



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología

**Trabajo de suficiencia profesional en el área de control
de calidad biológica de una planta de tratamiento de
agua potable**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Biólogo Microbiólogo
Parasitólogo

AUTOR

Bryan Kendry CASTILLO GUTARRA

ASESOR

Mg. Carmen MENDEZ FARRO

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Castillo, B. (2022). *Trabajo de suficiencia profesional en el área de control de calidad biológica de una planta de tratamiento de agua potable*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Bryan Kendry Castillo Gutarra
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75083881
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carmen Rosa Méndez Farro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08800393
URL de ORCID	0000-0002-8982-9127
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Tito Libio Sánchez Rojas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08550935
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Germán Vergaray Ulffe
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08864602
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Roger Alberto Palomino Huarcaya
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25841842
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.1.3.3 Calidad Ambiental
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Laboratorio de SEDAPAL sede “La Atarjea” País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: El Agustino Latitud: -12.033166666667 Longitud: -76.983416666667
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021-2022
URL de disciplinas OCDE	Biología celular, Microbiología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.01 Ciencias ambientales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.07.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO PARASITÓLOGO
(MODALIDAD: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL VIRTUAL)**

Siendo a las 11:08 horas del 29 de setiembre del 2022, en el Salón de Grados Virtual de la Facultad de Ciencias Biológicas cuya dirección electrónica fue <http://meet.google.com/qge-msfs-jhu> y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al **Título Profesional de Biólogo Microbiólogo Parasitólogo** de **BRYAN KENDRY CASTILLO GUTARRA**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° UNMSM-20220069630, el titulado expuso el **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD BIOLÓGICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**, y el Comité de Expertos efectuó las preguntas del caso y evaluó las respuestas al balotario de preguntas propuesto calificando la exposición y las respuestas con la nota 19, calificativo: **Aprobado con máximos honores**.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Título Profesional de Biólogo Microbiólogo Parasitólogo** a **BRYAN KENDRY CASTILLO GUTARRA** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título conforme a ley.

Siendo las 12:25 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 29 de setiembre de 2022.

Dr. TITO SANCHEZ ROJAS
(PRESIDENTE)

Mg. CARMEN MENDEZ FARRO
(ASESORA)

Dr. GERMAN VERGARAY ULFFE
(MIEMBRO)

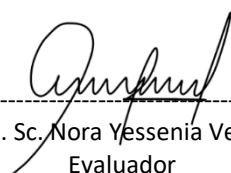
Mg. ROGER PALOMINO HUARCAYA
(MIEMBRO)



INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

DIRECTOR E.P. DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA	: Ph.D. Pedro Luis Castellanos Sánchez
OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES	: Mg. Sc. Nora Yessenia Vera Obando
DOCUMENTO EVALUADO *	: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD BIOLÓGICA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
AUTOR (A) DEL DOCUMENTO **	: Bryan Kendry CASTILLO GUTARRA
FECHA DE RECEPCIÓN	: 15/12/22
FECHA APLICACIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO	: 15/12/22
SOFTWARE UTILIZADO	: TURNITIN (X) ITHENTICATE () OTRO (especificar)
CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES	: Excluye textos encomillados (X) : Excluye bibliografía (X) : Excluye cadenas menores a 40 palabras (X) : Otro criterio (especificar)
PORCENTAJE DE SIMILITUDES ***	: Diez (10%)
FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS	: http://idoc.pub (2%) https://repositorio.lamolina.edu.pe (1%) https://repositorio.unsaac.edu.pe (1%) https://documentop.com (1%) https://repositorio.unicordoba.edu.pe (1%) https://repositorio.espe.edu.ec (< 1%) https://www.sedapal.com.pe (< 1%) https://repositorio.upao.edu.pe (< 1%) https://hdl.handle.net (< 1%) https://gestiopolis.com (<1%)
OBSERVACIONES	: Sin observaciones
CALIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD	- Documento cumple criterio de originalidad sin observaciones (X) - Documento cumple criterio de originalidad con observaciones () - Documento no cumple criterios de originalidad ()

Ciudad Universitaria, 15 de diciembre de 2022


Mg. Sc. Nora Yessenia Vera Obando
Evaluador



Firmado digitalmente por
CASTELLANOS SANCHEZ Pedro
Luis FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 16.12.2022 09:33:33 -05:00

Ph.D. Pedro Luis Castellanos Sánchez
Director EPMP

INDICE GENERAL

I	INTRODUCCIÓN	1
II	INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
III	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	6
3.1	MONITOREOS DE LA PLANTA	6
3.1.1	MONITOREO DE LA PLANTA “LA ATARJEA”	7
3.1.2	MONITOREO DE LA PLANTA “HUACHIPA”	7
3.1.3	IMPLEMENTOS	7
3.1.4	MONITOREO RUTINARIO.....	8
3.1.5	MONITEROS PARA OCASIONES ESPECIALES.....	10
3.2	CRITERIOS DE BIOSEGURIDAD	10
3.3	ÁREA DE MICROBIOLOGÍA.....	10
3.3.1	PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS.....	12
3.3.2	MANEJO DE CEPAS	12
3.3.3	MANEJO DE LA MUESTRA.....	13
3.3.4	MATERIALES Y EQUIPOS PARA LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	13
3.3.5	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE BACTERIAS COLIFORMES POR EL MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLE Y FILTRO DE MEMBRANA.	14
3.3.6	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS POR EL MÉTODO DE FILTRO DE MEMBRANA	18
3.3.7	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA <i>Pseudomonas aeruginosa</i> POR EL MÉTODO DE FILTRO DE MEMBRANA	19
3.3.8	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ACTINOMICETOS POR EL MÉTODO DE DOBLE CAPA DE AGAR 20	
3.3.9	PROCEDIMIENTOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	21
3.4	ÁREA DE DESINFECCIÓN	25
3.4.1	PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA ENSAYOS DE DEMANDA DE CLORO.....	26
3.4.2	ENSAYO DE DEMANDA DE CLORO.....	26
3.4.3	PROCEDIMIENTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	27
3.5	ÁREA DE HIDROBIOLOGÍA	27
3.5.1	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE CLOROFILA, FICOCIANINA Y FICOERITRINA PORFLUOROMETRÍA DE EXCITACIÓN ÓPTICA.....	28
3.5.2	PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE FITOPLANCTON POR MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN	28
3.5.3	PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE ZOOPLANCTON POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN	30
3.5.4	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE MICROCISTINA Y ANATOXINA POR MÉTODO DE ELISA	31

3.5.5	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO POR 5 DÍAS (DBO ₅)	33
3.5.6	OXÍGENO DISUELTO (OD) POR LA TÉCNICA DE MODIFICACIÓN DE AZIDA	35
3.6	ÁREA DE PARASITOLOGÍA.....	36
IV	RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	37
4.1	RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS	37
4.1.1	BACTERIAS HETEROTROFICAS Y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	37
4.1.2	COLIFORMES.....	38
4.1.3	PORCENTAJE DE REMOCIÓN Y REDUCCIÓN DE VALOR LOGARITMICA MICROBIOLÓGICOS	39
4.1.4	ACTINOMICETOS	40
4.2	RESULTADOS DE UN ENSAYO DE DEMANDA DE CLORO	41
4.3	RESULTADOS HIDROBIOLÓGICOS.....	42
4.3.1	CLOROFILA Y FICOCIANINA.....	42
4.3.2	FITOPLANCTON.....	43
4.3.3	ZOOPLANCTON	44
4.3.4	ORGANISMOS DE VIDA LIBRE	45
4.3.5	PORCENTAJE DE REMOCIÓN Y REDUCCIÓN DE VALOR LOGARITMICA HIDROBIOLÓGICOS.....	46
4.3.6	MICROCISTINA.....	47
4.3.7	DBO ₅	48
4.3.8	OXIGENO DISUELTO.....	49
4.4	RESULTADOS PARASITOLÓGICOS.....	49
V	CONCLUSIONES	50
VI	RECOMENDACIONES	50
VII	BIBLIOGRAFÍA: LA UTILIZADA EN EL MANUSCRITO.....	51
VIII	ANEXOS / ILUSTRACIONES.....	55

RESUMEN

SEDAPAL es una empresa estatal de derecho privado que produce actualmente cerca de 700 millones de m³ anuales de agua potable, así mismo, ofrece el servicio de alcantarillado a todo Lima y El Callao. El Laboratorio de Biología y Desinfección es parte del equipo de Gestión Integral de Plantas, está certificado actualmente bajo las normas ISO 9001:2008, 14001:2008 y OHSAS 18001. Se encarga de realizar los análisis biológicos y algunos análisis fisicoquímicos de los diferentes puntos de captación del agua natural (afluentes y efluentes que alimentan al río Rímac), así como, del control de calidad del agua tratada en cada proceso de la planta, otorgando resultados confiables tanto del agua natural como del agua potable apta para el consumo.

El presente informe tiene como objetivo conocer las actividades que realicé en 10 meses en el laboratorio de una planta de tratamiento de agua potable como parte del “I Programa Formativo Profesional en Saneamiento 2021” brindada por SEDAPAL, las cuales fueron monitoreos, análisis microbiológicos de bacterias coliformes, heterotróficas, pseudomonas y actinomicetos; análisis hidrobiológicos de fitoplancton, zooplancton, clorofila, microcistina; ensayos fisicoquímicos de demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, demanda de cloro.

A través de mi formación académica universitaria y de la competencia adquirida durante mi etapa laboral, fui capaz de realizar los análisis biológicos y fisicoquímicos respectivos para las muestras de agua generando resultados de calidad y confiables. Por último, el programa me capacitó sobre el funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable, y la importancia que cumple un biólogo en este rubro.

Palabras clave: control de calidad, análisis del agua, río Rímac, desinfección

SUMMARY

SEDAPAL is a state-owned company under private law that currently produces about 700 million m³ of potable water per year and provides sewage services to all of Lima and El Callao. The Biology and Disinfection Laboratory is part of the Integrated Plant Management team and is currently certified under ISO 9001:2008, 14001:2008 and OHSAS 18001 standards. It is in charge of performing biological analyses and some physicochemical analyses of the different natural water catchment points (tributaries and effluents that feed the Rimac River), as well as quality control of treated water in each process of the plant, providing reliable results for both natural water and drinking water suitable for consumption.

The objective of this report is to know the activities that I performed in 10 months in the laboratory of a drinking water treatment plant as part of the "I Professional Training Program in Sanitation 2021" provided by SEDAPAL, which were monitoring, microbiological analysis of coliform bacteria, heterotrophic, pseudomonas and actinomycetes; hydrobiological analysis of phytoplankton, zooplankton, chlorophyll, microcystin; physicochemical tests of biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, chlorine demand.

Through my university academic training and the competence acquired during my work experience, I was able to perform the respective biological and physicochemical analyses for water samples, generating quality and reliable results. Finally, the program trained me on the operation of a drinking water treatment plant and the importance of a biologist in this field.

Key words: quality control, water analysis, Rímac river, disinfection

Acta de sustentación

I INTRODUCCIÓN

El agua es un componente indispensable para la vida de todos los seres vivos, incluyendo el humano y las actividades antropogénicas que realiza. La cantidad y calidad son parámetros importantes que deben ser controlados, tanto por su consumo, como por su uso en las industrias. Por ello es tan importante controlar que no sufra ningún tipo de alteración o contaminación (Rivas, P., & Aubrum, J., 2015).

