

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN : PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

LÍNEA : DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

**“EVALUACIÓN CRÍTICA DEL MANEJO DE SUSTANCIAS TÓXICAS
INORGÁNICAS – ORGÁNICAS Y EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE
LAS AGUAS RESIDUALES DE LA U.N.C.”**

Presentado por:

AUGUSTO HUGO MOSQUEIRA ESTRAYER

Asesor:

Dr. NILTON DEZA ARROYO

Cajamarca, Perú

2015

COPYRIGHT © 2015 by
AGUSTO HUGO MOSQUEIRA ESTRAVER
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN : PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
LÍNEA : DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

**“EVALUACIÓN CRÍTICA DEL MANEJO DE SUSTANCIAS TÓXICAS
INORGÁNICAS – ORGÁNICAS Y EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE
LAS AGUAS RESIDUALES DE LA U.N.C.”**

Presentado por:

AUGUSTO HUGO MOSQUEIRA ESTRAYER

Comité Científico

Dr. Nilton Deza Arroyo
Asesor

Dr. Eduardo Torres Carranza
Miembro de Comité Científico

M. Cs. Ramiro Salazar Salazae
Miembro de Comité Científico

Dra. Rosa Llique Mondragón
Miembro de Comité Científico

Cajamarca, Perú

2015

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Alejandrina Estraver Castillo

Por su ejemplo de superación.

A MI ESPOSA:

Irma Mostacero Castillo

Por su cariño especial.

A MIS HIJOS:

Yajaira, Paola y Hugo

Por sus consejos y apoyo.

HUGO.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo reconocimiento a mis maestros, que fueron capaces de orientar mis inquietudes y aspiraciones, especialmente al MgCs Juvenal Veneros Ríos por los consejos y recomendaciones; y, a mis compañeros de la Maestría de Desarrollo y Medio Ambiente de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, por compartir gratos momentos de discusión sobre medio ambiente, grupos de trabajo, práctica de valores y el tema de la investigación como proceso.

Mi agradecimiento a mi asesor, Dr. Nilton Deza Arroyo por su apoyo permanente, y a mi jurado calificador por sus invaluable aportes y conocimientos en la sustentación del presente trabajo de investigación.

Igualmente a todas las personas que, de una u otra manera, me apoyaron para culminar exitosamente dicho trabajo.

EL AUTOR.

CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
CONTENIDO	5
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1.3.1. Objetivo General.....	18
1.1.3.2. Objetivos Específicos.....	19
1.1.4. CAMPO DE ACCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	19
1.1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	21
1.2.1. ANTECEDENTES	21
1.2.2. HIPÓTESIS	22
1.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	24
2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	25
2.2.1. SÓLIDOS	25

2.2.2. TURBIDEZ	27
2.2.3. COLOR.....	27
2.2.4. OLOR	28
2.2.5. TEMPERATURA.....	29
2.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS	31
2.3.1. pH	31
2.3.2. GASES DISUELTOS.....	32
2.3.3. METALES.....	32
2.4. COMPUESTOS ORGÁNICOS AGREGADOS DEL AGUA RESIDUAL	35
2.4.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO).....	35
2.4.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	36
2.4.3. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT).....	37
2.5. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	37
2.6. CONTAMINANTES EN TRAZAS.....	37
2.6.1. CADMIO	39
2.6.2. PLOMO	40
2.6.3. MERCURIO	40
2.6.4. CROMO.....	41
2.6.5. COBRE.....	42
2.6.6. HIERRO Y MANGANESO.....	42
2.6.7. ZINC.....	43
2.6.8. BARIO.....	44
2.7. BASES CONCEPTUALES	44
CAPÍTULO III MARCO MÉTODOLÓGICO.....	50
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO	50
3.1.2. MÉTODO CORRELACIONAL	50

3.1.3. MÉTODO CRÍTICO	51
3.2. POBLACIÓN Y MUESTREO.....	51
3.3. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	53
3.4. FUENTES TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	55
3.6. PRESUPUESTO ESTIMADO.....	55
3.7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN PROBABLE.....	56
3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	58
3.8.1. PROTOCOLO DE MUESTREO	58
3.8.2. MATERIALES.....	60
3.8.3. PROCEDIMIENTO DE LA TOMA DE MUESTRAS	60
3.9. MÉTODOS EVALUADOS	63
3.9.1. SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103-105 °C.....	63
3.9.1.1. Principio.....	63
3.9.1.2. Instrumental	63
3.9.1.3. Procedimiento.....	64
3.9.1.4. Cálculos	64
3.9.2. SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN SECADOS A 103-105 °C	64
3.9.2.1. Principio.....	64
3.9.2.2. Equipos y materiales.....	65
3.9.2.3. Procedimiento.....	65
3.9.2.4. Análisis de la muestra.....	66
3.9.3. POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	66
3.9.3.1. Fundamento	66
3.9.3.2. Metodología Analítica	67
3.9.3.3. Equipos y materiales.....	67
3.9.3.4. Procedimiento.....	67

3.9.4. METALES TÓXICOS	68
3.9.4.1. Principio.....	69
3.9.4.2. Análisis de las muestras.....	69
3.9.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	69
3.9.5.1. Fundamento	69
3.9.5.2. Metodología Analítica	70
3.9.5.3. Cálculos	70
3.9.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	71
3.9.6.1. Principio.....	71
3.9.6.2. Análisis de las muestras.....	71
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS.....	72
4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUALITATIVAS	72
4.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUANTITATIVAS.....	77
4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	79
4.3. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES	83
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.4.1. Análisis Cautitativos.....	98
4.3.2. pH	98
4.3.3. Sólidos Totales	98
4.3.4. Sólidos Suspendidos Totales	99
4.3.5. Sólidos Disueltos Totales	99
4.3.6. Metales Tóxicos en Aguas Residuales	100
4.3.7. Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno	101
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	102
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES.....	105

CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	109
Anexo 1. Condición general de las aguas residuales.....	109
Anexo 2. Compuestos olorosos presentes en aguas residuales urbanas.....	110
Anexo 3. Metales en Aguas Residuales según D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.	111
Anexo 4. Metales en Aguas Residuales según el BOCM n°269 (1993)	112
Anexo 5. Formato para envío de muestras al Laboratorio.	113
Anexo 6. Figuras	114
Anexo 7. Planos.....	117

TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	22
Tabla 2. Límites Máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	24
Tabla 3. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual.....	26
Tabla 4. Características de las aguas residuales con relación al color	28
Tabla 5. Análisis comunes usados para estimar las características físicas en las aguas residuales.....	30
Tabla 6. Análisis comunes usados para estimar las características químicas en las aguas residuales.....	34
Tabla 7. Elementos traza importantes en las aguas naturales	38
Tabla 8. Fuentes técnicas e instrumentos de la Investigación.....	54
Tabla 9. Presupuesto estimado.....	56
Tabla 10. Cronograma de Ejecución.....	57
Tabla 11. Ubicación de los puntos de muestreo.....	61
Tabla 12. Características Físicas Cualitativas de las muestras obtenidas.	73
Tabla 13. Características Físicas Cuantitativas de las muestras obtenidas.	77
Tabla 14. Resultados de los metales tóxicos en las muestras analizadas.....	79
Tabla 15. Resultado de los componentes químicos orgánicos de las muestras analizadas.....	81

Índice de Gráficas

Gráfica 1. pH vs Muestras	83
Gráfica 2. Sólidos Totales vs Muestras	84
Gráfica 3. Sólidos Suspendidos Totales vs Muestras	85
Gráfica 4. Sólidos Disueltos Totales vs Muestras	86
Gráfica 5. Bario vs Muestras	87
Gráfica 6. Cadmio vs Muestras.....	88
Gráfica 7. Cobre vs Muestras	89
Gráfica 8. Cromo vs Muestras	90
Gráfica 9. Hierro Total vs Muestras	91
Gráfica 10. Manganeseo vs Muestras.....	92
Gráfica 11. Mercurio vs Muestras	93
Gráfica 12. Plomo vs Muestras.....	94
Gráfica 13. Zinc vs Muestras	95
Gráfica 14. DQO vs Muestras.....	96
Gráfica 15. DBO vs Muestras.....	97

RESUMEN

La evaluación crítica del manejo de sustancias tóxicas inorgánicas - orgánicas en las aguas residuales procedentes de los buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca, se ejecutó siguiendo los métodos de muestreo y de análisis establecidos en la 17 edición del manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, con la finalidad de garantizar la confiabilidad de los resultados. De los 42 puntos de muestreo evaluados, existen parámetros, como el pH, DBO₅, DQO y metales tóxicos como el Bario, Cadmio, Cobre y Cromo, cuyos resultados no superan los límites máximos permisibles tanto para la OMS como para el Ministerio de Energía y Minas en el Perú, lo que indica que estos metales son de mayor toxicidad. En el caso de los Sólidos Totales, el valor máximo (1700 mg/L), se encuentra en la Av. Integración, cerca del comedor Universitario y Sólidos Suspendidos Totales, el valor máximo (1200 ppm), se encuentra ubicado cerca de la entrada al Campus universitario, mientras que en los Sólidos Disueltos Totales, el valor máximo (820 mg/L), cerca del Comedor Universitario, cuyos resultados están relacionados directamente con las zonas de mayor población estudiantil.

Otros metales tóxicos de importancia, superan los límites máximos como es el caso del Hierro (8.3 mg/L), Manganeso (1.5 mg/L), Plomo (0.4 mg/L) cuyas muestras provienen de buzones cercanos al Laboratorio de Biología; el Zinc (4.9 mg/L), cerca del paradero de buses de la UNC y el Mercurio (0.008 mg/L), ubicado cerca de la Plazuela de Educación, presentan valores que demuestran que existe un grado de contaminación elevado debido a la presencia de estas sustancias tóxicas que luego se verterán en las aguas del río San Lucas, generando un riesgo para la actividad agrícola cercana a dicho efluente.

Palabras Claves:

Sustancias orgánicas, DBO, DQO, metales pesados.

ABSTRACT

The critical assessment of the management of inorganic toxic substances - organic in wastewater from the wells of the National University of Cajamarca, was executed following the methods of sampling and analysis established in the 17th edition of the manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, in order to ensure reliability of results.

Of the 42 sampling points evaluated, there are parameters such as pH, BOD 5, COD and toxic metals such as Barium, Cadmium, Copper and Chromium, the results don't exceed the maximum permissible limits for both WHO and the Ministry of Energy and Mines in Peru, indicating that these metals being greater toxicity.

In the case of the total solids, the maximum value (1700 mg/L) , is located at Av . Integration, near the University dining and suspended solids, the maximum value (1200 mg/L), is located near entrance to the university campus, while the Total Dissolved Solids, the maximum value (820 ppm), near the University Dining Room, the results are directly related to the áreas of greatest student population.

Other toxic metals of importance, exceed the maximum limits as in the case of iron (8.3 mg/L), manganese (1.5 mg / L), lead (0.4 mg / L) whose samples come from wells near the Laboratory of Biology; Zinc (4.9 mg / L), near the bus stop at UNC and Mercury (0.008 mg/L), located near the Square of education, have values that show that there is a high degree of contamination due to the presence of these toxic substances then pour in the waters of San Lucas river, creating a risk to close to said effluent farming.

Keywords:

Organic material, BOD, QOD, heavy metals.

INTRODUCCIÓN

La generación de aguas residuales es un producto final de la actividad humana. Toda comunidad genera residuos, tanto líquidos como sólidos; la fracción líquida (aguas residuales), está constituida esencialmente por el agua de abastecimiento, después de diversos usos a que ha sido sometida. El tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas

Desde el punto de vista de su origen, las aguas residuales pueden definirse como una combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, establecimientos comerciales e industriales e instituciones como es el caso de la Universidad Nacional de Cajamarca, así como también aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que se pueden mezclar. Conociendo que estas aguas, actualmente desembocan en el río San Lucas, el cual está provocando un desbalance hídrico, afectando seriamente la actividad agrícola ubicada en la zona de la periferia por donde circundan las aguas del río, que son los distritos de Baños del Inca y Jesús.

Ante la ausencia de un estudio sobre la composición de estos efluentes, se propone evaluar el grado de contaminación que produce el manejo de sustancias tóxicas emitidas en los distintos laboratorios y los riesgos potenciales de su uso en la Universidad Nacional de Cajamarca.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo actual depende sin excepción de productos químicos, ya sea para aumentar la producción de alimentos, proteger la salud o facilitar la vida diaria. Muchos de estos productos químicos pueden ser peligrosos, especialmente los subproductos de estos y es necesario evaluar los riesgos para la salud, directos o indirectos que se derivan de su uso, almacenamiento o disposición. Su carga al medio ambiente, intencional o no, puede causar serias consecuencias.

El potencial de riesgo o daño a la salud humana inherente en el manejo y disposición de sustancias tóxicas, llevo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de su División de Salud y Ambiente (HEP), a desarrollar una línea de acción regional orientada a la evaluación y manejo de sustancias tóxicas en aguas residuales.

La contaminación de agua puede estar producida por:

- 1) Compuestos minerales: Pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio), nitratos, nitritos, etc. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O₂ disuelto en el agua) como el fósforo.
- 2) Contaminación microbiológica; Se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares.

3) Contaminación térmica: Provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.

De acuerdo a su origen de contaminación, existen diferentes tipos de agua, como:

1. Aguas residuales urbanas: aguas fecales, aguas de fregado, aguas de cocina. Los principales contaminantes de éstas son la materia orgánica y microorganismos. Estas aguas suele verterse a ríos o al mar tras una pequeña depuración.
2. Aguas residuales industriales: Contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicas, térmicos por las aguas de refrigeración). Esta agua se vierte a ríos o mares tras una depuración parcial.
3. Aguas residuales ganaderas: El tipo de contaminación es materia orgánica y microorganismos. Pueden contaminar pozos y aguas subterráneas cercadas.
4. Aguas residuales agrícolas: Los contaminantes que contienen son materia orgánica (fertilizantes, pesticidas). Pueden contaminar aguas subterráneas, ríos mares, embalses, etc.

Para determinar la calidad de un agua es necesario analizar los parámetros:

Parámetros físicos: Comprenden las características organolépticas (olor, color y sabor), la temperatura (la temperatura óptima es de 8 – 15°C), la conductividad (gracias a las sales) y la turbidez.

Parámetros químicos: Incluyen a los orgánicos, los inorgánicos y los gases:

Parámetros orgánicos: miden la cantidad de materia orgánica que hay en el agua. A mayor cantidad de materia orgánica en el agua, menor calidad de agua.

- DBO (demanda bioquímica del oxígeno): Mide el oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia. El periodo de incubación tras el cual se realiza la medición suele ser de 5 días, comparándose el valor obtenido con el original presente en la muestra. Se determina así la cantidad

aproximada de oxígeno utilizado que se requiere para degradar biológicamente la materia orgánica.

- DQO (demanda química del oxígeno) mide el oxígeno disuelto requerido para oxidar la materia mediante un agente químico. Mide la cantidad de la materia orgánica total (la biodegradable y la no biodegradable).

Parámetros inorgánicos:

Son el pH, la concentración de sales y los gases presentes habitualmente en las aguas naturales como el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, que son gases comunes en la atmósfera, mientras que en las aguas residuales hay sulfuro de hidrógeno, metano y amoníaco, que procede de la descomposición de la materia orgánica. Por otro lado, en las aguas desinfectadas se pueden encontrar cloro y ozono.

Parámetros microbiológicos:

Este control es exclusivo para agua de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como son bacterias coliformes que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que originan el cólera.

- Además de estos parámetros existen organismos bioindicadores que nos pueden informar sobre la calidad del agua. Estos son larvas de algunos insectos, moluscos, que no pueden vivir en aguas contaminadas.
- Después de analizar las aguas residuales por los diferentes parámetros, es conveniente darle una reutilización debido a la escasez de este compuesto, ya sea en la agricultura, parques, jardines, labores industriales,

El presente trabajo de investigación está relacionado con los productos químicos que utilizan los laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca, para realizar sus prácticas de laboratorio, el cual utilizan sustancias químicas inorgánicas – orgánicas de diferente concentración, que después de ser usadas son arrojadas a los desagües de los laboratorios que se juntan con las aguas servidas que se utilizan en la Ciudad Universitaria, generando aguas tóxicas y residuales. Estas aguas son descargadas en el Río San Lucas, que al mismo tiempo sirven para regadíos de sembrado para los pastizales del ganado.

Todo ello permite establecer que se origina una contaminación en los Laboratorios donde se preparan las soluciones, que al ser vertidas al río San Lucas, alteran sus calidades fisicoquímicas, que puede causar efectos en la agricultura y ganadería de las comunidades que viven en los alrededores del río San Lucas. Por todo ello, es importante estudiar este tipo de contaminación que resulta un peligro potencial para la sociedad.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe un correcto uso y control de las sustancias tóxicas utilizadas en los diferentes laboratorios de la Ciudad Universitaria que son arrojadas a las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca?

1.1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.3.1. Objetivo General

Evaluar el manejo de las sustancias tóxicas que se producen en las aguas residuales de la U.N.C y el grado de contaminación.

1.1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar los análisis químicos de los metales tóxicos vertidos en las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Establecer el promedio de la carga orgánica (DBO₅ y DQO) que se producen en las aguas residuales de la Ciudad Universitaria

1.1.4. CAMPO DE ACCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El campo de acción de la presente investigación está referida al uso de las sustancias inorgánicas y orgánicas, relacionando su uso con las prácticas de laboratorio y su posible implicancia en el medio ambiente y la salud de aquellos que lo utilizan.

1.1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer y generar una línea de base de los compuestos químicos sobre los efectos que generan las sustancias tóxicas inorgánicas y orgánicas y cómo éstos modifican la composición química de las aguas residuales que son vertidas a los buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Actualmente en la Ciudad Universitaria se realizan las prácticas en los diferentes laboratorios sin el debido conocimiento de lo que es contaminación con sustancias tóxicas, debido a la carencia de un manual o norma en donde indique el grado de contaminación al manipular y usar en las prácticas respectivas.

Asimismo, los estudiantes, administrativos y algunos docentes no tienen conocimiento sobre las consecuencias que pueda generar la utilización de estos reactivos en las prácticas de laboratorio.

Las autoridades universitarias deben de realizar charlas, conferencias, exposiciones, etc., por profesionales competentes y con conocimiento en lo referente a la utilización

de reactivos químicos y las consecuencias que puede generar el mal uso y manipulación, ocasionando una contaminación tanto en el ambiente como en las personas que manipulan estas sustancias.

El objetivo del presente trabajo es evaluar los tipos de sustancias químicas tóxicas, las cantidades utilizadas, la concentración de cada reactivo, las prácticas en las que se utilizan estos reactivos, de acuerdo a la formación profesional; los laboratorios que utilizan estas sustancias y sobretodo que tanto se transgreden las especificaciones técnicas y medidas de precaución y seguridad de tal manera que se podría teorizar sobre los peligros que representa el uso de estos productos, tanto para el ambiente, así como para quienes lo manipulan.

Finalmente, se puede plantear y proponer estrategias y alternativas de control ante la autoridad superior y buscar la solución a este problema.

1.1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones en la presente investigación estarán circunscritas a la toma de muestra en los laboratorios, según los inventarios de los mismos y en las aguas residuales de la Ciudad Universitaria, la que está sujeta a la utilización de reactivos químicos que se utilizarán en las prácticas de laboratorio que a largo plazo pueden incurrir en el impacto y daño por estas sustancias.

El costo de los análisis químicos que representa la evaluación química, es el factor limitante para ampliar el número de sustancias químicas a analizarse y en lo posible de realizarse, se limitará a evaluar la concentración de los componentes inorgánicos y orgánicos que se encuentran en las aguas residuales en forma metales tóxicos.

El propósito es de generar información base sobre los efectos de estas sustancias tóxicas en el medio ambiente.

1.2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.

1.2.1. ANTECEDENTES

Según proyecciones del INEI, Cajamarca se constituye en el Tercer Departamento de mayor población, 1, 515, 827; albergando el 5.7% de la población nacional, siendo la población urbana del 28% y la rural del 72%.

