Domingo | g |

33 ¿Qué horario es el más adecuado?

| | |
|--------|---|
| Mañana | a |
| Tarde | b |
| Noche | c |

Luego se consideró la logística para la ejecución del trabajo que contemplo los siguientes elementos:

Tabla 13

Logística requerida durante el estudio de caracterización de residuos sólidos comunidad Huacariz.

| Logística a utilizar en Oficina/Gabinete |
|---|
| Materiales de oficina |
| Logística a utilizar en Campo |
| Personal |
| Equipos de protección personal |
| Materiales de campo |
| Movilidad |
| Ambiente para realizar la caracterización |
| Herramientas e insumos |
| Insumos para la limpieza del local |
| Comunicación |

Se calculo el presupuesto del estudio, que comprende:

Etapa de ejecución del estudio: en primer lugar, se comunicó a la comunidad sobre la realización del estudio. Se invito, empadrono e identifico las viviendas seleccionadas. Las viviendas que aceptaron participar fueron empadronadas según formato: seguidamente se elaboró rutas de recolección preliminares. Luego se sensibilizo a los participantes, al hacer entrega la entrega de los oficios previa aceptación y recepción del oficio.

Entrega de bolsas para recolectar los residuos: Se hizo entrega de las bolsas rotuladas con el código asignado a cada vivienda y establecimiento participante.

Plan de seguridad e higiene: Se tomó las medidas necesarias de seguridad durante el trabajo de campo del EC-RSM, como se indica a continuación:

Tabla 14

Normas Generales de Seguridad para el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

| Actividades a realizar | Normas de Seguridad |
|--|---|
| Recolección selectiva | Uso de todos los equipos de protección personal (guantes, mascarilla, botas, uniforme). |
| Descarga de bolsas | Descargar las bolsas cuidadosamente y sin tirarlas. |
| Pesado de las bolsas | Si las bolsas son muy pesadas, manipularlas entre dos integrantes del equipo. |
| Traslado de bolsas para segregación y/o separación | Llevar las bolsas a la mesa de trabajo, de ser muy pesadas, trasladarlas entre dos integrantes del equipo. |
| Segregación y/o separación | Abrir las bolsas y vaciarlas cuidadosamente a la mesa de trabajo, usar los equipos de protección personal. |
| Determinación de la densidad | Levantar con cuidado el cilindro, para evitar golpes. |
| Disposición final | Realizar el traslado de bolsas al área de disposición final con las medidas de seguridad necesaria para evitar cualquier accidente (caídas, luxaciones lumbares y otros). |

Nota. *Guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización de residuos sólidos. 2012*

En la recolección, descarga de bolsas, pesaje, traslado, separación y disposición final se previno cualquier riesgo de accidentes (cortes con objetos punzocortantes, cortes de vidrio, pinchazo con agujas contaminadas, caídas y otros). Para evitar cualquier tipo de accidentes, se utilizó el equipo de protección personal necesario, como se indica a continuación:

Tabla 15*Equipos de Protección Personal*

| Equipo de protección | Características | Riesgos que cubre |
|---|--|---|
| Mandil  | Mandil o delantal de plástico que prende del cuello o uniforme de trabajo. | Gérmenes, salpicaduras, frío y calor en el trabajo. |
| Gorra  | Sombrero o gorro que cubra el cabello, según características de la región. | Gérmenes que afectan el cuero cabelludo, la insolación, dolor de cabeza por el sol. |
| Botas de seguridad  | Botas para cubrir los pies de la humedad. | Golpes y/o caída de objetos resbalones |
| Guantes  | Guantes de cuero y/o de nitrilo | Cortes con objetos, quemaduras y contacto con gérmenes. |
| Mascarilla  | Mascarilla con filtro de repuesto | Inhalación de polvo, vapor, humo, gases. |

Nota. *Guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización de residuos sólidos. 2012*

Recolectar y transportar las muestras del estudio: Para la recolección es importante que se respeten los horarios establecidos con los jefes de hogar. Además, el último día de recolección se indicó a los participantes que la fase de campo se ha concluido. Este detalle es importante para no generar molestia.

Determinar parámetros: Los principales parámetros a determinar en el estudio de caracterización para los domiciliarios son:

Generación Este parámetro es importante para conocer la generación total de residuos sólidos, de esta manera se puede dimensionar el equipamiento para su recolección, transporte e infraestructura.

Composición Permite conocer qué componentes tienen los residuos, esto permite tener un criterio técnico para establecer programas de recuperación y/o reciclaje de residuos.

Densidad Se usa para dimensionar el equipamiento de almacenamiento público de residuos (contenedores, papeleras, etc.)

Generación:

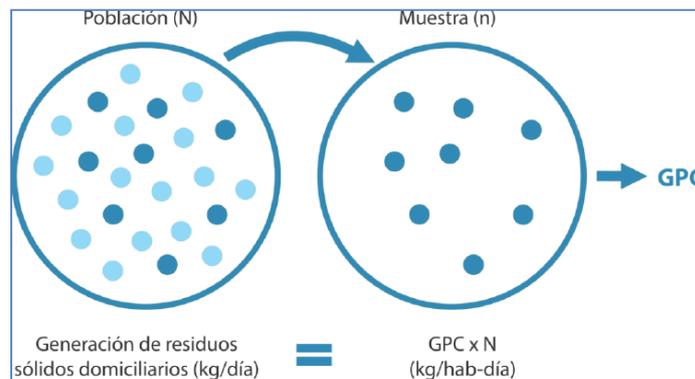
Generación de residuos sólidos domiciliarios

Previo al cálculo de la generación per cápita se tuvo en cuenta lo siguiente:

Si solo se tiene un sector; porque el distrito tiene un mismo estrato económico, la generación total de residuos sólidos domiciliarios se calculó así: generación per-cápita promedio de la muestra por la población total. Ver figura 6.

Figura 9

Generación de Residuos Sólidos Comunidad Huacariz:



Nota. MIMAN, 2015

Para calcular la generación per cápita promedio (para proyecciones) la GPC promedio se usó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 GPC_{promedio} &= \frac{GPC1.n1 + GPC2.n2 + GPC3.n3}{n} \\
 &= \frac{GCP1.N1 + GPC2.N2 + GPC3.N3}{N}
 \end{aligned}$$

El cálculo de la generación per-cápita de una zona se determina de la siguiente manera:

a. Se debe conocer el número de habitantes por cada vivienda participante, (por ejemplo, en la vivienda1 hay “X” habitantes, en la vivienda2 “y” habitantes, en la vivienda “n” hay “z” habitantes)

b. Durante 8 días se recolectan las bolsas de residuos de las viviendas participantes y transportan hacia el local acondicionado para el estudio.

c. Se pesan las bolsas identificando a que vivienda pertenece (por ello las bolsas deben estar codificadas), Se anota el peso de las bolsas en el formato de registro diario (Ver más adelante el Formato N° 6).

Para determinar la generación total de residuos sólidos domiciliarios considerar lo indicado en los Gráficos N° 2 y N° 3.

Formato N° 6: Registro de pesos diarios – domiciliarios

| Código de vivienda | Código | N° de Habitantes | Peso (Kg) | | | | | | | | Generación per cápita Kg/persona /día |
|--------------------|--------|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | |
| | | | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | Kg | |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | |
| n | | | | | | | | | | | |

Nota. MINAM (2015)

Composición:

Se utilizo la metodología sugerida siguiente:

Para realizar este trabajo se utilizó la muestra de un día. Se coloco los residuos sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los residuos con tierra.

Se rompieron las bolsas y colocó los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozo los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño manipulable.

Se separó los componentes del último montón y se clasificaron en:

Clasificación de residuos solidos

| Tipo de residuos sólidos | Detalle |
|--------------------------------------|---|
| 1. Materia orgánica | Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares. |
| 2. Madera, follaje | Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas. |
| 3. Papel | Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros. |
| 4. Cartón | Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto |
| 5. Vidrio | Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde. |
| 6. Plástico PET | Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites. |
| 7. Plástico duro | Considera frascos, bateas, otros recipientes. |
| 8. Bolsas | Considera a aquellas bolsas chequeras o de despacho. |
| 9. Tetrapak | Considera envases de leche, jugos, etc. |
| 10. Tecnopor y similares | Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros. |
| 11. Metal | Considera latas de atún, leche, conservas, fierro, envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc. |
| 12. Telas, textiles | Considera restos de telas , textiles |
| 13. Caucho, cuero, jebe | Considera restos de cartuchos, cuero o jebes. |
| 14. Pilas | Considera residuos de pilas. |
| 15. Restos de medicinas, focos, etc. | Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares. |
| 16. Residuos sanitarios | Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas. |
| 17. Residuos inertes | Considera, tierra, piedras y similares. |
| 18. Otros (Especificar) | Considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo. |

Nota. Instructivo del Ministerio del Ambiente – 2014, para el cumplimiento de la Meta: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en un 20 y 25 % de las viviendas urbanas del distrito.

Los componentes se fueron clasificando en bolsas o recipientes pequeños.

Con ayuda de una balanza se pesó los componentes.

Se calculó el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (\text{Pi}/\text{Wt}) \times 100$$

Para determinar el porcentaje promedio de cada componente, se obtuvo un promedio simple, es decir sumando los porcentajes de todos los días de cada componente y dividiéndolo entre los siete días de la semana.

Densidad: Para determinar la densidad se realizó los siguientes pasos:

Se utilizó un cilindro de 200 litros y con lados homogéneos.

Se midió la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.

Al azar se escogió bolsas de las ya registradas y pesadas y vació su contenido dentro del recipiente, anotando el código de las bolsas en el Formato N° 7.

Una vez lleno el recipiente, se levantó el cilindro 20 cm sobre la superficie y dejó caer, se repitió esta acción por tres veces, con la finalidad de uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del cilindro.

Se midió la altura y registro el dato en el Formato N° 7.

Se realizó este procedimiento durante los 8 días del estudio.

Cuando se llenó el cilindro se procedió a determinar la altura que se deja libre de residuos sólidos dentro de este, para ello se midió la altura libre del cilindro es decir la altura sin residuos (m) y se registró en el Formato N° 7.

Formato N° 7: Registro de pesos y altura libre de cilindro para determinar la densidad

| N° | Fecha | Peso (kg) | Altura libre del cilindro (m) | Altura fórmula (m) | Volumen | Densidad | Densidad promedio |
|----|-------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------|----------|-------------------|
| A | 1 día | | | | | | | | | |
| B1 | | | | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | |
| B1 | 2 día | | | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | |

Para calcular la densidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Densidad (s) = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H: Altura total del cilindro

π : Constante (3,1416)

Coordinación con Autoridades del Ámbito de Muestreo

Para tal efecto se coordinó con el alcalde Vecinal de la comunidad y luego se tuvo reuniones con los pobladores con fines de sensibilización y para explicar el objetivo de la investigación para tener acceso a sus hogares y obtención de las muestras de residuos sólidos, así como orina y heces de los comuneros.

Universo, población y muestra:

Para establecer el universo, población y muestra se utilizó la Guía Metodológica para el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) del MINAM (2015) donde se estableció que el universo está constituido por 75 viviendas, asumiendo que cada vivienda está constituida por 5 habitantes. Una vez conocida y para el número de muestra se hizo uso de la fórmula correspondiente.

Se consideró 2 tipos de muestras:

Para los residuos sólidos y excretas:

Determinación de muestra para los residuos sólidos

Universo. 75 familias

se empleó la siguiente formula:

$$n = \frac{v^2}{\left[\frac{(E)^2}{(1,96)^2} + \frac{v^2}{N} \right]}$$

Donde:

n = Número de muestras

v = Desviación estándar de la variable Xi (Xi = PPC de la vivienda_i) (g/Hab/día)

E = Error permisible en la estimación de PPC (g/Hab/día)

N = Número total de viviendas del estrato definido

Aplicando la fórmula:

$$n = \frac{(0,55)^2}{\left[\frac{(0,25)^2}{(1,96)^2} + \frac{(0,55)^2}{75} \right]} = 18,54$$

+ 10 % GPC a nivel nacional

$$n = 18,54 + 1,85 = 20,35 \approx 20$$

Al aplicar la formula, se determinó que el número de muestra para este estudio es de 20 viviendas.

La comunidad Huacariz Chico y aledaños está conformada por alrededor de 75 familias y aledaños dedicadas mayormente a labores agropecuarias. Al realizar el cálculo correspondiente se obtuvo una muestra de 20 familias en este estudio, tal como se puede apreciar a continuación:

Unidad de análisis: La unidad de análisis está formada por cada una de las viviendas evaluadas (residuos sólidos) y la cantidad de heces (g) y volumen de orina registrados (mL)

Después de determinada la muestra se visitó la comunidad para seleccionar las viviendas que participaron en el estudio, se explicó la naturaleza y duración de la

investigación que consistió en el recojo de los residuos generados durante una semana, realizando el regojo diariamente. Se hizo entrega de una bolsa de polietileno canjeando las bolsas llenas por una nueva, las mismas que fueron llevadas al laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Cajamarca para pesarlas y segregarlas respectivamente. Se determinó el peso, densidad y composición física de las muestras recolectadas³.

Toma de muestras

La toma de las muestras se realizó durante 7 días, donde se entregó una bolsa plástica a cada familia participante a cambio de la bolsa con residuos. En cada vivienda seleccionada se indicó al jefe de familia que depositen dentro de la bolsa los residuos generados en el día, como consecuencia de la limpieza de los ambientes de su vivienda.

El programa de muestreo se realizó durante siete días consecutivos, sin embargo, se descartará la muestra tomada el primer día, debido a que se desconoce la cantidad de residuos que se han almacenado en días anteriores.

En primer lugar, se entregó bolsas de polietileno a las familias de la comunidad Huacariz, previa identificación, para la recolección de los residuos sólidos durante una semana, dándoles las indicaciones necesarias para tal fin. Así mismo se realizó la recolección de las muestras de orina para lo cual utilizó una botella de vidrio de boca ancha 500 mL graduada de 5 en 5 mililitros hasta aproximadamente 400 mL durante 24 horas, anotando cada vez que miccionaba. Las heces se recolectaron en un bacín mediano y se pesó con una romanilla tipo reloj, registrando las deposiciones durante 24 h.

³ **NOTA:** la comunidad Huacariz está considerada como zona rural, por lo que no hay recojo de la basura por parte de la municipalidad de Cajamarca. Muchos de los pobladores optan por arrojar la basura al canal que cruza por esta comunidad y al río Mashcón. Según se observa los volúmenes de basura recogidos son bajos por esta razón.

Figura 10

Toma de muestras de los residuos solidos



Figura 11

Muestras Llevadas al Laboratorio para su Procesamiento



Determinación de la Generación per cápita

Para el análisis de la producción de los residuos sólidos domésticos se realizó de la siguiente manera:

- Las bolsas recogidas de las familias participantes se llevaron a la zona acondicionada para realizar la segregación.
- Se pesaron todas las bolsas registrándose el peso en el formato correspondiente.

- Una vez obtenidos los pesos totales de residuos de cada día se calcula la generación por persona de residuos sólidos, dividiendo entre la población que participa del estudio.

$$PPC = \frac{kg/día_1 + kg/día_2 + kg/día_3 + kg/día_4 + kg/día_5 + kg/día_6 + hg/día_7}{Hab\ día_1 + hab\ día_2 + hab\ día_3 + hab\ día_4 + hab\ día_5 + hab\ día_6 + hab\ día_7}$$

PPC = Producción per cápita

Determinación de la Generación Total

Tomando como base el valor de generación per cápita de residuos sólidos se estima la cantidad total de residuos generados en la localidad multiplicando el promedio de dicho valor por la cantidad total de habitantes.

$$\text{Promedio PPC} \times 75 = GT$$

Determinación de la Densidad de los Residuos Sólidos

Para realizar esta medida se procedió de la siguiente manera:

- Se acondiciono un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad.
- Al azar se cogió una bolsa de las ya registradas y pesadas y procedió a vaciar el contenido de la bolsa dentro del recipiente; y así se cogió otras bolsas sucesivamente hasta llenarlo.
- Una vez lleno, se levantó el recipiente unos 10 cm sobre la superficie y dejo caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo.
- Se midió la altura libre y registró el dato en el formato correspondiente.

El cálculo de la densidad se realizó en gabinete haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi(D/2)^2(H - h)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos

w: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H: Altura total del cilindro

h: Altura libre de residuos sólidos

π : Constante (3,1416)

Figura 12

Determinación de la densidad de los residuos sólidos



Determinación de la Composición Física de los Residuos Sólidos

- Para la determinación de la composición física de los residuos sólidos se separó los componentes de acuerdo con el tipo de residuo.
- Los componentes diferenciados, se depositaron en bolsas; mientras que, los residuos restantes se tamizaron para obtener la materia inerte; y, a la vez seguir rescatando los materiales segregables.

- Concluida la clasificación de los componentes, se realizó el pesaje y registro de los datos en el formato correspondiente.

Figura 13

Determinación de la Naturaleza Física de los Residuos Sólidos Comunidad

Huacariz



Figura 14

Determinación de la Composición Física de los Residuos Sólidos Comunidad

Huacariz



Determinación de la Generación de Excretas:

- Heces: para determinar la generación de heces se recolectó en un recipiente acondicionado para tal fin (bacinilla de tamaño mediano) y luego se procedió a pesar el contenido.
- Orina: se midió el volumen recolectado durante 24 h en una botella de vidrio boca ancha de 500 mL, graduada cada 5 mL.

Análisis Físicoquímico y Bacteriológico del Agua del Río Mashcón en el Sector Huacariz.

Toma de Muestra

Para la toma de muestra se utilizó el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2007). Antes del llenado se enjuago la botella con la misma agua y se tomó la muestra en el centro de la corriente colocando la botella en dirección opuesta al flujo de la corriente del río, en volumen de 1 L.

Unidad de análisis: volumen de agua tomada en cada unidad muestral.

Materiales y Métodos

Materiales, Equipos e Instrumentos

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Agitador magnético, marca Labor Muszripari Muver, modelo LE-0302

Aparato de extracción Soxhlet

Balanza analítica capacidad hasta 0,1 mg, marca OHAUS, modelo AR2140, SN H338120330553P

Baño maría, marca SUTJESKA BEOGRAD, Serija 1-65-064

Bolsas de polietileno 21 x 24

Bomba de vacío, marca Precision Scientific Co. Chicago, modelo S-35

Cinta métrica

Espectrofotómetro UV/vis marca Thermo Fisher Scientific, modelo 4001/4 Genesis 20 SN 356N269007.

Estufa de incubación a 35-37 °C, marca Memmert Type U1S F.N° 811401, Schutzart DIN 12880 KI.

Horno de mufla (500 ± 50 °C), marca Thermolyne 1300, modelo FA1310M

pH-metro digital HANNA instruments, HI 98103

Tacho de plástico de 30 litros

Métodos Utilizados

Segunda etapa: En esta se fijó las estaciones de muestreo de agua, una cercana a la desembocadura del río San Lucas en el río Mashcón, segunda después del puente Maschón, tercera en el Fundo Valera (Sauce llorón) y la última antes de la unión del río Maschón con el río Chonta para formar el río Cajamarquino, tal como se ilustra en la tabla 11. *In situ* se midió la temperatura y se tomó el pH. Se realizaron los muestreos durante los periodos de sequía (setiembre-octubre) y durante los periodos de lluvia (enero) de los años 2018 y 2019.