El agua, al estar en contacto con la tierra en su estado natural, absorbe materias extrañas que encuentra a su paso. Así, el agua natural que podemos encontrar en medio de la naturaleza como ríos, océanos, lagunas, agua subterránea, en muchas ocasiones no es apta para el consumo humano, pues el líquido no sólo trae consigo sustancias de la tierra, sino que también adquiere los microorganismos de los animales salvajes que beben o defecan allí, así como, absorbe los componentes gaseosos (contaminados) de la atmósfera, pero siendo objetivos, la principal contaminación de los cuerpos de agua es debida a la acción humana, por los vertimientos domésticos, industriales, agricultura y ganadería, lo que ocasiona un nivel de exigencia cada vez mayor en los sistemas de control (Universidad Politécnica de Cartagena, 2016).

Es por ello, que el agua pasa por un proceso de depuración y sanación, que vendrá determinada según su grado de contaminación, que puede determinarse mediante los análisis de laboratorio ya sea fisicoquímicos o biológicos.

El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), es una empresa estatal de derecho privado íntegramente de propiedad del Estado, constituida como Sociedad Anónima que cumple diariamente con su objetivo de prestar servicios de saneamiento (agua potable y alcantarillado sanitario) por medio de diferentes procesos como operación, mantenimiento, control y desarrollo de servicios básicos. Tiene diversas gerencias y estas a su vez se dividen en equipos. Uno de estos equipos es el de Gestión Integral de Planta (EGIP) encargado de la captación y potabilización del agua natural. El Laboratorio de Biología y, parte del EGIP, está certificado actualmente bajo las normas ISO 9001:2008, 14001:2008 y OHSAS 18001. Se encarga de realizar los análisis biológicos de los diferentes puntos de captación del agua natural (afluentes o tributarios del río Rímac), así como, el control de calidad del agua tratada en cada proceso de la planta, otorgando resultados confiables tanto del agua natural como del agua potable apta para el consumo, contribuyendo con la expectativa y satisfacción de los clientes al dar un servicio de calidad.

OBJETIVOS DEL INFORME

- Conocer las actividades realizadas en 10 meses en el laboratorio de una planta de tratamiento de agua potable como parte del “I Programa Formativo Profesional en Saneamiento 2021” brindada por la empresa SEDAPAL.
- Demostrar el dominio y aplicación de las competencias adquiridas en la Universidad en las diferentes áreas del Laboratorio de Biología y Desinfección.
- Aprender y documentar las metodologías de este programa formativo en saneamiento.
- Mostrar la importancia en el manejo documentario de las metodologías aprendidas en este programa formativo en saneamiento.

II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

- Período de duración de la actividad

La actividad tuvo una duración de 10 meses como parte del “I Programa formativo profesional en saneamiento”.

- Institución donde se desarrolló la actividad

El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, es una empresa estatal de derecho privado íntegramente de propiedad del Estado, constituida como Sociedad Anónima.

Los servicios de agua potable y alcantarillado están regulados por la Ley 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, promulgada el 24 de Julio de 1994, y por el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento aprobado por Decreto Supremo No 023-2005-VIVIENDA, publicado el 1° de diciembre de 2005.

Misión

"Brindar servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento y reúso de aguas residuales con altos estándares de calidad para satisfacer las necesidades de la población atendida por Sedapal".

Visión

"En el año 2,030, el ámbito jurisdiccional de SEDAPAL tiene una población superior a los 13 millones de habitantes, con una cobertura al 98% y continuidad de servicio las 24 horas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales".

Objetivos de la empresa

El objetivo de SEDAPAL es la prestación de los servicios de saneamiento como agua potable y alcantarillado sanitario. Ejecuta la política del sector en la operación, mantenimiento, control y desarrollo de los servicios básicos, con funciones específicas en aspectos de normatividad, planeamiento, programación. Elaboración de proyectos, financiación, ejecución de obras, asesoría y asistencia técnica. Además, puede dedicarse a otras actividades afines, vinculadas, conexas y/o complementarias a su objeto social.

- Razón social SERV AGUA POTAB Y ALCANT DE LIMA-SEDAPAL
- RUC: 20100152356
- Dirección postal: Autopista Ramiro Prialé Nro. 210 la Atarjea (Km. 1 Autopista Ramiro Prialé), El Agustino, Lima, Perú.
- Correo electrónico del profesional a cargo: jefa de laboratorio de Biología y Desinfección: cbarzola@sedapal.com.pe

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La estructura organizacional de SEDAPAL se encuentra distribuida en cuatro tipos de órganos: de Dirección y Control, Operativos, de Apoyo, y de Asesoramiento y Asistencia.

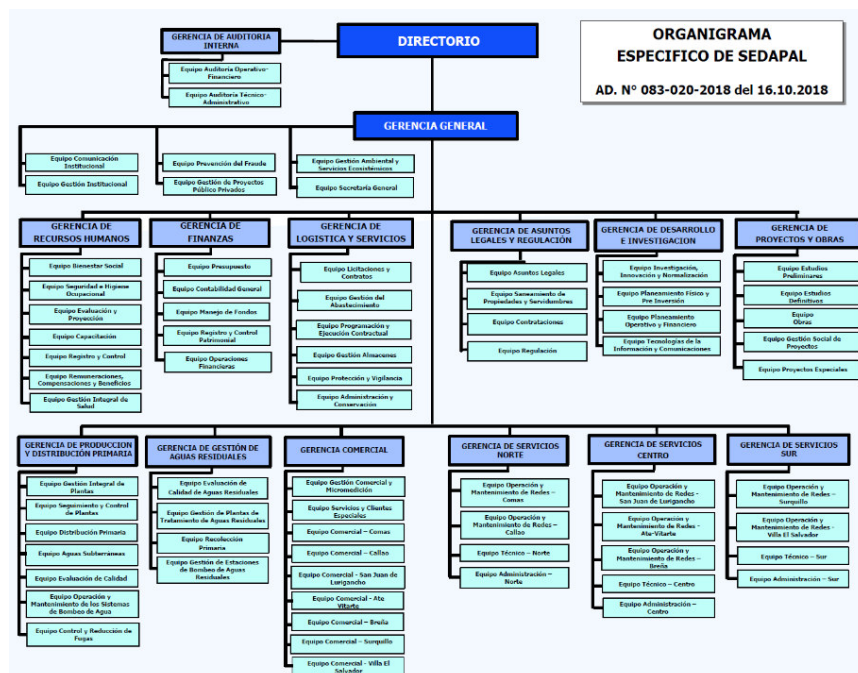


Figura 1. Organigrama de SEDAPAL

Fuente: SEDAPAL DG-MA001

El Equipo de Gestión Integral de Plantas (**EGIP**) es quien tiene la responsabilidad de monitorear el proceso de agua potable desde su captación hasta los reservorios a la población de Lima Metropolitana y Callao, a la par reconoce la importancia de asegurar la salud del personal que laboran en sus instalaciones, quienes están expuestos a riesgo como parte de sus actividades operativas diarias.

Está dividido en:

- Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA) de producción: Supervisa, registra, controla y opera en tiempo real, 24 horas del día y a distancia los diferentes parámetros y etapas de toda la planta.
- Planta Piloto: Laboratorio para simular operaciones, procesos y condiciones hidráulicas una planta de tratamiento, utilizando para este efecto el agua de la fuente de abastecimiento (Cabrera & Camelo, 2015). Se realiza las pruebas de jarras, pruebas de gravimetría, granulometría, concentración de lodos, coeficiente K, carrera de filtración, nivel de arena de los filtros.
- Laboratorio de fisicoquímica: Su función es el control de la calidad fisicoquímica de los diferentes afluentes o tributarios del río Rímac para verificar si cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, así como, del agua tratada en cada proceso de la planta hasta el producto final (agua potable) de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Decreto Supremo N° 031-2010-SA.
- Laboratorio de Biología y Desinfección: Su función es realizar los análisis biológicos y algunos análisis fisicoquímicos de los afluentes del río Rímac como lagunas, represas, ríos, efluentes de PTARs, efluentes en conjunto de empresas para verificar si cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM (Anexo 1), así como, del agua tratada en cada proceso de la planta hasta el producto final (agua potable) de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (Anexo 2). El laboratorio se divide en: Área de Hidrobiología, Área de Microbiología, Área de Desinfección, Área de Parasitología, Área de preparación de medios y reactivos, Área de Lavado y Esterilización.
- Los afluentes y puntos de muestreo de la cuenca del río Rímac se indican en el anexo N° 3.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “LA ATARJEA”

PARTES DE LA PLANTA

Hay 2 plantas en “La Atarjea”, cada planta posee sus componentes con un sufijo de “1” o “2” por la planta a la que pertenece.

III DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

La frecuencia y tipos de análisis y monitoreos mostrados a continuación corresponden a los meses de mis prácticas. Esto puede variar a través del tiempo según lo que acuerden en la gerencia o el equipo.

Tabla N° 1. Actividades y metodologías de referencia

Actividad	Metodología
Monitoreos	Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial, 2011. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas” del Museo de Historia Natural UNMSM.
Manejo de cepas	(Gonzales, 2002), ISO 11133:2014.
Aseguramiento de la calidad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9020 B, 23 rd. Edition
Análisis de coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 B, 23 rd. Edition SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9222, 23 rd. Edition
Análisis de coliformes termotolerantes y <i>E.coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 E, F 23 rd. Edition SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9222, 23 rd. Edition
Análisis de bacterias heterotróficas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9215 D, 23 rd. Edition
Análisis de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9213, 23 rd. Edition
Análisis de actinomicetos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9250 B, 23 rd. Edition
Ensayo de demanda de cloro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2350 B, 23 rd. Edition
Análisis de clorofila	Modern Water MWFK-022-PL
Análisis de fitoplancton	SMEWW APHA, AWWA, WEF, 10200 C1, F.2
Análisis de zooplancton	SMEWW APHA, AWWA, WEF, 10200 C.2
Análisis de microcistina	Eurofins Abraxis
Análisis de DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 5210 B, 23 rd. Edition
Análisis de oxígeno disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 O-C, 23 RD. EDITION
Análisis de formas parasitarias	Sedimentación y filtración, método interno.

3.1 MONITOREOS DE LA PLANTA

Los monitoreos se realizan según el “Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial, 2011” del MINAGRI y los “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas” del Museo de Historia Natural UNMSM. El monitorista debe ser competente en el correcto muestreo, tener conocimientos de los reglamentos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, adicionalmente debe informar al jefe del

laboratorio sobre el estado de los componentes de la planta si encuentra algo fuera de lo normal en los medidores conectados a la red SCADA, de las mediciones realizadas en campo o de algún componente de la planta contaminado, sucio, roto, averiado.

3.1.1 MONITOREO DE LA PLANTA “LA ATARJEA”

Los puntos de muestreo tienen medidores automáticos de cloro libre, turbiedad, pH, potencial de oxidación-reducción (ORP) conectados a la central SCADA. Se anotan en las etiquetas de los frascos el nombre del colector, fecha, hora y los parámetros fisicoquímicos observados en campo.

Los puntos de muestreo son los siguientes:

- Bocatomas: Se toma la muestra del río cerca de las bocatomas con la ayuda de un balde.
- Estanques reguladores: Se toma la muestra con la ayuda de un balde.
- Entradas a la planta especializada: El agua que sale de los estanques reguladores es transportada por una tubería que está conectada a un caño donde se toma la muestra.
- Planta convencional: El agua decantada de los sedimentadores se reúne en un solo punto llamado Salida de la planta convencional, es de aquí donde se toma la muestra.
- Decantadores: Cada planta posee 6 decantadores, se toma la muestra después del proceso de decantación de un decantador al día, luego al siguiente día se toma de otro.
- Filtradas: El agua tratada después de cada proceso de filtración de todos los filtros se une en un solo punto, es de este punto donde se toma la muestra.
- Reservorios: Cada reservorio está conectado a un caño para poder extraer la muestra.