La Universidad Nacional de Cajamarca es la única Casa Superior de Estudios Estatal, ubicada en el kilómetro 3 – Carretera Baños del Inca, con mayor población estudiantil respecto a las Universidades privadas existentes, con un total aproximado de 7200 alumnos distribuidos en las diferentes Facultades; personal docente 644 y personal administrativo 496.

El presente proyecto de investigación tiene por finalidad analizar las aguas residuales que provienen de los laboratorios de las diferentes facultades de la Universidad Nacional de Cajamarca, que en su conjunto son arrojadas al río San Lucas. Estas aguas residuales, son mezcladas con una serie de sustancias tóxicas que provienen de las prácticas inorgánicas, orgánicas, bioquímicas, farmacológicas, etc., ocasionando una alteración en su composición química que posteriormente afectará en forma directa e indirecta a la agricultura y ganadería.

Todo ello nos conduce a tener una responsabilidad en el manejo de residuos sólidos peligrosos (art. 970 del Código Civil).

Art. 25, Seguros contra riesgos y art. 31, EIA y PAMA.

Art. 27, Calificación de residuos de peligrosos.

Art. 34, residuo de limpieza de recursos de agua.

Si bien estas leyes y artículos constituyen un avance, aún no se ha determinado los estándares y límites para el control de vertidos tóxicos.

1.2.2. HIPÓTESIS

En los diferentes laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca se generan sustancias tóxicas inorgánicas y orgánicas, cuyo manejo es deficiente, lo cual contribuye a la contaminación de las aguas residuales en el campus universitario. De igual manera, la carga de DBO₅ que se produce en la Universidad Nacional de Cajamarca genera contaminación orgánica.

1.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 1. Operacionalización de Variables

Variables	Variables intermedias
Variable dependiente Contaminación de aguas residuales	Fuentes de contaminación del agua Tipo de contaminantes Características del agua residual
Variable independiente Sustancias tóxicas inorgánicas-orgánicas en el agua residual	Sustancias toxicas inorgánica Sustancias tóxicas orgánicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Se denomina aguas residuales a la parte líquida, que son esencialmente las aguas, que desecha la comunidad una vez que han sido contaminadas por los diferentes usos para los cuales han sido empleadas.¹⁶

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías de usos agrícolas y pluviales. Normalmente, las aguas residuales tratadas o no, se descargan finalmente a un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.) que se considera medio receptor.¹⁹

Las aguas residuales son consideradas dispersiones debido a la gran cantidad de impurezas que contienen en su seno. Estas impurezas varían de tamaño en un amplio rango, que oscila entre unos 10-8 cm para sustancias solubles y 10-2 cm para la materia en suspensión.¹

De acuerdo al Decreto Supremo DS-003-2010-MINAM se establece los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Límites Máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Parámetro	Unidad	LMP para efluentes de vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y Grasa	mg/L	20
Coliformes Termo Tolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo DS-003-2010-MINAM (2010)

Sin embargo este Decreto Supremo, no ha fijado límites en el agua previa a su tratamiento, lo cual permitiría conocer el verdadero estado de contaminación del agua y el tratamiento más eficiente. Este estudio de investigación reflejará el estado del agua procedente de los laboratorios, previo a su tratamiento a fin de dar inicio al conocimiento previo de grados de contaminación y se harán las recomendaciones del caso para la obtención de aguas tratadas de mejor calidad.

2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Hay diversas clasificaciones de las aguas residuales dependiendo de su origen, así tenemos que:⁹

- **Domésticas:** Son aquellas aguas cuyo principal desechos es el humano así como el casero y de animal incluyendo las de infiltración.

- **Sanitarias:** Son principalmente las aguas domésticas, aunque a veces se le agregan los desechos industriales de la población.
- **Pluviales:** Son las aguas que son captadas principalmente del escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.
- **Combinadas:** Estas resultan cuando en la misma alcantarilla se mezclan las aguas negras domésticas o sanitarias y las aguas pluviales.
- **Desechos Industriales:** Son las que provienen de las industrias las cuales pueden ser tratadas aisladamente y luego agregarse y formar parte de las aguas sanitarias.
- **Aguas Negras Frescas:** Se les denomina así aquellas que en determinados puntos donde se examinan aún contienen oxígeno y son por general de origen reciente.
- **Aguas Negras en Proceso de Alteración:** Se clasifican de esta manera ya que pueden tener poco oxígeno disuelto o no tener absolutamente nada sin que estas lleguen a la putrefacción.
- **Aguas Negras Sépticas:** Es cuando el oxígeno disuelto se ha agotado totalmente y da lugar a procesos de putrefacción en condiciones anaerobias.

Por otra parte, los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos.⁶

2.2.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.2.1. SÓLIDOS

Se refiere a la materia que queda como residuo después de la evaporación y el secado entre 103°C y 105°C.²³

Debido a la gran variedad de materiales inorgánicos y orgánicos que se encuentran en los análisis de sólidos, estos se encuentran definidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual

Prueba	Descripción
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105 °C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ±50 °C)
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después que ha sido secado a una temperatura específica.
Sólido suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados (500±50 °C)
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500± 50 °C)
Sólidos disueltos totales (SDT)(ST-SST)	Sólidos que pasaron a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0.001 a 1 µm.
Sólidos disueltos volátiles (SDV)(SVT-SST)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500+- 50 °C)
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litros,

	que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un periodo de tiempo específico.
--	---

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous (2010) “Tratamiento de aguas residuales”

2.2.2. TURBIDEZ

La turbiedad o turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.²²

La medición de la turbiedad es por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. Estos resultados se expresan en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)⁶.

2.2.3. COLOR

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución; siendo el color causado por sólidos suspendidos denominado color aparente, mientras que el causado por sustancias disueltas y coloidales designado como color verdadero, el cual se obtiene sobre una muestra filtrada. El color de una muestra de agua residual se determina comparando el color de la muestra y el color producido por soluciones de diferente concentración de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6). Así una unidad de color, corresponde al color generado por 1mg/L de platino.⁶

Las fuentes de color en aguas residuales incluyen la infiltración, descargas industriales y la descomposición de compuestos orgánicos.

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual; asimismo, el oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS).⁶

Existen valores cualitativos para estimar las características en relación al color en las aguas residuales, las cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de las aguas residuales con relación al color

Color	Condición
Café claro	El agua lleva 6 horas después de la descarga.
Gris claro	Aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección.
Gris oscuro o negro	Aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias.

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous (2010) “Tratamiento de aguas residuales”.

2.2.4. OLOR

El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo. Uno de los compuestos que contribuye en gran medida a la generación de malos olores es el sulfuro de hidrógeno (H₂S) que es un producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, frecuentemente encontrada en el drenaje.¹⁷

El Número de Umbral de Olor (NUO) corresponde a la mayor dilución realizada con agua libre de olor, que produce un olor mínimo, apenas perceptible.⁶

2.2.5. TEMPERATURA

La temperatura de un agua residual generalmente es mayor que la de un agua de suministro municipal por las descargas de agua caliente doméstica e industrial. Debido a que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, en la mayoría de los meses del año, las temperaturas del agua son mayores que las del aire de una localidad y menores en los meses cálidos; por lo cual, dependiendo de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21.1 °C.²⁰

La temperatura es un parámetro importante a determinar, debido a que la totalidad de los procesos de biotransformación se realizan por medio de reacciones químicas, cuya cinética se modifica si ocurre una variación positiva o negativa de la temperatura. Esto implica que la vida acuática y la disposición del agua para ser utilizada también se modifican.²⁰

Es así, que cada una de las características físicas de las aguas residuales son importantes debido a que éstas, presentan un significado particular, los cuales se encuentran especificados en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis comunes usados para estimar las características físicas en las aguas residuales.

Características físicas		
Prueba	Abreviatura/ Definición	Uso o significados del resultados
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento. Estimar la reutilización potencial del agua residual.
Sólidos volátiles totales	SVT	
Sólidos fijos totales	SFT	
Sólidos suspendidos totales	SST	
Sólidos suspendidos volátiles	SSV	
Sólidos suspendidos fijos	SSF	
Sólidos disueltos totales	SDT (ST-SST)	
Sólidos disueltos volátiles	SDV	Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico.
Sólidos disueltos fijos totales	SDF	
Sólidos sedimentables		
Turbiedad	UNT	Evaluar a calidad del agua residual tratada
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición del agua residual (fresca o séptica)
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema
Temperatura	°C o °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous (2010) “Tratamiento de aguas residuales”.

2.3.CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS

Los constituyentes químicos de las aguas residuales se clasifican en inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos incluyen elementos individuales como calcio (Ca), cloruro (Cl^{-}), hierro (Fe), cromo (Cr) y zinc (Zn), óxidos de azufre, compuestos metálicos, entre otros; mientras que los constituyentes orgánicos comprenden un número de compuestos que no pueden ser distinguidos en forma separada.⁶

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. Entre los nutrientes inorgánicos están amoníaco libre, nitrógeno orgánico, nitritos, nitratos, fósforo orgánico y fosforo inorgánico, elementos individuales como el nitrógeno y el fósforo, son de gran importancia, ya que han sido identificados como nutrientes causantes principales del crecimiento indeseable de plantas acuáticas. Debido a que la concentración de las especies químicas del nitrógeno y fósforo depende de la concentración del ion hidrógeno (H^{+}) en solución, se considera en primer lugar un breve análisis del pH.

2.3.1. pH

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad, siendo una forma de expresar la concentración de los iones hidrógeno o, más exactamente la actividad del ion hidrógeno²³, que es definido como el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrógeno: ⁶

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^{+}]$$

En el cual, la representación de la escala de pH usualmente oscila de 0 a 14, en la que el pH de 7 a 25°C representa la neutralidad absoluta.

El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9; de esta manera, las aguas

residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos.⁶

2.3.2. GASES DISUELTOS

Las aguas residuales contienen pequeñas y variadas concentraciones de gases disueltos. Entre los más importantes de estos se encuentran el oxígeno, el cual está presente en el agua en su estado original, así como también disuelto en el aire que está en contacto con la superficie del líquido.²⁶ En ese sentido, las mediciones de oxígeno disuelto y amoníaco se realizan para controlar y monitorear los procesos de tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales. Se encuentran también presentes en las aguas residuales otros gases tales como anhídrido carbónico, resultante de la descomposición de materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, y sulfuro de hidrógeno de compuestos de azufre tanto orgánicos como inorgánicos.⁶

2.3.3. METALES

Todos los organismos vivos requieren para su adecuado crecimiento elementos como hierro, cromo, cobre, zinc, cobalto, en diferentes cantidades (cantidades macro y micro). Aunque las cantidades macro y micro de metales son esenciales para un normal desarrollo de la vida biológica, estos elementos pueden llegar a ser tóxicos cuando se presentan en cantidades elevadas.

La determinación de metales se puede realizar por absorción atómica, plasma acoplado por inducción o colorimétricamente (con menor precisión).⁶

Para ello, Standard Methods (1995)², define varias clases de metales:

Metales disueltos son aquellos metales presentes en muestras no acidificadas que pasan a través de un filtro de membrana de 0.45 μm .

Metales suspendidos son aquellos metales presentes en muestras sin acidificar, que son retenidas en un filtro de membrana de 0.45 μm .

Metales totales que corresponden a la suma de los metales disueltos y los metales suspendidos o la concentración de metales determinados en una muestra sin filtrar después de la digestión.

Metales extractables en ácido son aquellos que permanecen en solución después de que una muestra sin filtrar se trata con un ácido mineral diluido en caliente.

Cada uno de los parámetros químicos de las aguas residuales, tendrán un significado para su caracterización posterior, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis comunes usados para estimar las características químicas en las aguas residuales.

Características químicas inorgánicas		
Prueba	Abreviatura	Uso o significados del resultados
Ph	$\text{ph} = \log 1/[\text{H}^+]$	Medida de la acidez o basicidad de una solución acuosa.
Cloruros	Cl^-	Evaluar la posibilidad de ser empleada en el uso agrícola
Sulfatos	SO_4^{-2}	Estimar la formación potencial de olores y de tratamiento apropiado de lodos residuales.
Metales	As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn	Estimar la posibilidad de reutilizar el agua residual y los posibles efectos tóxicos en el tratamiento.
Compuestos y elementos inorgánicos específicos		Evaluar la presencia o ausencia de un constituyente específico.
Gases	O_2 , CO , NH_3 , H_2S , CH_4	Presencia o ausencia de un gas específico

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous (2010) “Tratamiento de aguas residuales”.

2.4.COMPUUESTOS ORGÁNICOS AGREGADOS DEL AGUA RESIDUAL

La materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas (40 a 60%), carbohidratos (25 a 50 %) y grasas y aceites (8 a 12 %). La urea, el mayor constituyente de la orina, es otro componente orgánico importante que hace parte de las aguas residuales frescas. Durante todo el proceso de recolección de aguas residuales, estas adquieren muchísimos componentes extras.⁶

En la actualidad, los métodos de laboratorio comúnmente usados para medir cantidades de materia orgánica (en general mayores a 1 mg/L) en aguas residuales incluyen:

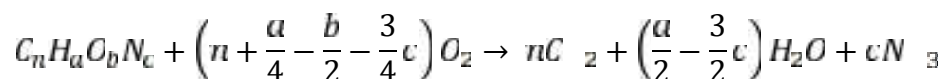
- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Carbono Orgánico Total (COT).

2.4.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Cuyo resultado, se utiliza como una medida de la contaminación orgánica, como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos.¹⁰

La prueba de la DBO, es esencialmente un procedimiento de bioensayo y que se puede considerar como un procedimiento de oxidación húmeda en el que los organismos vivos son el medio para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua. Además existiendo una relación cuantitativa entre la cantidad de oxígeno necesaria para convertir una cantidad definida de un compuesto orgánico

dado a dióxido de carbono, agua y amoníaco, que se puede representar en la siguiente ecuación general:²³



De esta manera, es posible interpretar los datos de DBO en términos de materia orgánica, lo mismo que la cantidad de oxígeno utilizada durante la oxidación. Este concepto es fundamental para entender la velocidad a la cual se ejerce la DBO.²³

En el Perú, los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, establecen que los valores para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) no deben de exceder los 500 mg/L.

2.4.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La prueba de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es ampliamente usada como una forma de medir la concentración de la materia orgánica en los residuos domésticos e industriales. Esta prueba permite medir en un residuo, la cantidad total de oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua. Conjuntamente con la prueba de la DBO, la DQO es útil para indicar las condiciones tóxicas y la presencia de sustancias orgánicas biológicamente resistentes.²³

En el Perú, los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, establecen que los valores para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no deben de exceder los 1000 mg/L.

2.4.3. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)

El método de Carbono Orgánico Total (COT), se basa en la cantidad de carbono orgánico presente en los residuos. El cual se determina midiendo la cantidad de CO₂ que se produce cuando el carbono orgánico de la muestra se oxida por medio de un oxidante fuerte y comparándolo con la cantidad que genera un estándar de COT conocido.¹⁰

2.5. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los parámetros microbiológicos están determinados por los microorganismos existentes en las aguas residuales, conformados por las bacterias, los virus y los parásitos. Dentro de todas las bacterias presentes en las aguas residuales, la *Escherichia coli* es considerada actualmente como el mejor indicador de contaminación fecal, aunque también es generalizada la determinación de estreptococos (*Streptococcus*) por ser una de las bacterias más comunes en aguas residuales. Los virus en cambio, no se encuentran normalmente en las heces del hombre, por lo cual las cantidades de virus encontradas en ambientes acuáticos son demasiado variables como para ser consideradas buenos indicadores de contaminación acuática. En cuanto a los parásitos microscópicos patógenos para el hombre, estos se pueden agrupar en los protozoos y los helmintos, cuya determinación e identificación radica en el impacto sobre el hombre.⁸

2.6. CONTAMINANTES EN TRAZAS

Los contaminantes en traza de importancia en el campo de la salud se definen como aquellos cuyos estándares para el agua potable son generalmente de 1 mg/L, o menos.²³

Algunos de los metales pesados están entre los más dañinos de los contaminantes elementales y son de particular interés debido a su toxicidad para los humanos. Estos

elementos son en general, los metales de transición, así como algunos elementos representativos, como el plomo y el estaño. Los metales pesados incluyen a elementos esenciales como el hierro y también a metales tóxicos como el cadmio y el mercurio.

La mayoría de ellos tiene una afinidad química por el azufre.¹⁴

Dentro de los elementos traza, en la Tabla 7 podemos identificar los más importantes en las aguas naturales.

Tabla 7. Elementos traza importantes en las aguas naturales

Elemento	Fuentes	Efectos e importancia
Arsénico	Subproductos mineros, residuales químicos	Tóxico, posiblemente carcinogénico
Berilio	Carbón, residuos industriales	Tóxico
Boro	Carbón, detergentes, residuos líquidos	Tóxico
Cobre	Recubrimientos metálicos, minería, residuos industriales	Elemento traza esencial, tóxico para las plantas y algas a niveles altos
Cromo	Recubrimientos metálicos	Esencial como Cr(III), tóxico como Cr(VI)
Flúor(F ⁻)	Fuentes geológicas naturales	Previene la caída de los dientes a aproximadamente 1 mg/L. Tóxico a niveles superiores
Hierro	Residuos industriales, corrosión, agua ácida de minas, acción microbiana	Nutriente esencial, daña las piezas sanitarias formando manchas.
Manganeso	Residuos industriales, drenajes o aguas ácidas de las minas, acción microbiana	Tóxico a las plantas, daña las piezas sanitarias formando manchas.

Mercurio	Residuos industriales, salmueras naturales	Tóxico, se moviliza como compuestos metilados de mercurio por bacterias anaerobias
Molibdeno	Residuos industriales, fuentes naturales	Esencial para las plantas, tóxico para los animales
Plomo	Residuos industriales, minería, combustibles	Tóxico, dañino a la fauna
Yodo (I)	Residuos industriales, salmueras naturales, intrusiones salinas	Previene el bocio
Selenio	Fuentes naturales, carbón	Esencial a bajos niveles, tóxico a niveles superiores.
Zinc	Residuos industriales, recubrimientos de metales	Elemento esencial, tóxico para las plantas a altos niveles

Fuente: Manahan. Introducción a la Química Ambiental (2006).