Tabla 16

Estaciones de Muestreo

| Estaciones de muestreo | | Ubicación Geográfica | | |
|-------------------------------------|----|----------------------|---------|---------|
| | | Coordenadas | | Altitud |
| | | 17 M | UTM | (msnm) |
| Después desembocadura Río San Lucas | E1 | 778772 | 9207650 | 2657 |
| Después Puente Mashcón | E2 | 778770 | 9207528 | 2662 |
| Fundo Valera (Sauce Llorón) | E3 | 779241 | 929647 | 2647 |
| Antes unión con el Río Chonta | E4 | 779412 | 9206396 | 2638 |

Las estaciones de muestreo se fijaron considerando el recorrido del río Mashcón utilizando un GPS, tomando como primer punto de muestreo después de la desembocadura del río San Lucas, uno de sus tributarios; el siguiente punto después del puente Maschón que se ubica en entre el curso del río Mashcón y la carretera Cajamarca - Baños del Inca. Tercer punto en el Fundo Valera que se halla en dentro de la Comunidad Huacariz y el último punto justo antes de la unión del río Maschón con el río Chonta para formar el río Cajamarquino.

En la segunda etapa se determinó los parámetros fisicoquímicos: Temperatura, pH, En el laboratorio.

Se hizo medidas de algunos parámetros fisicoquímicos *in situ* tal como la temperatura del agua con un termómetro de canastilla, y el pH utilizando un pH-metro digital de bolsillo HANNA. Cada muestra fue identificada convenientemente y la data se registró en una libreta de campo indicando número de muestra, numero de estación, fecha y hora.

Las muestras se tomaron en botellas de polietileno de 1 litro de capacidad, lavadas exhaustivamente y esterilizadas, se cerraron herméticamente y trasladaron inmediatamente al laboratorio para su posterior análisis.

Análisis de Laboratorio

Método para Determinar los Residuos Solidos

En el laboratorio en primer lugar se determinó la generación de residuos sólidos per cápita, para lo cual, utilizando una romanilla, se pesaron los residuos recolectados en cada una de las viviendas incluidas en el estudio, registrando los datos en una libreta; se procedió luego a la caracterización de los residuos sólidos según categoría como materia orgánica, cartón, vidrio, plástico, madera, follaje, caucho, jebe, plástico, residuos de medicamentos, telas, etc. También se determinó la densidad de los residuos sólidos

utilizando un tacho de aproximadamente 200 kg vertiendo el contenido de las bolsas hasta casi llenar el tacho, sacudiéndolo luego para uniformizar, luego tomando la medida del volumen que ocupan con una regla, y la distancia entre el borde del tacho y los residuos sólidos para luego hacer los cálculos considerando la altura y diámetro del tacho.

Tabla 17

Métodos para el Análisis Fisicoquímico y Bacteriológico del Agua del Río Mashcón 2018-2019

| PARAMETROS | METODO DE ANALISIS |
|--|---|
| pH | Electrométrico |
| Turbidez | Nefelométrico |
| Dureza total | Método titulométrico con EDTA |
| Sólidos Totales Suspendidos | Gravimétrico |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días DBO ₅ | Método de dilución |
| Oxígeno disuelto OD | Destilación Preliminar – Met. Titulométrico Winkler |
| Cloruros | Argentométrico |
| Nitratos | Espectrofotometría UV |
| Fosfatos | Espectrofotometría |
| Sulfatos | Turbidimétrico |
| Aceites y Grasas (MEH) | Extracción Soxleth – Gravimétrico |
| Coliformes totales | Método del NMP |
| Coliformes termotolerantes | Método del NMP |

Toma de muestra. Para las muestras de agua se procedió a realizar la determinación de turbiedad utilizando el método nefelométrico, dureza total por titulación complexométrica, sólidos totales suspendidos utilizando la estufa y balanza analítica; demanda bioquímica de oxígeno, mediante dilución de la muestra, incubación por 5 días y determinando el oxígeno disuelto; cloruros por argentometría, nitratos utilizando el espectrofotómetro, método de la brucina; fosfatos por espectrofotometría con aminonaftolsulfónico; sulfatos, previa preparación de la muestra y haciendo la determinación por turbidimetría; aceites y grasas por extracción con hexano; coliformes totales y termotolerantes por el método del número más probable.

El pH y la temperatura se determinaron in situ utilizando un pH-metro de bolsillo Hanna y termómetro de canastilla respectivamente.

Turbiedad

Se realizó por nefelometría, método que consiste en lo siguiente: Preparación de soluciones de turbiedad de reserva que consiste en solución a) sulfato de hidracina 1 %; b) hexametilentetramina 10 %, que luego se mezclan 5 mL de solución A con 5 mL de solución B, con esta solución se obtuvo la curva estándar que sirvió para calcular la turbiedad de las muestras. Para obtener la turbiedad de las muestras se procedió a realizar lecturas espectrofotométricas a 400 nm de longitud de onda, obteniéndose las respectivas absorbancias, luego utilizando la curva de calibración se calculó la turbiedad de cada una de las muestras.

Determinación de la Dureza Total

Se determino mediante el método complexométrico con EDTA-sódica. Para lo cual se utilizó los siguientes reactivos: a) solución tampón con 16,9 g amonio cloruro + 143 mL amonio hidróxido. b) indicador: negro de Eriocromo T, 0,5 g en 100 g de sodio cloruro, c) titulante: sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético 0,01 M.

Procedimiento: en un matraz Erlenmeyer de 125 mL se diluyo 25,0 mL de muestra hasta aproximadamente 50 mL con agua destilada, se agregó 1 mL de solución tampón para alcanzar un pH de 10,0; luego se tituló lentamente bajo agitación continua con solución EDTA hasta que el ultimo tinte rojo del indicador desapareció, se siguió agregando la solución EDTA hasta que la solución viro al azul, que es el punto final. Se calculó la dureza total expresada como calcio carbonato (CaCO_3) sabiendo que 1 mL EDTA 0,01 M es igual a 1 mg CaCO_3 .

Formula:

$$\text{Dureza (EDTA, en mg L CaCO}_3) = \frac{\text{mL titulador EDTA} \times 1000 \times f}{\text{mL de muestra}}$$

$$f = \frac{mg \text{ CaCO}_3}{mL \text{ titulador EDTA}}$$

Determinación de Sólidos Totales Disueltos

Se procedió a filtrar 100 mL de muestra de agua en un filtro de papel filtro Whatman N° 1, se recogió el agua filtrada en un vaso de precipitación de 400 mL previamente tarado, y se pesó el filtrado, luego se deseco la muestra en estufa a 103 – 105 °C durante 24 ± 0,5 h, se enfrió en campana desecadora por 1 h, y se pesó el residuo.

Cálculos:

$$mg \text{ sólidos suspendidos totales} = \frac{(A - B) \times 1000}{volumen \text{ muestra en mL}}$$

Donde:

A = peso de filtro + residuo seco, mg,

B = peso filtro, mg

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Prueba de DBO en 5 días. Para esta determinación las muestras se conservaron a ± 4 °C, se ajustó la temperatura a 20 °C y el pH a 7,0 – 7,2 usando ácido sulfúrico o hidróxido de sodio según el caso. Se llenaron las botellas de Winkler de 100 mL hasta desbordarlas y luego se colocó la tapa de vidrio para el sellado hermético de la botella y se aplicó el sello de agua y se cubrió la boca de las botellas con papel aluminio para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación. Se determinó el oxígeno disuelto inicial mediante el método de Winkler con azida sódica en todas las muestras. Luego se procedió a incubar las botellas a 20 ± 1 °C. después de 5 días ± 6 h de incubación se determinó el OD final y procedió a realizar los cálculos usando la siguiente formula:

$$ppm (DBO)_5 = \frac{(OD)_1 - (OD)_5}{P}$$

Donde:

(OD)1 = ppm de oxígeno disuelto inicial

(OD)5 = ppm de oxígeno disuelto el 5° día

P = por ciento de dilución expresado en decimales

Determinación de Oxígeno Disuelto

Para esta determinación se utilizó la modificación de azida del método de Winkler. Se utilizó los siguientes reactivos: a) solución de sulfato manganoso, 480 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 1 L agua destilada; b) reactivo álcali-ioduro-azida, 500 g NaOH, 135 g NaI, diluir a 1 L con agua destilada, agregar 10 g NaN_3 diluido en 40 mL de agua destilada; c) H_2SO_4 concentrado; d) solución almidón 2 %; e) solución valorada de tiosulfato de sodio 0,025N. Procedimiento: a la muestra que se colecto en una botella de Winkler de 300 mL se agregó 1 mL MnSO_4 , seguido de 1 mL de reactivo álcali-ioduro-azida, procurando que la pipeta penetre en el agua, si hay oxígeno se formó un precipitado marrón, si no, un precipitado blanco. Se tapó la botella e invirtió unas cuantas veces. Se dejó sedimentar hasta aproximadamente la mitad y se agregó 1 mL H_2SO_4 . Se volvió a tapar y se mezcló hasta que se disolvió el precipitado. Se tomó 200 mL del contenido de la botella de Winkler y se tituló con la solución de tiosulfato de sodio hasta un color paja pálido, luego se agregó unas gotas de almidón y se continuó titulando hasta la primera desaparición del color azul. Cálculos: para la titulación de 200 mL de muestra $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N es igual a 1 mg OD/L.

Determinación de Cloruros

Método Argentométrico

Reactivos: a) solución indicadora de cromato de potasio, 50 g $\text{K}_2\text{CrO}_4/\text{L}$; b) titulante, AgNO_3 0,0141M. Procedimiento: a muestras de 100 mL, se ajustó el pH entre 7 – 10, con NaOH o H_2SO_4 a aquellas que no estaban en ese rango, se agregó 1 mL K_2CrO_4 y se tituló con AgNO_3 0,0141 M hasta el punto final amarillo rojizo. Cálculos:

$$\text{mg Cl}^-/\text{L} = \frac{A \times N \times 35\,450}{\text{mL muestra}}$$

Donde:

A = mL titulante por muestra

N = normalidad del AgNO_3

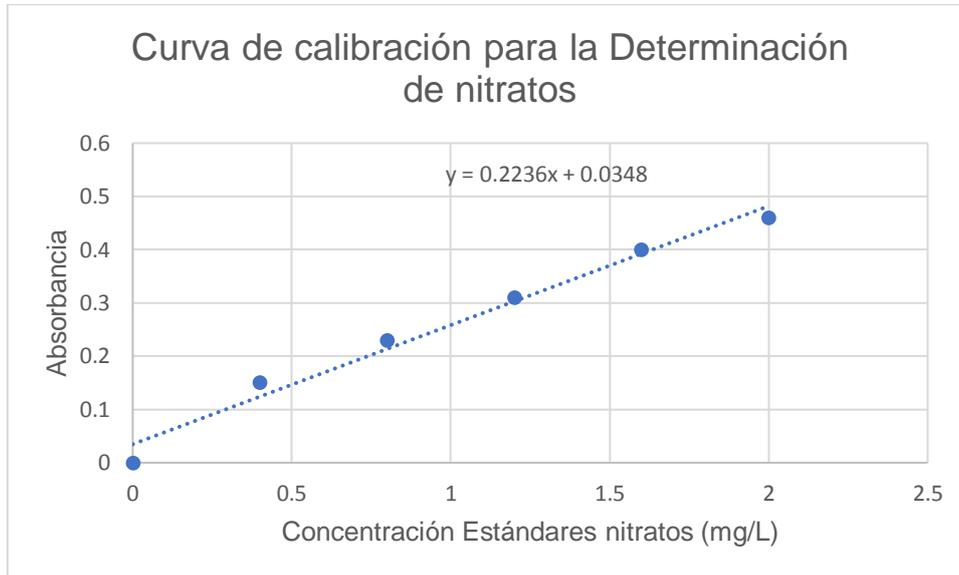
$\text{mg NaCl/L} = (\text{mg Cl}^-/\text{L}) \times 1,65$

Determinación de Nitratos

Método de la brucina. Reactivos: a) Reactivo de brucina-ácido sulfanílico. Se disolvió 1 g de sulfato de brucina y 0,1 g ácido sulfanílico en unos 70 mL agua caliente. Se agregó 3 mL HCl conc., se enfrió y diluyó a 100 mL. b) Solución de ácido sulfúrico, se agregó, cuidadosamente, 500 mL de H_2SO_4 conc. a 75 mL agua. c) solución de cloruro de sodio, 300 g/L. Procedimiento: en tubos de ensayo se midió 10 mL de cada una de las muestras, y un testigo. y se las colocó en baño helado (0 – 10 °C), se adiciono 2 mL cloruro de sodio y agito varias veces invirtiendo el tubo, se agregó 10 mL H_2SO_4 y se agito por inversión, se adicionó 0,5 mL solución brucina-ácido sulfanílico y se mezcló por inversión, se colocó los tubos en baño caliente (90 – 100 °C) por 20 minutos, la presencia de nitratos está dada por la formación de un complejo de color amarillo. Se leyó la absorbancia de las muestras a 410 nm, utilizando el testigo para calibrar el espectrofotómetro, se calculó la concentración de nitratos utilizando la curva de calibración en la hoja de cálculo Excel según la siguiente figura, en donde en la pendiente de la curva se enfrentó la concentración y absorbancia de los estándares, luego se obtiene la pendiente de la curva, y utilizando la fórmula de tendencia se calculó la concentración de nitratos en las 4 estaciones según se muestra en la figura 15.

Figura 15

Curva de Calibración para la Determinación de Nitratos



Determinación de Fosfatos

Método colorimétrico con ácido aminonaftolsulfónico. Reactivos: a) solución ácido concentrada de amonio molibdato, se disolvió 31,4 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en unos 200 mL agua. Se agregó cuidadosamente 253 mL de H_2SO_4 concentrado a 400 mL agua, se enfrió y agregó 3,4 mL de HNO_3 concentrado, luego se añadió la solución de molibdato y diluyó a 1 L. b) Solución ácido amino-naftol sulfónico. Se pesó separadamente 0,75 g de ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico; 42 g de sulfito de sodio anhidro, Na_2SO_3 y 70 g de metabisulfito de sodio anhidro, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, en polvo, en un mortero seco y limpio. Se disolvió las sales remanentes en unos 900 mL agua y en esta mezcla se disolvió el ácido sulfónico finamente triturado; y se aforó a 1 L. Procedimiento:

Se pipeteó 50,0 mL de muestra en un matraz de 125 mL. Se agregó 2,0 mL de la solución ácido-molibdato y se mezcló por rotación. Se agregó 2,0 mL del reactivo de ácido sulfónico y mezcló de nuevo. Exactamente después de 5 min se midió la absorbancia a 690 nm. Se realizó los cálculos elaborando la curva de calibración y proceso

los datos con el aplicativo Excel siguiendo el procedimiento que se utilizó para el caso de nitratos.

Determinación de Sulfatos

Método turbidimétrico. Reactivos: a) solución buffer: disolver 30 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 5 g $CH_3COONa \cdot 3H_2O$, 1,0 y 20 mL CH_3COOH (99 %), en 500 mL agua destilada y llevar a 1 000 mL, b) Bario cloruro. $BaCl_2$, cristales, malla 20 a 30. Procedimiento: dentro de un matraz de 250 mL se midió 100 mL de muestra, agrego 5 mL de solución buffer, se mezcló en agitador magnético durante 1 minuto, durante la agitación se agregó una punta de espátula (aprox. 1 g) de $BaCl_2$ y se agito por 60 ± 2 s a velocidad constante, se realizó la medida de absorbancia a 420 nm por 5 minutos a intervalos de 30 minutos. Se preparó una curva de calibración con estándares de sulfato en incrementos de 5 mg/L en un rango de 0 – 40 mg/L de SO_4^{2-} , y se realizó los cálculos utilizando el programa Excel.

Determinación de Aceites y Grasas (MEH)

Método de extracción Soxhlet. Reactivos: a) HCl 1:1; b) Hexano. Procedimiento: se pesó y marco la botella para determinar el volumen de muestra y luego se la acidifico con HCl 1:1 hasta pH 2,0.

Se preparó el filtro consistente en un disco de muselina cubierto con papel de filtro. Usando vacío, se pasó 100 mL de suspensión a través del filtro preparado y lavó con 1 L agua destilada. Se aplicó el vacío hasta que no pasó más agua a través del filtro. Se filtró la muestra acidificada. Se aplicó vacío hasta que no pasó más agua. Usando pinzas, se transfirió el filtro completo a una luna de reloj. Se rodó todo el material del filtro conteniendo muestra y fijó en el dedal de extracción. Se secó la luna de reloj con papel de filtro mojado en el solvente y colocó en el dedal. Se secó el dedal en estufa a $103^\circ C$ por 30 min. Se llenó el dedal con pequeñas perlas de vidrio. Se pesó el matraz y

llenó con 100 mL *n*-hexano. Se extrajo el aceite y grasas en el equipo Soxhlet, a un promedio de 20 ciclos/h por 4 h y determinó el volumen inicial de muestra.

Cálculos

$$\frac{\text{mg aceites y grasas}}{\text{litro}} = W_r/V_s$$

Donde:

W_r = peso total del matraz y residuo, menos la tara del matraz, mg, y

V_s = volumen inicial de muestra, mL

Determinación de Coliformes Totales

Método del número más probable. Se realizó 4 diluciones 1/10 de la muestra original con agua de peptona, y en tubos con tapa rosca y campana de Durham que contenían 10 mL de caldo lactosa bilis (2 %) verde brillante (caldo brila), se inoculó 1 mL de cada dilución se agitó suavemente y enseguida se incubó a 35 – 37 °C, por 24 y 48 horas. Después de 24 h se anotó los tubos que mostraron producción de gas, se reincubó los tubos que no mostraron gas 24 h adicionales. Después de las 48 h se anotó los tubos con producción de gas, luego se hizo los cálculos utilizando la tabla de NMP.

Determinación de Coliformes Termotolerantes

Para esta determinación se seleccionó los tubos caldo brila positivos (de la determinación anterior), Se inoculó con un asa de siembra cada tubo elegido en un tubo con 10 mL de caldo brila y en otro tubo con 5 mL de agua de triptona. Se incubó los tubos a 44,5 ± 0,1 °C. se observó a las 18 – 24 h si los tubos con caldo lactosa bilis (2 %) verde brillante presentaron gas. Por otro lado, a los tubos incubados en agua de triptona se les realizó la prueba de indol con el reactivo de Kovacs. Los cultivos positivos a la formación de gas en caldo lactosa bilis (2 %) verde brillante y los tubos indol positivos pueden considerarse como positivos a coliformes fecales.

Fase de Gabinete

En esta fase, la información obtenida en campo y laboratorio fue procesada, tanto para los cálculos matemáticos, estadísticos y regresiones de los parámetros fisicoquímicos, como de los parámetros bacteriológicos. Aplicando las fórmulas para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se obtuvo la data integrada de estos, para los años 2018 y 2019.

Finalmente se estableció la relación que existe entre la generación de residuos sólidos y excretas por parte de las viviendas de la comunidad Huacariz y los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas del río Mashcón, objetivo principal de esta investigación.

El análisis estadístico y la interpretación de tablas y figuras se realizaron mediante las medidas estadísticas descriptivas. Así mismo, los resultados fueron ubicados mediante las medidas de tendencia central, con la finalidad de establecer las puntuaciones más significativas dentro del conjunto de datos. Los resultados se procesaron y tabularon, presentándolos en tablas de distribución de frecuencias y gráficos estadísticos como distribución de frecuencias y gráficos de barras.