3.1.2 MONITOREO DE LA PLANTA “HUACHIPA”

Los puntos de muestreo son los siguientes:

- Bocatoma (IB)
- Ingreso a planta (IP)
- Filtradas (SF)
- Reservorio (SP)

3.1.3 IMPLEMENTOS

3.1.3.1 Materiales

- Etiquetas para identificación de frascos y rotuladores
- Soga y balde plástico transparente de 5 L
- Bolsas ziploc para guardar los envases de los preservantes

- Frascos HDPE de 1 L, frascos de vidrio ámbar de 200 mL, frascos de vidrio estériles de 1 L, 500 mL y 500 mL con/sin tiosulfato de sodio al 3%
- Coolers con refrigerantes
- Piseta con agua desionizada
- Reactivos de preservación: lugol y formol
- Sachets de N, N-dietil-p-fenilendiamina (DPD)

3.1.3.2 Equipo medidor de cloro libre y vehículo de transporte.

3.1.3.3 Indumentaria de protección: zapato de seguridad, pantalón largo jean, polo manga larga, chaleco de seguridad, casco, guantes desechables y mascarilla.

3.1.4 MONITOREO RUTINARIO

3.1.4.1 MONITOREO PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

- Se muestrea los siguientes puntos diariamente en la planta “La Atarjea”: B1, B2, E1, E2, PC, D1, D2, F1, F2, Reservorios.
- Se muestrea los siguientes puntos diariamente en la planta “Huachipa”: IB, IP, SF, SP.
- Se utiliza frascos de vidrio de 500 mL previamente esterilizados cubiertos de papel aluminio. Para las aguas cloradas de las entradas y reservorios se utiliza frascos esterilizados con tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) al 3%.
- Se mide el cloro libre residual de la E1, E2 y Reservorios (Campo) y se anota el cloro libre residual del medidor de cloro automático. Se deja correr el agua por unos 5-7 minutos y recién se toma la muestra. Los envases no deben llenarse por completo, debiendo dejarse un espacio de al menos 2.5 cm.
- Se rotula la fecha, hora, nombre del colector, turbiedad y pH, estos dos últimos los brinda los medidores automáticos.
- Se guardan los frascos en bolsas ziplocs limpias para aislarla del resto de recipientes.

3.1.4.2 Monitoreo para medición de Clorofila y Ficocianina

- Se muestrea los siguientes puntos diariamente en la planta “La Atarjea”: B1, B2, E1, E2, PC, D1, D2, F1, F2, Reservorios.
- Se muestrea los siguientes puntos diariamente en la planta “Huachipa”: IB, SF, SP.
- Se utiliza frascos de vidrio ámbar de 200 mL

3.1.4.3 Monitoreo para análisis de Fitoplancton

- Se muestrea los siguientes puntos semanalmente en la planta “La Atarjea”: B1, B2, E1, E2, PC, D1, D2, F1, F2, Reservorios.
- Se muestrea los siguientes puntos semanalmente en la planta “Huachipa: IB, IP, SF, SP.
- Se utiliza frascos de plástico HDPE de boca ancha de 1 L para los puntos F1 y F2, mientras que para el resto de puntos de la planta se utiliza frascos de vidrio ámbar de 200 mL. Se agrega Lugol en campo.

3.1.4.4 Monitoreo para análisis de Zooplancton

- Se muestrea los siguientes puntos semanalmente en la planta “La Atarjea”: B1, B2, E1, E2, PC, D1, D2, F1, F2, Reservorios.
- Se muestrea los siguientes puntos semanalmente en la planta “Huachipa: IB, IP, SF, SP.
- Se toma 1 L para muestras de las bocatomas, mientras que para el resto de puntos se toma 5 L y se procede a filtrar con una malla de 20 μm . Lo filtrado se agrega en frascos de plástico de 100 mL de boca ancha. Se agrega fijador de formol al 4-5%.

3.1.4.5 Monitoreo para análisis de microcistina y anatoxina

Se muestrea todos los puntos de la planta quincenalmente en frascos de vidrio ámbar de tapa ancha de 100 mL.

3.1.4.6 Monitoreo para ensayo de Demanda de Cloro

Se muestrea las bocatomas y los filtros, para ello se utilizan frascos de vidrio estériles de 1 L con tapa rosca cubierta con papel aluminio.

3.1.4.7 Monitoreo para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- Se utilizan frascos limpios de HDPE de boca ancha de 1 L. Se muestrea semanalmente las Bocatomas.
- Llenar las muestras por completo, estas no deben contener burbujas en su interior, si éstas aún quedaran en el frasco la muestra deberá tomarse nuevamente.

3.1.4.8 Monitoreo para Oxígeno Disuelto

- Se muestrea mensualmente el tratamiento que reciben los efluentes de la empresa.

- Se utiliza frascos Winkler de 300 mL. Luego con una pipeta se agrega 1 mL de solución MnSO₄ (Reactivo A) y seguida de 1 mL de solución alcalino-yoduro-azida (Reactivo B). Se tapa con cuidado para excluir las burbujas de aire y se mezcla invirtiendo la botella varias veces.

3.1.4.9 Monitoreos mensuales de los afluentes de la cuenca del río Rímac

Son monitoreos subcontratados. Se muestrea las lagunas, represas, ríos afluentes y efluentes de las empresas que alimentan al río Rímac. Miden en campo la clorofila, ficocianina, pH, conductividad y oxígeno disuelto. El resto de parámetros son medidos en el laboratorio de Biología y Desinfección.

3.1.5 MONITEROS PARA OCASIONES ESPECIALES

Son monitoreos cuando los componentes de la planta están alterados o no están haciendo un proceso adecuado causados posiblemente por los organismos biológicos. Evaluación de efectividad del mantenimiento de un componente. Se realiza un muestreo de esos puntos bajo el mismo criterio que un monitoreo rutinario. Una vez aplicado la resolución del problema se procede a realizar nuevamente los análisis para comprobar la efectividad de la solución.

3.2 CRITERIOS DE BIOSEGURIDAD

Los laboratorios de SEDAPAL están considerados como Laboratorios de Bioseguridad Nivel 2 (BSL 2) porque se trabaja con agentes caracterizados que no causan enfermedades de manera constante en adultos sanos y que presentan un riesgo potencial mínimo para el personal de laboratorio y el medio ambiente, pero también se trabaja con otros agentes de riesgo potencial moderado para el personal y el medio ambiente. Las prácticas estándar y el equipo de seguridad para BSL 2 son según (OMS, 2016), ver anexo N° 4.

3.3 ÁREA DE MICROBIOLOGÍA

Los análisis microbiológicos están a cargo del analista del área de control microbiológico, este cuenta con la indumentaria adecuada para realizar este trabajo (gorro, mandilón, barbijo, guantes).

Antes de realizar el trabajo, se desinfecta la mesa de siembra con alcohol 70%. Rotula la muestra, los frascos con diluyente y los medios de cultivo, en estos últimos coloca la fecha de análisis, nombre del analista, nombre del medio de cultivo, nombre de la muestra y dilución. El analista de microbiología debe tener conocimientos de la norma ISO/IEC 17025 para brindar resultados de análisis confiables y de calidad.

También debe tener conocimientos sobre la norma ISO 14001, ISO 45001 debido a que maneja equipos, reactivos químicos y microorganismos peligrosos que afectan a su persona, compañeros y medio ambiente.

Debe proporcionar soluciones a problemas originados por microorganismos en la planta o a los afluentes de la cuenca del río Rímac.

Los análisis, ya sean microbiológicos, hidrobiológicos o parasitológicos sirven para calcular el porcentaje de remoción (pR) o el valor de reducción logarítmica (VRL) de cada proceso de la planta, lo cual nos permite comprobar si los procesos cumplen con el porcentaje de remoción establecido por el Sistema de gestión integrado (SGI) de la empresa, si no cumple se deben buscar las causas y resolverlos lo antes posible.

El SGI de la empresa establece un porcentaje de remoción entre las bocatomas y entradas para:

- Coliformes totales y termotolerantes: ≥ 2.5 Log o un 99.7% de remoción
- Bacterias heterotróficas: ≥ 2.0 Log o 99% de remoción
- Organismos de vida libre: $\geq 75\%$ o ≥ 0.602 Log

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{\text{Valor inicial} - \text{Valor final}}{\text{Valor inicial}} \times 100$$

$$\text{Valor de reducción logarítmica} = \text{Log} \left(\frac{\text{Valor inicial}}{\text{Valor final}} \right)$$

- Relación entre % de remoción y valor de reducción logarítmica

$$pR = (1 - 10^{-LRV}) \times 100$$

$$VRL = \text{Log} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{pR}{100}\right)} \right)$$

3.3.1 PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS

El encargado de esta área debe estar adecuadamente uniformado (mandil, gorro, lentes, barbijo y guantes). La balanza debe estar previamente calibrada y verificada. Para la preparación y esterilización se sigue los pasos establecidos por el fabricante, esta viene en la etiqueta de cada medio de cultivo. Se enfrían entre 45 y 50 °C y se distribuyen en placas hasta que solidifiquen. Se realizan pruebas para verificar su selectividad utilizando cepas patrones positivas y negativas. Para la preparación de reactivos ver el anexo N° 5 y para la preparación de medios de cultivo ver el anexo N° 6.

3.3.2 MANEJO DE CEPAS

Se realiza para asegurar la trazabilidad de las cepas de referencia utilizadas en el laboratorio y minimizar su contaminación o alteración de sus características típicas, siguiendo los lineamientos de (Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, 2009; González, 2002).

El uso de cepas de referencia en los laboratorios de microbiología es necesario para poder realizar gran parte de las actividades relacionadas con el control de la calidad. El uso más habitual es para: el control de los medios de cultivo y el aseguramiento de la validez de los resultados.

3.3.2.1 Cepa de referencia (Es obtenida de un cultivo de referencia, luego de haber sido reconstituida en un medio de cultivo no selectivo apropiado)

Todo cultivo de referencia que llega al laboratorio se registra en “Inventario de cepas de referencia”, luego se reconstituye de acuerdo con las instrucciones del fabricante o son sembrados en agar m-HPC (incubar a 35°C – 37°C por 24 horas). Se verifica la pureza (tinción de Gram) y estabilidad (pruebas bioquímicas relevantes) cuando corresponda. Los resultados se registran en el Registro “Control de cepas”.

3.3.2.2 Cepa de reserva (Es obtenida de una cepa de referencia y mantenida en condiciones adecuadas para conservar sus características fenotípicas y genotípicas)

A partir del medio sólido se elige colonias aisladas y se siembra en 3 tubos con 10 mL caldo BHI (incubar a 35°C – 37°C por 24 horas). Luego de ese periodo, se toma 1 mL del cultivo y se agrega a 27 crioviales (de los cuales sólo se utilizan 24, uno para cada mes por 2 años)

conteniendo 0.15 mL de glicerol estéril, se agita diez veces y se almacena a temperaturas < - 20°C. Para verificar que las cepas de reserva mantienen sus características esenciales, cada 6 meses se realizan las pruebas de pureza y estabilidad (Anexo 8). Registrarlo en “Control de cepas”.