La toxicidad para una concentración dada de metal pesado presente en ríos, canales, etc. Depende del pH y de las cantidades disueltas, así como del carbono suspendido, ya que las interacciones del tipo complejación y adsorción, pueden eliminar parte de los iones metálicos de la actividad biológica potencial.³

2.6.1. CADMIO

El cadmio es un elemento relativamente raro en la litósfera, su concentración en aire de áreas industriales varía de 9.1 a 26.7 μm^3 frente a 0.1 a 6 ng/m^3 en aire de áreas rurales.²¹

Químicamente, el Cadmio es muy similar al zinc y estos dos metales experimentan frecuentemente procesos geoquímicos juntos. Ambos metales se encuentran en el agua en el estado de oxidación +2.¹⁴

2.6.2. PLOMO

El plomo inorgánico que proviene de varias fuentes industriales y mineras existe en el agua en el estado de oxidación +2. La gasolina con plomo fue una importante fuente atmosférica y terrestre de este metal, de la cual gran parte ha entrado eventualmente en los sistemas de agua naturales. Además de las fuentes de contaminantes, la caliza portadora de plomo y la galena (PbS) aportan este metal a las aguas naturales en algunos lugares.¹⁴

En relación a la toxicidad del plomo metálico, ésta difiere sustancialmente según si el metal está como catión divalente Pb^{2+} o en forma de moléculas covalentes. Generalmente, el plomo no presenta ningún problema ambiental hasta que no se disuelve para dar la forma iónica. Este comportamiento contrasta con el mercurio, para el cual el vapor es una amenaza ambiental.³

En la intoxicación crónica por plomo, se presentan principalmente síntomas gastrointestinales, neuromusculares, hematológicos, renales y del sistema nervioso central, por lo que existe suficiente evidencia científica para aceptar que el plomo en la sangre en concentraciones superiores a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ es potencialmente neurotóxico.²⁵

2.6.3. MERCURIO

El mercurio se encuentra como componente traza de muchos minerales, como el cinabrio, sulfuro mercuríco rojo, mientras que en los combustibles fósiles como el carbón y el lignito, contienen mercurio a menudo a niveles de 100 partes por billón o

aun superiores. Éste, entra en el medio ambiente desde un gran número de fuentes diversas relacionadas con el uso del elemento por el hombre, que incluyen productos químicos de laboratorio desechados, baterías, termómetros rotos, amalgamas dentales. Cada uno de estas fuentes, tomada individualmente, puede no contribuir mucho al balance total de metal tóxico, pero el efecto global puede ser sustancial. Los efluentes del alcantarillado contienen en ocasiones hasta 10 veces el nivel de mercurio que se encuentra en las aguas naturales típicas.¹⁴

Entre los efectos tóxicológicos del mercurio están el daño neurológico, incluyendo irritabilidad, parálisis, ceguera o locura; ruptura de cromosomas y defectos de nacimiento. Debido a que hay pocas fuentes naturales de mercurio importantes y a que la mayoría de los compuestos inorgánicos de este elemento son relativamente insolubles, durante algún tiempo se supuso que el mercurio no era un serio contaminante del agua, sin embargo la mayor parte de la investigación reciente relacionada con la toxicidad del mercurio ha involucrado los compuestos metilados del mercurio. Debido a sus intensos efectos, el estándar actual para el agua potable se ha establecido a niveles muy bajos de 0.002 mg/L, o 2 µg/L.²³

2.6.4. CROMO

En el medio acuático, el cromo existe principalmente como forma de cromato [Cr(IV)], mientras las formas trivalentes [Cr(III)] se hidrolizan por completo en las aguas naturales, y el cromo se precipita como hidróxido, quedando pequeñas cantidades en solución. Las sales de cromato se usan en pinturas y en la producción de “solución limpiadora” en los laboratorios; la mayor parte de éstas llega finalmente al sistema de alcantarillado. La intoxicación por cromato causa enfermedades de la piel y lesión hepática. Es conveniente creer que existen razones para pensar que los

cromatos son carcinógenos, por este motivo el nivel permisible en las aguas potables ha sido restringido a 0.1 mg/L.²³

La toxicidad de este metal depende del estado de oxidación y de la biodisponibilidad del mismo. Los compuestos de Cr (IV) son tóxicos, siendo la dosis letal de unos pocos gramos. En niveles no letales, el Cr (IV) se considera carcinógeno debido a su mayor potencial de oxidación y la fácil permeabilidad a través de las membranas biológicas.¹¹

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda desde 1958 una concentración máxima de 50ug/L de cromo (Cr) en el agua de consumo.

2.6.5. COBRE

El cobre es un metal ampliamente empleado en los sistemas de distribución de aguas debido a su relativa inercia química. Aguas con alta tasa de oxigenación, aguas relativamente ácidas o frías, pueden contribuir a la corrosión de las tuberías de cobre, incrementando las concentraciones del metal en el agua de consumo. De este modo, cuando el contenido en Cu supera los 3 a 5 mg/L, el agua presenta un sabor amargo o astringente e incluso puede provocar irritaciones gástricas; si el contenido supera 1 mg/L el agua experimenta incrementos de color y turbidez indeseables.¹³

La toxicidad del cobre varía según su especie presente y la química del agua. La toxicidad está atribuida a las especies inorgánicas, principalmente el Cu^{2+} , pero también CuOH^+ y $\text{Cu}(\text{OH})_2$.⁵

2.6.6. HIERRO Y MANGANESO

El hierro presente en agua, proviene de la disolución de rocas y minerales que lo contienen, así como de las aguas residuales procedentes de la producción de acero y

otros materiales. En general, se encuentra en forma trivalente en las aguas superficiales, variando su concentración típicamente entre 0.01 mg/L y 0.30 mg/L, no superándose estos niveles, ya que a valores de pH en torno a la neutralidad ya se produce la precipitación de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ hidratado, que es la sal más común en medios hídricos oxigenados.¹³

Las aguas, cuando son expuestas al aire (de modo que el oxígeno entre) aparecen turbias y estéticamente inaceptables debido a la oxidación del hierro y el manganeso a los estados de Fe (III) y Mn (IV), que forman precipitados coloidales. Además, el hierro y el manganeso pueden formar complejos estables con sustancias húmicas en el agua, que pueden ser aún más resistentes a la oxidación que las especies inorgánicas solas. Tanto el hierro como el manganeso tiñen con manchas desagradables las tuberías y causan dificultades en los sistemas de distribución al permitir crecimiento de bacterias del hierro, siendo por esta razón que los abastecimientos públicos de agua no deben contener más de 0.3 mg/L de hierro o 0.05 mg/L de manganeso, que son los niveles contaminantes máximos secundarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.²³

2.6.7. ZINC

El zinc entra al agua de consumo por el deterioro de tuberías de fierro galvanizado y por la desinfección del latón. Los procesos de tratamiento empleados para la remoción del Zn utilizan la precipitación química, debido a que el Zn es un metal anfótero cuya solubilidad se incrementa a pH bajos y altos.¹²

La Organización Mundial de la Salud (OMS) llegó a la conclusión de que no es necesario establecer un valor guía basado en criterios sanitarios. No obstante el agua para beber que contiene zinc en concentraciones superiores a 3 mg/L puede no ser

aceptada por los consumidores, pues valores superiores a 5 mg/L le dan un sabor astringente, apariencia iridiscente y produce una película grasosa cuando hierve.

2.6.8. BARIO

El Bario es un metal común en aguas, con un nivel medio de aproximadamente 0.1 mg/L. En el agua de consumo humano la concentración de bario no suele superar 1.0 mg/L exhibiendo un contenido medio que oscila entre 0.1 y 0.4 mg/L.¹³

El ion bario, Ba^{2+} , es crucial en el proceso de toxicidad, debido a que sales de bario solubles tales como $BaCl_2$ son venenos mortales cuando se introduce en el tracto gastrointestinal. Para la OMS (1995), el valor guía para el bario en el agua es de 0.7 mg/L.¹⁵

2.7. BASES CONCEPTUALES

Las siguientes definiciones han sido tomadas del **Diccionario de Normatividad Ambiental**, publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México (2007):

- **Agua gris:** Es el agua residual doméstica.
- **Aguas naturales:** Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.
- **Aguas negras:** Se designa así a un líquido de composición variada y compleja, procedente de los diferentes usos domésticos, comerciales, públicos e industriales, mezclados o no con aguas de lluvia.

- **Aguas potables:** Para uso y consumo humano: Aquella que no contiene contaminantes objetables ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.
- **Aguas residuales:** Llamados también aguas negras, son una mezcla completa que contiene agua en un 99.9% con 0.1% de contaminantes inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos.
- **Aguas residuales crudas:** Son las que no han recibido ningún tratamiento.
- **Aguas residuales domésticas:** Constituyen el conjunto de líquidos residuales de usos domésticos y comerciales provenientes de los sistemas de abastecimiento de agua potable.
- **Aguas residuales frescas:** Son las aguas residuales en las que a pesar de la materia orgánica en putrefacción que contienen, conservan una porción de oxígeno libre.
- **Aguas residuales industriales:** Se denominan así al conjunto de líquidos residuales provenientes de los diferentes procesos y usos industriales.
- **Aguas residuales municipales:** Son las aguas procedentes de un servicio de alcantarillado sanitario combinado.
- **Aguas Tóxicas.** Sustancias que contienen en su composición componentes que son altamente venenosos para la salud, como consecuencias de la utilización de reactivos inorgánicos – orgánicos.
- **Analito:** Es el componente (elemento, compuesto o ion) de interés analítico de una muestra. Son especies químicas cuya presencia o concentración se desea conocer.
- **Análisis de blanco analítico:** Es el someter una alícuota de agua reactiva a todo el proceso de análisis por el cual pasa una muestra real. Los laboratorios deben realizar los análisis de blancos para corregir la señal de fondo del sistema de medición. El

análisis de blancos se debe realizar en forma periódica o con cada lote de muestras según lo requiera el método.

- **Blanco:** Agua reactivo o matriz equivalente a la que no se le aplica ninguna parte del procedimiento analítico y sirve para evaluar la señal de fondo.
- **Blanco analítico o de reactivos:** Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.
- **Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.
- **Compuestos Inorgánicos.** Sustancias inertes que promueven a la desmineralización de las rocas o de las reacciones de componentes metálicos con ácidos.
- **Compuestos Orgánicos.** Sustancias que provienen de las reacciones que tiene como elemento principal al carbono, generado a una gran variedad de compuestos con múltiples funciones químicas.
- **Concentración.** Cantidad de productos químicos respecto al volumen de agua utilizado. Generalmente se expresa en g/L.
- **Descarga:** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

- **Disolución estándar:** Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.
- **Exactitud:** Mide la concordancia entre el valor medido y el valor verdadero. El valor verdadero nunca se alcanza, y por lo tanto se usa como valor verdadero el valor generado por un material de referencia (consultar el apéndice normativo A).
- **Formulación.** Forma química como se presenta el producto al mercado. Las principales formulaciones son concentradas, diluidas, saturadas, granuladas, entre otras.
- **Material de referencia:** Material o sustancia en el cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.
- **Medición:** Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.
- **Muestra compuesta:** La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.
- **Muestra simple:** La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

- **Límite de cuantificación del instrumento:** Concentración mínima del analito en una muestra y que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones de operación establecidas en el instrumento.
- **Límite de detección del instrumento:** Concentración mínima del analito en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones de operación establecidas en el instrumento.
- **Límite de cuantificación del método (LCM):** Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.
- **Límite máximo permisible:** Valor o intervalo expresado en unidades de concentración, cantidad de materia o unidades específicas, asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales. Estos valores están consignados en los criterios ecológicos para uso o aprovechamiento del agua.
- **OD:** (Demanda de oxígeno) Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, teórica.
- **Parámetro:** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.
- **Patrón (de medición):** Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.
- **Precisión:** Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre.

- **Sustancia acida:** Compuestos químicos que se caracterizan por tener iones H^+ (hidrogenión), en presencia de agua.
- **Trazabilidad:** Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

CAPÍTULO III

MARCO MÉTODOLÓGICO

La evaluación de la calidad de las aguas residuales se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente las características físicas y químicas más importantes y el grado de contaminación de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO

Porque se emplearán datos estadísticos relacionados al comportamiento de las variables durante el período de estudio, que permitirá analizar los tipos de sustancias químicas que se usan en el laboratorio, los grados de concentración en su preparación, sus propiedades fisicoquímicas de los reactivos químicos y las evidencias que se pueden analizar, tanto en los laboratorios como en las aguas tóxicas que se encuentran en las aguas residuales.

3.1.2. MÉTODO CORRELACIONAL

Porque se analizarán los grados de concentración de las sales oxisales, sales haloideas, metales y no metales, que se encuentran en las soluciones preparadas y que después de ser usadas, son arrojados a los desagües, formándose las aguas tóxicas. Además, se debe conocer los diferentes riesgos potenciales que pueden ocasionar estas aguas al ser manipuladas para otros usos.

3.1.3. MÉTODO CRÍTICO

Partiendo de la base de un registro de los análisis se realizará una evaluación de las aguas tóxicas y residuales como consecuencia de los reactivos químicos utilizados en las prácticas de laboratorio; luego para minimizar el grado de contaminación se propone el tratamiento de las aguas tóxicas y residuales para que sean utilizadas en otros fines.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTREO

La población del presente estudio está constituida por toda el área de la Ciudad Universitaria, especialmente de los laboratorios en donde se realizan las prácticas con los alumnos, docentes y administrativos. Según datos de la Oficina de Información de la Universidad Nacional de Cajamarca, la población estudiantil es de 7200 distribuidos en diferentes Facultades; la plana docente se estima en 644 docentes universitarios y de 496 el personal administrativo.

Los laboratorios de acuerdo a las carreras profesionales se distribuyen de la siguiente manera:

- Facultad de Zootecnia, el cual dicta la carrera profesional de Ingeniería de Zootecnia, que para su formación profesional realizan prácticas de laboratorio en el área de Química, Química Orgánica y Bioquímica.
- Facultad de Medicina Veterinaria, forma profesionales como Médicos Veterinarios y para su carrera profesional realizan prácticas de Química, Bioquímica, Farmacología y Química de los Alimentos.
- En la facultad de Educación, se forman profesional en el área de Química y Biología, el cual realizan prácticas de laboratorio para los cursos de Química, Química Orgánica, Fisicoquímica, Química Analítica y Bioquímica.

- En la facultad de Ingeniería, para la carrera profesional de Ingeniería Civil se dicta el curso de Química, el cual requiere el laboratorio de Química; para la carrera profesional de Geología, utilizan los laboratorios para los cursos de Química, Fisicoquímica y Química Analítica; asimismo para la carrera profesional de Ingeniería de Minas, utilizan los laboratorios para los cursos de Química, Química II y Análisis Químico.
- Para la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, en su carrera profesional de Ingeniero Agrónomo, utilizan los laboratorios de Química, Bioquímica, Química de Suelos; en la carrera profesional de Ingeniería Forestal también se dictan los cursos de Química, Bioquímica, Química Analítica y Química de la Madera. Para la carrera profesional de Industrias Alimentarias, los estudiantes utilizan en su formación profesional los laboratorios de Química, Química Orgánica, Química Analítica, Fisicoquímica, Química de los Alimentos, y Termodinámica.
- En la Facultad de Ciencias de la Salud, en la carrera profesional de Medicina, los estudiantes utilizan los laboratorios de Química, Bioquímica, Farmacología, Laboratorio Químico. Para la carrera profesional de Obstetricia, los estudiantes requieren de los laboratorios de Química, Química Orgánica, Bioquímica y Laboratorio Clínico. Para la carrera profesional de Enfermería, los estudiantes utilizan los laboratorios de Química, Química Orgánica y Bioquímica, para su formación profesional.

Asimismo, se debe indicar que para las prácticas de laboratorio, se utilizan una gran cantidad de reactivos químicos de tipo inorgánico, orgánico, bases, sales de diferentes tipos de concentración, que son componentes indispensables para realizar las prácticas de laboratorio, siendo muchos de ellos altamente tóxicos, medianamente tóxicos o débilmente tóxicos.

También debemos tener en cuenta la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO); sobre todo en los momentos en donde la Ciudad Universitaria tiene una tranquilidad, que serían los días en donde las labores académicas son de menor incidencia y por lo tanto habrá una mayor concentración de estos dos componentes importantes en el presente trabajo de investigación.

De igual manera, se debe considerar que en la preparación de las muestras, para ser utilizadas en las prácticas de laboratorio, en la manipulación de estas sustancias interviene los alumnos, personal administrativo y el docente responsable.

3.3. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

La metodología comprende una serie de pasos que se detallan a continuación:

a) Aspecto relacionado con el manejo de las sustancias tóxicas:

Consiste en identificar las principales prácticas de manejo relacionadas fundamentalmente con:

- La solicitud del producto químico.
- Recepción del producto químico.
- Preparación y conservación del producto químico.
- Utilización del producto químico.
- Eliminación de las sustancias tóxicas vertidas en las aguas residuales.

b) Determinación del grado de contaminación de las aguas residuales:

Se analizarán aspectos referidos a:

- Infraestructura de los vertederos de desagüe.
- Determinación de los niveles de concentración de estas sustancias tóxicas en las aguas residuales.

- Se seguirán las normas técnicas para realizar el monitoreo de estas aguas tóxicas.
- Se realizarán los análisis Físico Químicos correspondientes a las sustancias tóxicas en las aguas residuales, utilizando métodos gravimétricos, volumétricos e instrumental.
- Asimismo, se realizarán los análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

c) Sobre la base de los resultados obtenidos se procederá a la sistematización de la información, el cual servirá para formular una propuesta que ayude a mitigar el problema de contaminación.

3.4. FUENTES TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Las fuentes técnicas e instrumentos de la investigación se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Fuentes técnicas e instrumentos de la Investigación

Fuente	Técnica	Instrumentos
Primaria	Registros Analíticos	Datos
Secundaria	Fichajes	Ficha
	Análisis Químico	Métodos de Análisis

3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS

Muestras de aguas residuales de cada una de las Unidades Experimentales.

Muestra: las muestras provienen de los laboratorios, donde se realizan las prácticas y de las aguas residuales, tomadas con recipientes esterilizados en un volumen de 2 litros.

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Análisis de Minerales de la Universidad Nacional de Cajamarca y en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.6. PRESUPUESTO ESTIMADO

El presupuesto estimado para la investigación se encuentra definido en la Tabla 9.

Tabla 9. Presupuesto estimado

	Cantidad	Costo Unit.* s./	Costo Total* s./
Muestra de agua (por buzón)	2	50.00	100.00
Caracterización de las Aguas	2	80.00	160.00
Agua destilada (l)	500	0.50	250.00
Movilidad	5	80.00	400.00
Fotografía	50	0.50	25.00
Literatura	500	0.10	50.00
Análisis de metales de Aguas Residuales	378	40.00	15120.00
Análisis de DBO ₅ – DQO de las Aguas Residuales	84	50.00	4200.00
Botellas esterilizadas	126	0.80	100.80
Reactivos Químicos	20	100.00	2000.00
Materiales de Escritorio	-	500.00	500.00
TOTAL			22905.00

*Financiamiento: Recursos propios

3.7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN PROBABLE

La Ejecución del presente trabajo de investigación se realizará en los meses de labores académicas, en donde se utilizan una serie de reactivos químicos en las prácticas de laboratorio, el cual es importante realizar los análisis físico químicos, aplicando métodos gravimétricos, volumétricos e instrumentales. El cronograma de ejecución probable, se encuentra detallado en la Tabla 10.

Tabla 10. Cronograma de Ejecución

EJECUCIÓN PROBABLE	1 MES				2 MES				3 MES				4 MES				5 MES			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Muestreo de aguas	X																			
Preparación de Reactivos		x																		
Análisis de Aguas Residuales		x																		
Evaluación de los Análisis de aguas toxicas			x	x	X	x	x	X	x	x	x	x								
Evaluación del Análisis de DBO y DQO			x	x	X	x	x	X	x	x	x	x								
Evaluación de los Análisis de aguas residuales			x	x	X	x	x	X	x	x	x	x								
Depuración de Información													x	x						
Interpretación de Datos															x					

Se aseguró también, que éstas sean puntuales o compuestas dependiendo del parámetro medido y ponderadas de acuerdo al caudal del efluente, por ello fueron conservadas adecuadamente con la finalidad de realizar los análisis lo antes posible.

Al igual que para cualquier otro tipo de muestra, en la toma de muestra de las aguas residuales, se tuvo en cuenta que ésta no se deteriora ni se contamine antes de llegar al laboratorio.

Antes de emprender el programa de muestreo de las aguas residuales en la Universidad Nacional de Cajamarca, se procedió a ejecutar un protocolo con la finalidad de garantizar la calidad de la información recopilada.

a) Plan de Muestreo:

- Número de puntos de muestreo: 42 puntos.
- Número de muestras: 84 muestras (2 muestras por buzón)
- Tipo de muestras: Muestras simples.
- Clase de muestras: Sistemáticas y puntuales.
- Intervalo de tiempo entre la toma de muestras: Muestras en tiempo real.

b) Clase de tamaño de la muestra:

- Volumen de la muestra: 2 litros

c) Rotulado y cuidado de la muestra:

Se identificó cada muestra tomada con etiquetas secuenciales, las que se encuentran especificadas en el Anexo 3.

d) Método de muestreo:

El muestreo fue manual, para el cual se requirió el uso de equipos especificados en el apartado “Materiales”:

e) Almacenamiento y preservación de la muestra:

Las muestras fueron preservadas durante su traslado, evitando su exposición al sol.

f) Constituyentes de la muestra:

Los parámetros fisicoquímicos a evaluar fueron los siguientes:

- In Situ: 84 análisis
- En laboratorio: 588 análisis

3.8.2. MATERIALES

Los materiales requeridos para la toma de muestras de las aguas residuales y para las pruebas realizadas “in situ” (Temperatura, pH y caudal) fueron:

- Guantes
- Nueve (9) frascos plásticos (para el análisis de los metales tóxicos)
- Un (1) recipiente para el examen químico orgánico (DBO y DQO)
- 1 Termómetro de mercurio (escala en °C)
- Un medidor de pH

3.8.3. PROCEDIMIENTO DE LA TOMA DE MUESTRAS

Como parte del control de calidad del presente proyecto de investigación, en el muestreo de las aguas residuales de los buzones pertenecientes a la Universidad Nacional de Cajamarca, se tomaron las siguientes pautas:

El personal encargado del muestreo, empleó equipo de protección adecuado para evitar la contaminación de las muestras.