Los resultados se obtuvieron aplicando los respectivos instrumentos de medición a cada representante de hogar y personal de servicio responsable de la limpieza de instituciones públicas y privadas de la localidad de Huancavelica, respecto a las variables residuos sólidos y gestión municipal. Se tomó como unidad de análisis a 140 personas responsables de la limpieza. A partir de los datos recopilados del trabajo de campo, se realizó el procesamiento y el análisis a través de la estadística descriptiva: tablas de resumen simple, diagrama de barras y medidas de tendencia central. Se usó la estadística inferencial para la contrastación de las hipótesis. La validación estadística del instrumento de medición, la codificación y el procesamiento de los datos se realizaron con el paquete

estadístico SPSS versión 23.0 y Excel 2016, para su posterior análisis e interpretación mediante frecuencia y porcentaje.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Los residuos sólidos se han evaluado siguiendo las pautas establecidas en la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del MINAM (2018), llevando a cabo el proceso de caracterización de los residuos sólidos generados por los pobladores de la comunidad Huacariz, siendo la unidad de muestra la fuente de generación domiciliaria, cuyas viviendas tienen como principal actividad la crianza de animales domésticos tanto a nivel de crianza en vivienda como pequeños huertos, corrales y fundos con mayor número de animales, en su mayoría crianza de vacunos y caballos de paso peruano.

Generación per cápita.

La generación promedio de residuos sólidos per cápita fue de 0,66 kg, dando por poblador el valor más alto de 1,57 kg/persona/d y el valor más bajo 0,03, el valor más bajo se debe a que el poblador no colaboro con el recojo de los residuos sólidos, valores que se encuentran acorde con el valor promedio de 0,694 kg/poblador/d reportado por la Municipalidad Provincial de Lima (2017) y por encima del valor reportado por Cahuaya (2017) en la ciudad de Puno de 0,20 kg/poblador/d. La generación total fue de 49,5 kg

La densidad promedio de los residuos sólidos fue de 200 kg/m³

La densidad de los residuos sólidos se puede apreciar en la figura 16 a continuación

Figura 16

Densidad de los Residuos Sólidos



Como se observa en la figura 13, la densidad promedio es 200 kg/m^3 , valor cercano a lo que reporta la Municipalidad de Lima (206 kg/m^3).

Determinación de la composición de los residuos sólidos domiciliarios

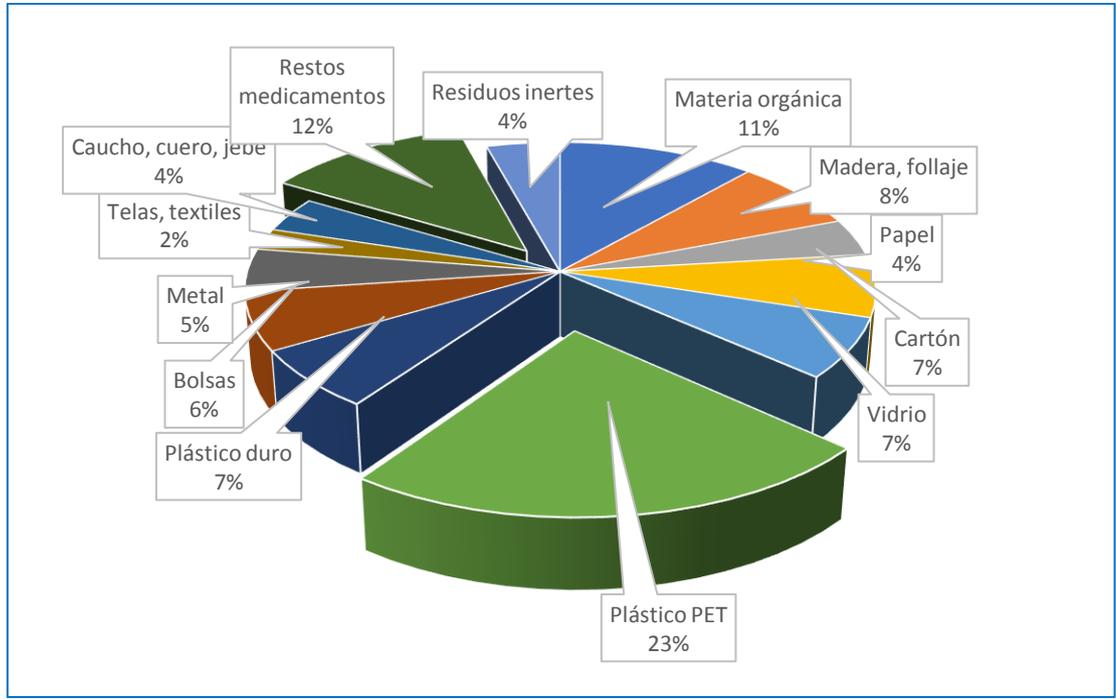
Como se aprecia en la figura 14 la composición de los residuos sólidos domiciliarios generados por los pobladores de la comunidad de Huacariz el mayor porcentaje corresponde a plástico PET con 23,36 % y el menor porcentaje a telas, textiles con 2,33 %, también observamos un valor de 11,46 % para la materia orgánica. Estos valores están acordes con la actividad agropecuaria quienes crían ganado vacuno mayoritariamente y utilizan en su alimentación animales domésticos criados para este fin. Estos datos son muy similares a los reportados por la Municipalidad de Lima (2017).

En la figura 17 observamos la composición porcentual de los residuos sólidos generados por la comunidad Huacariz donde sobresale el plástico PET sobre los demás residuos.

Figura 17

Composición Porcentual de los Residuos Sólidos Generados por la Comunidad

Huacariz



Resultados de la generación de excretas humanas (orina y heces)

En cuanto a la generación de excretas humanas se obtuvo 1 335,7 mL y 401,4 g de heces valores que concuerdan por lo manifestado por Guyton (2016) quien señala que el rango de producción de orina diaria de 800 a 2 000 mL; en cuanto a la cantidad de heces se halla un poco elevado en relación con la producción promedio de pobladores citadinos (100 – 200g/d), pero para pobladores rurales se halla dentro del límite (500 g) (Revenga, J. 2012)

Teniendo en cuenta que los pobladores de la comunidad de Huacariz utilizan pozo ciego para la disposición de la materia fecal, parte de esta materia fecal por un proceso de percolación puede llegar a contaminar las aguas del rio Mashcón constituyéndose en un potencial riesgo para la salud de la población, valores que concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación.

Figura 18

Datos Orina y Heces



Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua del río Mashcón

El acuífero del valle Cajamarca, ubicado en las inmediaciones de la ciudad, constituye una de las reservas de agua a ser aprovechadas con fines de abastecimiento poblacional (ANA-BID, 2010).

Según lo que se pudo establecer en la inspección de la zona de estudio muchos de los pobladores de la comunidad Huacariz arrojan sus residuos sólidos al canal que discurre a través de la comunidad y a las aguas del río Mashcón, lo que influye negativamente en la calidad del agua de este río.

Las aguas servidas de la ciudad de Cajamarca son actualmente arrojadas al Río Mashcón y posteriormente captadas por los canales Huacariz y La Collpa.

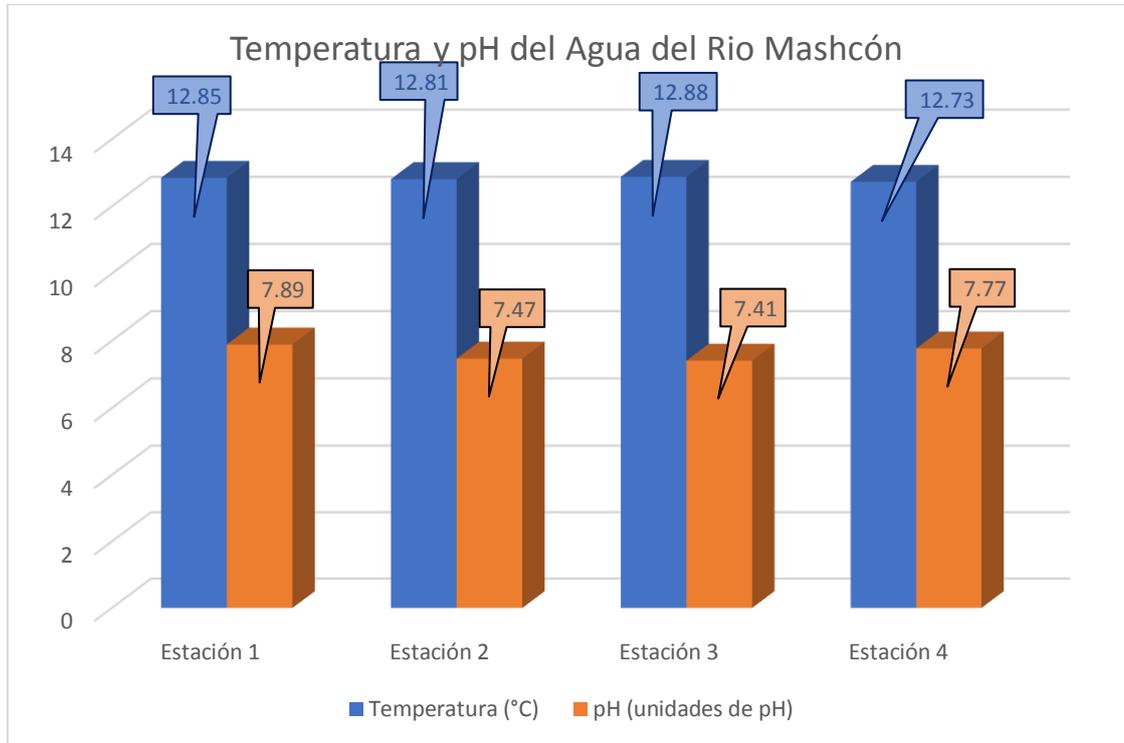
El tratamiento de los desagües generados se efectúa por medio de lagunas de estabilización facultativas a nivel secundario. Esta instalación, que inició sus operaciones en el año 1982 se ubica en la margen izquierda del Río San Lucas en la zona denominada Bella Unión, trata el 95 % de los desagües generados por la ciudad de Cajamarca, el 5 % complementario es descargado directamente al Río Mashcón a través del colector de la Ciudad Universitaria que recolecta las aguas servidas de la Universidad y del local institucional del Programa Nacional de Ayuda Alimentaria (PRONAA).

El caudal de ingreso de las lagunas varía en el rango de 70,6 L/s en época de estiaje, hasta valores máximos de 232 L/s en época de lluvias, situación que se genera por el aporte de las aguas pluviales que ingresan al sistema de alcantarillado, trabajando sobrecargado que hace que la eficiencia de remoción de la DBO y patógenos sea baja.

Los valores de pH y temperatura se muestran en la figura 19:

Figura 19

Temperatura y pH del agua del río Mashcón



En relación a la temperatura los valores nos indican que la media general es 12,815, y que en la Estación 1 se presenta variación en la temperatura que está por encima de la temperatura establecida por las ECA que indica que debe tener un $\Delta 3$, es decir una variación aceptable de ± 3 grados Celsius, además los puntos salen de los límites de control, tanto del límite de control superior (LCS) como del límite de control inferior (LCI), la variación tiene una tendencia al alta, probablemente por el ingreso en este punto de materia orgánica que puede contener una carga bacteriana alta que sería la responsable de esta subida, lo que puede influir negativamente en la biota y microbiota de este cuerpo de agua, y ocasionar una disminución significativa. Esto explica que en el área de estudio no haya presencia visible de organismos acuáticos, pues esto produce eutrofización. También se obtiene un \bar{R} 0,923 y Desv.Est. de 0.44831.

Asimismo, el pH más bajo 6,44 corresponde a la estación 3 en el mes junio, y el pH más alto 8,26 para la estación 1 en el mes enero-19; y el pH medio en todas las estaciones es 7,63; que cumple lo establecido por lo establecido en el DS 004-2017 – MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Con respecto a la media, el LCI 7,195 y LCS 8,071, Des.Est. 0,20196 y \bar{R} 0,601.

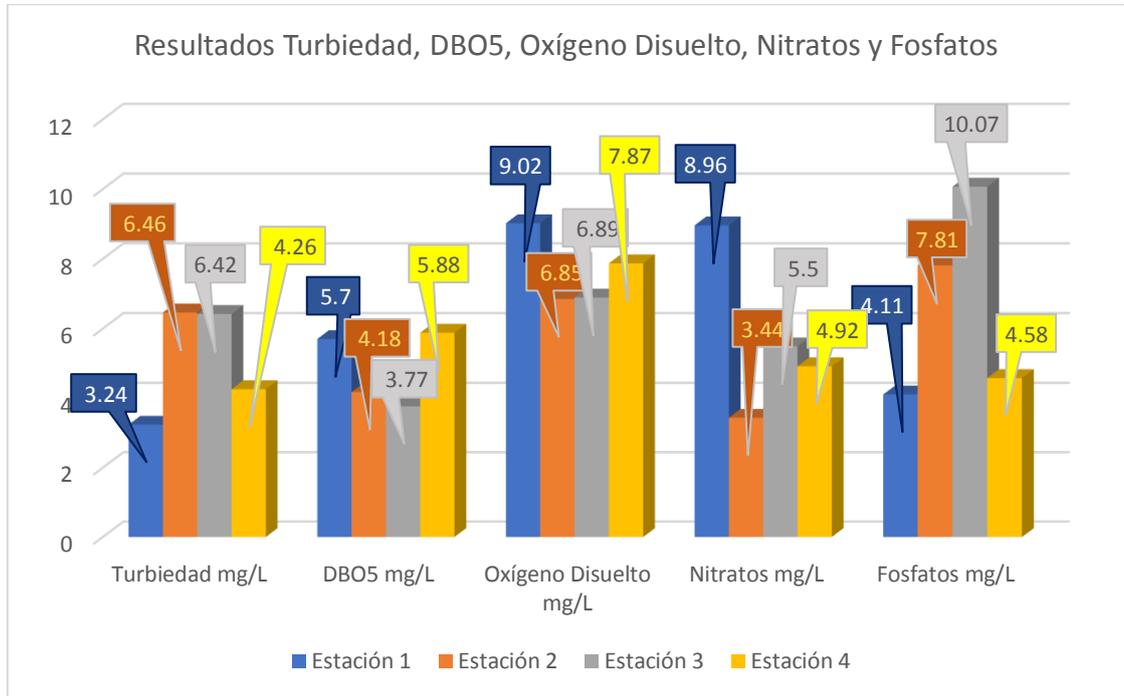
Comparados con los Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua categoría 1. Los promedios para pH fluctúan entre 7,89 (E1), 7,47 (E2), 7,41 (E3) y 7,71 (E4); valores que se hallan dentro del rango establecido para agua poblacional y recreacional, así como para agua para riego y bebida para animales. (DS N° 004-2017-MINAM), notándose que los valores de pH no muestran variación apreciable. Y corresponde a un pH ligeramente alcalino.

Estos valores de pH son propios, como se puede deducir, de zonas que muestran la presencia de contaminantes varios como los descritos en esta fuente de agua (basura de todo tipo), que hacen muy difícil que desarrolle algún tipo de vida.

A continuación, en la figura 20 observamos los resultados para la turbiedad, DBO₅, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos.

Figura 20

Turbiedad, DBO₅, Oxígeno Disuelto, Nitratos y fosfatos



Turbiedad

Para el caso de la turbiedad el valor más alto 16,50 mg/L corresponde a la estación 2, valor cercano a la estación 3 de 10,73 mg/L y con una Desv.Est. de 2.1670 y una $\bar{R} = 4.46$, lo que indica que conforme aumenta este valor aumenta el grado de deterioro de la calidad del agua de este río. Este valor sobrepasa el valor ECA establecido; y está por debajo al valor de 49,9 mg/L reportado por Gualdrón (2016).

La turbiedad más baja 1,6 mg/mL corresponde a la estación 1 en el mes octubre-18 y la más alta 16,50 para la estación 2, en el mes agosto-18; y la turbiedad media en todas las estaciones es 5,094; notándose que se presenta un incremento significativo para este parámetro. El valor 16,50 para la estación 2 sobrepasa el límite establecido por los ECA, debido probablemente al arrastre de materiales diversos, en especial de su principal tributario el río San Lucas, en el cual la población de los alrededores y otros arrojan

diversos materiales. La estación 2 presenta valor elevado el mes de agosto 2018 y la estación 3 presentan valor el mes de marzo 2018, valores que pueden deberse a una descarga alta inesperada de material.

Sobre la influencia de los residuos sólidos en la calidad del agua, como se ha señalado de acuerdo a la observación en la zona en estudio, no se cuenta con recojo de los residuos lo que significa que parte de estos son arrojados directamente a las fuentes de agua (el río Mashcón, canal de riego, acequias), el resto permanece en la zona, que, como señalan Champi y Villalba (2014), “La disposición final de los residuos sólidos urbanos y rurales en botaderos a cielo abierto, promueve en la actualidad la contaminación del medio ambiente y el desequilibrio ecológico, esto ha suscitado una creciente preocupación en la sociedad, y su debate alcanza a todos los sectores de la comunidad. El botadero a cielo abierto es por definición un área de disposición final de residuos sólidos sin control, en el cual estos son arrojados sobre el suelo o enterrados durante largos periodos de tiempo, sin tomar en cuenta ninguno de los procedimientos de un sistema de disposición final técnicamente diseñado y operado (relleno sanitario) por lo tanto, Su operación no es ambientalmente segura. En consecuencia, el botadero a cielo abierto representa riesgos inadmisibles para los seres humanos y el medio ambiente”. Y como no se cuenta con un sistema de disposición (botadero a cielo abierto o relleno), el problema es aún más grave.

Con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, la DBO más baja se presenta en diciembre-18 estación 1 con 1,75; y la más alta en la estación 1 mes setiembre-18 con 15,13; la media en todas las estaciones de 4,88. El valor correspondiente a la estación 1, es mayor que el establecido por la ECA, lo que puede influir en la autodepuración y la vida acuática. Estos valores a su vez están acordes con el resultado obtenidos para la presencia de coliformes totales y termotolerantes.

Según observamos valores mayores a los establecidos por la ECA de 10 mg/L, lo que refleja influencia de material que modifica las características de este río, probablemente se debe a la carga bacteriana alta, como ya se observa en los resultados de la evaluación de estos parámetros.

Este valor es de gran importancia ya que se relaciona con la cantidad de energía oxidable en el sustrato el cual es microbiológicamente usable por las células para sus requerimientos de energía y su posterior síntesis.

Lo que se refiere al oxígeno disuelto, el valor más bajo 3,5 mg/L para el mes febrero-19 lo registra la estación 1 y la más alta 16,21 mes marzo-18; la media de en todas las estaciones de 7,656. Observándose un valor mayor que el estándar de calidad, que se ve influido por el paso por la comunidad Huacariz.

Nitratos

En la figura 20, se puede ver que para nitratos el valor más bajo corresponde a la estación 1 mes setiembre-18; y la más alta 26,98, la estación 3 mes marzo-18, estación 1 mes 3 y mes 4; la media de en todas las estaciones de 5,70. Estos valores son muy inferiores a las ECA que podría indicar que la desnitrificación de la materia orgánica ocurre en zonas más alejadas de los puntos de muestreo.

Los nitritos y nitratos en un cuerpo de agua son importantes ya que van a influir en varios procesos que en general influyen negativamente sobre la calidad de la misma como es el caso del estudio que se ha llevado a cabo.