3.3.2.3 Cepas de Trabajo (Es obtenida por la reactivación de una cepa de reserva y utilizadas en las actividades diarias del laboratorio)

Cada mes se extrae un criovial de cada una de las cepas de reserva y se incuba a 37°C hasta descongelar, esta actividad se registra en el Registro “Mantenimiento de cepas de reserva”. Del criovial, sembrar a 4 tubos con agar TSA en plano inclinado sobre la superficie y por puntura. Incubar a 35 – 37°C por 24 horas. Verificar la pureza y/o viabilidad de la cepa de trabajo (Anexo 7) Registrarlo en “Control de cepas”. Los otros tres tubos se utilizarán dentro del mes como cepas de trabajo para el control diario y se almacenan entre 5 ± 3 °C.

3.3.3 MANEJO DE LA MUESTRA

- a. No analizar las muestras congeladas o que tengan más de 30 horas en la refrigeradora.
- b. Si la muestra se ha guardado en refrigeración, esperar que se atemperen.
- c. Agitar vigorosamente 25 veces en un arco de 30 cm por 7 s o mediante un agitador mecánico durante 15 s a baja velocidad.
- d. Realizar las diluciones con el agua de dilución, transfiriendo 10 mL de la muestra en 90 mL de diluyente.
- e. Agitar vigorosamente 25 veces en un arco de 30 cm por 7 s o mediante un agitador mecánico durante 15 s a baja velocidad.
- f. Proceder a realizar más diluciones o inocular en los medios de incubación.

3.3.4 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

- Pipetas estériles de 1, 5 y 10 mL y pro-pipetas
- Tubos de ensayo 22 mm x 155 mm, 18 mm x 150 mm, placas de Petri de vidrio 15 x 100 mm, placas de Petri pre-esterilizadas de plástico de 9 mm x 50 mm, láminas portaobjetos
- Asas de inoculación en anillo 3 mm y asas en punta
- Unidad de filtración completa que comprende: fuente de vacío, matraz Kitasato, porta filtro
- Membranas filtrantes cuadrículadas, pre-esterilizadas, de 47 mm de diámetro y 0.45 µm diámetro de poro

- Pinza para membrana filtrante y frasco con alcohol de 70°
- Vórtex

3.3.5 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE BACTERIAS COLIFORMES POR EL MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLE Y FILTRO DE MEMBRANA.

Las bacterias coliformes totales se han utilizado durante mucho tiempo como indicadores de la calidad del agua basándose en la premisa de que, debido a que estos organismos están presentes en los intestinos de los animales de sangre caliente, aunque también muchos de sus miembros se encuentran naturalmente en aguas, suelos o vegetación. Los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces están compuestas también por estas. *E. coli* indica contaminación de origen fecal reciente. (Rojas et al., 2013).

El ensayo de coliformes totales se realiza diariamente y es útil para determinar la eficiencia de todo el proceso de la planta, mientras que los ensayos para coliformes termotolerantes y *E. Coli* también se realizan diariamente y sirven para determinar principalmente la eficiencia de la desinfección con cloro. Para el ensayo de coliformes totales se analizan todos los puntos de la planta. En el ensayo de coliformes termotolerantes solo se analizan las bocatomas, entradas, reservorios por ser puntos donde se evalúa la efectividad de la desinfección, los afluentes de la cuenca del río Rímac y los efluentes de la empresa al río.

3.3.5.1 MATRIZ AGUA NATURAL POR EL MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES (NMP)

Se analizan las bocatomas, afluentes de la cuenca del río Rímac y efluentes de la empresa.

- PROCEDIMIENTO para Coliformes Totales (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 B, 23 rd. Edition)

Ensayo de coliformes totales

AGUA POTABLE: Inocular en 10 tubos de CLS 2X, 10 mL de muestra.

AGUA NO POTABLE: Inocular en 5 tubos de CLS X, 10mL de muestra y añadir 1 mL de muestra a 5 tubos con CLS X (por cada dilución decimal considerada).

Agitar suavemente e Incubar 24 ± 2 h a 35 ± 0.5 °C

(1) Crecimiento, producción de gas y/o acidez. Transferir al medio confirmatorio Brilla. Incubar 48 ± 3 h a 35 ± 0.5 °C (**). Considerar positivos cuando hay producción de gas.

(2) No produce gas ni acidez. Incubar adicionalmente por 24 h (total 48 ± 3 h).

Reporte de Resultados Según
Tabla NMP/100 mL

(a) Producción de gas. Transferir a agar Mac Conkey. Incubar 24 ± 2 h a 35 ± 0.5 °C.

(b) Sin producción de gas. Prueba negativa. Ausencia del grupo Coliformes.

Producción de gas o acidez. Continuar como en (1).

No produce gas o acidez. Prueba negativa. Ausencia de Grupo Coliformes.

(1.1)

Colonias Coliformes típicas o atípicas. Transferir a agar inclinado y a tubos con caldo Lauril sulfato. Incubar ambos a 35 ± 0.5 °C, el agar a 18 -24 h y el caldo Lauril sulfato a 48 ± 3 horas.

(1.2)

Colonias negativas. Ausencia del Grupo Coliforme.

Producción de gas. Porción del agar inclinado para Coloración Gram. †

Sin producción de gas. Prueba negativa. Ausencia del Grupo Coliformes.

Presencia de bacilos Gram negativos, sin esporas. Prueba completa: Presencia del grupo Coliformes. Presenta bacilos Gram Positivos y negativos. Repetir el procedimiento desde 1.1.

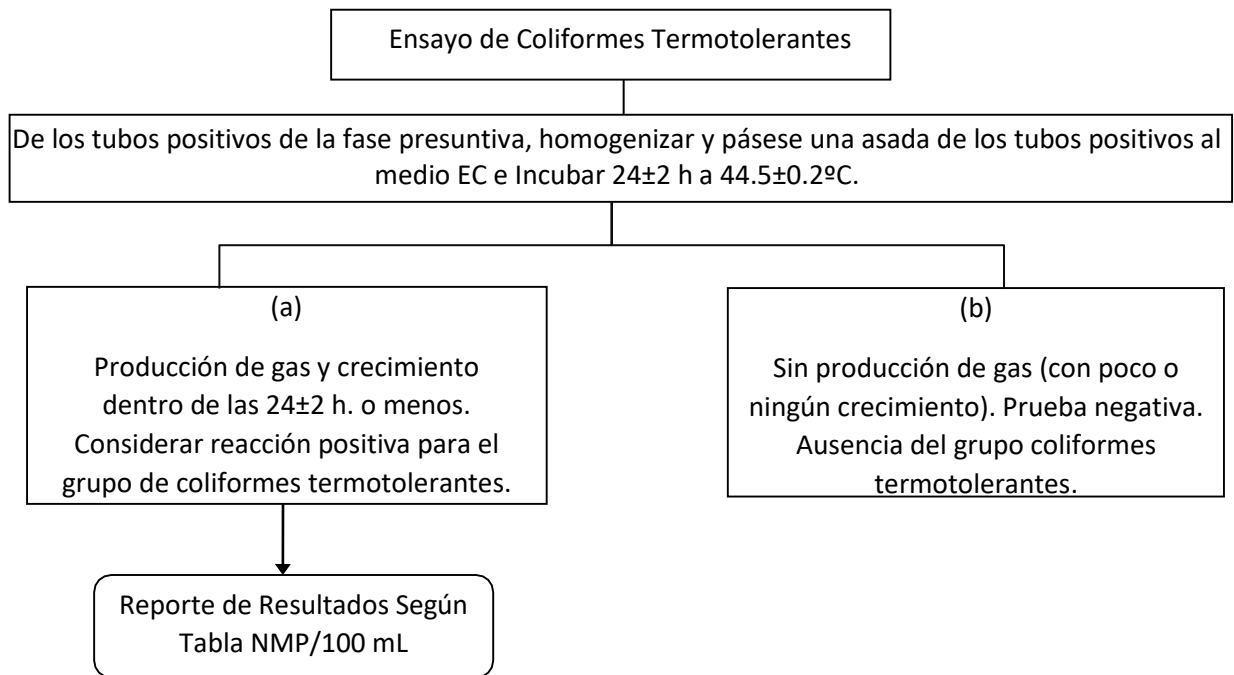
Presencia de esporas o bacilos Gram positivos esporulados. Prueba completa: Ausencia del grupo Coliformes.

**Si el gas o el crecimiento ácido se produce antes del tiempo máximo de incubación, transferir al siguiente medio apropiado.

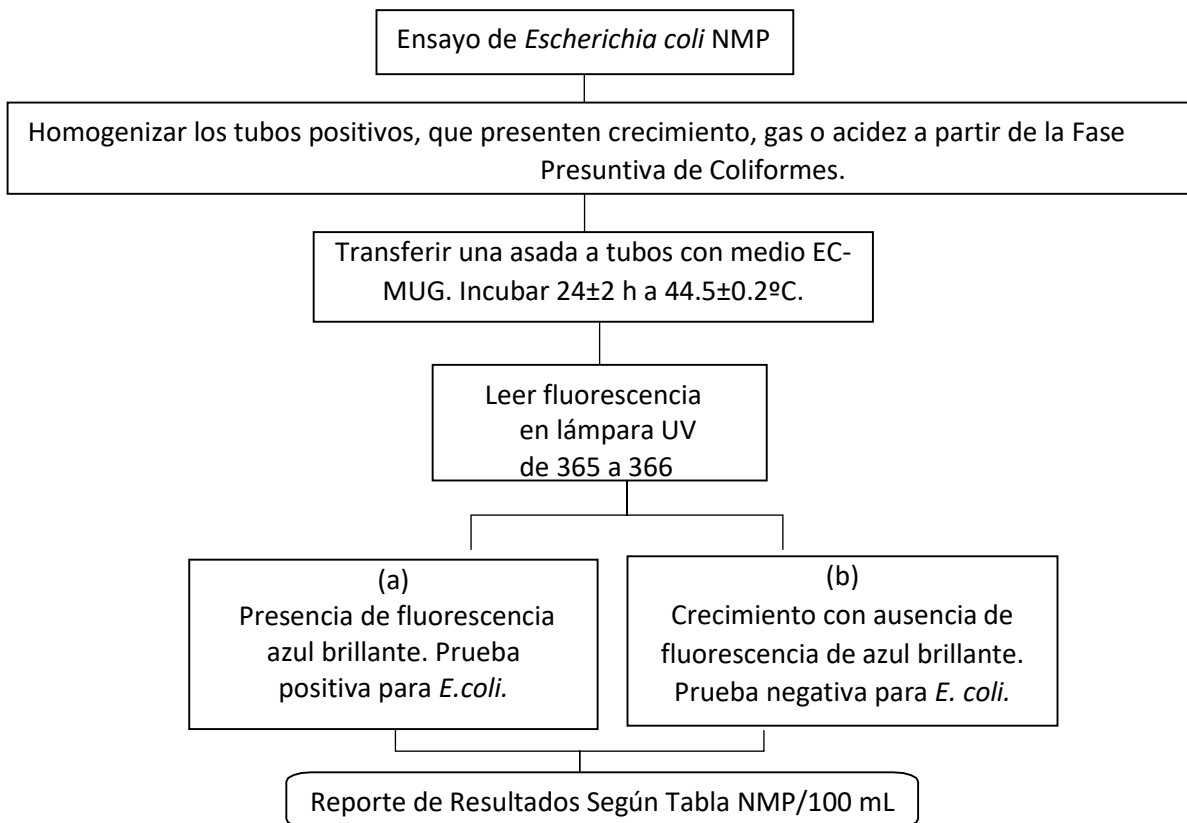
† Opcionalmente para aguas de bebida.