Para elegir la ubicación de los puntos de muestreo, se tomaron las muestras en aquellos cuerpos de agua donde se encontrarán bien mezcladas las aguas residuales y la ubicación de éstas fuera de fácil acceso, como los puntos de mayor turbulencia. Una vez identificados los puntos de muestreo, se procedió al rotulado secuencial de los frascos de muestreo con la finalidad de controlar el número de muestras evaluadas. La cantidad extraída para la mayoría de los análisis físicos y químicos evaluados en las muestras de aguas residuales ha sido de 2 litros, siguiendo así las guías publicadas en “Standard Methods”.

Los 42 puntos de muestreo fueron elegidos siguiendo un análisis previo de los lugares de mayor importancia para su evaluación para luego ser analizados aleatoriamente, para asegurar la calidad de los resultados. Los puntos de muestreo se encuentran detallados en la Tabla 11.

Tabla 11. Ubicación de los puntos de muestreo

Muestra	Ubicación del buzón/Punto de muestreo
M-1	Áreas Verdes. Oeste de la Av. Universitaria
M-2	Av. Universitaria. Cerca estacionamiento Ing. Geológica
M-3	Áreas Verdes, cerca del edificio de Ing. Geológica
M-4	Ingreso Vehicular al Campus Universitario
M-5	Entre Av. Integración y Av. Universitaria
M-6	Av. Integración, cerca entrada al Campus universitario
M-7	Av. Zoilo León Ordóñez, frente Plazuela de Banderas
M-8	Áreas Verdes, frente al edificio de Enfermería
M-9	Áreas verdes, frente de Escuela de Postgrado
M-10	Entre paradero universitario y estacionamiento de buses

M-11	Av. Integración, cerca de Comedor Universitario
M-12	Frente al paradero de buses de la universidad
M-13	Frente a Laboratorio de Biología
M-14	Av. Zoilo León Ordóñez, cerca entrada de la UNC
M-15	Detrás de Librería Universitaria
M-16	Av. Tarcilio Bazán Zegarra. Frente a laboratorio de Biología
M-17	Parte posterior a loza deportiva, cerca Av. Integración
M-18	Av. Integración, cerca de la facultad Industrias Alimentarias
M-19	Av. Atahualpa. Salida Campus Universitario
M-20	Av. Tarcilio Bazán Zegarra
M-21	Av. Atahualpa. Salida Campus Universitario
M-22	Frente facultad de Ing. Forestal
M-23	Entre Decanato de Ingeniería y Topografía
M-24	Frente a SS.HH. Entre edificios 1H-1G
M-25	Plazuela de Educación, frente a 1F
M-26	Parte posterior de la facultad de Contabilidad
M-27	Estacionamiento, cerca del Rectorado
M-28	Entre facultad de Industrias Alimentarias y facultad de Zootecnia
M-29	Plazuela de Educación. Frente a facultad de Ciencias Sociales
M-30	Posterior de facultad de Zootecnia
M-31	Parte central 1H, frente a Coliseo
M-32	Av. Alejandro Vera Villanueva
M-33	Av. Alejandro Vera Villanueva, cerca de la facultad de Educación
M-34	Estacionamiento, cerca de la Facultad de Educación

M-35	Av. Integración, cerca de la facultad de Zootecnia
M-36	Entrada vehicular Coliseo UNC
M-37	Estacionamiento, cerca de la facultad de Ciencias Sociales
M-38	Entre facultad de Zootecnia y Medicina Veterinaria
M-39	Av. Atahualpa. Posterior a la facultad de Medicina
M-40	Quirófano de Veterinaria
M-41	Extensión de Facultad de Veterinaria
M-42	Cerca de lozas deportivas, vertiente a Av. Integración

Una vez determinados los protocolos para el muestreo de aguas residuales, se procedió a la toma de muestras, empezando por la determinación in situ de la temperatura y el pH del agua procedente del buzón. Inmediatamente se anotaron los resultados de la muestra obtenida.

Las muestras de aguas residuales se examinaron, con la finalidad de evitar que la descomposición bacteriana continuara en el frasco de la muestra. Se excluyeron las partículas grandes, aquellas mayores a 6 milímetros y también el material flotante, puesto que ambos se relacionan con el volumen del recipiente.

3.9. MÉTODOS EVALUADOS

3.9.1. SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103-105 °C

3.9.1.1. Principio

Se evapora una muestra correctamente mezclada en una cápsula de evaporación y se seca a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso sobre la cápsula vacía representa los sólidos totales.

A fin de evitar interferencia en el análisis, se eliminaron las partículas gruesas flotables existentes en la muestra de agua residual.

3.9.1.2. Instrumental

- Cápsula de evaporación: Cápsula de Porcelana (100 ml de capacidad)
- Horno de mufla para operar a 550 ± 50 °C.
- Horno de secado, para operaciones a 103-105 °C.
- Balanza analítica, capaz de pesar hasta 0,1 mg.

3.9.1.3. Procedimiento

- a) Se preparó la cápsula de evaporación, calentando la cápsula limpia a 103-105 °C durante una hora, a la cual, inmediatamente, se pesó antes de usar.
- b) Para el análisis de la muestra, se eligió un volumen de ésta que proporcione un residuo entre 2,5 y 200 mg; luego se transfirió un volumen medido de la muestra bien mezclada a la cápsula pesada previamente, la cual se evapora hasta que se llegue a secar en el horno .

La evaporación se llevó a cabo en el horno de secado, para lo cual se redujo la temperatura hasta 2 °C aproximadamente por debajo del punto de ebullición, con la finalidad de evitar salpicaduras. Se secó la muestra evaporada, en un tiempo aproximado de una hora en el horno a 103-105 °C. Después, se dejó enfriar la capsula para equilibrar la temperatura y finalmente se midió el peso. Siguiendo las normativas de “*Standard Methods*”, se repitió el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado, hasta obtener un peso constante o hasta que la pérdida de peso fuera menor del 4 % del peso previo o menor de 0,5 mg.

3.9.1.4. Cálculos

Los cálculos realizados fueron

$$m \text{ d sólido } /L = \frac{(A - B) \times 1000}{v \cdot d \cdot m} \quad (m)$$

Donde:

A = peso de la cápsula de evaporación + residuo seco (mg)

B = peso de la cápsula vacía (mg).

3.9.2. SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN SECADOS A 103-105 °C

3.9.2.1.Principio

La determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) se basa en el incremento de peso que experimenta un filtro de fibra de vidrio (previamente tarado) tras la filtración al vacío, de una muestra que posteriormente es secada a peso constante a 103-105°C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. La diferencia entre los sólidos totales y los disueltos totales, puede emplearse como estimación de los sólidos suspendidos totales.

Interferencias: Con la finalidad de evitar interferencias, se eliminaron las partículas gruesas flotables o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos de las muestras de agua residual. En las muestras ricas en sólidos disueltos, se lavó cuidadosamente el filtro para asegurar la eliminación del material disuelto.

3.9.2.2.Equipos y materiales

- Equipo de filtración
- Filtros para análisis gravimétrico: Filtro de fibra de vidrio 934-AH Whatman
- Estufa
- Desecador con sílica azul como indicador colorimétrico de humedad
- Balanza analítica
- Agitador magnético
- Probetas de diferentes volúmenes.

3.9.2.3.Procedimiento

Una vez tomadas las muestras provenientes de los pozos, se procedieron a refrigerar inmediatamente, con la finalidad de realizar el análisis lo antes posible.

Para la preparación del filtro de fibra de vidrio, se empleó grafito para marcarlo (mediante numeración consecutiva de acuerdo a la muestra de agua residual). Luego, cada filtro se colocó en el equipo de filtración, mientras se aplicó al vacío y se lavó con 3 porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada hasta su retirada; para luego colocarlo en un papel de aluminio y secarlo en la estufa a 103-105°C durante una hora. Posteriormente, se enfrió, se pesó el filtro y se registró el peso de este.

3.9.2.4. Análisis de la muestra

Como las muestras a evaluar corresponden a aguas residuales, se tuvo que esperar a que la muestra se encuentre a temperatura ambiente para luego seleccionar el volumen a filtrar. Se escogió el filtro (previamente tarado) para llevarlo al equipo de filtración e iniciar la succión. Siguiendo los procedimientos de “Standard Methods”, al finalizar el filtrado se tuvo que lavar hasta 3 veces sucesivas con volúmenes de 10 mL de agua destilada, hasta retirar el filtro y llevarlo al papel de aluminio para secarlo en la estufa a 103-105°C durante una hora. Finalmente, se pesó el filtro (peso A) y se registraron los datos de cada muestra.

Los cálculos y la presentación de resultados se presentan en función de la siguiente fórmula:

$$m \text{ d s\acute{o}lido s\acute{i} p \text{ e } t \text{ a } /L = \frac{(A - B) \times 1000}{v \cdot d \cdot m \text{ (m)}}$$

Donde:

A: peso del filtro + residuo seco (en mg)

B: peso del filtro seco antes de la filtración (en mg)

3.9.3. POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

3.9.3.1. Fundamento

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. El pHmetro consta de un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica

proporcional a la concentración de protones de la solución y que se mide en un galvanómetro. La corriente puede transformarse fácilmente en unidades de pH o mV por diferentes procedimientos de calibrado. El pHmetro se calibra potenciométricamente, con un electrodo indicador de vidrio y uno de referencia, utilizando patrones trazables.

Interferencias: El electrodo de vidrio está prácticamente libre de interferencias debidas a la turbidez, color, material coloidal, salinidad (excepto a $\text{pH} > 10$), materiales oxidantes o reductores. El pH se ve afectado por la temperatura por efectos mecánicos y químicos; por tal motivo, en cada muestra analizada, se ha indicado la temperatura en la que se realizó la medición.

3.9.3.2.Métodología Analítica

El parámetro del pH en las aguas residuales, fue determinado a través de 2 medios: in situ, cuyos resultados indican también la temperatura de la toma de datos; y posteriormente en el laboratorio de Físicoquímica de la Universidad Nacional de Cajamarca, una vez que las muestras adquirieron la temperatura ambiental de 22°C aproximadamente.

3.9.3.3.Equipos y materiales

- pHmetro
- Reactivos: Soluciones buffer o tampón de diferentes pH (4.00, 7.00 y 10.00).
- Agua destilada.

3.9.3.4.Procedimiento

Antes de realizar la medición del pH, se verificó que el pHmetro se encuentre debidamente calibrado. En las mediciones in situ, el pH se midió directamente en el cuerpo de agua residual. En las muestras analizadas en el laboratorio, se procedió a realizar la medición una vez que éstas tomaron la temperatura ambiente, a las que se agitaron suavemente con la finalidad de minimizar la entrada de dióxido de carbono y

evitar la alteración del resultado. Luego, se verificó el ajuste del equipo de medición de pH, para introducir el electrodo en la muestra de agua, previamente homogenizada y presionar el botón de medida. La lectura y anotación de los resultados fueron tomadas una vez que se estabilizó el valor.

- Presentación de resultados: El resultado se obtuvo directamente de la pantalla del equipo y se registra con dos cifras decimales.
- Precisión y sesgo: Los análisis de las muestras de agua residual, se realizaron en condiciones normales, por lo cual el límite de precisión es $\pm 0,1$ unidades de pH.

3.9.4. METALES TÓXICOS

Los metales se pueden determinar de forma satisfactoria utilizando métodos de absorción atómica, de plasma de acoplamiento inductivo o colorimétricos, aunque estos últimos son de menor precisión y sensibilidad. Los métodos de absorción atómica, incluyen técnicas electrotérmicas y de llama. En general, los métodos electrotérmicos se aplican en el caso de concentraciones moderadas en sistemas de alcantarillado, como es el caso de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Para el análisis de los metales Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Zinc (Zn) y Bario (Ba) presentes en las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca, se siguieron las normativas especificadas en «Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater». (17 Edition), en el cual se describen los métodos para el análisis de los metales que se evaluaron en el presente trabajo de investigación, concluyendo que la técnica adecuada para su determinación debido a su límite de detección es el Método Espectrométrico de Absorción Atómica Electrotérmica.

Se eligió el método de Absorción Atómica Electrotérmica, debido a que permite la valoración de concentraciones del orden de 1,0 µg/L. Además, otra de las ventajas de esta técnica es que para su evaluación, únicamente se necesita un pequeño volumen de muestra.

3.9.4.1.Principio

La determinación se realiza por calefacción de la muestra de agua residual en tres o más etapas. Primero, una corriente de baja intensidad calienta el tubo para secar la muestra. En la segunda etapa, o carbonización, se destruye la materia orgánica y se volatilizan otros componentes de la matriz a una temperatura intermedia. Por último, una corriente de elevada intensidad calienta el tubo hasta la incandescencia y atomiza el elemento cuya concentración se determina en una atmósfera inerte.

El vapor atómico elemental resultante absorbe la radiación monocromática de la fuente. Un detector fotoeléctrico mide la intensidad de la radiación transmitida, que es inversamente proporcional a la cantidad de átomos elementales en el trayecto óptico en un intervalo limitado.

3.9.4.2.Análisis de las muestras

Para la ejecución del análisis de metales en las aguas residuales, se requiere del empleo de equipo instrumental especializado como el Espectrómetro de Absorción Atómica, motivo por el cual el análisis de los metales se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.9.5. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

3.9.5.1.Fundamento

Principio del método del dicromato potásico: En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en

medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio.

3.9.5.2. Metodología Analítica

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno, se realizó a partir de las muestras duplicadas de los buzones muestreados. Se efectuó, en las instalaciones del Laboratorio de Minerales de la Universidad Nacional de Cajamarca, siguiendo las normativas establecidas en “Standard Methods”:

Una vez encendida la placa calefactora, se consideró pesar 0.44 g de HgSO_4 en un matraz de 100 mL, a la cual se le añadió 20 mL de la muestra obtenida. Luego, se agregó 30 mL de solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con la finalidad de disolver el HgSO_4 , a la que se añadió 2.5 mL de solución de dicromato potásico 0.25 N y se dejó enfriar por el lapso de 2 horas. La muestra oxidada se diluyó hasta 75 mL con agua destilada y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente para luego añadir 5 gotas del indicador ferroína. Se valoró el exceso de dicromato con la Sal de Mohr. Se considera como punto final del análisis, cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo.

3.9.5.3. Cálculos

$$D \text{ (m d óx /L)} = \frac{[(A - B) \times N \times 8000]}{V_t \text{ (m)d m}}$$

A= Volumen (ml) de Sal de Mohr gastado en el blanco.

B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra.

N= Normalidad de la sal de Mohr.

3.9.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

3.9.6.1.Principio

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual, fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura: por 5 días y a 20°C, para descomponer por oxidación las materias orgánicas. Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables. Este contenido se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos participantes en la degradación de la materia orgánica presente a 20 °C en un tiempo predeterminado.

3.9.6.2.Análisis de las muestras

Para la ejecución del análisis de DBO₅ en las aguas residuales, se requiere del empleo de equipo instrumental especializado como las botellas de incubación para la DBO₅ y la Incubadora de aire, motivo por el cual el análisis de los metales se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Trujillo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que los metales tóxicos sujetos a análisis en el campo de las aguas residuales se encuentran en soluciones diluidas, no es práctico expresar los resultados en porcentaje. En ese sentido, en la presente investigación, las cantidades determinadas se miden en términos del volumen por lo que resulta apropiado la expresión en miligramos por litro (mg/L).

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

Las muestras obtenidas en cada uno de los buzones pertenecientes a la Universidad Nacional de Cajamarca presentan diversas características físicas que varían según su ubicación y la población de influencia. Estas a su vez, han sido agrupadas según su metodología de evaluación en características físicas cualitativas y cuantitativas. Las primeras son aquellas en las que el método de evaluación es descriptivo y las segundas son aquellas en las que ha sido necesario el uso de instrumentos para su estimación.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUALITATIVAS

Son aquellos rasgos que han sido descritos visualmente y se encuentran detallados en la Tabla 12.

Tabla 12. Características Físicas Cualitativas de las muestras obtenidas.

Muestra	Ubicación	Caudal	Población	Características Físicas
M-1	Áreas Verdes. Oeste de la Av. Universitaria	1.30 L/s	Baja	Turbia
M-2	Av. Universitaria. Cerca estacionamiento Ing. Geológica	0.36 L/s	Baja	Olor fétido
M-3	Áreas Verdes, cerca del edificio de Ing. Geológica	0.30 L/s	Baja	Olor penetrante
M-4	Ingreso Vehicular al Campus Universitario	0.50 L/s	Baja	Clara
M-5	Entre Av. Integración y Av. Universitaria	0.94 L/s	Baja	Transparente, Olor fétido, pocos residuos
M-6	Av. Integración, cerca entrada al Campus universitario	1.10 L/s	Alta	Color oscura y turbia
M-7	Av. Zoilo León Ordóñez, frente Plazuela de Banderas	0.30 L/s	Baja	Turbia con presencia de residuos sólidos
M-8	Áreas Verdes, frente al edificio de Enfermería	1.25 L/s	Media	Poco transparente
M-9	Áreas verdes, frente de Escuela de Postgrado	0.76 L/s	Baja	Olor fétido
M-10	Entre paradero universitario y estacionamiento de buses	0.48 L/s	Media	Bastante turbia con presencia de residuos sólidos

Muestra	Ubicación	Caudal	Población	Características Físicas
M-11	Av. Integración, cerca de Comedor Universitario	1.45 L/s	Media	Turbia con presencia de residuos sólidos
M-12	Frente al paradero de buses de la universidad	1.10 L/s	Media	Oscura con pocos residuos sólidos
M-13	Frente a Laboratorio de Biología	0.32 L/s	Media	Bastante turbia con residuos sólidos
M-14	Av. Zoilo León Ordóñez, cerca entrada de la UNC	0.54 L/s	Media	Poco Turbia
M-15	Detrás de Librería Universitaria	0.95 L/s	Media	Turbia con presencia de residuos sólidos
M-16	Av. Tarcilio Bazán Zegarra. Frente a laboratorio de Biología	0.35 L/s	Media	Turbia
M-17	Parte posterior a loza deportiva, cerca Av. Integración	1.56 L/s	Alta	Color amarillo oscuro
M-18	Av. Integración, cerca de la facultad Industrias Alimentarias	1.15 L/s	Media	Poco turbia
M-19	Av. Atahualpa. Salida Campus Universitario	1.60 L/s	Alta	Turbia con presencia de residuos sólidos
M-20	Av. Tarcilio Bazán Zegarra	1.65 L/s	Alta	Turbia
M-21	Av. Atahualpa. Salida Campus Universitario	1.80 L/s	Alta	Turbia con presencia de residuos sólidos

Muestra	Ubicación	Caudal	Población	Características Físicas
M-22	Frente facultad de Ing. Forestal	1.25 L/s	Alta	Poco transparente, poca presencia de residuos sólidos
M-23	Entre Decanato de Ingeniería y Topografía	1.85 L/s	Alta	Color amarillo oscuro
M-24	Frente a SS.HH. Entre edificios 1H-1G	1.25 L/s	Alta	Color amarillo oscuro
M-25	Plazuela de educación. Frente a 1F	1.65 L/s	Alta	Turbia
M-26	Parte posterior de la facultad de Contabilidad	1.30 L/s	Alta	Color amarillo oscuro, olor fétido
M-27	Estacionamiento, cerca del Rectorado	0.65 L/s	Baja	Color amarillento, olor fétido
M-28	Entre facultad de Industrias Alimentarias y facultad de Zootecnia	1.40 L/s	Media	Poco transparente con presencia de residuos sólidos
M-29	Plazuela de educación. Frente a facultad de Ciencias Sociales	1.30 L/s	Alta	Incolora con presencia de residuos sólidos
M-30	Parte posterior de facultad de Zootecnia	1.05 L/s	Media	Color amarillento
M-31	Parte central 1H, frente a Coliseo	1.70 L/s	Baja	Color blanquecino
M-32	Av. Alejandro Vera Villanueva	0.54 l/s	Media	Claro

Muestra	Ubicación	Caudal	Población	Características Físicas
M-33	Av. Alejandro Vera Villanueva, cerca de la facultad de Educación	1.74 L/s	Media	Poco Turbia
M-34	Estacionamiento, cerca de la facultad de Educación	1.25 L/s	Alta	Olor fétido
M-35	Av. Integración, cerca de la facultad de Zootecnia	1.40 L/s	Media	Poco Turbia
M-36	Entrada vehicular Coliseo UNC	0.70 L/s	Baja	Oscura
M-37	Estacionamiento, cerca de la Facultad de Ciencias Sociales	1.46 L/s	Alta	Turbia, con presencia de residuos sólidos
M-38	Entre facultad de Zootecnia y Medicina Veterinaria	1.25 L/s	Media	Ligeramente Oscura
M-39	Av. Atahualpa. Posterior a la facultad de Medicina	1.25 L/s	Media	Olor fétido
M-40	Quirófano de Veterinaria	0.70 L/s	Baja	Poco transparente con residuos sólidos
M-41	Extensión de Facultad de Veterinaria	1.90 L/s	Baja	Poco Turbia
M-42	Cerca de lozas deportivas, vertiente a Av. Integración	2.10 L/s	Baja	Color amarillento

4.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CUANTITATIVAS

Son aquellas propiedades que han sido estimadas mediante el uso de instrumentación adecuada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca y que se encuentran detalladas en la Tabla 13.