Fosfatos

En la figura 20, podemos observar que la concentración de fosfatos más baja la presenta la estación 4 con 1,10 mg en febrero-19, y la más alta la estación 3 en el mes de marzo-19 con 20,63; la media de en todas las estaciones de 6,64. Hallamos estos valores elevados, los que podrían favorecer la eutrofización de las aguas de este río

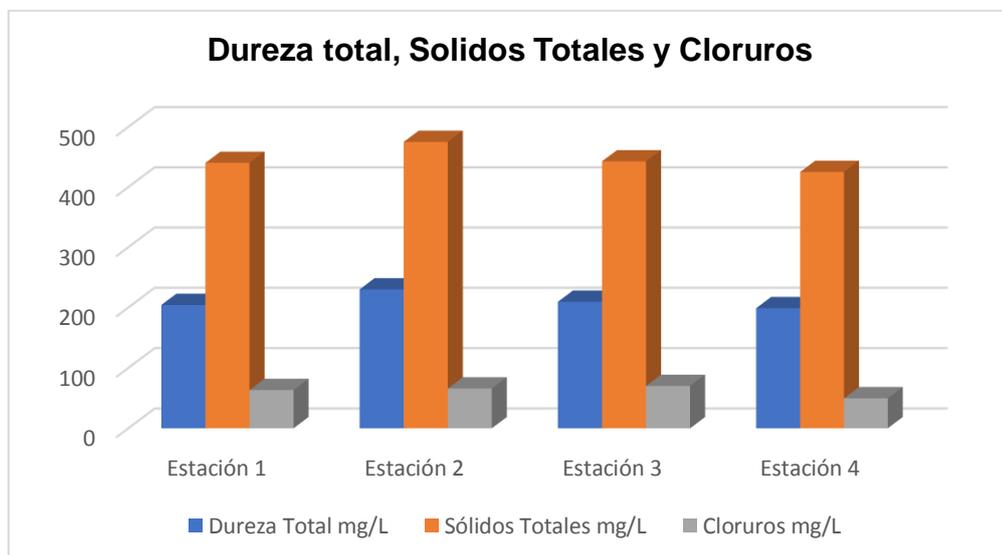
Los valores obtenidos superan a los estándares de 0,1 mg/L expresados como fosforo total y que podría influir en la calidad del agua de este río. Hay que tener en cuenta que el fosforo participa en varias reacciones químicas tanto en los animales como en las plantas, pero también niveles elevados pueden ser nocivos para un determinado cuerpo de agua.

Como ya hemos observado en los resultados obtenidos los valores de este parámetro si influyen en la calidad del agua del rio Mashcón, puesto que provienen de la actividad antrópica tanto de la comunidad Huacariz como de los afluentes de este rio.

En la figura 21 se muestra los resultados de los análisis realizados al agua del rio Mashcón en cuanto a dureza total, solidos totales y cloruros.

Figura 21

Dureza Total, Solidos Totales y Cloruros



Dureza del agua del rio Mashcón.

Sobre este parámetro vemos que los valores están muy por debajo a los establecido por las ECA para aguas de esta categoría, que corresponden a aguas semiduras.

Como se ve en la figura 21, la dureza más baja es para la estación 1 con 87 mg/L en el mes octubre-18, la más alta es para la estación 2 con 314 mg/L y mes marzo-18, con una dureza media de 210,70 mg/L en todas las estaciones; estos valores son inferiores al ECA establecido para este parámetro y corresponde a aguas blandas. El límite de control superior es 114.4 y el límite de control inferior es 0 y R: 0.9; lo que indica que conforme aumenta la dureza aumenta el grado de influencia en el agua del río Mashcón.

El agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora. El agua adquiere el poder solvente, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso por la capa de suelo, donde la acción de las bacterias genera CO₂, el cual existe en equilibrio con el ácido carbónico. En estas condiciones de pH bajo, el agua ataca las rocas, particularmente a la calcita (CaCO₃), entrando los compuestos en solución.

En el caso del contenido de sólidos totales el valor más bajo se da para la estación 2 con 133,50 mg/L en el mes de octubre-18, y la más alta es para la misma estación con 825 mg/L en el mes mayo-18; la media de en todas las estaciones es 445,80; cuyos valores son inferiores al ECA 1 000 mg/L. el LCS es 307.8 y el LCI es 0, presentando R= 0.9 lo que significa que hay influencia de este parámetro sobre la calidad del agua de este río.

Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

De acuerdo con los ECA (MINAM-2018) los valores encontrados están muy por debajo del valor establecido.

Cloruros

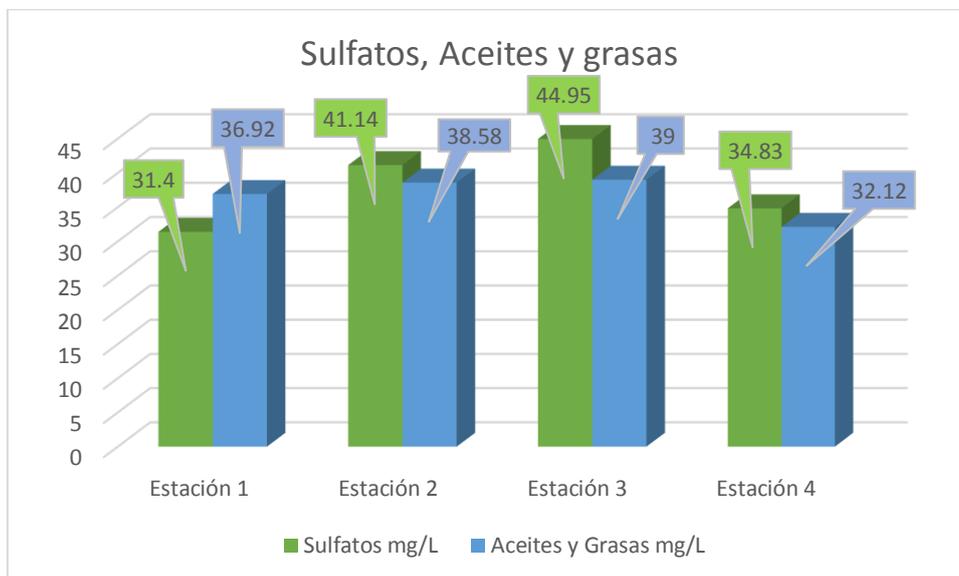
En la figura 21 podemos observar que el contenido de cloruros más bajo lo muestra la estación 4, 31,75 en los meses de abril-18 y marzo-19; la más alta se halla en el mes de agosto-18 con 107,49 estación 3; la media de en todas las estaciones de 62,26. Valores que se encuentran dentro del valor establecido por los estándares de calidad de agua. El LCS es 82.26 y LCI es 42.26. dado que los datos están correlacionados no es necesario la prueba de correlación.

El ion cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl⁻/L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio. Por otra parte, éste puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1g Cl⁻/L cuando los cationes que predominan son calcio y magnesio. Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo. Es entonces importante el poder determinar la concentración de cloruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas en un amplio intervalo de concentraciones (NMX-AA-073-SCFI-2001- Análisis de agua - Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba).

En la figura 22 se muestra los resultados de sulfatos y aceites y grasas en el agua del rio Mashcón.

Figura 22

Sulfatos, Aceites y Grasas



La figura 22 nos muestra que la concentración más baja de sulfatos en la estación 1 con 3,89 mg/L mes diciembre-18, la más alta en la estación 2 mes setiembre-18 con 106,16 mg/L; la media de en todas las estaciones de 38,1 mg/L, valores que no superan los límites de los ECA. La presencia de sulfatos en el agua podría influir en la población de esta comunidad y los animales porque podría producir diarreas en estos habitantes. El LCS es 53.8 y el LCI es 22.3, presenta un alto grado de correlación de 0.9, es decir conforme aumenta la concentración de cloruros baja la calidad del agua.

Aceites y grasas

Asimismo, en la figura 22 en lo concerniente a aceites y grasas la tasa más baja se produce en el mes febreo-19 con 17 mg/L estación 1, y la más alta en los meses setiembre-18 y enero-19 de la estación 1 y estación 11, con 58,50 mg/L; la media de en todas las estaciones de 36,66. Valores muy elevados que según el origen podrían corresponder de fuentes tanto industriales como domésticas. El LCS es 52.15 y el LCI es 21.16, Desviación estándar de 10.330 que nos indica un alto grado de dispersión.

Los valores de grasa y aceites son mayores a los valores de los estándares de calidad que señalan para este tipo de agua poblacional y recreacional y también para riego de vegetales y bebida para animales 0,5 mg/L. Se podría considerar que la actividad de los pobladores incrementa enormemente por vertido de aceite comestible y posiblemente aceite mineral.

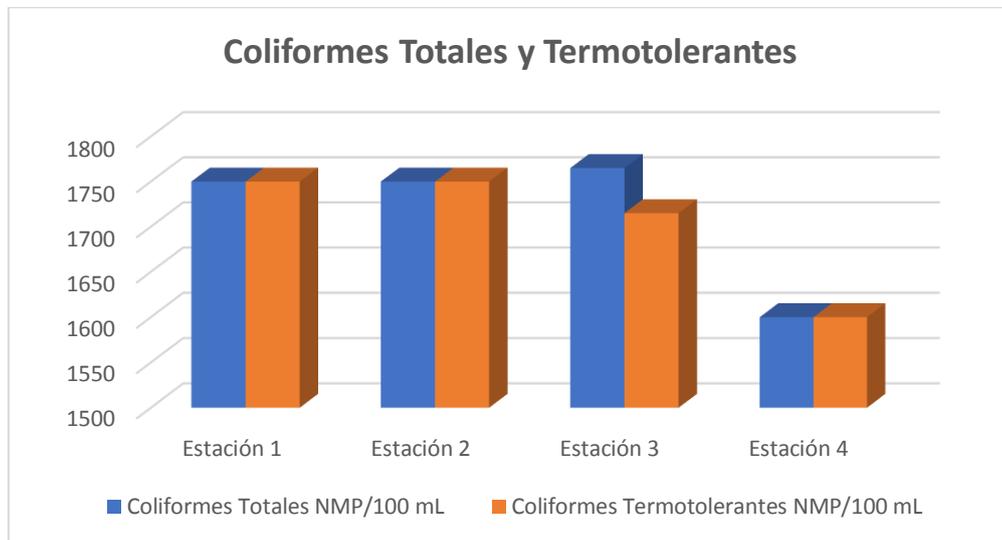
Los aceites y grasas van a comportarse como material aislante impidiendo la oxigenación necesaria para la vida acuática por lo tanto estos valores van en desmedro de la calidad del agua de este río.

Coliformes Totales

En la figura 23 a continuación podemos observar que el valor de coliformes totales más bajo es 1 100 NMP/L y el más alto 2 400 NMP/L con una media de 1 716 NMP/L. el agua del río Mashcón muestra una alta carga de coliformes totales indicador de una fuerte contaminación especialmente con materia fecal. Datos muy similares para los coliformes termotolerantes. Pero sufre una disminución de ambos parámetros en la E4, lo que puede deberse a que conforme el cauce se aleja de la comunidad Huacariz el agua del río Mashcón va sufriendo un proceso de autopurificación (Rueda, 2005). El LCS es 1960 y el LCI es 1473, y un alto grado de correlación de 0.8 lo que nos indica que al aumentar el valor de coliformes totales y termotolerantes la calidad del agua del río disminuye.

Figura 23

Coliformes Totales y Termotolerantes



Según la figura 23 los valores son muy superiores a los establecidos por los estándares de calidad que señalan que el agua debe contener como NMP/100 mL 50 UFC para coliformes totales y 20 UFC para coliformes termotolerantes, por lo tanto, podríamos decir que el agua de este río es un agua altamente contaminada con microorganismos, dentro de los cuales podrían estar algunos patógenos responsables de algunos problemas de salud, especialmente trastornos digestivos.

Conclusiones

En el presente estudio se estableció que hay un fuerte grado de perturbación en la calidad del agua del río Mashcón por influencia de la generación de residuos sólidos y excretas de la comunidad Huacariz, así mismo se caracterizó la generación de residuos sólidos y excretas humanas. Se determinó las características fisicoquímicas y microbiológicas de este cuerpo de agua, obteniéndose valores que sobrepasan los estándares de calidad del agua, por lo tanto hay un grado alto de contaminación del río Mashcón en el área de estudio

La producción de residuos sólidos per cápita fue de 0,6 kg con densidad de 200 kg/m³. El mayor porcentaje corresponde al plástico PET seguido de materia orgánica. Las características fisicoquímicas y bacteriológicas están por encima de los ECA que establece la autoridad nacional.

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda que se continúen realizando estudios sobre la influencia de estos factores, teniendo en cuenta que las aguas del río Mashcón son aprovechadas por la comunidad de Huacariz y los pobladores de las zonas aledañas, las juntas de regantes beneficiarias de las aguas de este río. Hacer de conocimiento a la comunidad de estos resultados para que mejoren la disposición de sus residuos sólidos y hagan los trámites necesarios correspondientes ante la autoridad competente para que mejore las condiciones en lo que se refiere al recojo de los residuos sólidos, aumentando la frecuencia de recojo de manera que los pobladores no arrojen estos residuos a las fuentes de agua.

La Municipalidad Provincial de Cajamarca a través de la Gerencia de Desarrollo Ambiental y el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Salud Ambiental debe realizar campañas de Educación Ambiental a los miembros de la comunidad Huacariz para de este modo crear conciencia de la importancia que tiene un buen manejo y disposición de los residuos sólidos, contar con sistemas de agua potable y desagüe.

|

Referencias Bibliográficas

Ágreda, V. y Mendieta, C (2008). Marco de Planificación para Pueblos Indígenas - Evaluaciones Sociales del Colca, Mantaro, Mashcón-Chonta, Juliaca y Ayacucho - Proceso de consulta con los Pueblos Indígenas - Plan de Acción con Poblaciones Indígenas-Colca. PSI Sierra.

Aguilar, R. et al. (2018). Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental. *Sciéndo, Ciencia para el Desarrollo*. 21(4): 401-407, 2018, 401. DOI: <https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044>

Aguirre, G.S. (2019). *Residuos Sólidos Urbanos y su Influencia en la Contaminación del Medio Ambiente en el Distrito de Huánuco - 2018*. [Tesis de Maestría, Universidad de Huánuco]. Repositorio UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2020/AGUIRRE%20TUCTO%2c%20%20Germ%c3%a1n%20Scott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

American Public Health Association (2005) (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st. Edition. 800 1 Street, NW. Washington D.C: 20001-3710.

Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). *Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery*. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute. Tomado de Piza de la Hoz, J.; Pérez, Andrea (2019). Manejo de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Efectos en la salud pública.

Arana M. (2015) Impactos de la gran minería en Cajamarca-Perú. Grupo de formación e intervención para el desarrollo sostenible. Disponible en

http://www.grufides.org/sites/default/files//documentos/reportes_semestrales/Art%C3%ADculo%2028%20-%20Impactos%20Ambientales%20de%20Minera%20Yanacocha.pdf.

Azabache, L. (2018). *Determinación de la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón - Cajamarca, en función de la macrofauna bentónica como bioindicador* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2114>

https://www.ecoportal.net/temas-especiales/basura-residuos/los_residuos_solidos_urbanos/

Bolaños-Alfaro, J. D, Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Scielo. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

Bonfanti, F. A. (27 de mayo de 2004). *Los Residuos Sólidos Urbanos*. Ecoportal.
https://www.ecoportal.net/temas-especiales/basura-residuos/los_residuos_solidos_urbanos/

Boyd C. (2015). *Water Quality an Introduction* [Calidad del Agua una Introducción]. Second Edition, Editorial Springer.

Boyd, C. (2020). *Water Quality An introduction* [Calidad del Agua una Introducción]. Third Edition. Springer. [Claude%20E.%20Boyd%20-%20Water%20Quality%20An%20Introduction%20\(2020,%20Springer\)%20-%20libgen.lc.pdf](https://www.libgen.lc/pdf/Claude%20E.%20Boyd%20-%20Water%20Quality%20An%20Introduction%20(2020,%20Springer)%20-%20libgen.lc.pdf)

Bravo H. Carlos et al. (2016). *Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa “Productos Verdes” laboratorio de*

Biotecnología, UNAM – Managua, marzo - julio 2016. 2016. [Tesis pregrado Universidad Autónoma de Nicaragua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3504>

Broeks, A. (2001). *Informe Diagnóstico Participativo Junta de Usuarios del Río Chonta. Julio 2001. SNV-Programa Norte.*

Burton, A. & Pitt, R. (2002). *Stormwater Effects Handbook. A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers* [Manual de Efectos de Aguas Pluviales. Una Caja de Herramientas para Administradores de Cuencas Hidrográficas, Científicos e Ingenieros]. Lewis Publishers, p.4

Bustamante, E. (2018). *Disponibilidad de agua de escorrentía en la captación Huacariz del río Mashcón, generada a partir de información climática*, p. 114. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Cáceres, O. (1990). *Desinfección del Agua*. Ministerio de Salud-OPS. Lima-Perú.

Cahuaya, S (2017). *Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios y Potencial de Reaprovechamiento para Reciclaje en la Ciudad de Yunguyo, Yunguyo-Puno 2017.* [Tesis pregrado Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8489/Cahuaya_Inquilla_Sonia_Maritza.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calla C., K. C. et al. (2019). *Clasificación de Residuos Sólidos en el Río San Lucas en el Malecón la Merced, Cajamarca, 2019.* [Tesis pregrado Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21004/Calla%20Cacho%20Keilly%20Clarisa%20-%20Castrej%20Ch%20a1vez%20Mar%20Catalina%20-%20Ruiz%20Cruzado%20H%20Gavini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calla N, J.A. (2019). *Actividades antrópicas y calidad del agua en la cuenca del río Mashcón*. [Tesis pregrado Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3319>

Candela, L.I. (2002). *Contaminación de las Aguas Subterráneas: Tipo Doméstico e Industrial*. Dpto. de Ingeniería del Terreno y Geociencias-UPC. Madrid. ISBN. 84-7840-472-4. ©IGME.

Carceller, T & E. Garrido. (1994). Aproximación al estado de la contaminación antrópica (sector Zaragoza-Luceni). *Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas en España*, t1: 61-72. Alcalá de Henares (Madrid).

Carranza, V, et al. (2014). *Análisis de los parámetros básicos del agua en el río Mashcón para uso agrícola en Cajamarca*. https://www.academia.edu/12327249/An%C3%A1lisis_de_los_par%C3%A1metros_b%C3%A1sicos_del_agua_en_el_R%C3%ADo_Mashc%C3%B3n_para_uso_agr%C3%A1cola_en_Cajamarca

Carranza, J.L. (2019). *Impactos de la eliminación de los residuos sólidos urbanos en la salud pública y medio ambiente del sector Rondón- Chachapoyas* [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15305/Carranza%20Serrano%2c%20Jose%20Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Congreso XVI, Internacional, XXII Nacional de Ciencias Ambientales, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 34 Memorias de la Academia Nacional de Ciencias Ambientales 2017. Chetumal, Quintana Roo; 7, 8 y 9 de junio de 2017. ISSN 0188-4999 *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 34 Memorias de la Academia Nacional de Ciencias Ambientales 2017 DOI: 10.20937/2018.34.MANCA

Contreras, M. et al. (7, 8 y 9 de junio de 2017). *Aporte de contaminantes sobre el río Parral provenientes de escurrimientos pluviales y descargas urbanas residuales*. Congreso XVI, Internacional, XXII Nacional de Ciencias Ambientales, Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Chetumal, Quintana Roo, México. (mcontrer@uach.mx)

Carrera M, C.A. (2014). *Gestión ambiental de residuos sólidos para la ciudad de Chilete - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/62>

Catalán, J. (1990). *Química del agua*. Ed. Bellisco.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2004), *Tratamiento de agua para consumo humano*.