FASE COMPLETA: TRIMESTRAL

- PROCEDIMIENTO para Coliformes Termotolerantes (SMEWW-APHA-AWWA- WEF 9221 E, 23 rd. Edition)



- PROCEDIMIENTO para E. Coli (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 F, 23 rd. Edition)



REPORTE DE RESULTADOS

- A partir de los tubos que dieron lecturas positivas en la Prueba Confirmativa, y de aquellos tubos que resultaron positivos en la prueba completa, anotar el número total de tubos positivos para cada dilución y así obtener la serie de tres cifras, la cual debe ubicarse en la tabla del Número Mas Probable (NMP) para 5 tubos por dilución (Anexo N° 9).
- Cuando se emplean más de tres diluciones en una muestra, se deben usar los resultados de solo 3 series de diluciones.
- Para seleccionar la serie, seguir según el criterio de combinación (Anexo N° 10)

3.3.5.1 MATRIZ AGUA TRATADA POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN

En esta metodología, el análisis de coliformes totales se realiza a los puntos E1, E2, PC, D1, D2, F1, F2, IP, SF y reservorios, mientras que para el análisis de coliformes termotolerantes se realiza a los puntos E1, E2, IP y reservorios.

El método de filtración por membrana permite estimar la densidad de bacterias coliformes totales y termotolerantes por medio del recuento directo de las colonias que crecen en las superficies de las placas con agar m-Endo Les (coliformes totales) y agar m-FC (coliformes termotolerantes).

PROCEDIMIENTO para Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *E. Coli* (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9222, 23 rd. Edition)

- Colocar la membrana en el portafiltro usando una pinza estéril, sobre la placa porosa del receptáculo, y unir el embudo con el receptáculo.
- Verter 100 mL de la muestra y proceder a filtrar con ayuda de una bomba de vacío.
- Después de la filtración, enjuagar el portafiltro.
- Separar el portafiltro del embudo y proceder a retirar la membrana con una pinza estéril.
- Colocar la membrana en el medio de cultivo de agar m-Endo Les y agar m-FC para C. Totales y C. Termotolerantes respectivamente e incubar a 35 ± 0.5 °C por 22-24 horas.
- Observar las colonias con un microscopio estereoscopio (10X-15X).

LECTURA para coliformes totales: Las colonias típicas de coliformes que son de color rojo-grosella con brillo metálico en el centro o toda su superficie. Las colonias atípicas, generalmente son de color rosado a rojo o incoloras sin brillo metálico.

LECTURA para Coliformes Termotolerantes y *E. Coli*: Las colonias típicas que son de color azul, mientras que las no típicas son de color gris o crema.

PUEBAS CONFIRMATORIAS para Coliformes Totales: Cuando se trata de agua potable, verificar todas las placas con colonias típicas y atípicas de coliformes. Verificar al menos 5 colonias típicas y 5 colonias atípicas. Para agua tratada no potable, verificar máximo 10 colonias típicas y 10 colonias atípicas. Las colonias escogidas se siembran primero en CLT y luego en Caldo Brilla, siguiendo los mismos lineamientos que la metodología de coliformes por NMP explicado anteriormente.

PRUEBAS CONFIRMATORIAS para Coliformes Termotolerantes y *E. Coli*: Escoger máximo 10 colonias típicas y atípicas de una muestra de agua tratada no potable. Escoger todas las colonias típicas y atípicas de una muestra de agua potable. Las colonias escogidas se siembran primero en CLT y luego en Caldo EC o EC-MUG, siguiendo los mismos lineamientos que la metodología de coliformes por NMP explicado anteriormente.

REPORTE DE RESULTADOS

$$\text{Coliformes totales (UFC)/100mL} = \frac{N^{\circ} \text{ colonias} \times \text{col. confirmadas}}{\text{Vol. filtrado} \times \text{col. por confirmar}}$$

$$\text{Coliformes termotoler. (UFC)/100mL} = \frac{N^{\circ} \text{ colonias} \times \text{col. confirmadas}}{\text{Vol. filtrado} \times \text{col. por confirmar}}$$

3.3.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS POR EL MÉTODO DE FILTRO DE MEMBRANA

Es un procedimiento para estimar el número de bacterias heterótrofas cultivables vivas en el agua. Las bacterias heterotróficas están presentes en todos los cuerpos de agua y constituyen un grupo de bacterias ambientales de amplia distribución, Se pueden usar para juzgar la eficiencia de varios procesos de tratamiento, su aplicación como una prueba de control en la planta. (Lujan, 2016).

El ensayo se realiza diariamente y para todos los puntos de la planta. Es útil para determinar el grado de contaminación microbiana general del agua que ingresa por las bocatomas y determinar la eficiencia de cada proceso de la planta, especialmente de la desinfección. Sirve para evaluar el grado de contaminación microbiana de los componentes de la planta, y determinar si necesitan una limpieza o mantenimiento.

PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9215 D, 23 rd. Edition)

- Se realiza diluciones de hasta 1:100000 para los puntos de B1, B2, IB; 1:100 para los puntos de E1, E2, D1, D2, F1, F2, IP.
- No se realiza diluciones a la muestra de los reservorios y SF.
- Verter 50 mL. El proceso de filtración es el mismo explicado en la metodología para coliformes.
- Retirar la membrana con una pinza estéril y colocarlo en agar m-HPC e incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas.

LECTURA Y REPORTE DE RESULTADOS

- Realizar la lectura con un microscopio estereoscopio (10X – 15X).
- Elegir las placas que tengan entre 20-200 colonias.
- Contar todas las colonias en la superficie de la membrana, cuando son 2 o menos por cuadrado. Si son 3 a 10 colonias por cuadrado, contar 10 cuadrado, promediar y multiplicar por 100. Si son de 11 a 20 colonias por cuadrado, contar 5 cuadrado, promediar y multiplicar por 100.
- Si hay más de 20 colonias por cuadrado, reportar como > 2000 dividido por el volumen de muestra.

$$\text{Bacterias heterotróficas (UFC)/mL} = \frac{\text{Colonias contadas} \times \text{factor de dil.}}{\text{Vol. filtrado}}$$

3.3.7 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA *Pseudomonas aeruginosa* POR EL MÉTODO DE FILTRO DE MEMBRANA

Aunque no están contemplados en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano, *Pseudomonas aeruginosa* es capaz de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas debido a que forman biofilms por lo que es de alto riesgo para la salud, en especial de los neonatos, pacientes hospitalizados e inmunodeficientes, es decir, es un patógeno oportunista (Marchand, 2002).

El ensayo se realiza de forma diaria y solo para los reservorios. Sirve como un indicador adicional de la eficiencia de la desinfección.

PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9213, 23 rd. Edition)

- Verter 300 mL de muestra de reservorio.
- El proceso de filtración es el mismo explicado en la metodología para coliformes.
- Colocar la membrana en el medio de cultivo de agar m-PAC-c modificado e incubar a 41.5 °C por 24-72 horas.

LECTURA:

- Realizar la lectura con un microscopio estereoscopio (10X – 15X). Elegir las placas que tengan entre 20-80 colonias.
- Características de las colonias típicas: 0,8-2 mm de diámetro, aplanadas con centro marrón o verdoso oscuro, borde pálido.

PRUEBA CONFIRMATORIA:

- Seleccionar máximo 5 colonias y sembrar por estría en agar leche e incubar a 35°C por 24 horas.
- Considerar positivas a las colonias que hidrolizan la caseína y produzcan una pigmentación difusible verde amarillenta.

REPORTE DE RESULTADOS

$$P. aeruginosa (UFC)/100 mL = \frac{N^{\circ} \text{ de colonias} \times \text{Col. confirmadas}}{\text{Vol. filtrado} \times \text{Col. por confirmar}}$$

3.3.8 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ACTINOMICETOS POR EL MÉTODO DE DOBLE CAPA DE AGAR

Algunos actinomicetos emiten olores terrosos o mohosos que afectan la calidad y la aceptación pública de los suministros de agua municipales. Son productores de dos compuestos, geosmina y 2-metilisoborneol e identificados como los agentes responsables de los olores terrosos y mohosos. (Burman, 1973).

Este análisis se realiza mensualmente o cuando se detectan altos niveles de geosmina en el agua de los reservorios. Se analiza el agua de todos los puntos de la planta para encontrar el origen del problema, una vez encontrado el origen, se aplica las medidas correspondientes.

PROCEDIMIENTO: (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9250 B, 23 rd. Edition)

- PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: En un Erlenmeyer estéril de 250 mL, agregar 135 mL de agua desionizada estéril y 15 mL de muestra obteniendo 1:10 de muestra de dilución. Agitar por 30 segundos.
- PLAQUEO: Para cada muestra, se prepara una o dos placas por dilución para ser examinada (por ejemplo, 1:10 y 1:100). Asépticamente transferir 15 a 20 mL de Agar Actinomicetos a una placa de 100 mm y dejar solidificarse. Luego se añade 17 mL de agar Actinomicetos licuado a un tubo estéril de 50 mL, se añade 2 mL de la muestra apropiadamente diluida o sin diluir, 1 mL de solución estéril de antimicótico (Ciclohexamida). Mezclar con la ayuda de un vórtex. Con una pipeta tomar 5 mL de la mezcla y colocar sobre la placa de agar de capa inferior, homogenizamos muy bien por toda el área de la placa e incubar a 28° C hasta que no aparezcan nuevas colonias. Por lo general esto requiere de 6 a 7 días, aunque a veces necesita periodos de incubación más largas.

LECTURA

Elegir placas con colonias entre 10-30 colonias por placa. Para diferenciar entre una colonia bacteriana típica y una colonia de actinomiceto, ver el anexo N° 11.

Si no se puede diferenciar entre una colonia bacteriana y una colonia micótica, proceder a realizar una coloración Gram. Los actinomicetos forman cadenas largas y unidas.

REPORTE DE RESULTADOS:

$$\text{Actinomicetos (UFC)/100 mL} = \frac{N^{\circ} \text{ colonias} \times \text{factor dil.} \times 100}{\text{Vol. muestra analizada}}$$

3.3.9 PROCEDIMIENTOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El laboratorio ha implementado, documenta y opera de manera efectiva un sistema de gestión de la calidad. Este establece una operación de gestión y pruebas ambientales que describe tanto una política o programa de aseguramiento de la calidad y técnicas y prácticas operativas de control de calidad. Estos están diseñados para corroborar la validez de los

procesos y datos analíticos y garantizar el cumplimiento de los requisitos reglamentarios, los objetivos y requisitos de calidad del cliente y del proyecto, y los estándares de acreditación o certificación aplicables.

3.3.9.1 Verificación de balanza

Verificar las balanzas nos proporciona información acerca de su estado, por lo tanto, si necesita algún mantenimiento o calibración. Asegura que los pesos medidos de los componentes para la preparación de medios de cultivo y reactivos tengan el valor real y una menor incertidumbre de medición.

Verificaciones

Luego de nivelar y tarar la balanza, colocar la pesa, esperar unos segundos que estabilice y anotar el valor obtenido en el registro "Verificación de la Balanza Analítica. Este procedimiento se debe realizar para cada pesa en orden de menor a mayor valor nominal.