Tabla 13. Características Físicas Cuantitativas de las muestras obtenidas.

Muestra	Temperatura °C	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos totales (mg/L)
M-1	17	450	360	90
M-2	18	480	270	210
M-3	17	680	450	230
M-4	18	490	310	180
M-5	19	1160	1040	120
M-6	19	1410	1200	210
M-7	19	1520	980	540
M-8	18	890	710	180
M-9	15	845	640	205
M-10	20	1350	870	480
M-11	25	1700	880	820
M-12	17	1130	920	210
M-13	19	1250	760	490
M-14	17.1	1080	780	300
M-15	18	920	740	180
M-16	17	890	780	110
M-17	16.5	1100	760	340
M-18	18	1070	880	190

Muestra	Temperatura °C	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos totales (mg/L)
M-19	25	1190	380	810
M-20	17	920	670	250
M-21	25	1010	790	220
M-22	19	1220	1100	120
M-23	17	1310	1100	210
M-24	16.5	1290	1100	190
M-25	17	890	775	115
M-26	15	880	750	130
M-27	15	910	500	410
M-28	20	820	660	160
M-29	25	990	820	170
M-30	16	790	650	140
M-31	18	770	660	110
M-32	17	800	650	150
M-33	20	820	680	140
M-34	15	610	320	290
M-35	18	520	400	120
M-36	19	890	720	170
M-37	17	860	730	130
M-38	16.5	920	780	140
M-39	13	1040	850	190
M-40	18	840	620	220
M-41	20	870	710	160
M-42	16	760	650	110

4.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Para la evaluación del manejo de sustancias tóxicas inorgánicas – orgánicas, se realizó el análisis instrumental y cuantitativo en el laboratorio de Análisis de Minerales de la Universidad Nacional de Cajamarca y en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Trujillo, cuyos resultados están presentes en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados de los metales tóxicos en las muestras analizadas.

Muestra	pH	Bario mg/L	Cadmio mg/L	Cobre mg/L	Cromo mg/L	Hierro Total mg/L	Manganeso mg/L	Mercurio mg/L	Plomo mg/L	Zinc mg/L
M-1	7.3	0.02	0.015	0.85	0.015	3.3	0.22	0.006	0.04	0.06
M-2	6.7	0.01	0.004	3.1	0.018	6.8	0.3	0.001	0.08	0.06
M-3	7.3	0.024	0.015	0.4	0.01	0.9	0.25	0.002	0.04	0.1
M-4	7	0.03	0.02	0.15	0.02	0.18	0.1	0.007	<0.03	<0.01
M-5	8.3	0.034	0.01	4.4	0.01	3.6	0.8	0.006	0.1	0.09
M-6	7.2	0.03	0.01	0.9	0.024	4.3	1.1	0.004	0.04	0.18
M-7	7.3	0.01	0.02	4.3	0.013	5.6	1.1	0.003	<0.03	0.8
M-8	7.2	0.015	0.02	2.2	0.024	7.7	1.1	0.001	0.03	1.3
M-9	6.9	0.01	0.005	0.35	0.028	7.4	1.3	0.006	<0.03	1.1
M-10	6.8	0.01	0.02	2.7	0.012	6.7	1.2	0.001	0.07	0.6
M-11	7.2	0.03	0.004	0.15	0.016	6.2	1.3	0.005	0.04	1.7
M-12	8	0.024	0.006	0.9	0.025	5.4	0.2	0.003	0.07	0.07
M-13	8.4	0.025	0.024	3.4	0.021	8.9	1.5	0.001	0.08	2.4
M-14	7.1	0.025	0.025	1.3	0.023	6.7	0.3	0.006	0.04	0.02

Muestra	pH	Bario mg/L	Cadmio mg/L	Cobre mg/L	Cromo mg/L	Hierro Total mg/L	Manganeso mg/L	Mercurio mg/L	Plomo mg/L	Zinc mg/L
M-15	7.8	0.01	0.01	0.4	0.021	3.2	0.16	0.001	0.07	0.06
M-16	6.5	0.01	0.012	2.1	0.025	0.7	0.2	0.003	0.4	0.03
M-17	8	0.032	0.021	1.4	0.013	0.9	0.25	0.005	0.07	4.9
M-18	7.3	0.024	0.021	1.3	0.016	4.35	10	0.005	0.06	0.26
M-19	6.9	0.03	0.01	2.4	0.01	2.4	0.6	0.005	<0.03	0.06
M-20	6.7	0.01	0.02	3.3	0.021	4.1	0.9	0.004	<0.03	1.4
M-21	6.9	0.02	0.01	2.8	0.012	1.6	0.41	0.001	<0.03	0.09
M-22	7.3	0.02	0.01	0.2	0.025	2.2	0.55	0.001	<0.03	1.7
M-23	6.5	0.01	0.01	3.7	0.021	4.7	0.9	0.004	<0.03	3.3
M-24	8.4	0.02	0.02	0.3	0.015	0.9	0.25	0.003	0.03	2.2
M-25	6.9	0.01	0.01	0.3	0.028	3.6	0.8	0.007	0.03	0.03
M-26	7.3	0.035	0.015	0.6	0.01	1.2	0.3	0.004	0.04	0.4
M-27	6.7	0.015	0.01	0.35	0.014	2.4	0.53	0.006	0.03	0.02
M-28	7.4	0.01	0.014	1.3	0.021	1.7	0.5	0.002	0.07	0.09
M-29	7.6	0.01	0.01	0.4	0.014	4	0.8	0.008	0.05	1.4
M-30	8.2	0.032	0.01	1.6	0.021	4.3	1	0.007	0.1	3.1
M-31	7.3	0.02	0.012	0.15	0.012	1.3	0.43	0.004	<0.03	0.9
M-32	6.9	0.03	0.014	0.9	0.012	0.8	0.22	0.004	<0.03	0.06
M-33	7.2	0.03	0.02	1.3	0.012	0.95	0.3	0.004	0.04	0.09
M-34	7.2	0.02	0.01	0.25	0.024	4.4	0.95	0.001	<0.03	0.8
M-35	8.1	0.02	0.02	0.3	0.011	4.8	0.7	0.004	0.06	0.9
M-36	7	0.01	0.02	0.4	0.021	6.7	0.1	0.004	0.04	0.03
M-37	8.1	0.03	0.01	1.35	0.018	5	0.9	0.006	0.04	0.08
M-38	8	0.03	0.01	1.3	0.015	5	0.9	0.004	0.07	0.06
M-39	6.7	0.02	0.023	0.7	0.016	6.4	1.2	0.001	0.06	0.06

Muestra	pH	Bario mg/L	Cadmio mg/L	Cobre mg/L	Cromo mg/L	Hierro Total mg/L	Manganeso mg/L	Mercurio mg/L	Plomo mg/L	Zinc mg/L
M-40	8.1	0.03	0.01	0.38	0.022	7.4	1.1	0.002	0.08	1.3
M-41	8	0.03	0.01	0.3	0.012	3.9	0.6	0.001	0.06	0.8
M-42	8	0.03	0.02	0.43	0.013	4.8	1.05	0.003	0.04	4.3

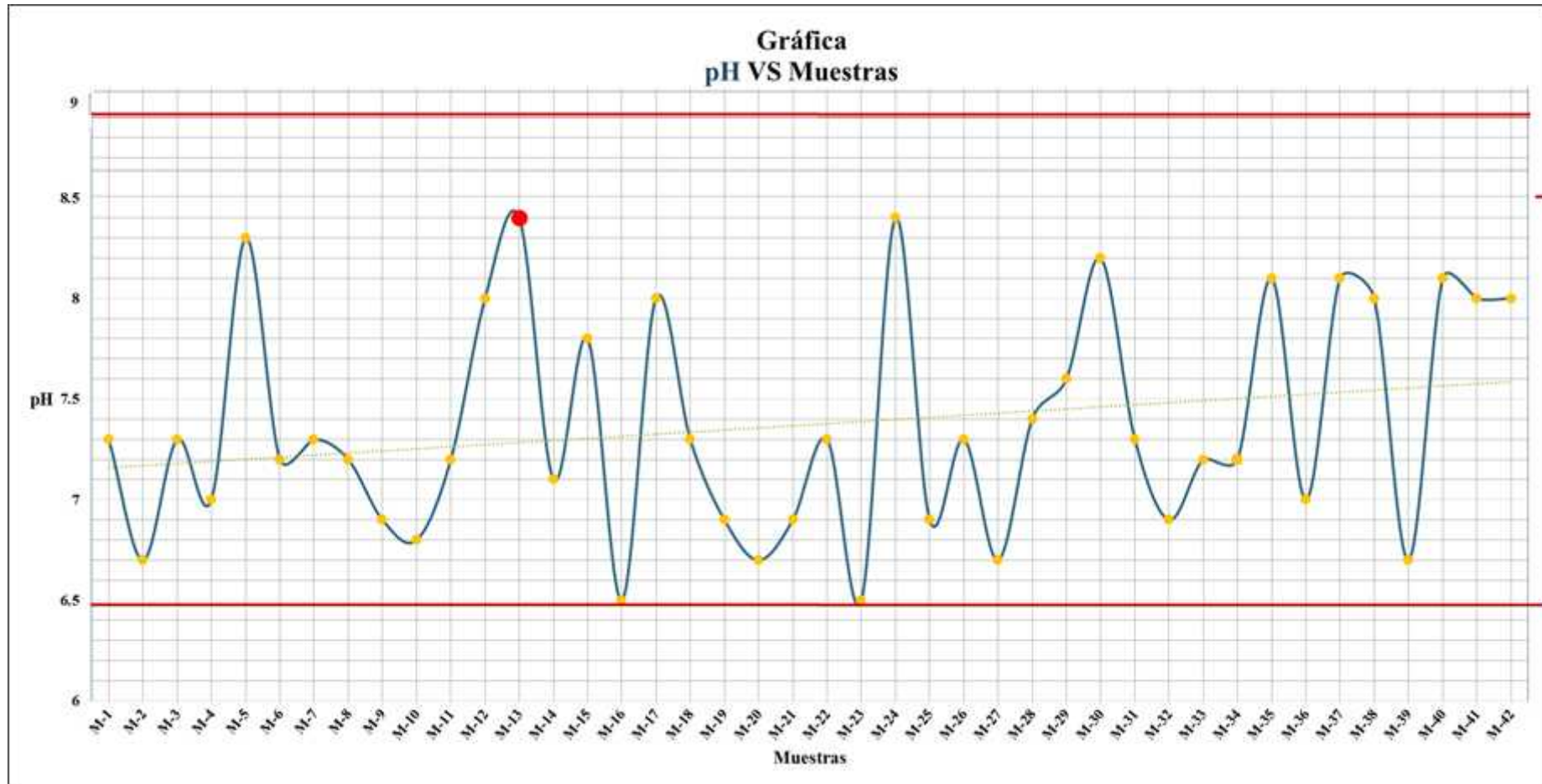
Tabla 15. Resultado de los componentes químicos orgánicos de las muestras analizadas.

Muestra	Demanda Química de Oxígeno mg O ₂ /L	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg O ₂ /L
M-1	270	180
M-2	186	124
M-3	174	116
M-4	93.4	62.27
M-5	430	286.67
M-6	139.5	93
M-7	138.2	92.13
M-8	403.3	268.87
M-9	230	153.33
M-10	420	280
M-11	364.2	242.8
M-12	428.7	285.8
M-13	421.3	280.87
M-14	180	120
M-15	210	140
M-16	584.6	389.73
M-17	461	307.33
M-18	224.8	149.87

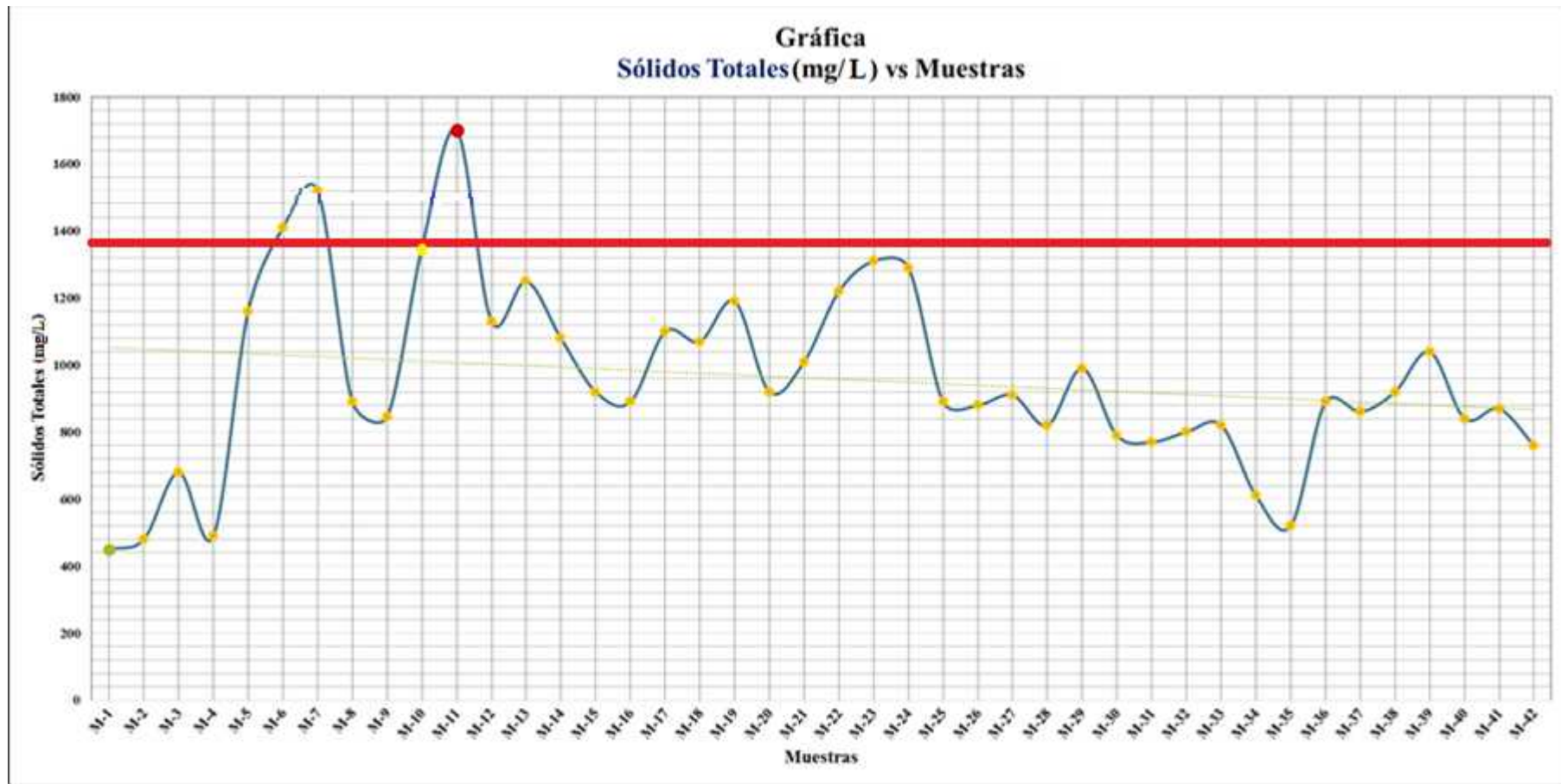
Muestra	Demanda Química de Oxígeno mg O ₂ /L	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg O ₂ /L
M-19	360.1	240.07
M-20	370	246.67
M-21	397	264.67
M-22	92	61.33
M-23	174	116
M-24	183	122
M-25	102.7	68.47
M-26	130	86.67
M-27	336	224
M-28	240	160
M-29	410	273.33
M-30	324.1	216.07
M-31	46	30.67
M-32	140.5	93.67
M-33	138.6	92.4
M-34	228.6	152.4
M-35	504.1	336.07
M-36	148	98.67
M-37	167.4	111.6
M-38	534.3	356.2
M-39	201.2	134.13
M-40	420	280
M-41	498.5	332.33
M-42	134	89.33