Consejo Mundial del Agua (World Water Council), REPORT 1996, Paris, France
19 Constitución Política del Perú.

Cruz, A.D. et al. (2020). *Evaluación de Metales Pesados en Río Grande por Influencia de Fuentes Puntuales de Contaminación*. Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (607-8617). Primera edición.

Cusiche, L. y Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 10 número 6 14 de agosto - 27 de septiembre, 2019.

Decreto Legislativo N° 1065. Decreto Legislativo que modifica la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua.

De La Torre, C., Kamayoq (2004). *Promotores campesinos de innovaciones tecnológicas*. Lima: ITDG LA, 2004.

De La Torre, A. (1997). "Caminos sin reciprocidad: el proceso de las rondas campesinas en la provincia de Cajamarca (1985-1993)". En, Gonzáles de Olarte, Efraín, Bruno Revesz y Mario Tapia (Eds.), *Perú. El problema agrario en debate (SEPIA VI)*. Lima.

Degregori, C (1999). *Pueblos Indígenas y democracia en América Latina*. En Nieto, Jorge (compilador), *Sociedades multiculturales y democracias en América Latina*. México: Unidad para la Cultura Democrática y la gobernabilidad (Demos)-UNESCO.

Degregori, C. y M. Ponce (2000). *Movimientos sociales y estado. El caso de las rondas campesinas de Cajamarca y Piura*. En, Degregori, Carlos Iván (Ed.), *No hay país más diverso. Compendio de antropología peruana*. Lima: Red para el desarrollo de las ciencias sociales en el Perú, 2000.

Design of municipal wastewater treatment plants (2010). WEF Manual of Practice No. 8 ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 76 Fifth Edition. Volume I, Planning and configuration of Wastewater treatment plants. - 4th ed. Alexandria, VA (U.S.A.): Water environment federation; Reston: American society of civil engineers, cop. 1998

Díaz G., C.E. (2017). *Construcción - Regulación de las aguas del rio chonta mediante la presa chonta, provincia de Cajamarca - Cajamarca*. Hace un análisis de la calidad del agua, Calidad de Aguas.

Dirección de Salud Ambiental, Provincia del Chaco Argentina (2019). Salud Ambiental.

https://www.ecomchaco.com.ar/ministeriosalud/salud_ambiental/excretas.php

Dirección Regional Agraria (DRA)-Cajamarca. (2009). *Plan Estratégico de Desarrollo*. (Mimeo).

Equipo Interinstitucional para el desarrollo de los Centros Poblados (Municipalidades de La Encañada, Baños del Inca, ASODEL, PRONAMACHCS y Minera Yanacocha), *Planes de Desarrollo Concertado*. Cajamarca: 2005.

Esparza, J. (2021). Clasificación y Afectación por Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de la Plata, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 37, 357-371, 2021. <https://doi.org/10.20937/RICA.53758>

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*. vol. 11, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 147-170. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

Galarraga Soto, Efrén (1984). *Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable*. *Revista Politécnica de información técnica científica* 9(3) p. 135-43.

García, O. y Gómez, C. (2006). *The economics of milk production in Cajamarca, Perú, with particular emphasis on small-scale producers*. FAO, Pro-Poor livestock Police Initiative (PPLPI). Working paper No. 34.

Geo Andino (2003). *Perspectivas del Medio Ambiente*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Secretaría General de la Comunidad Andina y Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. ISBN: 92-807-2333-2

Gonzales, J. E. (2018). Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2238/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20RIESGO%20AMBIENTAL%20QUE%20GENERA%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20DE%20LA%20CIU.pdf?sequence=1>

Guladrón, L.E. (2016). *Evaluación de la Calidad de Agua de Ríos de Colombia Usando Parámetros Físicoquímicos y Biológicos*. [Tesis de Doctorado, Universidad Libre de Colombia].
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD%20EGA%202016%200006%20%20Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Hall, J.E. Guyton (2016). *Guyton y Hall. Tratado de Fisiología Médica*. 13ª Ed. Elsevier. **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

Grupo Permanente de Estudio sobre Riego (GPER), Gestión del agua y Crisis institucional. Un análisis multidisciplinario del riego en el Perú. Lima: ITDG, SNV, GPER, 1993.

Guajardo, M. (2004). *Guía Práctica para cumplir con el Principio de las 3Rs - Reduce, Reusa, Recicla*. <http://residuos.ecoportal.net/>

Guerrero Chuez, N. M. (2016). *Evaluación del uso de suelo y su influencia actual en la calidad del agua de la microcuenca “El Sapanal” cantón Pangua, provincia de Cotopaxi, Ecuador*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata] 91 p.

Hendriks, Jan, Legislación de aguas y gestión de sistemas hídricos en países de la Región Andina. Documento de Trabajo elaborado en el marco del Proyecto Water Law and Indigenous Rights (WALIR). (Mimeo-Setiembre de 2004).

Hendriks, J. (2003), *Gestión local del agua y legislación nacional*. [Ponencia en el Ciclo de charlas “El derecho y la problemática de aguas en el Perú”]. SNV-PERU.

Herrera, P. (2014). *El Agua en el Mundo*. http://www.imta.mx/marco_aguamundo.htm

INEI (2021). Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2021.

Flores, E. (2013). El agua en el mundo. Universidad de Panamá.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2005). *Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección de Ambiente*.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). Perú: *Crecimiento y distribución de la población, 2017 Lima, junio 2018* Primeros Resultados.

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (1992). Relación entre las Concentraciones de Cloro Residual, la Turbiedad y los Niveles de Coliformes fecales en Agua de Consumo. Ministerio de Salud. CUBA.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL) (2016). Normas técnicas 214.031 y 214.032:2001 [revisada el 2016] para el Control Microbiológico de aguas. Lima-Perú. <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22912>

Gamarra T. O. A. (2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú. 2018. Oscar Andrés Gamarra Torres, Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Elgar Barboza Castillo, Jesús Rascón Barrios & Fernando Corroto.

Glynn, H y Heinke G (1999). *Ingeniería Ambiental*. 2ª Edición. Prentice Hall.

Gómez, H (2014). La Fiscalización Ambiental en el Perú. MINAM

Lapeña, M. R. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo.

Leonard, J. (2021). Tipos de heces: Apariencia, color y qué es normal. Medical News Today. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/tipos-de-heces>

Ley General de Aguas. Decreto Ley N.º 17752-2005.

Ley General de Residuos Sólidos 27314. (2000). Decreto Supremo N.º 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...) Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...) Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...) Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...)

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...) Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades (...)

Li D. y Liu S (2019), Water Quality Monitoring and Management, Basis, Technology and Case Studies, Chapter 2 - Wireless Sensor Networks in Water Quality Monitoring, Editorial Elsevier Inc

Marín, Yuleidi. (2014). 2.4.3. Contaminación del agua

Mendoza Astopilco, V.E. (2015). Estudio de la contaminación del río San Lucas. Cajamarca-Perú

MINAM, (2014). VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013.

MINAM, (2013). Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú Gestión 2012

MINAM, (2015). Información reportada por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

MINAM, (2014). “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”.

MINAM, (2013). “Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú Gestión 2012”

MINAM, (2014). “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”

MINAM, (2014). “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”

MINAM, (2015). Información provista por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

El MEF clasifica a los Gobiernos Locales en 4 tipos: Municipios Tipo A (40 municipalidades), Tipo B (210 municipalidades), Tipo C (564 municipalidades) y Tipo D (1053 municipalidades), Decreto Supremo N.º 093-2011-EF, Aprueban los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Modernización Municipal del año fiscal 2012.

MINAM, 2014. “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”.

MINAM, 2013. “Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú Gestión 2012”

MINAM, 2015. Información reportada por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

MINAM, 2014. “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”.

MINAM, 2013. “Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales en el Perú Gestión 2012”

MINAM, 2015. Información provista por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

MINAM, 2014. “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”

MINAM (Lima 17 de mayo de 2018). *Notas*. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>

MINAM, 2014. “VI Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013”

MINAM, 2015. Guía Metodológica para el Desarrollo de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM).

Ministerio de Economía y Finanzas (2012). Clasificación de los Gobiernos Locales. Decreto Supremo N.º 093-2011-EF, Aprueban los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de los recursos del Programa de Modernización Municipal del año fiscal 2012.

Ministerio de Salud. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA. 2005.

Montalvo, J.S. y Quispe, M. (2018). Contaminación del Agua Superficial por Lixiviados de un Relleno Sanitario [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23043/Montalvo%20Quiroz%20Jose%20Smith%20-%20Quispe%20Becerra%20Miguel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mora, Darner. (2007). Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua para consumo humano: 1984-2004. *Revista Costarricense de Salud Pública*-2007.

Municipalidad Provincial de Cajamarca (2006). Gerencia de Recursos Naturales, Medio Ambiente y Participación Ciudadana. Proyecto “Manejo silvopastoril de la Cuenca del Cajamarquino; Microcuencas: San Lucas, Porcón, Mashcón, Río Grande Quinua, Chonta, Azufre, Encañada”. Cajamarca, mayo 2006.

Municipalidad de Lima (2019). Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Cercado de Lima. Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental Subgerencia de Servicios a la Ciudad

MWH Perú S.A (2006). Estudio de impacto ambiental. Proyecto suplementario Yanacocha Oeste, componente social. Documento preparado para Minera Yanacocha S.R.L. Lima.

Nangulu, E. (2015). *Mapping spatial-temporal variations of phosphate, sulphate, nitrate and Escherichia coli (E. coli) pollution in ngong river, Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi)*

NIPPON KOEI (2010). *Plan de gestión de los recursos hídricos en las cuencas de Mashcón y Chonta.*
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/plan_gestion_recursos_hidricos_mashcon_chonta_0_0.pdf

Norma mexicana para análisis de agua, determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales totales. Método de prueba (NMX-AA-073-SCFI-2001).
<https://aniq.org.mx/pqta/pdf/NMX-AA-quimicosgpo2.pdf>

Oblitas, Y. y Torres, L. (2016). Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Facultad Farmacia y Bioquímica].

OMS (1985). Guías OMS para la Calidad del Agua de Bebida. Volumen 1. Publicación Científica OPS Nx 481.

OMS/OPS. Guías de Calidad para Agua Potable. Ginebra 2ª Edición. Vol. 1. 1995.

Ontiveros Arreola, ME 1983. *Pseudomonas aeruginosa* como indicador de la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. México.

Palomares Antonio E. Instituto de Tecnología Química (UPV-CSIC). Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. 2013.

Paredes, V. (2005). *Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y niveles socioeconómicos de los hogares de la ciudad de Cajamarca, 2005*. [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]

Palomino A, P. (2016). *Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016*. Pedro Diego Palomino Avellaneda1. Anales Científicos, 79 (2): 298 - 307 (2018) ISSN 2519-7398 (Versión electrónica) DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1242> Website: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/index> © Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú

Proyecto Intercambio de experiencias de riego por aspersión en zonas de sierra del Perú, *Viabilidad del riego por aspersión en la sierra del Perú*, Lima: 2001 (Mimeo).

Quispe, N. (2019). *Gestión de residuos sólidos y niveles de contaminación ambiental en la Zona R de Huaycán – Ate, 2019* [Tesis Maestría, Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40732/Quispe_SN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Resolución Ministerial N° 457-2018- MINAM. Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales.

Rimbaud, E. Patología determinadas por la composición y calidad del agua de bebida en animales de producción. Publicación en sitio web del Instituto Interamericano

de Cooperación para la Agricultura (IICA) del Uruguay. <http://www.iica.org.uy/p2-12.htm>

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. y Gutiérrez-Builes, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2017; 35(2): 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08

Rivera, Y.A. (2017). *Evaluación del Impacto de Vertimiento de Aguas Residuales de una Industria Papelera a un Tramo del Río Rímac* [Tesis de pregrado Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur].

Rodríguez, J. (1994). Cambios en la sociedad rural de Cajamarca. *Revista Debate Agrario* No. 19.

Rojas, T. y Gitlitz, J. (1997). Veinte años de cambios culturales y políticos en las rondas campesinas de Cajamarca. En, Gonzáles de Olarte, Efraín, Bruno Revesz y Mario Tapia (Eds.), *Perú. El problema agrario en debate (SEPIA VI)*. Lima: 1997.

Roldan, P. (2008). *Programa de formación continua para docentes: “Gestión ambiental de residuos sólidos en instituciones educativas”*. Modulo II: Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. Municipalidad Metropolitana de Lima. Lima – Perú 2008

Saavedra, L.G. (2018). *Caracterización Física de los Residuos Sólidos del año 2016, para la Ciudad de Constitución - Distrito de Constitución, Provincia de Oxapampa, Región Pasco* [Tesis pregrado, Universidad de Huánuco] <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1047>

Sánchez, W. y Escobar, J. (2018). *Deficiencias de la legislación ambiental para establecer responsabilidad administrativa del ciudadano por la contaminación del agua del río Mashcón – Cajamarca (2013-2017)*. [Tesis pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/658>

Sánchez, W.A. (2019). *Evaluación de los Lixiviados Generados en el Botadero de Carhuashjirca y los Impactos Ambientales Generados en la Quebrada Vientojirca – Independencia – Huaraz – Ancash – 2018*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash]. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4239/T033_70604812_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schwartz, M. (2003). *Manejo de Residuos Sólidos*. Universidad Técnica Federico Santa María. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/resolver.pdf>

[http://www.fortunecity.es/profesor\(171/residuos.html](http://www.fortunecity.es/profesor(171/residuos.html)

Seguimiento, Análisis y Evaluación para el Desarrollo (SASE) (2005). *Estudio de Línea de Base de la provincia de Cajamarca*, Documento elaborado para la Comisión Interinstitucional del Estudio de Línea de Base de la Provincia de Cajamarca. Lima: 2005.

Severiche, C. y Gonzales, H. (2012). *Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado*. Ing. USB Med, Vol. 3, No. 2, julio-diciembre 2012.

Sikes, R.M. (1975). *Theoretical heterotrophic yields*. J. Water Pollut. Control Fed. 47(3), pp591- 600, 1975.

Silva, J, Ramírez, L, Alfieri, A, Rivas, G, & Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 24(1-2), 46-49. Recuperado en 06 de junio de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100008&lng=es&tlng=es.

Singh, V., Yadav, S. y Yadava (2016), Water Quality Management Select Proceedings of ICWEES- [Manejo de la Calidad del Agua. Procedimientos Selectos de ICWEES]. Editorial Springer. USA. ().

Structuralia. 2017. Structuralia. [En línea] 27 de marzo de 2017. <https://blog.structuralia.com/como-se-produce-la-autodepuracion-de-los-rios>

Universidad Ricardo Palma (2006). Facultad de Medicina Humana. Diplomado: Gestión de la Salud Ambiental. Módulo VI: Gestión de los Residuos Sólidos.

Vargas García Carmen, Rojas Ricardo y Joseli Juan. (1996). *Control y Vigilancia de la Calidad del Agua de Consumo humano*. Textos Completos. CEPIS. 27p.

Vásquez, Y. (2 de julio de 2014). Ríos Cajamarquinos, un depósito de basura. Periodismo. <https://periodismomatrix.wordpress.com/2014/07/02/rio-san-lucas-un-deposito-de-basura/>

Vera-Zelada, Persi, Vera-Zelada, Luis y Rojas-Cachay, Victoria (2016). *Concentración de contaminantes traza metálicos en el agua de la subcuenca del río Mashcón, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, durante los años 2010 – 2011*. *Revista Ecoscientia*, 2(2), 23.p.32

Vergaray Germán y Méndez Carmen Rosa. (1994). Eficacia de un Programa para proteger la Calidad del Agua proveniente de plantas de tratamiento. *Revista Peruana de Epidemiología*, 7(2), 5-11.

Zarpan F. A. y Caro T, P. (2018). Gestión de residuos sólidos para disminuir la contaminación ambiental en la Institución Educativa N° 10641 Munana - Cajamarca, 2018. [Tesis de Maestría, Universidad Cesar Vallejo] <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25260>

Zegarra, Eduardo, “Mercado y reforma de la gestión del agua en Perú”. En: *Revista de la CEPAL*, No. 83, agosto de 2004.

Infografía

Ambientum (24 de junio de 2022).

https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/dureza_de_aguas.asp

De Ross, A.J., Gurian, P-L-, Robinson, L.F. (17 August 2017). *Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. Environmental Health Perspectives.*

https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2017/nrs_2017_deroos_001.pdf

Digesa-MINSA. (s.f.). *Parámetros Organolépticos*. Recuperado 20 de enero de 2022 de

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

Baños, A. (2018). ¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? Lunes 24 de diciembre de 2018. higieneambiental.com 24 de diciembre de 2018.