Tabla N° 2. Verificación de balanza analítica

VERIFICACIÓN DE LA BALANZA ANALÍTICA											
NOMBRE DEL EQUIPO:		EQUI-02		MES:		Julio		AÑO:		2021	
CÓDIGO DEL EQUIPO:		BAL01		SENSIBILIDAD:		0.001 gr					
DÍA	HORA	PESA (gr)				CONFORME	NO CONFORME	OBSERVACIONES	RESPONSABLE		
		100	50	10							
		ERROR MÁXIMO PERMITIDO (±)									
		0.1	0.1	0.01							
5	8:20	99.998	49.998	9.999		C			B. Castillo		
6	8:22	99.999	49.989	10.001		C			B. Castillo		
7	8:18	99.997	49.997	10.000		C			B. Castillo		
8	8:16	100.001	50.000	10.001		C			B. Castillo		
9	8:20	100.000	50.002	10.001		C			B. Castillo		

Fuente: Propia

3.3.9.2 Verificación interna de equipos de temperatura controlada

Monitorear el correcto comportamiento de los equipos isoterms que se encuentran calibrados nos asegura un correcto funcionamiento de los equipos para obtener la máxima recuperación de microorganismos en los medios de cultivo.

- Incubadoras y baños termostáticos

- Colocar termómetro de control de temperatura en cualquiera de los puntos reportado en el certificado de calibración, para baños termostáticos cubrir el termómetro con agua. Cerrar la puerta, encender el equipo y programarlo a la temperatura solicitada por el método que se va a ejecutar.
- Dejar que se estabilice la temperatura del equipo (90 min a 120 min).
- Registrar la temperatura que se observa en el termómetro de control y la temperatura que indica el propio equipo.
- A la temperatura observada en el termómetro de control y del equipo se le aplicará el valor de corrección reportada en el certificado de calibración del mismo instrumento. Esta temperatura corregida será registrada en “Verificación de temperatura de los equipos de laboratorio”

Tabla N° 3. Verificación de temperatura de los equipos de laboratorio

VERIFICACIÓN DE TEMPERATURA DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO												
TEMPERATURA °C	INCUBADORA 1 35 +/- 0.5 °C			INCUBADORA 2 28 +/- 1 °C			INCUBADORA 3 41.5 +/- 0.5°C			BAÑO MARIA 44.5 +/- 0.5°C		
FECHA	T° termomet	T° equipo	C o NC	T° termomet	T° equipo	C o NC	T° termomet	T° equipo	C o NC	T° termomet	T° equipo	C o NC
05/07/2021	35.2	35.2	C	28	28	C	41.4	41.3	C	44.5	44.3	C
06/07/2021	35.5	35.4	C	28	28	C	41.4	41.4	C	44.5	44.5	C
07/07/2021	35.0	35.1	C	28	28	C	41.5	41.4	C	44.4	44.5	C
08/07/2021	35.0	35.0	C	28	28.1	C	41.5	41.5	C	44.6	44.6	C
09/07/2021	35.1	35.0	C	28	28.1	C	41.5	41.5	C	44.5	44.5	C

Fuente: Propia

3.3.9.3 Control de esterilización por calor húmedo y seco

3.2.9.3.1 Calor húmedo

Por cada lote de esterilización se colocan cintas indicadoras de esterilización por calor húmedo y calor seco en los materiales. El cambio de viraje en la cinta garantiza la aceptación de la esterilización, por otro parte, se realiza el control biológico con una suspensión de esporas de *Bacillus stearothermophilus* para esterilización por calor húmedo mensualmente; *Geobacillus stearothermophilus*, esterilización por calor seco trimestralmente. Se registrará en “Registro de esterilización y descarte por calor húmedo o seco”. Controlar esta esterilización nos asegura que los medios de cultivos y reactivos estén libres de contaminación microbiana, evitando así falsos positivos.

Tabla N° 4. Registro de esterilización y descarte por calor húmedo

REGISTRO DE ESTERILIZACIÓN Y DESCARTE POR CALOR HÚMEDO										
Fecha	Tiempo (minutos)	Temperatura (° C)	Presión (psi)	Contenido	Cinta indicadora		Control biológico		Responsable	Obs
					C	NC	C	NC		
05/07/2021	15	121	15	<i>Bacillus stearothermophilus</i>			C		B. Castillo	
06/07/2021	15	121	15	Medios de cultivos	C				B. Castillo	
07/07/2021	15	121	15	Frascos con agua de dilución	C				B. Castillo	
08/07/2021	15	121	15	Medios de cultivos	C				B. Castillo	
09/07/2021	30	121	15	Medios de cultivo sembrados	C				B. Castillo	

Fuente: Propia

Tabla N° 5. Registro de operación de la estufa de esterilización

REGISTRO DE OPERACIÓN DE LA ESTUFA DE ESTERILIZACIÓN									
Fecha	Tiempo (minutos)	Temperatura (° C)	Contenido	Cinta indicadora		Control biológico		Responsable	Obs
				C	NC	C	NC		
05/07/2021	60	170	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>			C		B. Castillo	
06/07/2021	60	170	Frascos vacíos y Placas	C				B. Castillo	
07/07/2021	60	170	Tubos vacíos, pipetas	C				B. Castillo	
08/07/2021	60	170	Frascos vacíos y Placas	C				B. Castillo	
09/07/2021	60	170	Tubos vacíos, pipetas	C				B. Castillo	

Fuente: Propia

3.3.9.4 Control de condiciones ambientales

3.2.9.4.1 Control de humedad y temperatura de las instalaciones

Todas las áreas del laboratorio deben tener un rango de temperatura y humedad según los equipos que se manejan en cada laboratorio y cada área. Se miden diariamente con un Termo higrometro calibrado. Se registra en "Control de humedad y temperatura".

Tabla N° 6. Registro de control de humedad y temperatura

REGISTRO DE CONTROL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA						
Área de Trabajo:			Incubadoras del área de Microbiología			
Rango de Aceptación Temp.			18-27 °C			
Rango de Aceptación % HR			< 80			
05/07/2021	10:00	23	23	70	70	B. Castillo
06/07/2021	10:11	24	24	68	68	B. Castillo
07/07/2021	10:10	23	23	68	68	B. Castillo
08/07/2021	10:08	22	22	70	70	B. Castillo
09/07/2021	10:02	23	23	71	71	B. Castillo

Fuente:

Propia

3.2.9.4.2 Control ambiental microbiológico de las instalaciones

Se utiliza para controlar la calidad del aire en las instalaciones mensualmente. Se examina exponiendo durante 15 minutos una placa Petri abierta con un medio de agar nutritivo. Las colonias de bacterias y mohos-levaduras se cuentan por separado y deben ser < 15 UFC/15 min. Si hay un resultado > 15 UFC/15min, esto indica que el área afectada necesita una mejor limpieza. Se registra en "Control microbiológico ambiental".

Tabla N° 7. Registro de control microbiológico ambiental

REGISTRO DE CONTROL MICROBIOLÓGICO AMBIENTAL															
Fecha	Parámetros (UFC/placa/15 min)														Responsab.
	Total de bacterias viables							Mohos/Levaduras							
	AM	AD	AH	AP	AE	APM	AL	AM	AD	AH	AP	AE	APM	AL	
05/07/21	2	3	5	5	6	3	5	1	1	2	2	4	1	7	B. Castillo
05/08/21	1	2	4	5	7	4	6	1	1	3	3	4	2	6	B. Castillo

Fuente: Propia

Siendo: AM: Área de Microbiología, AD: Área de Desinfección, AH: Área de Hidrobiología, AP: Área de Parasitología, AE: Área de escritorios, APM: Área de preparación de medios, AL: Área de lavado

3.4 ÁREA DE DESINFECCIÓN

El profesional de esta área se encarga de realizar los ensayos de Demanda de Cloro (DDC), medición de parámetros fisicoquímicos. Debe portar la misma indumentaria que en el área de Microbiología, pero además utilizar lentes de protección debido a que maneja varios productos químicos peligrosos, por lo que debe ser competente en el manejo estos.

3.4.1 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA ENSAYOS DE DEMANDA DE CLORO

Para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos durante la valoración de la solución de cloro y oxígeno disuelto, es importante estandarizar la solución titulante de tiosulfato de sodio y cloro cada vez que se use a fin de realizar los ajustes correspondientes a los ensayos. Ver Anexo N° 12.

3.4.2 ENSAYO DE DEMANDA DE CLORO

Es un ensayo que sirve para determinar cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica presente en el agua (Melgar et al., 2021).

El ensayo nos permite obtener la dosis de cloro óptima para asegurar un cloro residual libre apropiado al desinfectar las muestras de agua superficial (Bocatomas) y tratadas (Filtros), especialmente este último donde se eliminarán a los microorganismos y compuestos químicos que no lograron removerse en los anteriores procesos y que asegure un cloro libre residual mayor a 0.5mg/L desde los reservorios hasta nuestras casas. El SGI establece un cloro libre para muestras de las bocatomas entre 0.3-0.8 mg/L; para F1 y F2 debe tener entre 0.9-1.1 y 1.3-1.5 mg/L respectivamente.

PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2350 B, 23 rd. Edition)

- Medir la temperatura, cloro total, pH de las muestras.
- Agregar 100 mL de muestra en frascos de Erlenmeyer de 250 mL, 2 a 6 frascos (depende del criterio de cada analista).
- Adicionar una cantidad de solución estandarizada de cloro.
- Cubrir los frascos Erlenmeyer y colocarlos en lugares donde no llegue la luz. Dejar reposar durante 60 min. como tiempo de contacto. Al final del tiempo, medir el cloro residual y total.
- Medición de Cloro Total y Libre por el método colorimétrico DPD: (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-Cl. G, 23 rd. Edition)
 - Blanquear el equipo Pocket Colorimeter de HACH.
 - Medir el cloro residual libre usando un sobre de DPD-free chlorine; cloro total, usar DPD-Total Chlorine. Escoger el frasco con la dosis donde se obtuvo el mejor cloro residual.

CALCULO

$$\text{Demanda de cloro} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \text{Dosis de cloro} - \text{Cloro residual}$$

3.4.3 PROCEDIMIENTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

VERIFICACIÓN Y AJUSTE DEL POTENCIÓMETRO

Verificar el potenciómetro nos asegura que los medios de cultivo tienen el pH que indica la metodología. Se utiliza también para medir la temperatura y pH de las muestras para el ensayo de demanda de cloro.

- Ajuste: Encender el equipo y activar el modo “calibración” e insertar el electrodo en las soluciones buffer de pH. Anotar el valor y proceder con la siguiente solución buffer.
- Anotar el valor del slope que debe ser entre 95-105%.
- Verificación: repetir los pasos del ajuste con soluciones buffer de verificación.
- Realizarlo diariamente y registrarlo diariamente en “Verificación de pH”

Tabla N° 8. Verificación de pH

VERIFICACIÓN DE Ph											
Ph Buffer	Marca	Lote	Código de la solución.	Tolerancia (+/- unid pH)	Fecha de vencimiento						
pH 07 = Buffer 1	Oakton		R-01	0.2	31/12/25						
pH 04 = Buffer 2	Oakton		R-02	0.2	31/12/25						
pH 10 = Buffer 3	Oakton		R-03	0.2	31/12/25						
Código del equipo:				Valor teórico Slope: 95 – 105%							
Fecha	Buffer 4,00		Buffer 7,00		Buffer 10,00		Valor Slope	C	NC	Analista	Obs
	pH	T °C	pH	T °C	pH	T °C					
05/10/2021	4.00	20	7.01	20	10.0	20	98%	C		B. Castillo	
06/10/2021	4.01	20	7.01	20	10.02	20	98%	C		B. Castillo	
07/10/2021	4.01	20	7.02	20	10.01	20	98%	C		B. Castillo	

Fuente: Propia

3.5 ÁREA DE HIDROBIOLOGÍA

El profesional encargado de esta área debe tener conocimientos sobre análisis hidrobiológicos, tanto cuantitativos como cualitativos, y fisicoquímicos de muestras de aguas superficiales, tratada y potable. Brindar soluciones o mecanismos de prevención si existen problemas originados por organismos hidrobiológicos en la planta y en los afluentes de la cuenca del río Rímac.