4.3. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES

Gráfica 1. pH vs Muestras



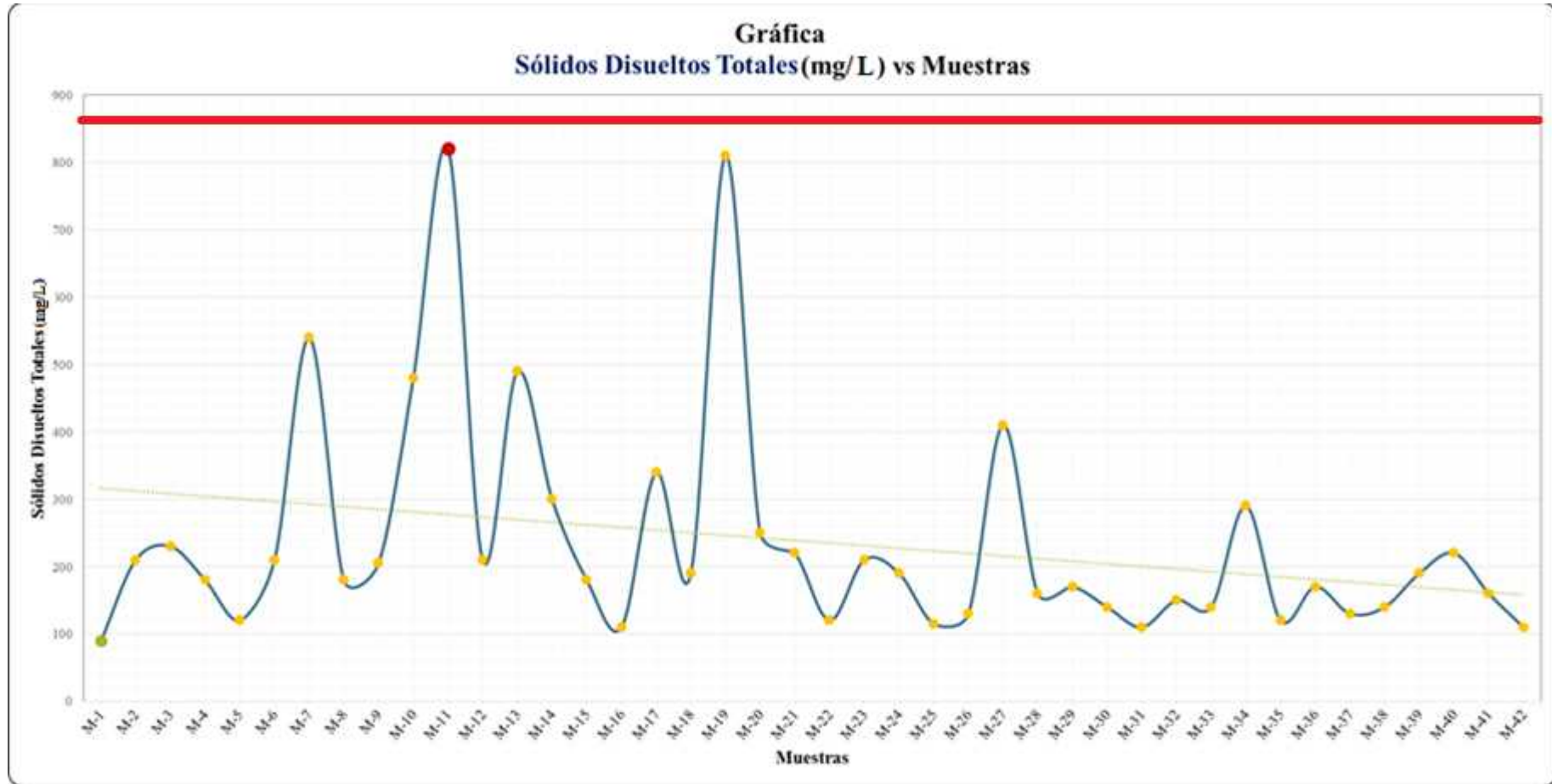
Gráfica 2. Sólidos Totales vs Muestras



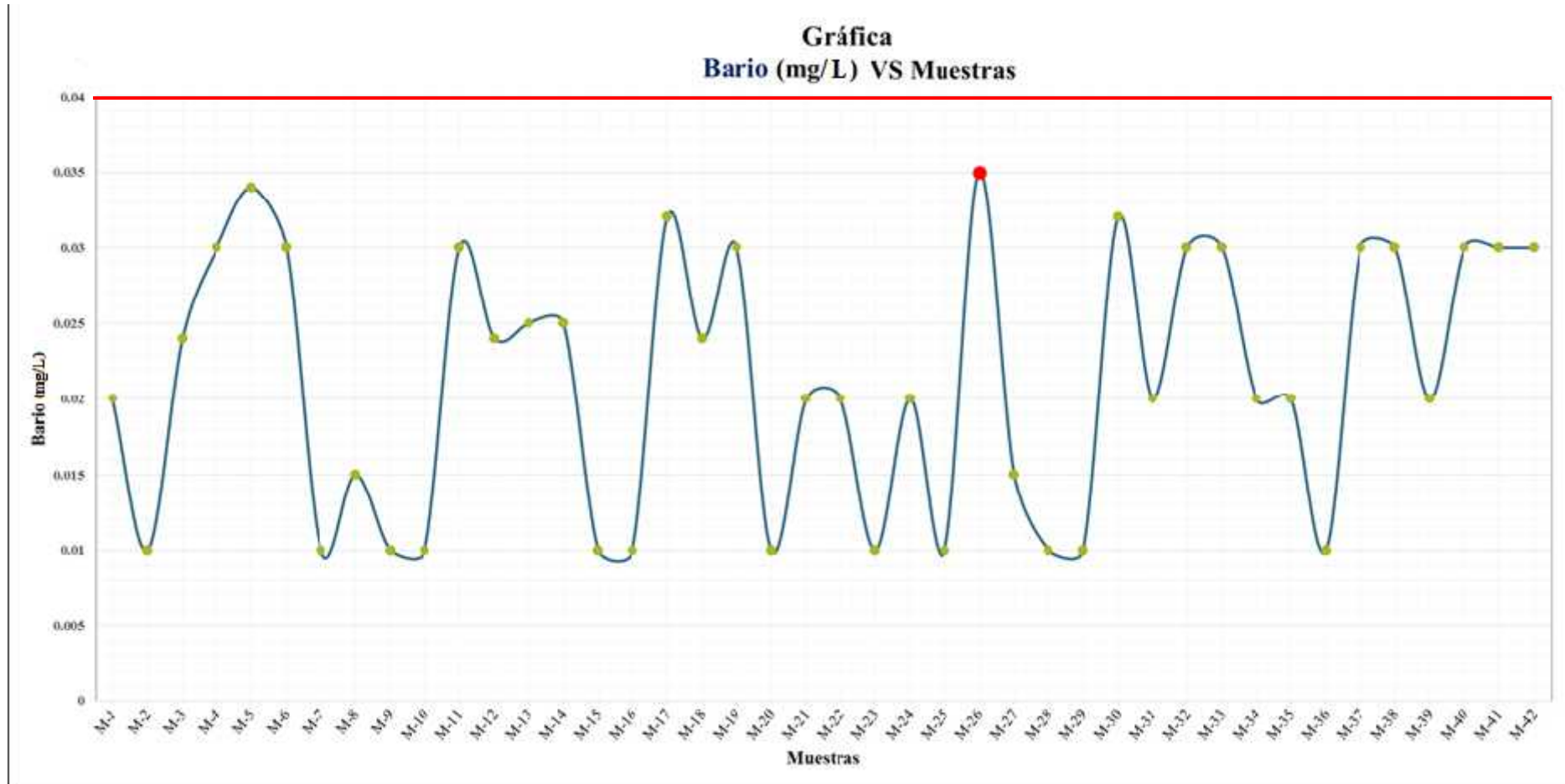
Gráfica 3. Sólidos Suspendidos Totales vs Muestras



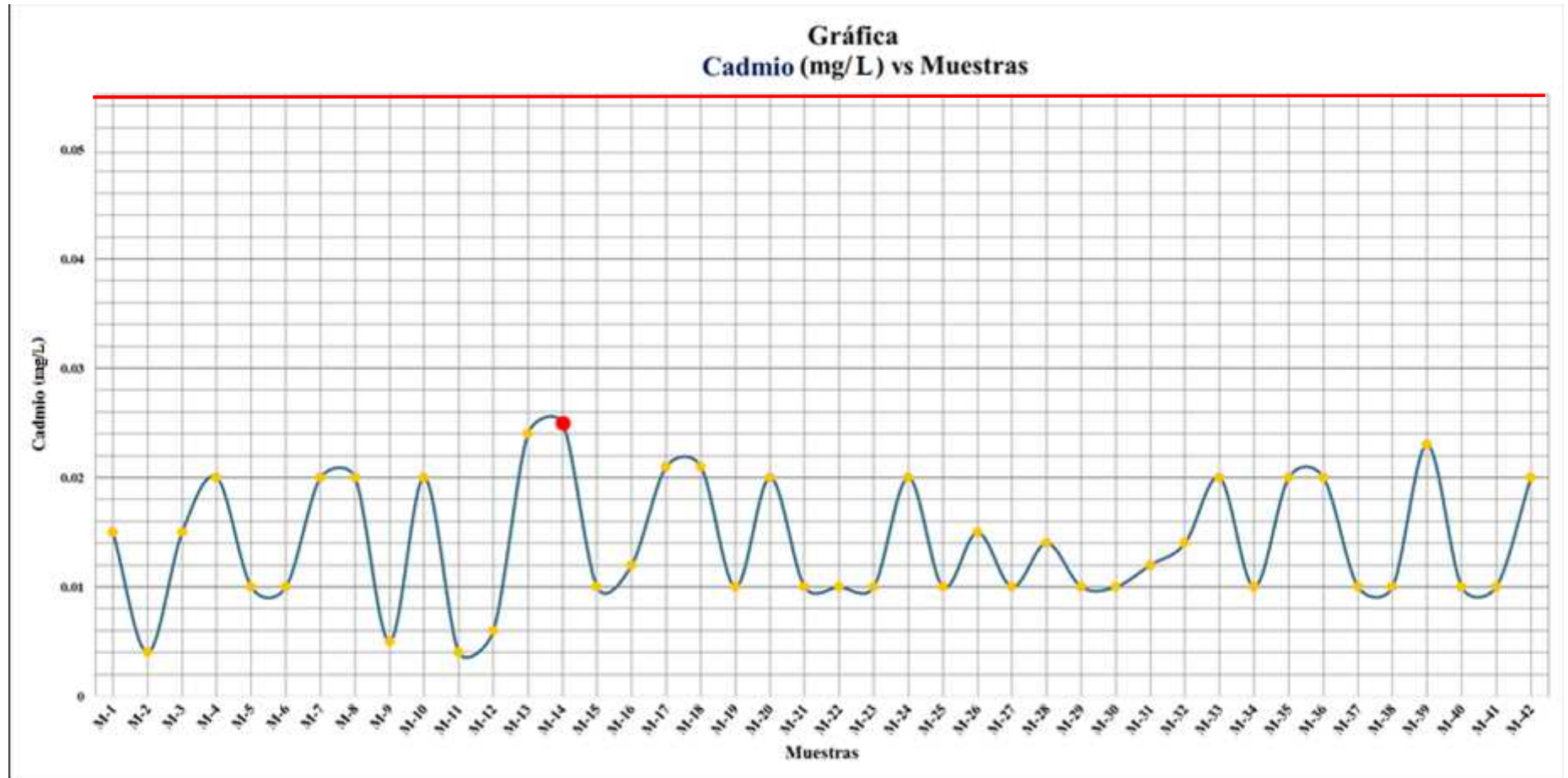
Gráfica 4. Sólidos Disueltos Totales vs Muestras