<https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable#:~:text=A%20mayor%20turbiedad%2C%20mayor%20particulado,el%20organismo%20diana%20a%20eliminar>

Rationale Document. (January 2010). *Evaluation of Water Quality Criteria for Aquatic Life Use Protection: Chloride*. Recuperado 18 de diciembre de 2020 de http://files.dep.state.pa.us/Water/Drinking%20Water%20and%20Facility%20Regulation/WaterQualityPortalFiles/Chloride_Rat_Doc.pdf

Siggo (21 de setiembre de 2017). *Influencia de la Turbidez del Agua en la Transmisión de Enfermedades Gastrointestinales*. <https://www.siggo.es/blog/salud/influencia-de-la-turbidez-del-agua-en-la-transmision-de-enfermedades-gastrointestinales>

Apéndices

Apéndice A. Datos de Residuos Sólidos y Excretas

Tabla A1

Residuos Sólidos Generados por la Comunidad Huacariz

| Poblador | Día | Masa (g) |
|------------|-----------|----------|
| Poblador 1 | Lunes | 400 |
| | Martes | 350 |
| | Miércoles | 800 |
| | Jueves | 500 |
| | Viernes | 1 000 |
| | Sábado | 450 |
| | Domingo | 1 500 |
| Poblador 2 | Lunes | 400 |
| | Martes | 600 |
| | Miércoles | 250 |
| | Jueves | 200 |
| | Viernes | 240 |
| | Sábado | 300 |
| | Domingo | 350 |
| Poblador 3 | Lunes | 100 |
| | Martes | 200 |
| | Miércoles | 150 |
| | Jueves | 150 |

| | | |
|------------|-----------|-------|
| | Viernes | 100 |
| | Sábado | 150 |
| | Domingo | 100 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 150 |
| | Martes | 350 |
| | Miércoles | 150 |
| Poblador 4 | Jueves | 150 |
| | Viernes | 150 |
| | Sábado | 150 |
| | Domingo | 150 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 1 600 |
| | Martes | 1 600 |
| | Miércoles | 450 |
| Poblador 5 | Jueves | 250 |
| | Viernes | 1 600 |
| | Sábado | 3 300 |
| | Domingo | 2 200 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 350 |
| | Martes | 950 |
| | Miércoles | 1 000 |
| Poblador 6 | Jueves | -- |
| | Viernes | 400 |
| | Sábado | -- |
| | Domingo | -- |
| | <hr/> | |
| Poblador 7 | Lunes | -- |

| | | |
|-------------|-----------|-------|
| | Martes | 1 000 |
| | Miércoles | -- |
| | Jueves | -- |
| | Viernes | 2 500 |
| | Sábado | 4 200 |
| | Domingo | -- |
| | <hr/> | |
| | Lunes | -- |
| | Martes | 50 g |
| | Miércoles | 50 g |
| Poblador 8 | Jueves | 100 g |
| | Viernes | -- |
| | Sábado | -- |
| | Domingo | -- |
| | <hr/> | |
| | Lunes | -- |
| | Martes | 2 200 |
| | Miércoles | 2 900 |
| Poblador 9 | Jueves | 2 400 |
| | Viernes | 2 400 |
| | Sábado | 600 |
| | Domingo | 400 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 450 |
| | Martes | 250 |
| Poblador 10 | Miércoles | 300 |
| | Jueves | -- |
| | Viernes | 200 |

| | | |
|-------------|-----------|-------|
| | Sábado | 560 |
| | Domingo | 680 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | -- |
| | Martes | -- |
| | Miércoles | -- |
| Poblador 11 | Jueves | -- |
| | Viernes | -- |
| | Sábado | 3 000 |
| | Domingo | -- |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 400 |
| | Martes | 350 |
| | Miércoles | 800 |
| Poblador 12 | Jueves | 500 |
| | Viernes | 1 000 |
| | Sábado | 150 |
| | Domingo | 1 500 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 800 |
| | Martes | 2 500 |
| | Miércoles | 200 |
| Poblador 13 | Jueves | 2 500 |
| | Viernes | 2 000 |
| | Sábado | 2 500 |
| | Domingo | 1 500 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 500 |
| Poblador 14 | Martes | 1 200 |

| | | |
|-------------|-----------|-------|
| | Miércoles | 450 |
| | Jueves | 850 |
| | Viernes | NSF |
| | Sábado | 500 |
| | Domingo | 1 300 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 350 |
| | Martes | 600 |
| | Miércoles | 740 |
| | Jueves | 450 |
| Poblador 15 | Viernes | 300 |
| | Sábado | 400 |
| | Domingo | 1 050 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 250 |
| | Martes | 380 |
| | Miércoles | 520 |
| | Jueves | 1 140 |
| Poblador 16 | Viernes | 0,00 |
| | Sábado | 400 |
| | Domingo | 600 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 0,0 |
| | Martes | 700 |
| | Miércoles | 450 |
| Poblador 17 | Jueves | 200 |
| | Viernes | 890 |
| | Sábado | 200 |

| | | |
|-------------|-----------|-------|
| | Domingo | 450 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 300 |
| | Martes | 650 |
| | Miércoles | 700 |
| | Jueves | 1 500 |
| Poblador 18 | Viernes | 200 |
| | Sábado | 550 |
| | Domingo | 1 050 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 800 |
| | Martes | 1 500 |
| | Miércoles | 250 |
| | Jueves | 500 |
| Poblador 19 | Viernes | 1 100 |
| | Sábado | 580 |
| | Domingo | 320 |
| | <hr/> | |
| | Lunes | 450 |
| | Martes | 1 200 |
| | Miércoles | 345 |
| | Jueves | 230 |
| Poblador 20 | Viernes | 430 |
| | Sábado | 250 |
| | Domingo | 300 |
| | <hr/> | |

Tabla A2*Generación de Residuos Sólidos PPC*

| N° | Poblador | PPC kg/día |
|----------|----------|------------|
| 1 | | 0,72 |
| 2 | | 0,33 |
| 3 | | 0,14 |
| 4 | | 0,18 |
| 5 | | 1,57 |
| 6 | | 0,39 |
| 7 | | 0,39 |
| 8 | | 0,03 |
| 9 | | 1,41 |
| 10 | | 0,03 |
| 11 | | 0,43 |
| 12 | | 0,67 |
| 13 | | 1,771 |
| 14 | | 0,69 |
| 15 | | 0,47 |
| 16 | | 0,41 |
| 17 | | 0,71 |
| 18 | | 0,71 |
| 19 | | 0,72 |
| 20 | | 0,46 |
| Promedio | | 0,61 |

Tabla A3*Residuos sólidos generados por los pobladores de la Comunidad Huacariz 2018-**2019*

| N° | Poblador | Gp1 | Gp2 | Gp3 | Gp4 | Gp5 | Gp6 | Gp7 | Generación per cápita |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | | kg/d1 | kg/d2 | kg/d3 | kg/d4 | kg/d5 | kg/d6 | kg/d7 | kg/persona/d |
| 1 | CV | 0,4 | 0,35 | 0,8 | 0,5 | 1,0 | 0,45 | 1,5 | 0,714 |
| 2 | LM | 0,4 | 0,6 | 0,25 | 0,2 | 0,24 | 0,3 | 0,35 | 0,334 |
| 3 | JCM | 0,1 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,14 |
| 4 | DS | 0,15 | 0,35 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 |
| 5 | NB | 1,6 | 1,6 | 0,45 | 0,25 | 1,6 | 3,3 | 2,2 | 1,57 |
| 6 | MV | 0,35 | 0,95 | 1,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,39 |
| 7 | EJ | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 4,2 | 0,0 | 1,1 |
| 8 | MQ | 0,0 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,03 |
| 9 | LCB | 0,0 | 2,2 | 2,9 | 2,4 | 2,4 | 0,6 | 0,4 | 1,56 |
| 10 | RQ | 0,45 | 0,25 | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,56 | 0,68 | 0,35 |
| 11 | LAG | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 0,43 |
| 12 | MBF | 0,4 | 0,35 | 0,8 | 0,5 | 1,0 | 0,15 | 1,5 | 0,67 |
| 13 | NSF | 0,8 | 2,5 | 0,2 | 2,5 | 2,0 | 2,5 | 1,5 | 1,71 |
| 14 | SCHC | 0,5 | 1,2 | 0,45 | 0,85 | 0,0 | 0,5 | 1,3 | 0,69 |
| 15 | MMB | 0,35 | 0,6 | 0,74 | 0,45 | 0,3 | 0,4 | 1,05 | 0,56 |
| 16 | JGM | 0,25 | 0,38 | 0,52 | 1,14 | 0,0 | 0,4 | 0,6 | 0,47 |
| 17 | FCA | 0,0 | 0,7 | 0,45 | 0,2 | 0,89 | 0,2 | 0,45 | 0,41 |
| 18 | LCHC | 0,3 | 0,65 | 0,7 | 1,5 | 0,2 | 0,55 | 1,05 | 0,71 |
| 19 | FVB | 0,8 | 1,5 | 0,25 | 0,5 | 1,1 | 0,58 | 0,32 | 0,72 |
| 20 | CQL | 0,45 | 1,2 | 0,35 | 0,23 | 0,43 | 0,25 | 0,3 | 0,46 |
| | | | | | | | PROM | | 0,66 |

Tabla A4*Densidad de los Residuos Sólidos*

| Día | Densidad (kg/m ³) |
|----------|-------------------------------|
| 1 | 100 |
| 2 | 136 |
| 3 | 126 |
| 4 | 233 |
| 5 | 266 |
| 6 | 276 |
| 7 | 263 |
| Promedio | 200 |

Tabla A5*Composición de los Residuos Sólidos Comunidad Huacariz*

| Tipo de residuos sólidos | Tipo de residuos sólidos | | | | | | | | Composición porcentual % |
|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Total | |
| | kg | kg | kg | kg | kg | kg | kg | kg | |
| 1. Materia orgánica | 0,08 | 0,02 | 0,015 | 0,05 | 0,1 | 0,07 | 0,2 | 0,54 | 11,46 |
| 2. Madera, follaje | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 0,36 | 7,64 |
| 3. Papel | 0,0 | 0,0 | 0,03 | 0,01 | 0,0 | 0,05 | 0,1 | 0,19 | 4,03 |
| 4. Cartón | 0,05 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 0,0 | 0,1 | 0,32 | 6,80 |
| 5. Vidrio | 0,0 | 0,01 | 0,0 | 0,015 | 0,08 | 0,1 | 0,1 | 0,31 | 6,59 |
| 6. Plástico PET | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,2 | 1,1 | 23,36 |
| 7. Plástico duro | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,11 | 0,31 | 6,59 |
| 8. Bolsas | 0,05 | 0,0 | 0,05 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 0,3 | 6,36 |
| 9. Metal | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 0,0 | ,05 | 0,22 | 4,67 |
| 10. Telas, textiles | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,02 | 0,05 | 0,0 | 0,04 | 0,11 | 2,33 |
| 11. Caucho, cuero, jebe | 0,08 | 0,05 | 0,01 | 0,015 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,18 | 3,82 |
| 12. Restos medicamentos | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,045 | 0,25 | 0,0 | 0,1 | 0,57 | 12,10 |
| 13. Residuos inertes | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 0,0 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 4,25 |
| TOTAL | 0,5 | 0,35 | 0,76 | 0,37 | 0,99 | 0,42 | 1,32 | 4,71 | 100 |

Tabla A6*Datos Orina y Heces*

| POBLADOR | ORINA (mL) | HECES (g) |
|----------|------------|-----------|
| 01 | 1 740 | 430 |
| 02 | 1 405 | 150 |
| 03 | 1 500 | 1 000 |
| 04 | 1 150 | 800 |
| 05 | 1 750 | 1 050 |
| 06 | 875 | 550 |
| 07 | 800 | 1 650 |
| 08 | 1 375 | 950 |
| 09 | 1 200 | 1 900 |
| 10 | 1 250 | 1 050 |
| 11 | 1 750 | 860 |
| 12 | 1 230 | 600 |
| 13 | 900 | 500 |
| 14 | 1 340 | 450 |
| 15 | 1 680 | 570 |
| 16 | 1 260 | 679 |
| 17 | 1 425 | 450 |
| 18 | 1 080 | 379 |
| 19 | 1 325 | 230 |
| 20 | 1 679 | 430 |
| TOTAL | 26 714 | 8 028 |
| PROMEDIO | 1 335,70 | 401,40 |

Tabla A7*Resultados Promedio de los Parámetros Fisicoquímicos del Agua del Río Mashcón*

| Parámetro | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Temperatura (°C) | 12,85 | 12,81 | 12,88 | 12,73 |
| pH (unidades de pH) | 7,89 | 7,47 | 7,41 | 7,77 |
| Turbiedad mg/L | 3,24 | 6,46 | 6,42 | 4,26 |
| Dureza total mg/L | 204,23 | 230,00 | 209,54 | 198,88 |
| Sólidos totales | 440,19 | 475,04 | 442,77 | 425,08 |
| DBO5 mg/L | 5,70 | 4,18 | 3,77 | 5,88 |
| Oxígeno disuelto mg/L | 9,02 | 6,85 | 6,89 | 7,87 |
| Cloruros mg/L | 63,33 | 65,91 | 70,16 | 49,64 |
| Nitratos mg/L | 8,96 | 3,44 | 5,49 | 4,92 |
| Fosfatos mg/L | 4,11 | 7,81 | 10,07 | 4,58 |
| Sulfatos mg/L | 31,40 | 41,14 | 44,95 | 34,83 |
| Aceites y grasas mg/L | 36,92 | 38,58 | 39,00 | 32,12 |
| Coli. Totales NMP | 1 750 | 1 750 | 1765 | 1 600 |
| Coli. Termotolerantes | 1 750 | 1 750 | 1 715 | 1 600 |

Tabla A8

Temperatura (°C) del Agua en las Estaciones de Muestreo (marzo 2018 – marzo 2019)

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 10,00 | 12,00 | 11,50 | 11,50 |
| Abr-18 | 13,50 | 14,00 | 13,00 | 12,75 |
| May-18 | 11,50 | 11,00 | 11,50 | 11,00 |
| Jun-18 | 11,50 | 11,00 | 11,50 | 11,00 |
| Jul-18 | 13,50 | 14,00 | 13,50 | 13,00 |
| Ago-18 | 15,00 | 14,50 | 15,50 | 14,50 |
| Set-18 | 16,00 | 14,50 | 15,40 | 15,50 |
| Oct-18 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 13,00 |
| Nov-18 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 13,00 |
| Dic-18 | 13,00 | 12,50 | 13,00 | 12,50 |
| Ene-19 | 12,50 | 12,00 | 12,50 | 12,00 |
| Feb-19 | 13,00 | 13,00 | 13,00 | 13,00 |
| Mar-19 | 13,50 | 14,00 | 13,00 | 12,75 |
| PROMEDIO | 12,85 | 12,81 | 12,88 | 12,73 |

Tabla A9*pH del Agua en las Estaciones de Muestreo (marzo 2018 – marzo 2019)*

| Mes | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 7,55 | 7,70 | 8,05 | 8,05 |
| Abr-18 | 7,66 | 6,83 | 6,71 | 7,40 |
| May-18 | 8,05 | 7,20 | 7,75 | 7,98 |
| Jun-18 | 8,05 | 7,20 | 6,44 | 7,98 |
| Jul-18 | 7,66 | 6,83 | 6,80 | 7,39 |
| Ago-18 | 7,98 | 7,57 | 7,40 | 8,00 |
| Set-18 | 7,90 | 7,49 | 7,53 | 7,55 |
| Oct-18 | 7,85 | 7,78 | 7,78 | 7,79 |
| Nov-18 | 7,85 | 7,78 | 7,78 | 7,79 |
| Dic-18 | 8,02 | 7,75 | 7,81 | 7,86 |
| Ene-19 | 8,26 | 7,84 | 7,81 | 7,84 |
| Feb-19 | 8,02 | 7,83 | 7,81 | 7,95 |
| Mar-19 | 7,66 | 7,29 | 6,71 | 7,40 |
| PROMEDIO | 7,89 | 7,47 | 7,41 | 7,77 |

Tabla A10*Turbiedad del Agua en las Estaciones de Muestreo (marzo 2018 – marzo 2019)*

| mg/L | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 2,26 | 6,04 | 15,67 | 5,21 |
| Abr-18 | 3,35 | 5,26 | 4,50 | 2,75 |
| May-18 | 2,26 | 7,45 | 10,73 | 3,18 |
| Jun-18 | 2,26 | 7,45 | 7,19 | 3,18 |
| Jul-18 | 4,35 | 5,07 | 6,22 | 3,45 |
| Ago-18 | 2,28 | 16,50 | 4,23 | 4,00 |
| Set-18 | 2,41 | 4,60 | 4,23 | 4,40 |
| Oct-18 | 1,60 | 2,82 | 2,91 | 2,27 |
| Nov-18 | 1,60 | 2,82 | 2,91 | 2,27 |
| Dic-18 | 7,00 | 8,76 | 8,90 | 8,73 |
| Ene-19 | 2,40 | 3,03 | 2,54 | 2,76 |
| Feb-19 | 7,00 | 8,91 | 8,90 | 9,20 |
| Mar-19 | 3,35 | 5,26 | 4,50 | 4,04 |
| Promedio | 3,24 | 6,46 | 6,42 | 4,26 |

Tabla A11*Cloruros del Agua del Rio Maschón en los Diferentes Puntos de Muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 79,98 | 84,99 | 88,49 | 67,99 |
| Abr-18 | 53,99 | 74,49 | 62,38 | 31,75 |
| May-18 | 79,98 | 80,49 | 94,99 | 63,49 |
| Jun-18 | 79,98 | 80,49 | 94,99 | 63,49 |
| Jul-18 | 53,99 | 63,99 | 76,49 | 38,49 |
| Ago-18 | 82,49 | 102,69 | 107,49 | 65,49 |
| Set-18 | 55,49 | 58,99 | 54,99 | 65,49 |
| Oct-18 | 46,49 | 42,99 | 52,49 | 47,90 |
| Nov-18 | 46,49 | 42,99 | 52,49 | 47,99 |
| Dic-18 | 71,48 | 53,73 | 54,98 | 40,49 |
| Ene-19 | 47,49 | 40,99 | 54,99 | 42,99 |
| Feb-19 | 71,48 | 55,48 | 54,98 | 37,99 |
| Mar-19 | 53,99 | 74,49 | 62,38 | 31,75 |
| Promedio | 63,33 | 65,91 | 70,16 | 49,64 |

Tabla A12*Dureza total (mg/L) del Agua del Rio Maschón en los Diferentes Puntos de**Muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 255,00 | 314,00 | 280,00 | 192,00 |
| Abr-18 | 210,00 | 242,00 | 229,00 | 223,00 |
| May-18 | 252,00 | 307,50 | 254,00 | 243,00 |
| Jun-18 | 252,00 | 308,00 | 254,00 | 243,00 |
| Jul-18 | 242,00 | 243,50 | 234,00 | 225,00 |
| Ago-18 | 184,00 | 226,00 | 222,00 | 223,00 |
| Set-18 | 100,00 | 158,00 | 124,00 | 123,50 |
| Oct-18 | 87,00 | 107,00 | 120,00 | 113,00 |
| Nov-18 | 87,00 | 107,00 | 120,00 | 113,00 |
| Dic-18 | 304,00 | 274,00 | 270,00 | 264,00 |
| Ene-19 | 168,00 | 192,00 | 120,00 | 136,00 |
| Feb-19 | 304,00 | 269,00 | 270,00 | 264,00 |
| Mar-19 | 210,00 | 242,00 | 227,00 | 223,00 |
| Promedio | 204,23 | 230,00 | 209,54 | 198,88 |

Tabla A13

Sólidos Totales Disueltos del agua del río Maschón en los diferentes puntos de muestreo

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 475,00 | 584,00 | 595,00 | 445,00 |
| Abr-18 | 565,00 | 575,00 | 528,00 | 448,00 |
| May-18 | 735,00 | 825,00 | 790,00 | 620,00 |
| Jun-18 | 735,00 | 825,00 | 790,00 | 620,00 |
| Jul-18 | 800,00 | 750,00 | 745,00 | 665,00 |
| Ago-18 | 367,50 | 425,00 | 385,00 | 350,00 |
| Set-18 | 355,00 | 339,50 | 355,00 | 345,00 |
| Oct-18 | 167,50 | 133,50 | 185,00 | 170,00 |
| Nov-18 | 167,50 | 133,50 | 185,00 | 170,00 |
| Dic-18 | 375,00 | 490,00 | 250,00 | 550,00 |
| Ene-19 | 230,00 | 210,00 | 170,00 | 195,00 |
| Feb-19 | 350,00 | 475,00 | 250 | 500,00 |
| Mar-19 | 400,00 | 410,00 | 528,00 | 448,00 |
| Promedio | 440,19 | 475,04 | 442,77 | 425,08 |

Tabla A14*Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua del río Maschón*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 8,82 | 7,00 | 10,43 | 9,16 |
| Abr-18 | 4,29 | 4,26 | 2,26 | 10,28 |
| May-18 | 7,57 | 2,13 | 4,78 | 7,96 |
| Jun-18 | 7,57 | 2,13 | 4,78 | 7,96 |
| Jul-18 | 2,75 | 3,80 | 2,90 | 2,00 |
| Ago-18 | 5,32 | 5,28 | 1,99 | 7,11 |
| Set-18 | 15,13 | 4,23 | 2,80 | 4,69 |
| Oct-18 | 4,55 | 4,30 | 2,20 | 1,95 |
| Nov-18 | 4,55 | 5,55 | 2,20 | 1,95 |
| Dic-18 | 1,75 | 3,75 | 5,25 | 4,45 |
| Ene-19 | 5,79 | 4,10 | 1,90 | 4,00 |
| Feb-19 | 1,80 | 3,50 | 5,25 | 4,70 |
| Mar-19 | 4,29 | 4,26 | 2,25 | 10,28 |
| Promedio | 5,70 | 4,18 | 3,77 | 5,88 |