3.5.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE CLOROFILA, FICOCIANINA Y FICOERITRINA PORFLUOROMETRÍA DE EXCITACIÓN ÓPTICA

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se utilizan ampliamente para estimar la biomasa del fitoplancton. La presencia o ausencia de varios de los pigmentos fotosintéticos se utilizan, entre otras características, para identificar los principales grupos de algas (Ordoñez, 2021).

La medición se realiza 2 veces al día, 1 en la mañana y otra en la tarde. Otras versiones del equipo se configuran para que midan continuamente cada hora, para ello se instalan en los puntos que están entre las Bocatomas y Desarenadores. La medición de clorofila y ficocianina es una forma rápida para estimar la cantidad de fitoplancton en el agua. Un nivel alto de clorofila y ficocianina indica una posible alta cantidad de cianobacterias productoras de cianotoxinas, por lo que se informa inmediatamente al jefe del laboratorio.

PROCEDIMIENTO (AlgaeChek Ultra - Kit)

Agitar levemente los frascos ámbar de 200 mL y sumergir el sensor del equipo. Esperar que los picos en los gráficos del equipo se estabilicen. Presionar para medir y anotar los valores promedio de Clorofila (a) y Ficocianina (c).

3.5.2 PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE FITOPLANCTON POR MÉTODO DE SEDIMENTACIÓN

El fitoplancton, se ha utilizado durante mucho tiempo como indicador de la calidad del agua. Influyen fuertemente en ciertos aspectos no biológicos de la calidad del agua (por ejemplo, pH, color, sabor, concentración de oxígeno y olor) e identificar la fuente de un agua que se mezcla con otra (Smol, 2008). También puede usarse para indicar la eficiencia relativa de las plantas de tratamiento de agua, especialmente de la efectividad del cloro y el alguicida sulfato de cobre, la probabilidad de que las fuentes de agua subterránea estén directamente influenciadas por el agua superficial. Explicar la obstrucción de tuberías, pantallas o filtros, y ayudar a diseñar y operar plantas de tratamiento de agua y aguas residuales (Hancock et al., 1996). Algunas especies de fitoplancton desarrollan floraciones nocivas que pueden disminuir la claridad, dañar las industrias recreativas y acuícolas y crear sabores y olores desagradables en el agua potable (Serena et al., 2017). Las floraciones de algas pueden incluso crear condiciones anóxicas o producir toxinas que envenenan (Dodds et al., 2009).

El análisis de fitoplancton sirve como indicador de la eutrofización de las aguas afluentes de la cuenca del río Rímac, agua tratada y potable. Se conoce y cuantifica, por lo tanto, si existen

grupos o géneros que son capaces de producir en grandes cantidades metabolitos dañinos para la salud. Las algas y cianobacterias obstruyen los componentes de la planta, generando un mal funcionamiento y una re-contaminación del agua tratada. Se determina la eficiencia de remoción del sulfato de cobre para el fitoplancton en los estanques reguladores.

MATERIALES

- Microscopios compuestos invertidos con oculares de 10 o 12.5, y objetivos de 10x, 20x, 40x y 100x con micrómetro ocular de recuento Whipple
- Cámaras de sedimentación Utermohl (cilindros de 10, 25 y 50 mL y placas de vidrio)
- Sifoneador manual o automático y lugol

PROCEDIMIENTO (SMEWW APHA, AWWA, WEF, 10200 C1, F.2)

- Para las muestras de 200 mL: Colocar unas gotas de Lugol en la placa de la cámara Utermohl. Homogenizar la muestra, realizar diluciones si lo amerita, colocar el cilindro o columna de cierta capacidad en la placa y llenar la cámara hasta formar un menisco y cubrir el cilindro con una placa de vidrio con tal que no queden burbujas de aire.
- Para las muestras de 1 L, agregarles directamente Lugol y dejar reposar por 2 días aproximadamente. Luego eliminar el sobrenadante con un sifón hasta obtener solo 50 mL de muestra y repetir el mismo proceso anterior para el llenado la cámara.
- Dejar reposar aproximadamente 0,5 h / mm de profundidad. Eliminar con cuidado la columna de agua y a la vez colocar un cubreobjetos sobre la placa sin formar burbujas.

REPORTE DE RESULTADOS

- Realizar los conteos de los géneros o especies por separado.
- Observar en el microscopio compuesto invertido a 20X o 40X desde un extremo de la cámara hasta el otro extremo (1 tira).
- Si se cuenta toda la cámara, aplicar la siguiente fórmula:
ALGAS (Chlorophytas, dinoflagelados, diatomeas, etc.) y CIANOBACTERIAS

$$\text{N}^{\circ} \text{ células o filamentos} \times \text{dil./volumen sedimentado (mL)}$$

- Si se llegase a contar más de 50 unidades de una especie o género en el transcurso de la primera o cuarta tira proceder a estimar. Aplicar la siguiente formula

$$\text{N}^\circ \text{ células o filamentos /volumen sedimentado (mL)} = \frac{C \times At \times dil.}{L \times W \times S}$$

Donde:

C = número organismos contados en los barridos

At = área total de la base de la cámara de sedimentación (mm²) = $\pi \times r^2$

L = longitud de un barrido (mm)

W = Ancho de un barrido o lado del Whipple a un determinado aumento (mm)

S = número de tiras contadas

- Si hay más de 10 unidades de una especie o género en un solo campo del Whipple. Aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ células o filamentos/volumen sedimentado (mL)} = \frac{C \times At \times dil.}{Af \times F}$$

Donde:

Af: Área de un campo a determinado aumento

F: número de campos contados

3.5.3 PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE ZOOPLANCTON POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN

El uso de zooplancton para la caracterización ambiental de sistemas acuáticos es ventajoso, porque algunas especies se han sido utilizadas para determinar cambios en el estado trófico. (García, 2015)

Es un indicador, para determinar de forma rápida el grado de contaminación biológica o estado trófico de los afluentes del río Rímac, pero sobre todo el grado de contaminación de los componentes de la planta.

PROCEDIMIENTO (SMEWW APHA, AWWA, WEF, 10200 C.2)

- Volver a filtrar las muestras del monitoreo con un filtro de 10 o 20 μm .
- Enjuagar lo filtrado y añadirlo a una celda de Sedgewick-Rafter. Realizar diluciones si lo amerita. Dejar reposar por lo menos 3-5 minutos.
- Observar en un Microscopio compuesto invertido a 10X o 20X.

REPORTE DE RESULTADOS

$$\text{Zooplankton/L} = \frac{N^{\circ} \text{Zooplankton contados} \times \text{dil.}}{\text{Vol. filtrado (L)}}$$

3.5.4 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE MICROCISTINA Y ANATOXINA POR MÉTODO DE ELISA

El kit de placa ELISA para anatoxina-a y microcistinas de Eurofins Abraxis es un inmunoensayo para la detección cuantitativa y sensible de anatoxina-a y microcistinas en muestras de agua.

Las cianotoxinas ocasionan diferentes efectos sobre la salud humana. Desde síntomas agudos como gastroenteritis, fiebre e irritación de la piel, ojos, garganta y tracto respiratorio a daños en el hígado y neurotoxicidad hasta efectos crónicos a largo plazo como origen de tumores. (Cortiñas et al., 2017).

Las floraciones de cianobacterias tóxicas son un problema emergente en todo el mundo debido al aumento de la contaminación por nutrientes de las fuentes de agua causada por la eutrofización. La variante más común es Microcystin-LR. Estas toxinas son producidas por muchos tipos de cianobacterias (algas verdeazuladas), incluyendo Microcystis, Anabaena, Oscillatoria, Nostoc, Anabaenopsis (Fischer et al., 2001).

La anatoxina-a es una neurotoxina alcaloide producida por algunas especies de cianobacterias (algas verdeazuladas). Es una de las toxinas cianobacterianas más tóxicas. (Christensen & Khan, 2020).

El ensayo es útil para determinar la cantidad de microcistina o anatoxina de todos los afluentes de la cuenca del río Rímac, así como, los diferentes puntos de la planta de tratamiento de agua. Se realiza quincenalmente.

PROCEDIMIENTO PARTE A: Lisis celular QuikLyse™

MATERIALES PROPORCIONADOS

- Reactivo de lisis A y reactivo de lisis B
- Pipetas desechables, consejos de filtrado, viales de vidrio con tapas, Micropipetas con puntas de plástico desechables (10-1000 µL)

- Abraxis Microcystins/Nodularins (ADDA) ELISA Kit (Placa de microtitulación)

PROCEDIMIENTO

- Transferir 1 mL de muestra a un vial de vidrio y agregar 100 µl de QuikLyse™ Reagent A. Tapar y agitar durante 2 minutos. Incubar durante 8 minutos a temperatura ambiente.
- Agregar 10 µL de QuikLyse™ Reagent B. Tapar y agitar durante 2 minutos. Incubar durante 8 minutos a temperatura ambiente.
- Filtrar menos de la mitad de la muestra tratada en una pipeta desechable que contiene una punta filtrante. Lo filtrado se coloca en un vial limpio.

PROCEDIMIENTO PARTE B: Microcistinas-ADDA SAES ELISA (placa de microtitulación)

MATERIALES PROPORCIONADOS

- Placa de micro titulación (12 x 8 tiras) recubierta con un análogo de microcistinas conjugadas con una proteína
- Estándares de 0, 0,05, 0,15, 0,4, 1,5, 5,0 ppb y un control de $0,75 \pm 0,185$ ppb
- Diluyente de muestra, para usar como blanco de reactivo de laboratorio (LRB)
- Solución de anticuerpos microcistinas-ADDA SAES, Solución conjugada de microcistinas-ADDA SAES, Solución de sustrato (color) (TMB) y Solución de parada
- El concentrado de tampón de lavado (5X)
- Lector de placas de microtitulación (longitud de onda 450 nm)

PROCEDIMIENTO

- Agregar 50 µL de las soluciones estándar, control, LRB o muestras en los pocillos de las tiras reactivas según el esquema de trabajo indicado por duplicado.
- Agregar 50 µL de la solución de anticuerpos a los pocillos individuales sucesivamente utilizando una micropipeta. Cubrir los pocillos con Parafilm y mezclar el contenido moviendo el soporte de tiras con un movimiento durante 30 segundos. Incubar las tiras durante 90 minutos a temperatura ambiente. Decantar el contenido de los pocillos y secar la placa invertida sobre una pila de toallas de papel. Lavar las tiras tres veces utilizando el tampón de lavado diluido y volver a secar.
- Agregar 100 µL de la solución de conjugado enzimático a cada pocillo, cubrirlos y mezclar durante 30 segundos. Incubar las tiras durante 30 minutos a temperatura ambiente. Decantar, lavar y secar los pocillos igual a la forma anterior.

- Agregar 100 µL de solución de sustrato (color) a cada pocillo, cubrirlos y mezclar durante 30 segundos. Incubar las tiras en un lugar sin luz durante 20- 30 minutos a temperatura ambiente.
- Añadir 50 µL de solución de parada a los pocillos en la misma secuencia que para la solución de sustrato (color).
- Leer la absorbancia a 450 nm utilizando un fotómetro ELISA de microplaca dentro de los 15 minutos posteriores a la adición de la solución de parada.