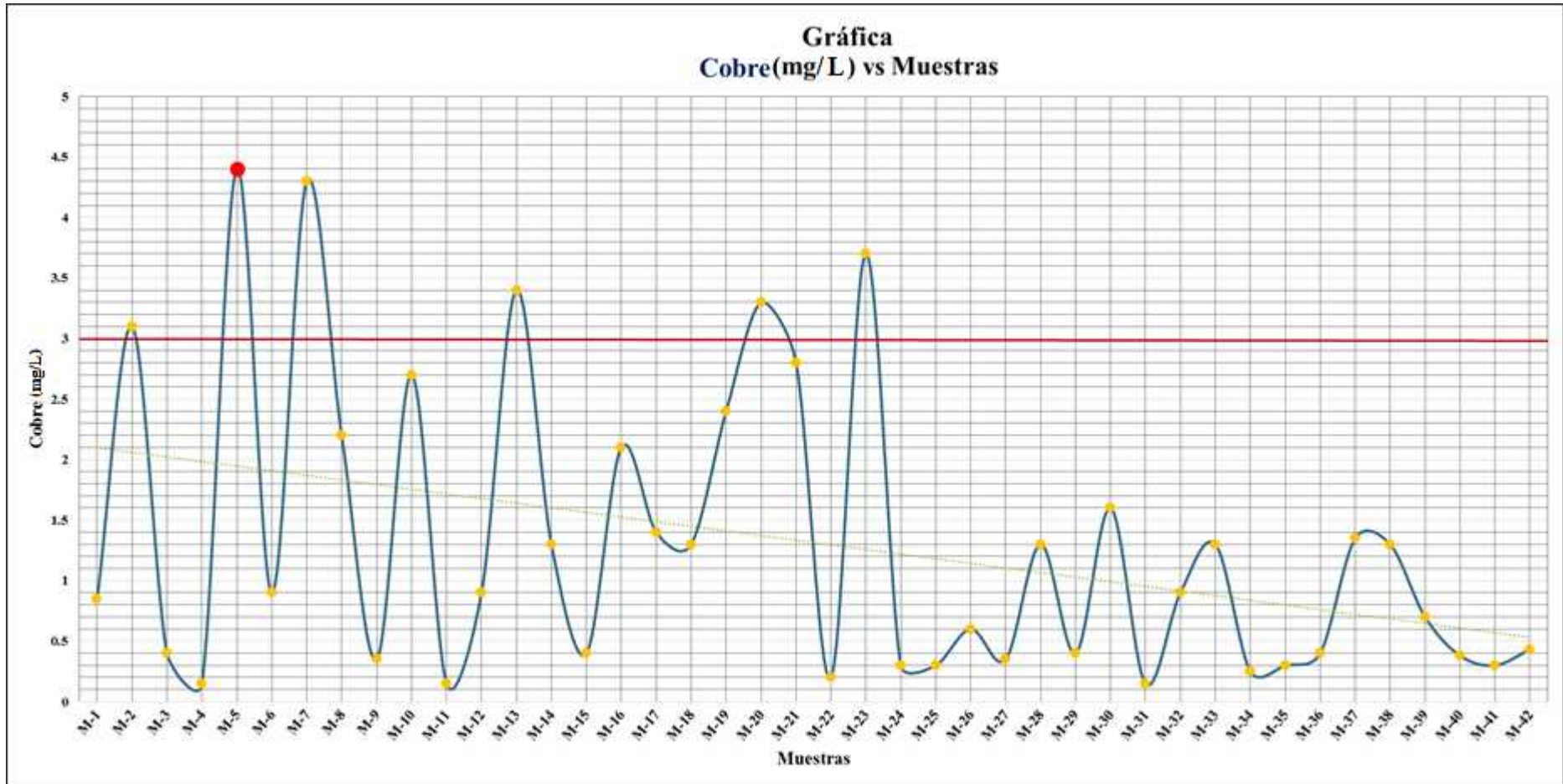
Gráfica 5. Bario vs Muestras



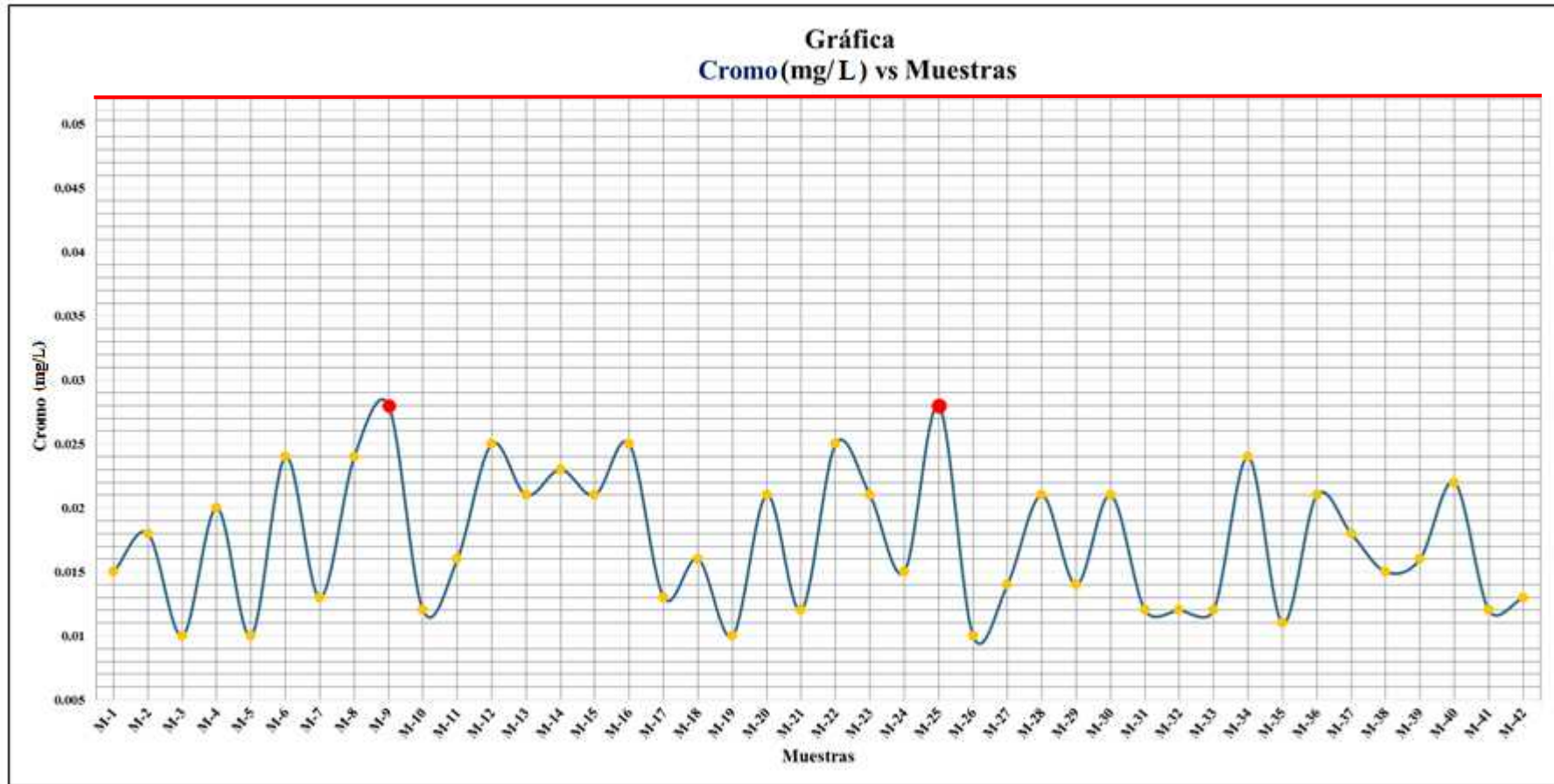
Gráfica 6. Cadmio vs Muestras



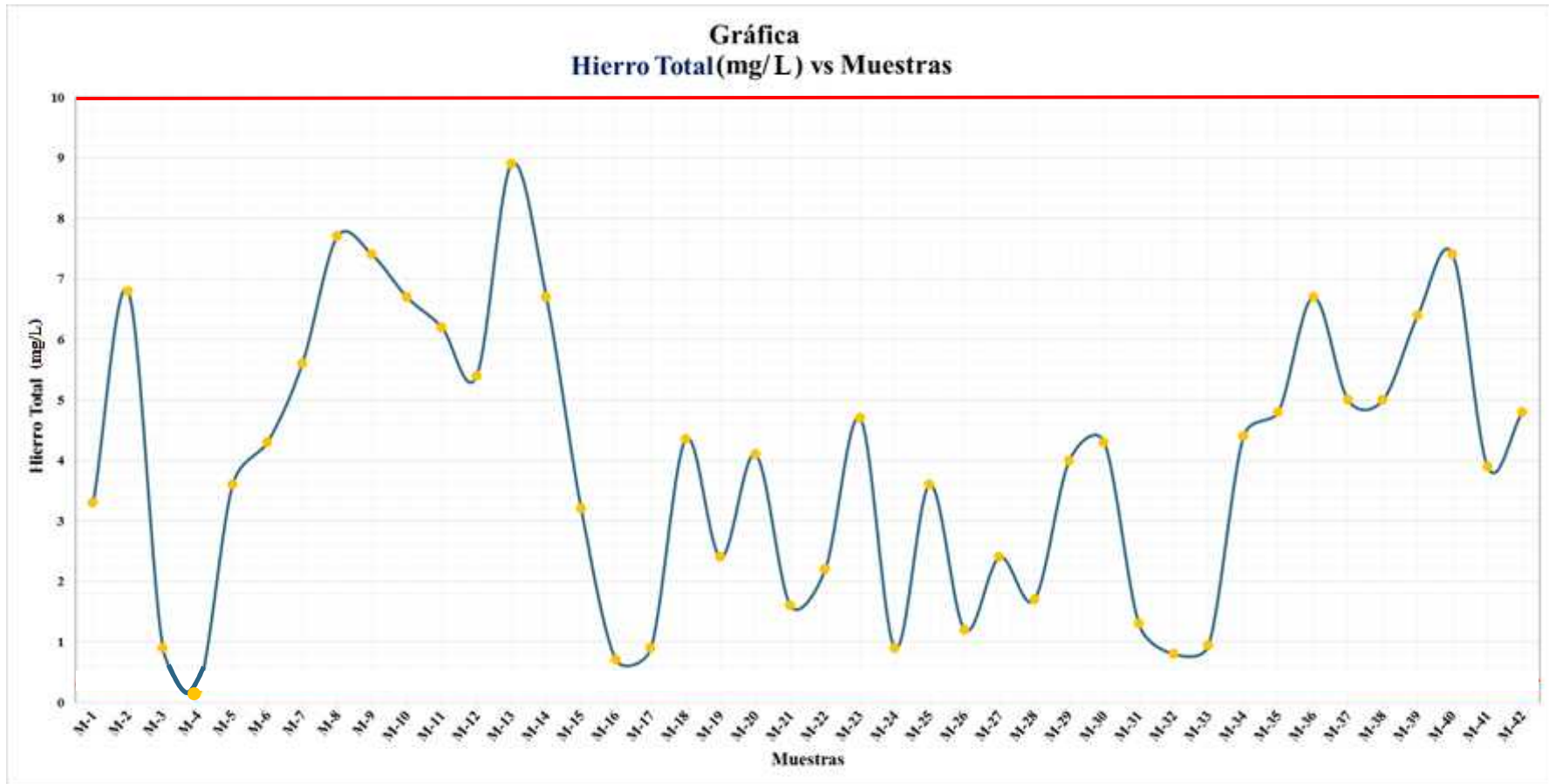
Gráfica 7. Cobre vs Muestras



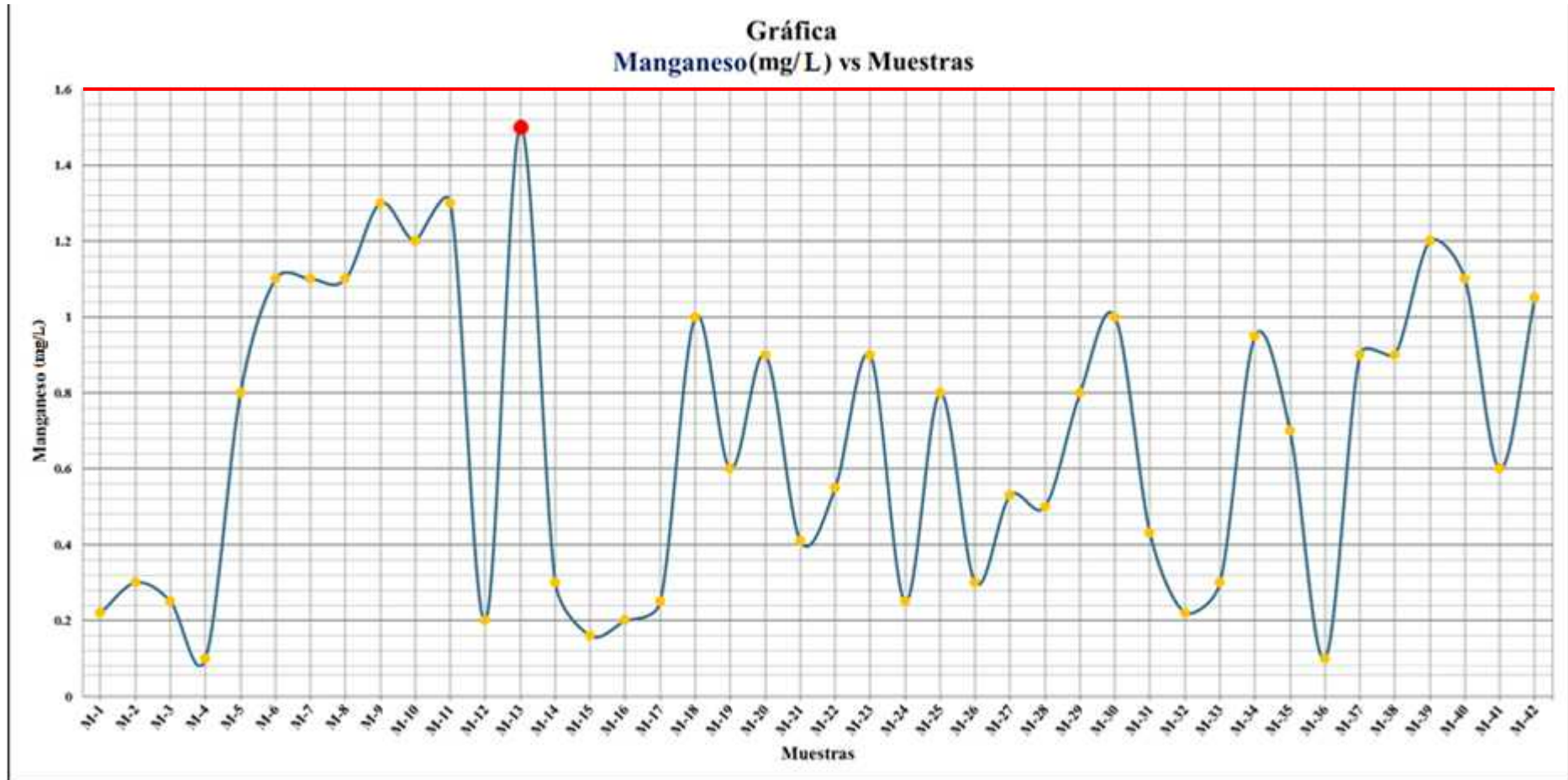
Gráfica 8. Cromo vs Muestras



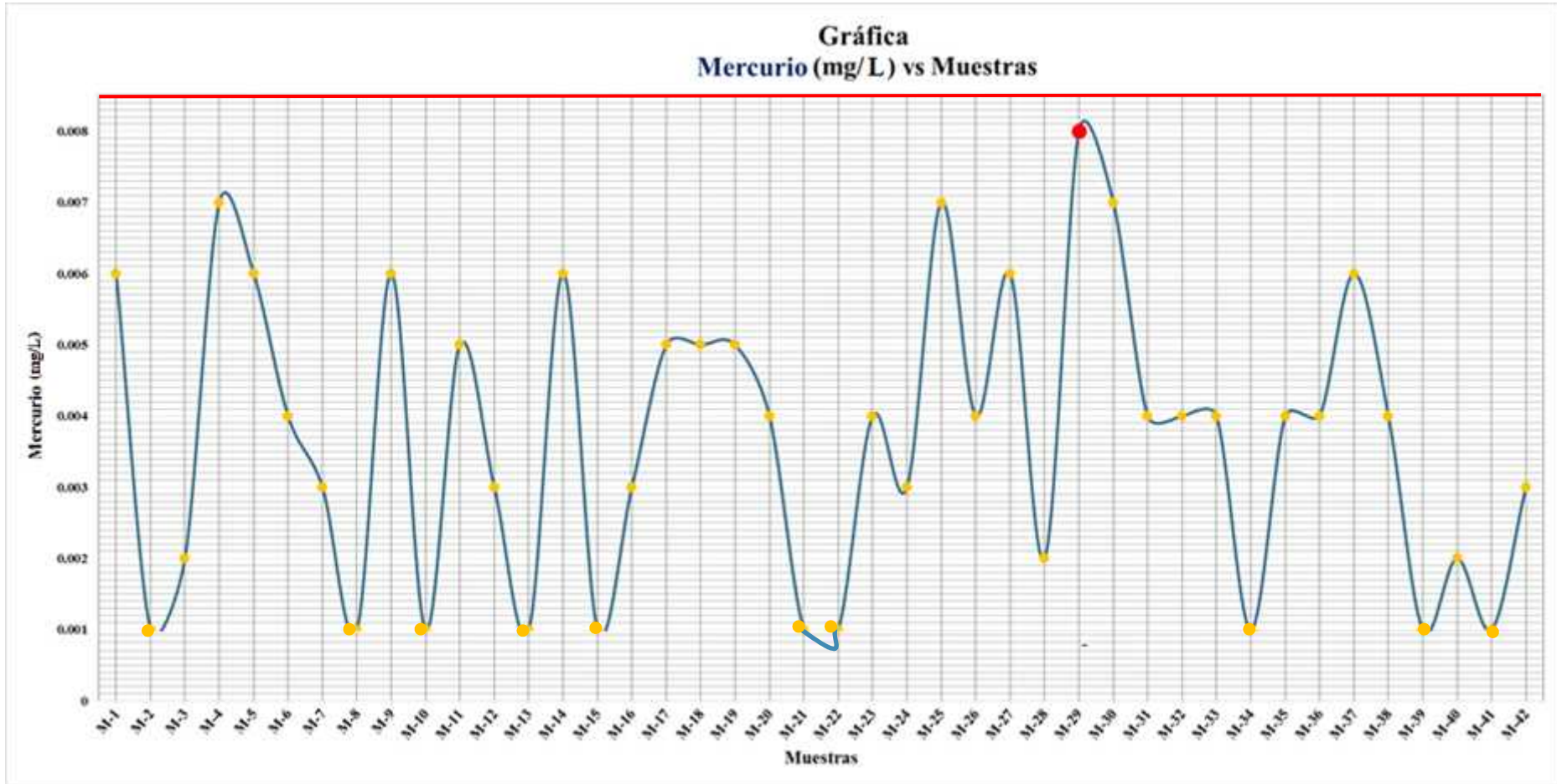
Gráfica 9. Hierro Total vs Muestras



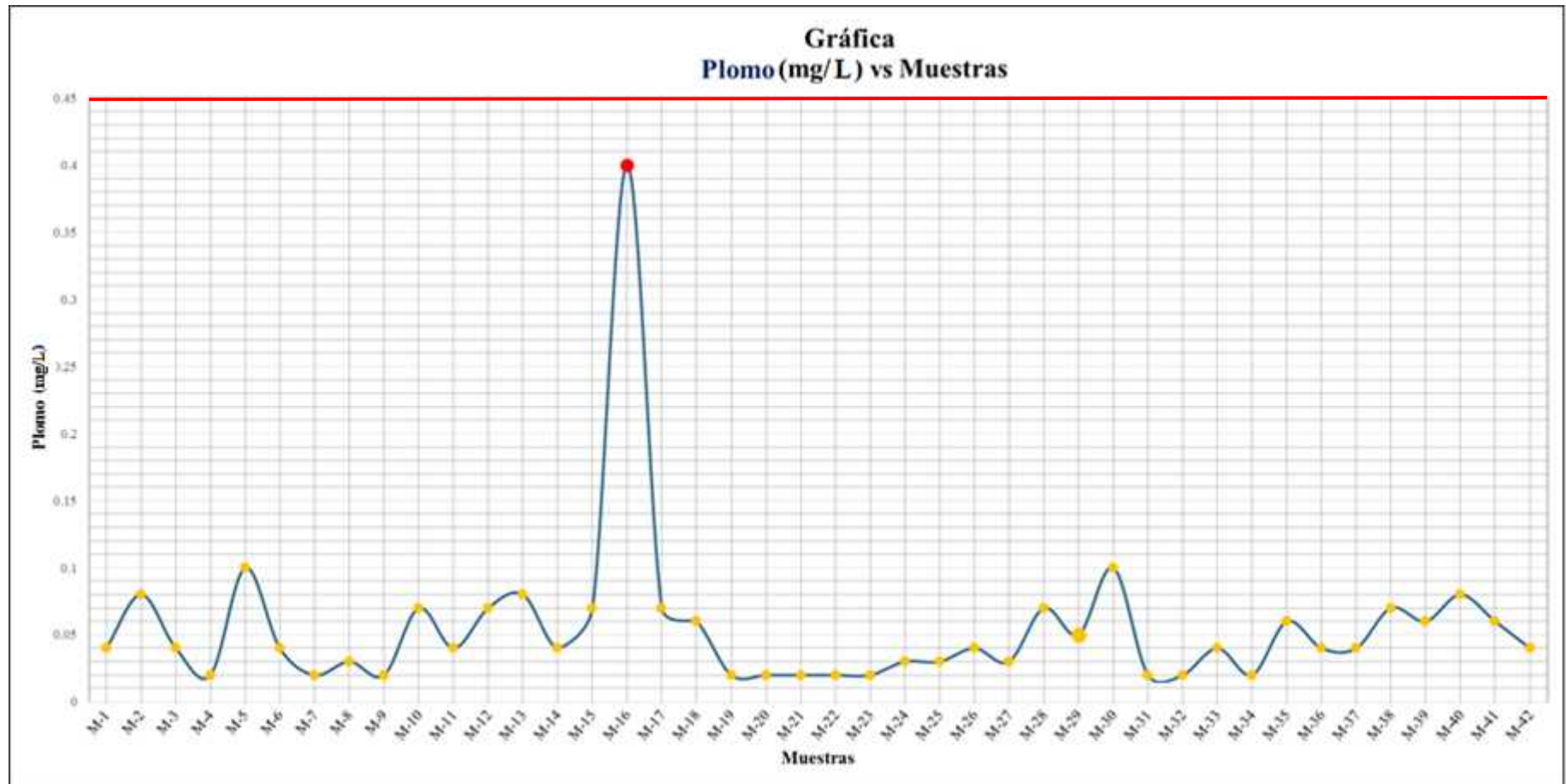
Gráfica 10. Manganeso vs Muestras



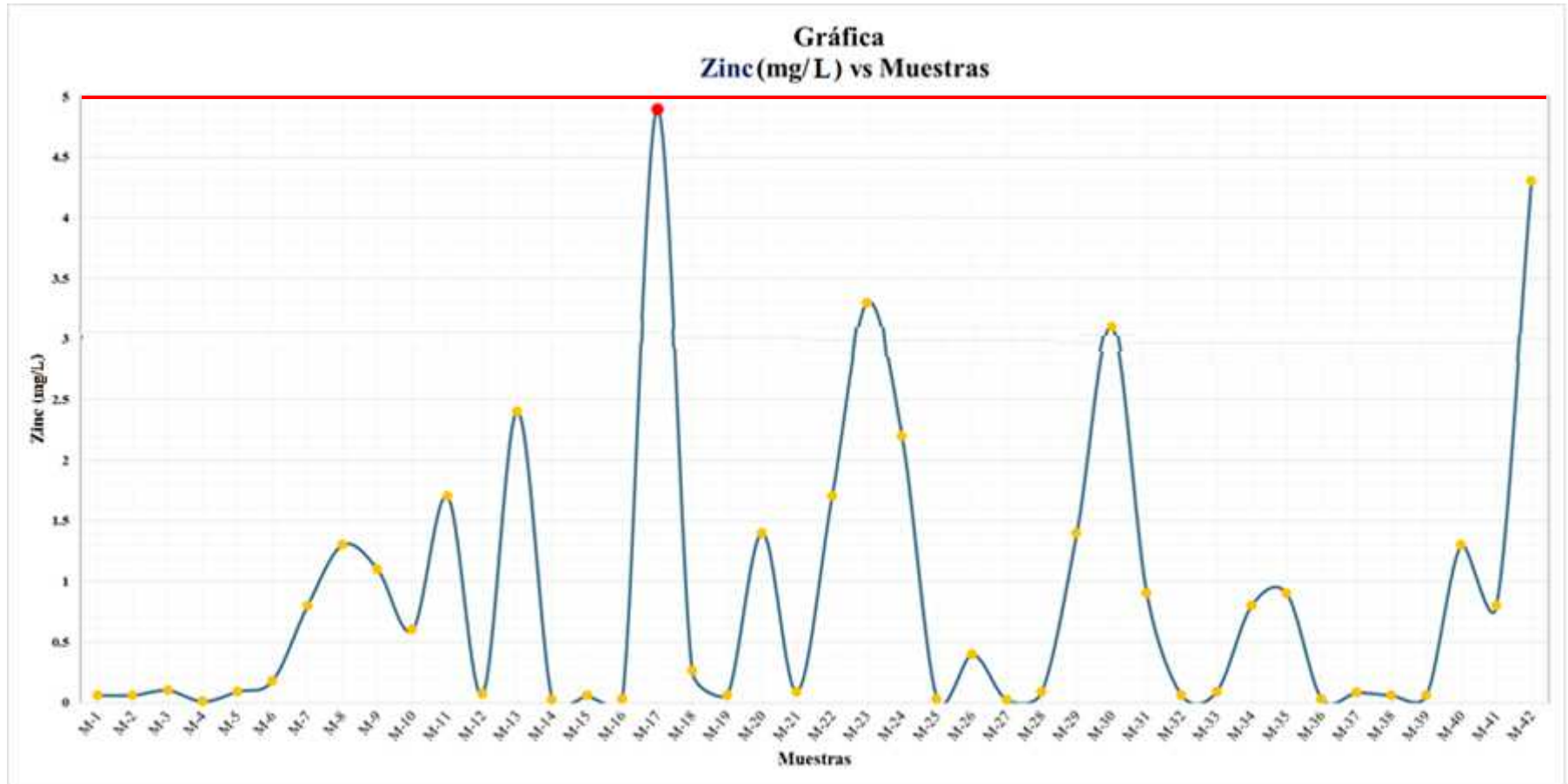
Gráfica 11. Mercurio vs Muestras



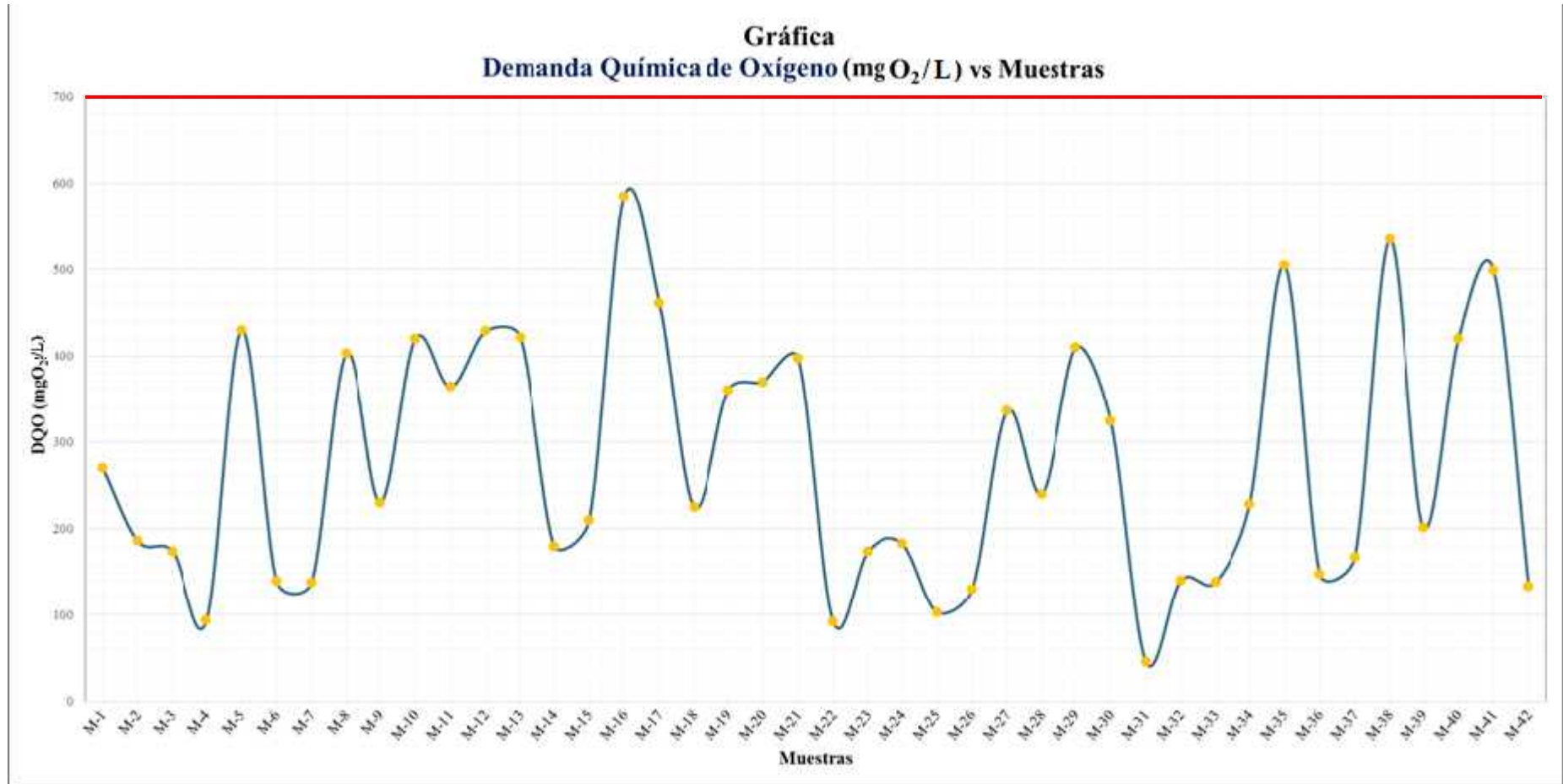
Gráfica 12. Plomo vs Muestras



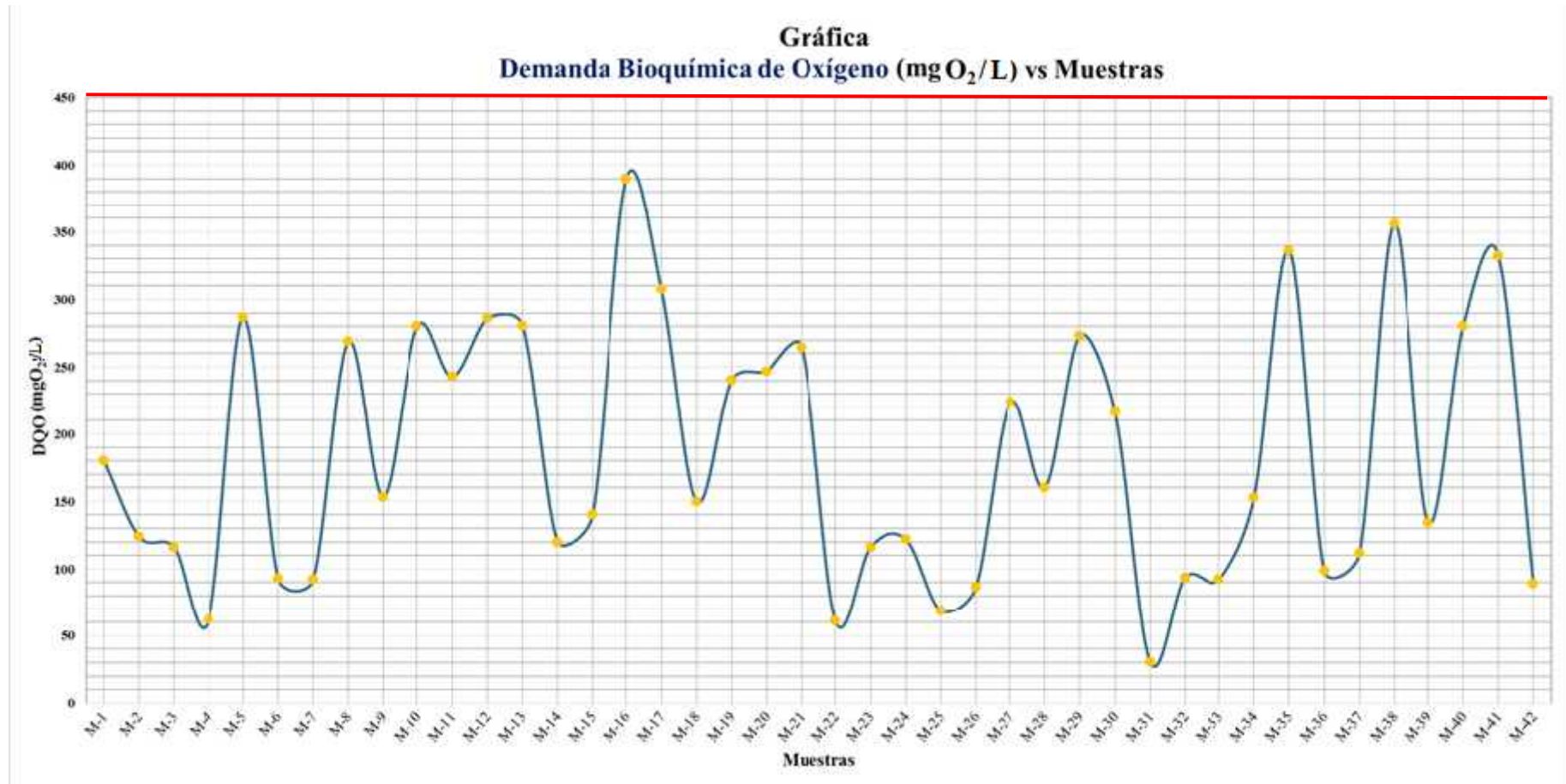
Gráfica 13. Zinc vs Muestras



Gráfica 14. DQO vs Muestras



Gráfica 15. DBO vs Muestras



4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.4.1. Análisis cualitativos

De los análisis cualitativos realizados a las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca se comprueba que tiene olores penetrantes aspecto claro y oscuro, turbidez con presencia de residuos sólidos y un caudal que oscila entre 0.30 L/s a 1.90 L/s.

4.4.2. pH

De acuerdo a los resultados obtenidos experimentalmente de los pozos de aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca, se analiza lo siguiente: El rango mínimo de pH es 6.5 y el rango máximo es de 8.4 lo que indica que no supera los límites permisibles de 6.5 a 9.0 según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, para aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado, sanitario. Dichos datos analizan en la Gráfica 1.

4.4.3. Sólidos Totales

De los análisis cuantitativos realizados a las aguas residuales que circulan por los buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca se concluye que; los sólidos totales de la muestra M-11, que corresponde a la Avenida Integración cerca del comedor universitario y la muestra M – 7 que corresponde a la Avenida Zoilo León Ordóñez , frente a la plazuela de banderas, poseen la mayor cantidad de sólidos totales , correspondientes a 1700 mg/L y 1520 mg/L respectivamente , lo cual indica elevadas cantidades de Sólidos en Suspensión y Sólidos Disueltos superando el límite máximo permisible de 1360 mg/L establecido por DOP – CEA (Comisión Estatal del Agua) de Jalisco y el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Dichos datos experimentales se demuestran en la gráfica 2.

4.4.4. Sólidos Suspendidos Totales

De los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales se observa que los valores máximos encontrados se encuentran en la muestra M – 6 y en la muestra M – 23 ubicados en la Avenida Integración, cerca al campo universitario; y entre el Decanato de Ingeniería y Topografía. Cuyos valores son de 1200 mg/L y 1100 mg/L. Si analizados con el parámetro máximo permisible de Sólidos Suspendidos Totales en aguas residuales según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA es de 500 mg/L, Nos indica que hay buzones que superan este valor. En la gráfica 3 se indica o se demuestra los resultados obtenidos experimentalmente.

4.4.5. Sólidos Disueltos Totales

De los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca se observa que los valores máximos encontrados de los Sólidos Disueltos Totales pertenecen a la muestra M – 11 ubicado en la Avenida Integración cerca del comedor universitario y la muestra M – 19 ubicado en la Avenida Atahualpa salida campos universitarios cuyos valores son de 820 mg/L y 810mg/L; el cual no supera el límite máximo permisible de Sólidos Totales Disueltos que corresponde a 860 mg/L según DOP – CEA (Comisión Estatal del Agua) de Jalisco. En el gráfico 4 se expresan estos valores.

4.4.6. Metales Tóxicos en Aguas Residuales

-) Con referencia al análisis cuantitativo de los metales pesados de las muestras analizadas en los diferentes buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca; el contenido de cadmio es representativo en la muestra M – 14 que corresponde a la Avenida Zoilo León Ordóñez, cerca de la entrada de la Universidad Nacional de Cajamarca y la muestra M – 13 que corresponde al buzón frente al laboratorio de Biología, cuyos valores son de 0.025 mg/L y 0.024 mg/L respectivamente. Dichos valores no superan el límite máximo permisible según Sedapal y el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA cuyo valor es 0,2 mg/L. En la gráfica 6 se observa los valores obtenidos de cadmio en las aguas residuales.
-) Con referencia al metal cobre analizado en las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca, la muestra M – 7 ubicada en la Avenida Zoilo León Ordóñez, frente a la plazuela de banderas y la muestra M – 5 ubicada entre la Avenida Integración y la Avenida Universitaria, tiene valores correspondiente de 4.30 mg/L y 4.40 mg/L de este elemento, el cual se debe tener precauciones, porque supera el límite máximo permisible de 3.00 mg/L según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Esto se aprecia en la gráfica 7.
-) Las muestras de las aguas residuales analizadas de la Universidad Nacional de Cajamarca no superan los límites máximos permisibles de metal hierro que corresponde a 10 mg/L establecido por BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid) n°269 (1993). Encontrándose en la muestra M – 13 ubicado frente al laboratorio de Biología y la muestra M – 40 ubicada en el

quirófano de veterinaria, los valores más altos de 8.9 mg/L y 7.4 mg/L del contenido de hierro total. Este demuestra en la gráfica 9.

) El contenido de manganeso es alto en la mayoría de las muestras. Siendo la muestra M – 13, ubicado frente al laboratorio de Biología con un valor de 1.5 mg/L la más alta, pero no supera el límite máximo permisible de 2.0 mg/L establecido por el BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid) nº269 (1993). Los resultados obtenidos del contenido de manganeso se analiza en la gráfica 10.

) El contenido de plomo no muestra valores altos en las mayoría de los buzones de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca; sin embargo, la muestra M – 16 ubicada en la avenida Tarsicio Bazán Zegarra, frente al laboratorio de Biología tiene el valor más alto de 0,4 mg/L, el cual se acerca al valor máximo permisible de 0,5 mg/L, establecido por D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Los resultados de plomo se representan en la gráfica 12.

4.4.7. Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno

) De acuerdo a los resultados obtenidos de DQO (Demanda Química de Oxígeno) en las aguas residuales de diferentes buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca, ninguno de ellos superan el límite máximo permisible de 1000 mg/L según el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Los resultados obtenidos de DQO se analizan en la gráfica 14.

) Los valores obtenidos de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de las muestras de aguas residuales de los buzones de la Universidad Nacional de Cajamarca, no superan el límite máximo permisible de 500 mg/L, establecido por el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Los resultados obtenidos de DBO₅ se analizan en la gráfica 15.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Luego de efectuado el presente trabajo de investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos de las 84 muestras obtenidas a partir de los 42 buzones de aguas residuales ubicadas en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, se han observado las siguientes consideraciones:

1. No existe manejo alguno de las aguas residuales vertidas por los diferentes laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca; ni de las diferentes fuentes de materia orgánica que origina un posible riesgo al medio ambiente y a la salud humana.
2. Los resultados de pH son de 6.5 a 8.4, los cuales no han superado el límite máximo permisible de 6.5 a 9.0 exigidos por el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.
3. Solo en dos de cuarenta y cuatro muestras , se superan el valor máximo de los Sólidos Totales encontrados es de 1700 mg/L , el cual supera el parámetro de 1360 mg/L establecidos por la DOP – CEA (Comisión Estatal del Agua) de Jalisco.
4. Los valores de Sólidos Suspendidos Totales superan el límite máximo permisible de 500 mg/L, establecido por el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, siendo el valor máximo encontrado de 1200 mg/L.
5. El valor máximo de Sólidos Disueltos Totales encontrados es de 820 mg/L, el cual no supera el límite máximo permisible de 860 mg/L según el DOP – CEA (Comisión Estatal del Agua de Jalisco).
6. No se encuentra en todas las muestras indicadas valores elevados de Bario, Cadmio ni Cromo VI.

7. El valor máximo de Cobre es de 4.4 mg/L, superando en cinco muestras de cuarenta y cuatro el límite máximo permisible de 3 mg/L .
8. La máxima cantidad de Hierro en las muestras es de 8.9 mg/L, pero no se supera el límite máximo permisible de 10 mg/L según el BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid) n°269 (1993).