Tabla A15*Oxígeno Disuelto del Agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 14,01 | 3,55 | 15,22 | 15,22 |
| Abr-18 | 9,24 | 10,15 | 8,79 | 8,62 |
| May-18 | 10,05 | 4,06 | 4,63 | 10,73 |
| Jun-18 | 10,05 | 4,06 | 4,63 | 9,79 |
| Jul-18 | 4,35 | 5,70 | 4,20 | 4,20 |
| Ago-18 | 4,28 | 7,01 | 3,34 | 5,64 |
| Set-18 | 16,21 | 10,86 | 10,13 | 7,16 |
| Oct-18 | 11,85 | 6,00 | 6,45 | 5,25 |
| Nov-18 | 11,85 | 6,00 | 6,45 | 5,25 |
| Dic-18 | 3,35 | 5,55 | 6,45 | 7,10 |
| Ene-19 | 9,55 | 9,30 | 4,10 | 8,15 |
| Feb-19 | 3,25 | 6,60 | 6,45 | 6,55 |
| Mar-19 | 9,24 | 10,15 | 8,79 | 8,62 |
| Promedio | 9,02 | 6,85 | 6,89 | 7,87 |

Tabla A16*Nitratos en el Agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 6,24 | 11,23 | 26,98 | 13,23 |
| Abr-18 | 3,25 | 0,67 | 7,76 | 7,02 |
| May-18 | 26,98 | 5,46 | 6,77 | 6,52 |
| Jun-18 | 26,98 | 5,46 | 6,77 | 6,52 |
| Jul-18 | 3,25 | 0,64 | 1,70 | 7,00 |
| Ago-18 | 1,91 | 0,62 | 0,85 | 1,97 |
| Set-18 | 0,39 | 0,53 | 0,53 | 1,42 |
| Oct-18 | 14,68 | 2,85 | 4,00 | 2,53 |
| Nov-18 | 14,68 | 2,85 | 4,00 | 2,53 |
| Dic-18 | 3,11 | 3,89 | 3,91 | 3,80 |
| Ene-19 | 8,72 | 6,00 | 1,36 | 0,59 |
| Feb-19 | 3,15 | 3,83 | 3,91 | 3,80 |
| Mar-19 | 3,25 | 0,67 | 2,86 | 7,02 |
| Promedio | 8,96 | 3,44 | 5,49 | 4,92 |

Tabla A17*Fosfatos en el agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 4,34 | 8,50 | 20,63 | 9,45 |
| Abr-18 | 6,92 | 12,75 | 11,41 | 3,99 |
| May-18 | 4,34 | 8,06 | 15,60 | 9,63 |
| Jun-18 | 4,34 | 8,06 | 15,60 | 5,57 |
| Jul-18 | 6,92 | 12,89 | 12,48 | 3,66 |
| Ago-18 | 3,08 | 12,59 | 18,34 | 1,33 |
| Set-18 | 5,02 | 5,73 | 5,49 | 3,97 |
| Oct-18 | 2,52 | 6,08 | 6,19 | 4,97 |
| Nov-18 | 2,52 | 608 | 6,19 | 4,97 |
| Dic-18 | 2,87 | 1,40 | 1,11 | 1,15 |
| Ene-19 | 0,99 | 5,26 | 5,35 | 5,80 |
| Feb-19 | 2,74 | 1,40 | 1,11 | 1,10 |
| Mar-19 | 6,92 | 12,75 | 11,41 | 3,99 |
| Promedio | 4,11 | 7,81 | 10,07 | 4,58 |

Tabla A18*Sulfatos del agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 13,95 | 17,90 | 22,46 | 14,86 |
| Abr-18 | 18,03 | 11,24 | 16,14 | 6,46 |
| May-18 | 13,95 | 2133 | 19,14 | 14,87 |
| Jun-18 | 13,95 | 21,33 | 19,14 | 14,87 |
| Jul-18 | 18,03 | 12,60 | 13,52 | 6,64 |
| Ago-18 | 58,90 | 49,90 | 60,67 | 7,69 |
| Set-18 | 78,93 | 106,16 | 103,09 | 100,80 |
| Oct-18 | 68,02 | 96,85 | 103,04 | 85,15 |
| Nov-18 | 68,02 | 96,85 | 103,04 | 85,15 |
| Dic-18 | 3,89 | 8,07 | 7,53 | 7,55 |
| Ene-19 | 30,07 | 72,40 | 92,98 | 94,84 |
| Feb-19 | 4,39 | 8,46 | 7,53 | 7,51 |
| Mar-19 | 18,03 | 11,74 | 16,14 | 6,46 |
| Promedio | 31,40 | 41,14 | 44,95 | 34,83 |

Tabla A19*Aceites y Grasas del Agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 47,50 | 37,50 | 29,50 | 39,50 |
| Abr-18 | 47,50 | 26,60 | 28,50 | 23,50 |
| May-18 | 37,50 | 41,50 | 48,50 | 38,50 |
| Jun-18 | 16,50 | 23,00 | 34,50 | 31,00 |
| Jul-18 | 39,50 | 53,50 | 51,00 | 31,50 |
| Ago-18 | 20,50 | 33,00 | 42,50 | 34,00 |
| Set-18 | 58,50 | 43,00 | 23,50 | 17,50 |
| Oct-18 | 46,00 | 29,00 | 55,00 | 40,50 |
| Nov-18 | 27,50 | 34,00 | 51,00 | 31,50 |
| Dic-18 | 37,50 | 50,50 | 28,00 | 24,50 |
| Ene-19 | 41,50 | 58,50 | 43,00 | 34,00 |
| Feb-19 | 17,00 | 30,00 | 32,00 | 33,00 |
| Mar-19 | 43,00 | 41,50 | 40,00 | 38,50 |
| Promedio | 36,92 | 38,58 | 39,00 | 32,12 |

Tabla A20

Coliformes totales en el agua del rio Maschón en los diferentes puntos de muestreo

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Abr-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| May-18 | 2 400 | 2 400 | 1 750 | 1 750 |
| Jun-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Jul-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Ago-18 | 1 750 | 1 750 | 650 | 1 100 |
| Set-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Oct-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 1 750 |
| Nov-18 | 1 100 | 1 100 | 2 400 | 1 100 |
| Dic-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Ene-19 | 1 100 | 1 100 | 1 750 | 1 100 |
| Feb-19 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Mar-19 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Promedio | 1 750 | 1 750 | 1765 | 1 600 |

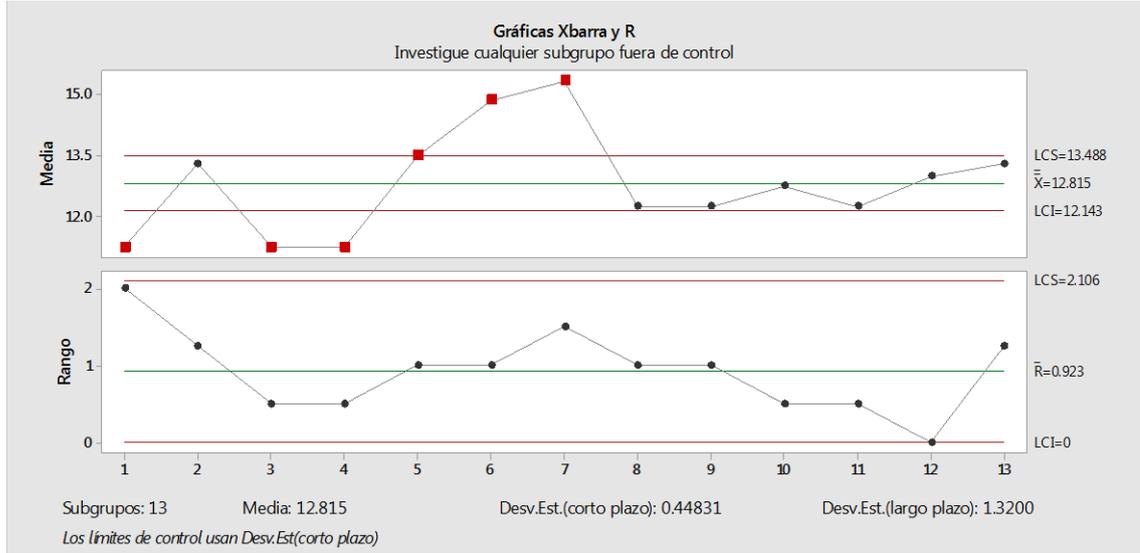
Tabla 21*Coliformes termotolerantes en el agua del río Maschón en los diferentes puntos**de muestreo*

| | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mar-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Abr-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| May-18 | 2 400 | 2 400 | 1 750 | 1 750 |
| Jun-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Jul-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Ago-18 | 1 750 | 1 750 | 650 | 1 100 |
| Set-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Oct-18 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 1 750 |
| Nov-18 | 1 100 | 1 100 | 2 400 | 1 100 |
| Dic-18 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Ene-19 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Feb-19 | 1 100 | 1 100 | 1 100 | 1 100 |
| Mar-19 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Promedio | 1 750 | 1 750 | 1 715 | 1 600 |

Apéndice B Análisis Estadístico

Figura 1B

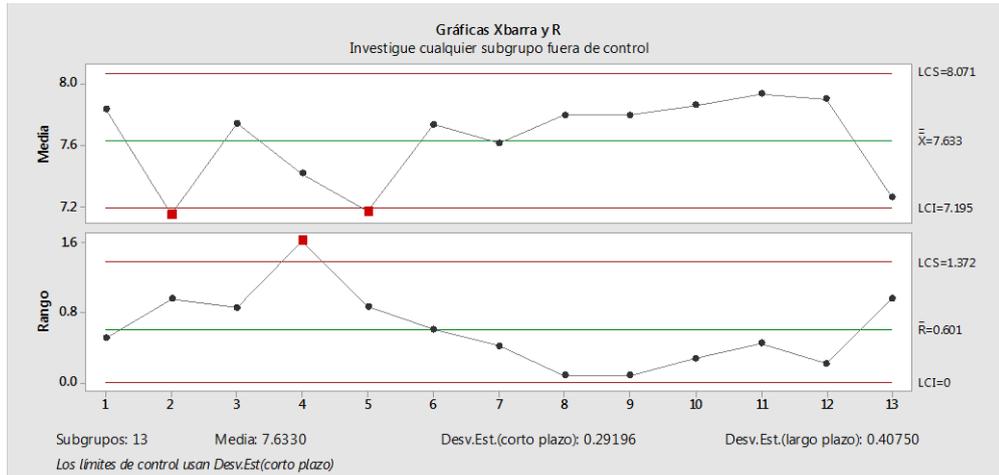
Temperatura agua río Mashcón marzo 2018 – marzo 2019



En la figura 1B se puede observar que la media general es 12,815, y que en la estación 1 se presenta variación en la temperatura que está por encima de la temperatura establecida por las ECA que indica que debe tener un $\Delta 3$, es decir una variación aceptable de ± 3 grados Celsius, además los puntos salen de los límites de control, tanto del límite de control superior (LCS) como del límite de control inferior (LCI), la variación tiene una tendencia al alta, probablemente por el ingreso en este punto de materia orgánica que puede contener una carga bacteriana alta que sería la responsable de esta subida, lo que puede influir negativamente en la biota y microbiota de este cuerpo de agua, y ocasionar una disminución significativa. Esto explica que en el área de estudio no haya presencia visible de organismos acuáticos, pues esto produce eutrofización.

Figura 2B

Valores de pH durante los meses de marzo 2018 – marzo 2019

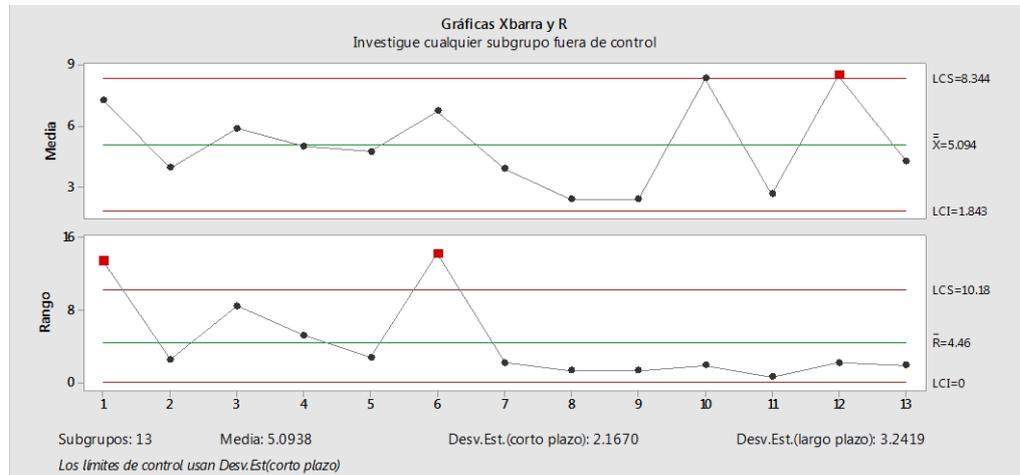


Nota. Comparados con los Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua categoría 1.

Los promedios para el potencial de hidrogeno (pH) fluctúan entre 7,89 (E1), 7,47 (E2), 7,41 (E3) y 7,71 (E4); que se hallan dentro del rango establecido para agua poblacional y recreacional, así como para agua para riego y bebida para animales de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), DS N° 004-2017-MINAM, notándose que los valores de pH no muestran variación apreciable.

Figura 3B

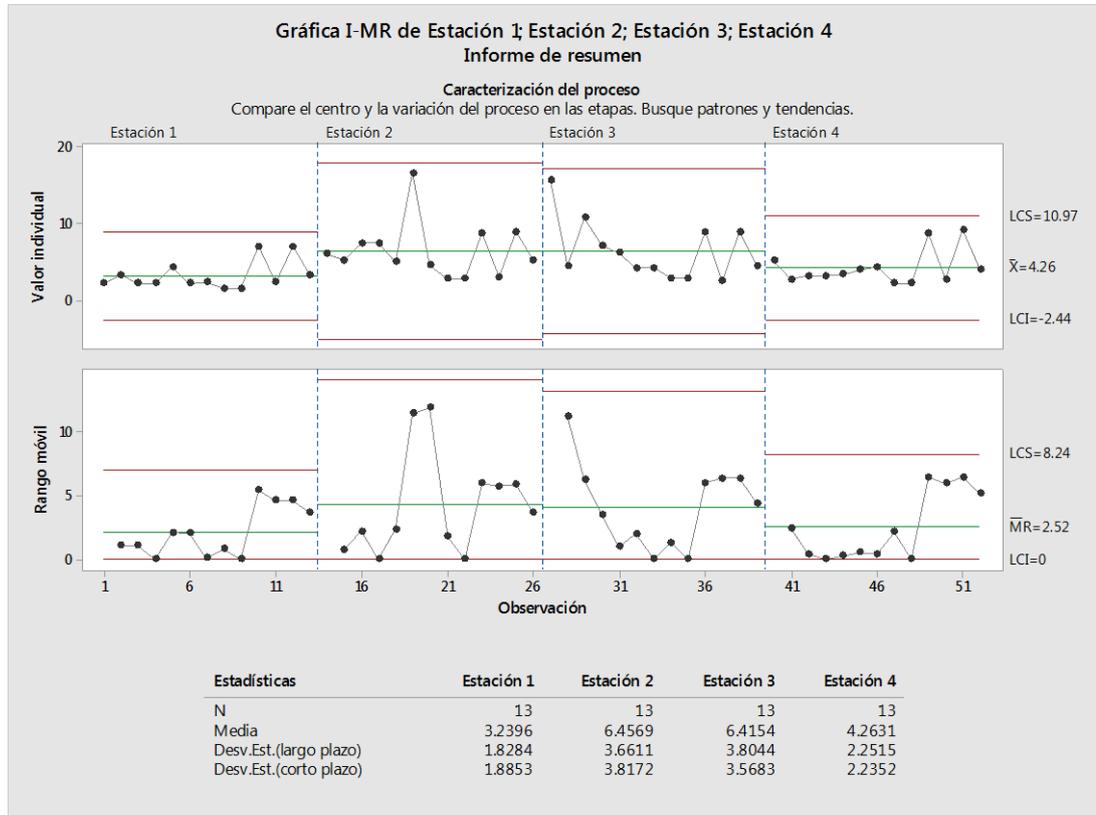
Turbiedad el agua rio Mashcón marzo 2018 – marzo 2019.



Según la figura 3B podemos notar que la media es 4,46, y que la estación 2 (16,6) y estación 3 (10,73) presentan valores que escapan al LCS, estando por encima 5 UNT, valor muy superior al que establece la ECA para aguas categoría 1, subcategoría A. este valor elevado probablemente sea debido a error experimental

Figura 4B

Grafica I-MR. Informe resumen



Según observamos en la figura 4B que hay valores que escapan a los LCS para este parámetro que podrían ser atribuidos a error experimental y no a variación en sí misma. Según Siggo (Empresa de **servicios integrados en Calidad, Medio Ambiente, Seguridad Alimentaria, Acústica, Ingeniería y Formación**), en **setiembre de 2017**, menciona que, un trabajo realizado por expertos de la Universidad de Drexel (Estados Unidos) concluye que, tras realizar estudios en varias ciudades de Norteamérica y Europa, el agua turbia, aunque sea potable, aumenta los casos de enfermedad gastrointestinal.