9. Para Manganeso, el valor mas elevado de 1.5 mg/L.Sin embargo, no supera el límite máximo permisible de 2.0 mg/L, establecido por BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid) n°269 (1993).
10. Los niveles de Mercurio registrados ,mediante los análisis en las aguas residuales, no superan el límites máximo permisible.
11. Ningún valor de Plomo y de Zinc superan los valores guía de los límites máximos permisibles.
12. Los valores obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no superan los límites máximos permisibles.
13. Debido a la falta de ciertos valores guías, se han tomado parámetros internacionales como el parámetro permisible de Sólidos Totales Disueltos en el Estado de Jalisco, Mexico; cuyo valor es de 860 mg/L, según la DOP – CEA (Comision Estatal de Agua Residual). Además, para el límite máximo permisible del metal Hierro, se ha considerado el parámetro de metales de aguas residuales según el BOCM ,Boletin Oficial de la Comunidad de Madrid no° 269 (1993).
14. Las aguas residuales de la Universidad Nacional de Cajamarca, son vertidas sin tratamiento alguno al rio Mashcón.Por lo cual, su composición fisicoquímica y biológica generan impactos negativos en este ecosistema acuático.

15. Al comparar , el grado de contaminación de las Aguas Residuales de la U.N. C, después de haberse obtenido los resultados Inorgánico de los metales pesados y Orgánicos de DBO_5 y DQO , con los valores máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas, según el Decreto Supremo Nro. 021-2009 VIVIENDA. Se comprobó, que tiene un grado de contaminación baja.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere continuar con las investigaciones de estas aguas residuales realizando una mayor cantidad de muestreos de tipo Orgánico e Inorgánico y otros parámetros posibles con la finalidad de tener datos que permitan ser utilizados para la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales dentro del campus de la UNC.
2. Se recomienda capacitar acerca del manejo de las aguas residuales al personal administrativo que trabaja en los laboratorios de la UNC.
3. Cada laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca debe contar con un manual de funciones para la utilización de los diferentes reactivos que se utilizan en los ensayos.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, M., Sáez, J., Lloréns, M., Ortuño, J. Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación. España: EDITUM. 2002. 151 p.
2. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). Standard methods for the examination of Water and Wastewater. 3rd, 18th, 20th, USA: American Public Health Association. 1917, 1992, 2006.
3. Baird, Colin. Química ambiental. 2da ed. Trad. Xavier Doménech Antúnez. Barcelona: Editorial Reverté. 2001. 648 p.
4. Campos Gómez, Irene. Saneamiento Ambiental. Costa Rica: EUNED. 2003. 225 p.
5. Chakoumakos, Charles, Russo, Rosemarie, Thurston, Robert. Toxicity of copper to cutthroat trout (*Salmo clarki*) under different conditions of alkalinity, pH, and hardness. Environmental Science and Technology 1979. Vol. 13. No 2. 213-219.
6. Crites, Ron; Tchobanoglous, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Trad. Miller Camargo. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S. A. 2000. 767 p.
7. Cruz-Guzmán Alcalá, Marta, La contaminación de suelos y aguas. Su prevención con nuevas sustancias naturales. España: Universidad de Sevilla. 2007. 243 p.
8. Delgadillo, Oscar, Camacho, Alan, Pérez, Luis, Andrade, Mauricio. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. 2010. 115 p.

9. Fernández Mayo Peternell, Eduardo. Proyecto Ejecutivo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Xochiapa. [Tesis]. Universidad Veracruzana. México 2010.
10. Henry, J. Glynn, Heinke, Gary W. Ingeniería ambiental. Trad. Héctor Escalona y García. México: Pearson Educación. 1999. 800 p.
11. Herbello Hermelo, Paloma. Especiación de metales pesados mediante la formación de quelatos. Distribución de las especies inorgánicas de As y Cr en la Ría de Arousa. [Tesis]. Universidad Santiago de Compostela. España 2007.
12. Jiménez Cisneros, Blanca Elena. La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: Editorial Limusa. 2001. 200 p.
13. Marín Galvín, Rafael. Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. España: Ediciones Díaz de Santos. 2003. 336 p.
14. Manahan, Stanley. Introducción a la Química Ambiental. Trad. Ivette Mora Leyva. México: Editorial Reverté. 2007. 760 p.
15. Manahan, Stanley. Toxicological chemistry and biochemistry. 3rd ed. US: Lewis Publishers. 2003. 424 p.
16. Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. 3era ed. Madrid: McGraw – Hill. 1995. 1485 p.
17. Morgan Sagastume, Juan M., Revah Moiseev, Sergio, Noyola Robles, Adalberto. Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su control a través de Procesos Biotecnológicos. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. México: FEMISCA. 2000. p.1-12
18. Orozco Jaramillo, Alvaro. Bioingeniería de Aguas Residuales. Colombia: Acodal. 2005. 411 p.
19. Ramalho, Rubens S. Tratamiento de Aguas Residuales. 2da ed. Trad. Domingo Jiménez Beltrán. España: Editorial Reverté. 2003. 716 p.

20. Ramos Olmos, Raudel, Sepúlveda Marqués, Rubén, Villalobos Moreto, Francisco. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. México: Plaza y Valdes, 2003. 210 p.
21. Ramírez, Augusto. Toxicología del Cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2002. Vol. 63. No 1: 51-64.
22. Rigola Lapeña, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona: Editorial Marcombo. 1989. 160 p.
23. Sawyer, Clair, McCarty, Perry, Parkin, Gene. Química para Ingeniería Ambiental. 4ta ed. Trad. Lucía Arteaga de García. Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2001. 713 p.
24. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diccionario de Normatividad Ambiental. México. 2007. 341 p.
25. Vázquez-Ballesteros, Edgar et al. Intoxicación por plomo. Reporte de un caso y revisión de la literatura. Anales Médicos. Asociación Médica del American British Cowdray Hospital. 2002. Vol. 47. No 1: 33-37.
26. Vázquez Garzón, Verónica. Biosorción de metales pesados en solución acuosa mediante biomasa bacteriana muerta. [Tesis]. Biología. Universidad de las Américas Puebla. México. 2005.
27. Weber, Walter. Control de la calidad del agua. Procesos Físicoquímicos. Trad. Jorge Bessa. España: Editorial Reverté. 2003. 680 p.
28. Ministerio de Vivienda. D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.
29. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid. BOCM n°269 (1993).
30. Comisión Estatal del Agua de Jalisco. DOP – CEA de Jalisco.

ANEXOS

Anexo 1. Condición general de las aguas residuales.

COLOR	DESCRIPCIÓN
Café claro	El agua lleva 6 horas después de la descarga
Gris claro	Aguas que han sufrido algún grado de descomposición que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección
Gris oscuro o negro	Aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaeróbicas

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous, “Tratamiento de aguas Residuales”. USA 2000.

Anexo 2. Compuestos olorosos presentes en aguas residuales urbanas.

<i>Nombre</i>	Formula Química	Tipo de olor
Amoniaco	NH_3	Amoniacal
Aminas	CH_3NH_2	Pescado
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2, \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrogeno	H_2S	Huevos podridos
Mercaptanos	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Mofeta
Sulfuros orgánico	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)\text{S}$	Coles podridas
Eskatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}_9$	Material fecal

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous, “Tratamiento de aguas Residuales”, USA 2000.

Anexo 3. Metales en Aguas Residuales según D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Piomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfato	mg/L	SO ₄ ⁻²	500
Sulfuro	mg/L	S ⁻²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amontiacal	mg/L	NH ⁺⁴	50
pH ⁽²⁾		pH	6-9
Sólidos Sedimentables ⁽²⁾	mL/L/h	S.S.	0.5
Temperatura ⁽²⁾	°C	T	<35

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendedos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A y G	100

Fuente: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=653834f6-6123-4e5d-a09e-d6bf02aa7e27&groupId=10154.

Anexo 4. Metales en Aguas Residuales según el BOCM n°269 (1993).

Metales	Límites Máximos Permisibles (mg/L)
Cromo Total	5.00
Bario	20.0
Cobre	3.00
Manganeso	2.00
Níquel	10.0
Zinc	5.00
Cromo Hexavalente	3.00
Cadmio	0.50
Hierro	10.0
Mercurio	0.10
Plomo	1.00

Fuente: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>.

Anexo 6. Figuras



Figura 1. Recolección de muestras en los pozos de la UNC



Figura 2. Verificación de la calidad del muestreo



Figura 3. Determinación de las características físicas in situ de los puntos de muestreo



Figura 4. Etiquetado y rotulado de las muestras



Figura 5. Obtención de las muestras en el campus universitario



Figura 6. Determinación de los Sólidos Totales

Anexo 7. Planos