Figura 5B

Dureza del agua del río Mashcón

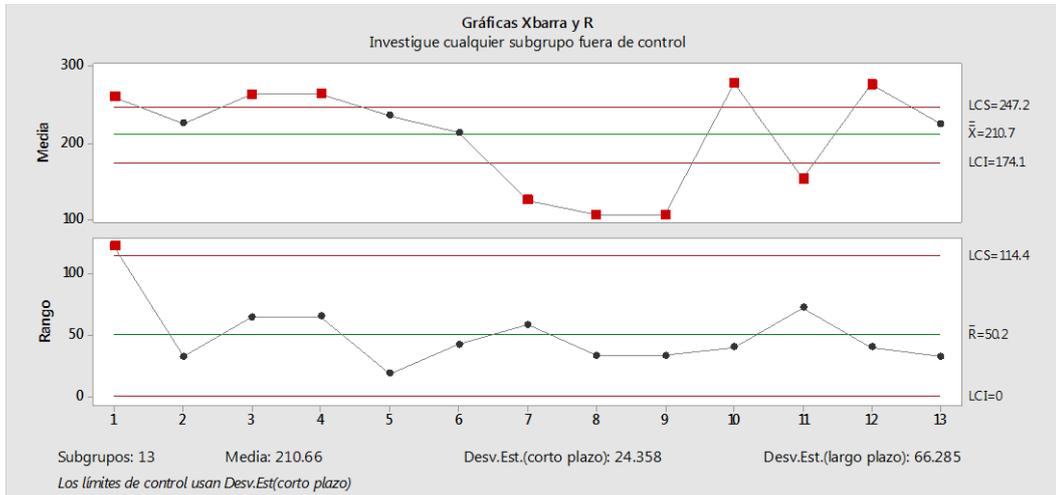
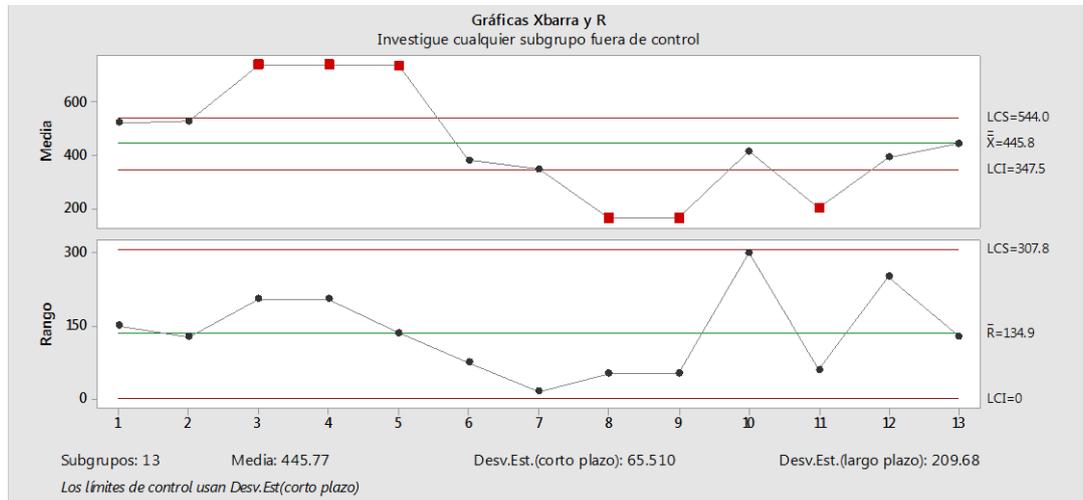


Figura 6B

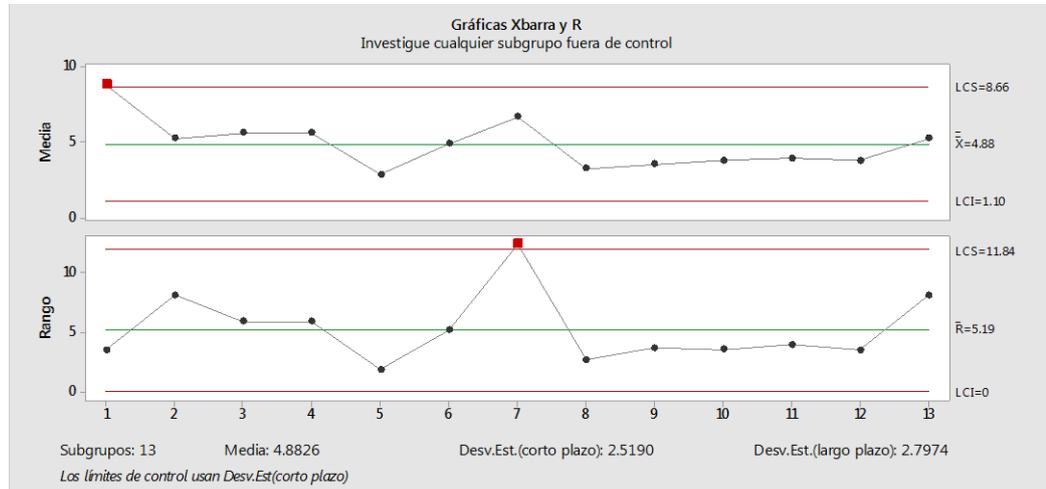
Sólidos totales disueltos.



Aun cuando el LCS está por encima del valor promedio, estos valores se encuentran por debajo de los ECA establecidos (1 000 mg/L). la generación de residuos sólidos por la comunidad Huacariz podrían estar influyendo sobre este valor puesto que existe un alto grado de correlación ($r= 0,9$).

Figura 7B

Demanda bioquímica de oxígeno.

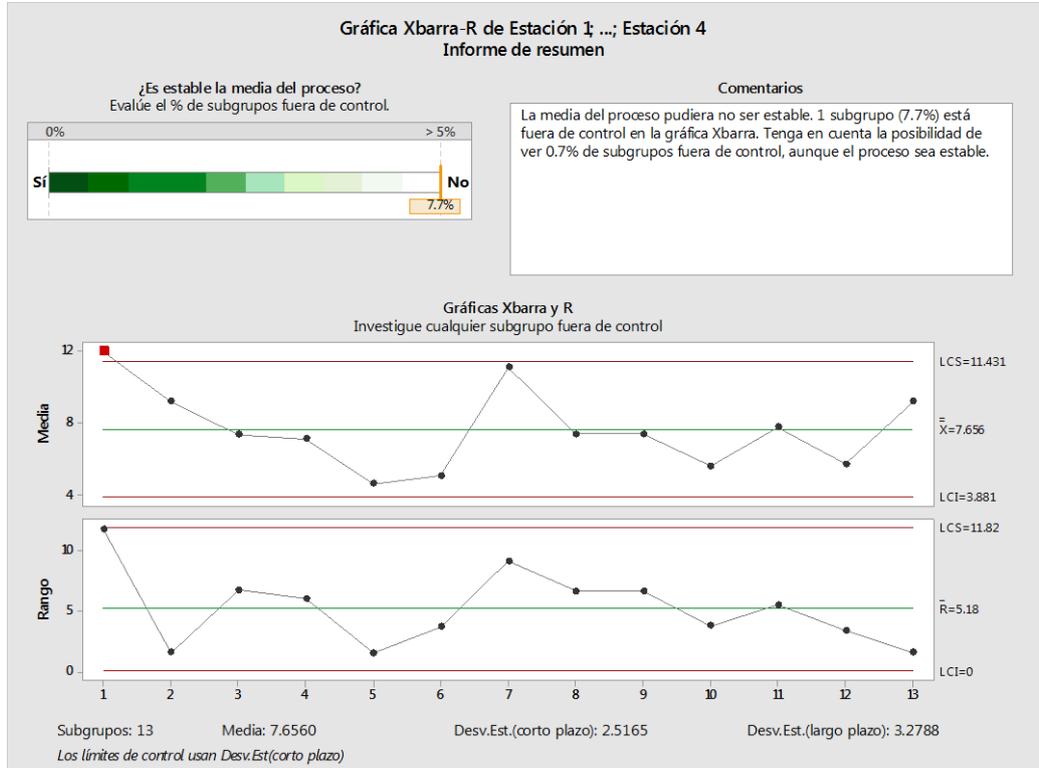


Menos de 2 grupos están fuera de los límites de control en la gráfica Xbarra, por lo que la prueba de correlación no es necesaria.

Según observamos en la figura 15, valores mayores a los establecidos por la ECA de 10 mg/L, lo que refleja influencia de material que modifica las características de este río, probablemente se debe a la carga bacteriana alta, como ya se vio antes.

Figura 8B

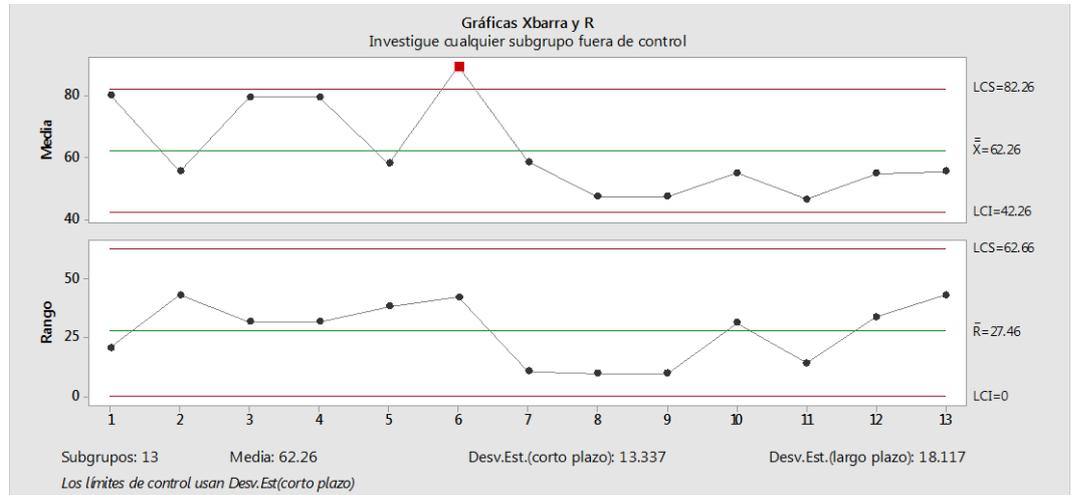
Oxígeno disuelto.



La mayoría de los grupos se hallan dentro de los LCS y LCI, por lo que no se hace necesaria la prueba de correlación, lo que nos indica que los valores de oxígeno disuelto se hallan dentro de los valores que establece las ECA con un valor mínimo > 6 mg/L. No se observa la influencia de la actividad antrópica de los pobladores de la comunidad Huacariz.

Figura 9B

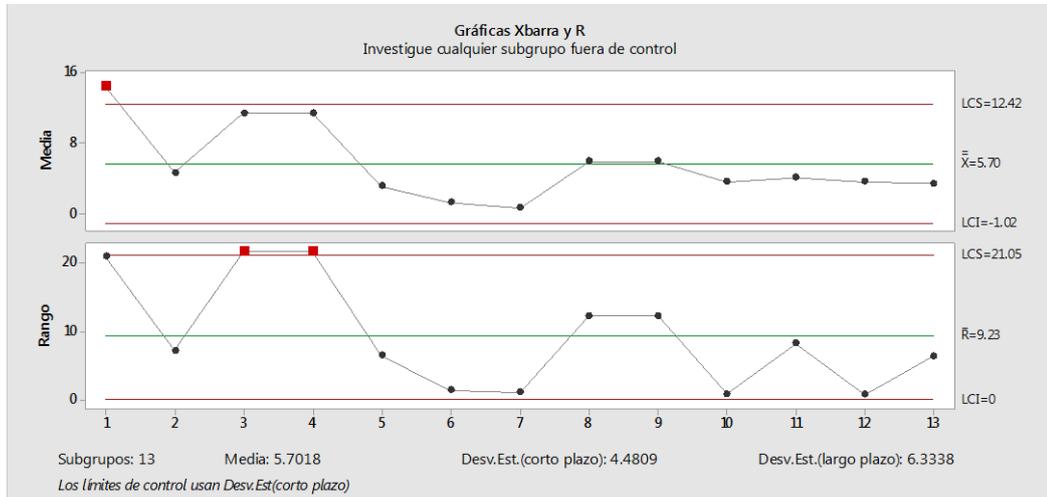
Cloruros.



Los valores se hallan por debajo de los límites establecidos en los ECA para esta categoría de agua, con un promedio de 62,26 mg/L; frente al valor que establece la normatividad de 250 mg/L,

Figura 10B

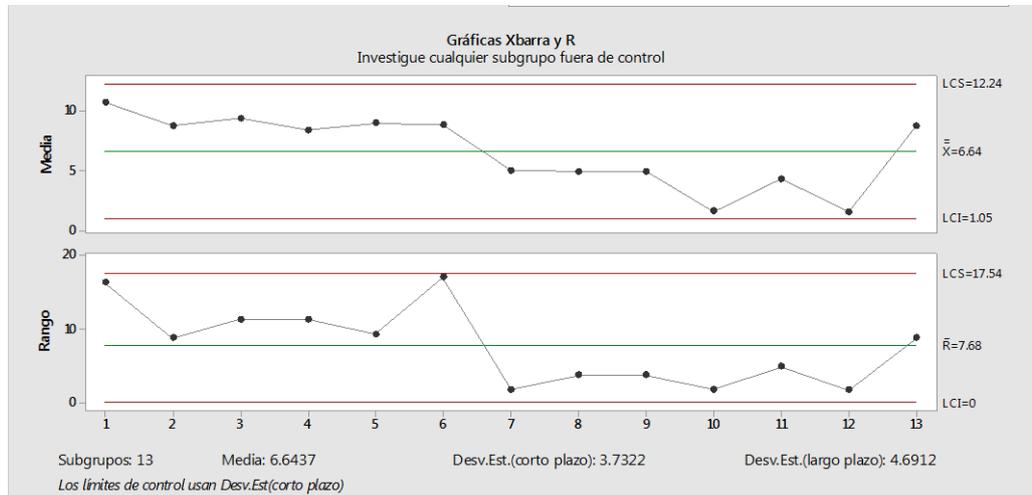
Nitratos



Los valores se hallan por debajo de los LCS y dentro de los LCI, así como también dentro de los valores establecidos por los ECA para agua poblacionales y recreacionales y aguas para riego de vegetales y bebida para animales con valores de 50 mg/L y 100 mg/L respectivamente.

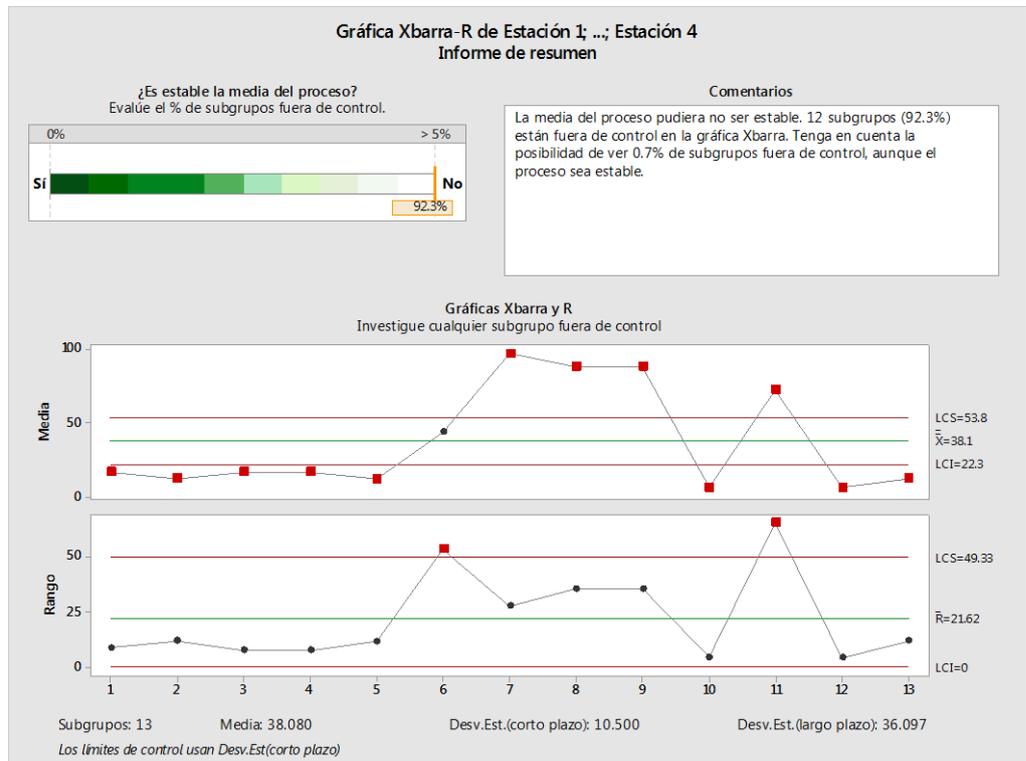
Figura 11B

Fosfatos



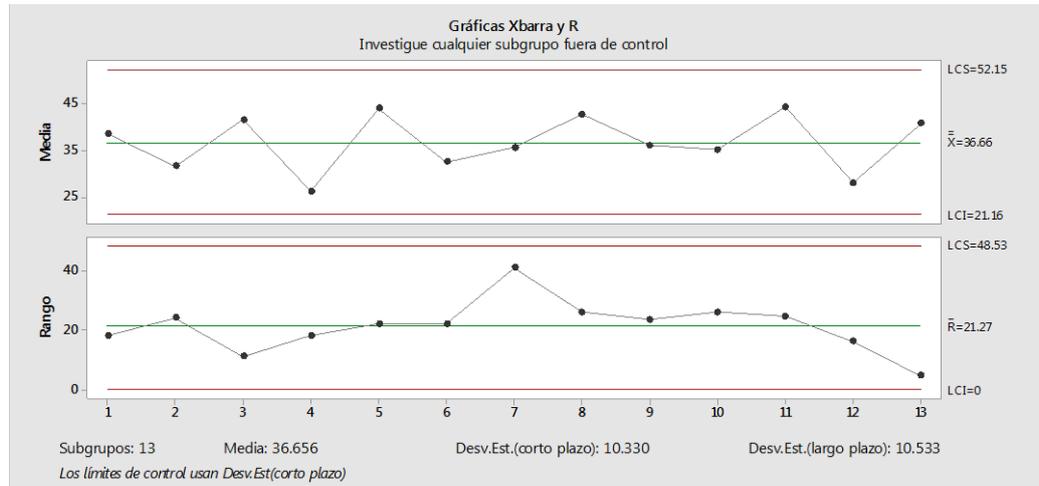
Los valores están dentro de los LCS y LCI, con un promedio general de 6,64 mg/L. no es necesaria la prueba de correlación.

Figura 12B



En este caso los valores de fosfato están muy por debajo de los valores estándares (ECA) de 250 mg/L.

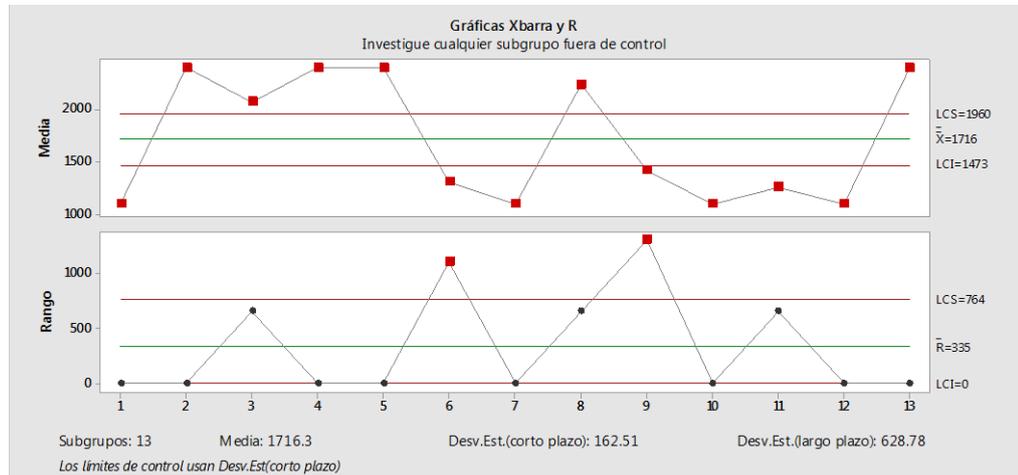
Figura 13B



Los valores de grasa y aceites son mayores a los valores de los estándares de calidad que señalan para este tipo de agua poblacional y recreacional y también para riego de vegetales y bebida para animales 0,5 mg/L. Se podría considerar que la actividad de los pobladores incrementa enormemente por vertido de aceite comestible y posiblemente aceite mineral.

Figura 14B

Coliformes totales



Según la figura 14B los valores son muy superiores a los establecidos por los estándares de calidad que señalan que el agua debe contener como NMP/100 mL 50 UFC para coliformes totales y 20 UFC para coliformes termotolerantes, por lo tanto, podríamos decir que el agua de este río es un agua altamente contaminada con microorganismos, dentro de los cuales podrían estar algunos patógenos responsables de algunos problemas de salud, especialmente trastornos digestivos.