REPORTE DE RESULTADOS

La empresa proveedora del kit de ensayo brinda una plantilla de Excel preparada “4-parametric logistic fitting with Excel Solver for MICROCYSTINS ADDA SAES ELISA”. En esta plantilla solo se colocan los datos que nos arroja el fotómetro ELISA y automáticamente nos dará la concentración de microcistinas y anatoxinas en µg/L de cada muestra.

$$\frac{\text{Microcistinas o Anatoxinas } (\mu\text{g})}{L}$$

3.5.5 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO POR 5 DÍAS (DBO₅)

Las pruebas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se utilizan para determinar los requisitos relativos de oxígeno de las aguas residuales, los efluentes y las aguas contaminadas. Su aplicación más amplia es en la medición de las cargas de desechos a las plantas de tratamiento y en la evaluación de la eficiencia de eliminación de DBO de las plantas (Matamoros, 2021).

La prueba del DBO₅ mide el cambio en la concentración de OD causado por microorganismos a medida que degradan la materia orgánica en una muestra mantenida en una botella tapada incubada durante 5 días en la oscuridad a 20°C (Huanca, 2015).

Esta prueba sirve para estimar el nivel de materia orgánica y carga microbiana que tienen los afluentes de la cuenca del río Rímac, así como el agua que ingresa por las Bocatomas. También se utiliza para evaluar el tratamiento de efluentes de la empresa para cumplir con el Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA Perú y DECRETO SUPREMO N.º 003-2010-MINAM de las descargas al río Rímac.

MATERIALES

- Frasco Winkler de 300 mL
- Incubadora a $20 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Electrodo de membrana sensible al oxígeno
- Soluciones tampón fosfato, sulfato de magnesio (MgSO_4), Cloruro de calcio (CaCl_2), Cloruro férrico (FeCl_3), ácido sulfúrico concentrado, solución de NaOH 1N, solución glucosa-acido glutámico (GGA), agua de dilución. Para su preparación ver anexo N° 13.

PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 5210 B, 23 rd. Edition)

- PRE-TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS
Si la muestra no está entre 6,0 y 8,0, ajustar la temperatura de la muestra a $20 \pm 3^\circ\text{C}$, y luego ajustar el pH a entre 6,5 y 7,5 utilizando una solución de H_2SO_4 o NaOH.
- PREPARACIÓN DE DILUCIONES y REPLICAS
 - Realizar diluciones con el agua de dilución y la muestra. El número de diluciones y el de botellas a preparar para cada dilución (réplicas) varía de acuerdo al propio criterio del analista.
 - Preparar 3 frascos para el Blanco (Agua de dilución). 2 controles de 3 frascos (control 1 y control 2) al 2% a partir de la solución de glucosa-glutamato.
 - Transferir las muestras diluidas a frascos Winkler y proceder a medir el OD inicial con la sonda de membrana, previamente ajustada. Anotar el OD inicial.
 - Tapar los frascos Winkler y formar una capa de agua con su tapa. Incubar a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por 5 días.
- Pasado el tiempo, medir el OD final y reportar en "Reporte de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno".

REPORTE DE RESULTADOS

$$DBO_5 \text{ (mg)/L} = \frac{(D1 - D2)}{P}$$

Donde:

D1: OD en mg/L de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación.

D2: OD en mg/L de la muestra diluida (promedio de las réplicas) después de 5 días de incubación a 20°C .

P: Factor de dilución.

3.5.6 OXÍGENO DISUELTO (OD) POR LA TÉCNICA DE MODIFICACIÓN DE AZIDA

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y residuales dependen de las actividades físicas, químicas y bioquímicas en un cuerpo de agua. El análisis OD es una prueba clave en la contaminación del agua y el control del proceso de tratamiento del agua (Arias et al., 2021).

Este ensayo es un indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática y para estimar el nivel de contaminación química y biológica de los afluentes de la cuenca de río Rímac y efluentes de la empresa.

MATERIALES

- Reactivo A y Reactivo B (ver anexo N° 14 para su preparación)
- Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- Tiosulfato de sodio estándar ($Na_2S_2O_3$) 0.025N

PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 O-C, 23 RD. EDITION)

- En el monitoreo se agregó a las muestras el reactivo A y reactivo B. En el laboratorio agregar 1 mL de H_2SO_4 concentrado. Tapar y mezclar invirtiendo varias veces hasta que el precipitado se disuelva por completo.
- Extraer 50 mL del frasco y colocarlo en una fiola. Añadir unas gotas de almidón y proceder a titular con Tiosulfato de Sodio 0.025N. Anotar la cantidad gastada.
- Reportar en "Reporte de análisis de oxígeno disuelto".

REPORTE DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta que, para la titulación de 200 mL de muestra, se necesita 1 mL de Tiosulfato de Sodio 0.025N por cada 1mg de OD/L. Corrigiendo la pérdida de muestra por desplazamiento con reactivos 2 mL (1mL de $MnSO_4$ y 1 mL de álcali de yoduro azida) en un frasco Winkler de 300 mL, se titula $200 \times 300 / (300 - 2) = 201$ mL, pero nosotros usamos 50 mL, así que:

$$OD(mg)/L = \text{Gasto mL titulación} \times 4.02$$

3.6 ÁREA DE PARASITOLOGÍA

Los ensayos que se realizan en esta área tienen como objetivo analizar diferentes parámetros parasitológicos, tanto cuantitativos como cualitativos para muestras de agua, con el fin de determinar la contaminación por parásitos de helmintos y protozoarios de las bocatomas y los reservorios, siendo este último punto de la planta el más importante para cumplir con la norma sanitaria. El profesional encargado de esta área debe tener un gran conocimiento en la identificación de los diferentes parásitos que afectan al hombre y sus diferentes estadios evolutivos.

DIAGNÓSTICO DE FORMAS PARASITARIAS POR MICROSCOPIA.

Se realiza cada 15 días, pero en los análisis de zooplancton se aprovecha también para buscar quistes, ooquistes de protozoarios patógenos; huevos, larvas de helmintos patógenos. Se aplican 2 procedimientos diferentes.

PROCEDIMIENTO 1

- Se toma 2 L de muestra de las bocatomas, 5 L de las filtradas y 10 L de los reservorios, luego se colocan en bidones. Se deja sedimentar por 6 a 24 horas.
- Se decanta con un sifón hasta obtener 200-500 mL de la muestra de reservorios, 100-200 mL de la muestra de filtros, 50-100 mL de la muestra de bocatomas.
- Se filtra en una malla de 10 μm y se coloca en una celda de Sedgewick-Rafter y se añade lugol.
- Observar a 40X y anotar en "Reporte de análisis de formas parasitarias".

PROCEDIMIENTO 2

- Se toma 2 L de muestra de las bocatomas, 5 L de las filtradas y 10 L de los reservorios, luego se colocan en bidones. Se deja sedimentar por 6 a 24 horas.
- Se decanta con un sifón hasta obtener 200-500 mL de la muestra de reservorios, 100-200 mL de la muestra de filtros, 50-100 mL de la muestra de bocatomas.
- Lo que queda se coloca en conos Imhoff y se deja sedimentar por 6 a 24 horas.
- Se decanta y el sedimento se coloca en una celda de Sedgewick-Rafter y se añade lugol.
- Observar a 40X y anotar en "Reporte de análisis de formas parasitarias".

IV RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Los resultados que se muestran corresponden al análisis de las muestras del 05 de Julio del año 2021. Debido a que es un trabajo monográfico y respetando la política de confidencialidad de los datos de la empresa, no se mostrarán los resultados de muestras de otros días. SEDAPAL sigue una política de mejora continua, es decir, los procesos de la planta de tratamiento están mejorando constantemente. Estos resultados servirán como medio para observar la eficacia en cada proceso y realizar los cálculos remoción, así como, la calidad del producto final.

4.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

4.1.1 BACTERIAS HETEROTROFICAS Y *Pseudomonas aeruginosa*

REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DIARIO – Turno 2	
Planta Atarjea	Planta Huachipa
Fecha/hora de muestreo: 05/07/2021 8:00 hrs Fecha/hora de recepción: 05/07/2021 9:10 hrs Fecha/hora de inicio del ensayo: 05/07/2021 9:20 hrs Muestreado por: B. Castillo Analista: B. Castillo	Fecha/hora de muestreo: 05/07/2021 8:00 hrs Fecha/hora de recepción: 05/07/2021 9:15 hrs Fecha/hora de inicio del ensayo: 05/07/2021 9:20 hrs Muestreado por: Analista: B. Castillo

Tabla N° 9. Análisis de bacterias heterotróficas y *P. aeruginosa* por método de filtración

PUNTO DE MUESTRO	Turbiedad NTU	Cloro Res. Libre (mg/L)	Agar m-HPC			Agar m-PAC		A. L. E. C. H. E.	Bacterias Heterotróficas UFC/mL	Pseudomonas aeruginosa UFC /100mL	
			Vol. Filt (mL)	Dil	N° Col	Vol. Filt (mL)	N° Col				
L A T A R J E A	Bocatoma 1	9.3	50	-5	32				64 000	-	
	Bocatoma 2	9.7	50	-5	35				68 000	-	
	Dupl Bocatoma	9.3	50	-5	33				66 000	-	
	Entrada PT1	4.4	0.76	50	-2	101			202	-	
	Entrada PT2	4.6	0.73	50	-2	104			208	-	
	Decantada PT1 N°	2.3		50	-2	72			144	-	
	Decantada PT2 N°	2.2		50	-2	71			142	-	
	Pt Convencional	2.6		50	-2	76			152	-	
	Filtradas PT1	0.32		50	-2	51			102	-	
	Filtradas PT2	0.28		50	-2	49			98	-	
	Salida Menacho	0.08	1.1	50	0	256	300	1	0	5	0
	Salida Vicentelo	0.09	1.08	50	0	178	300	0	0	4	0
	Salida R5	0.09	1.1	50	0	36	300	0	0	1	0
Salida Ovni	0.10	1.30	50	0	79	300	0	0	2	0	
H U A C H I P A	Bocatoma Huachipa	7.5	50	-5	22				44 000	-	
	Ingreso a Planta	3.9	0.88	50	-2	57			114	-	
	Salida de Filtros	0.21		50	0	126			3	-	
	Salida de Planta	0.08	1.05	50	0	28	300	0	0	1	0
	Blanco		100	0	0						

Fuente: Propia

4.1.2 COLIFORMES

Tabla N° 10. Análisis de coliformes por el método de tubos múltiples

Punto de Muestreo	Turb NTU	Dil.	Tubos (+) CLS		Tubos (+) BRILA		Tubos (+) EC		Coliformes totales NMP/100mL	Coliformes Termo tolerantes NMP/100mL
			24 H	48 H	24 H	48 H	24 H	24 H		
Bocatoma Atarjea 1	9.3	-1	5		5		5		92 000	4 900
		-2	5		5		2			
		-3	2	1	2	1	0	0		
Bocatoma Atarjea 2	9.7	-1	5		5		5		92 000	4 900
		-2	5		5		2			
		-3	3	1	2	1	0			
Duplicado Bocatoma 1	9.3	-1	4	1	4	1	4	1	92 000	4 900
		-2	5		5		2			
		-3	3	0	3	0	0			
Bocatoma Huachipa	7.5	-1	5		5		5		54 000	3 300
		-2	5	0	5		1			
		-3	1	1	1	1	0			

Fuente: Propia

Tabla N° 11. Análisis de coliformes por el método de filtración

PUNTO DE MUESTREO	Turb NTU	Cloro Res. Libre (mg/L)	Agar-ELES				Agar M-FC				Coliform Totales (E-LES) UFC /100mL	Coliform Termo Tolerantes (EC) UFC /100mL	E. coli UFC /100mL		
			Vol. Filt. (mL)	N° Col	CLS	BRILA	Vol. Filt. (mL)	N° Col	CLS	EC					
L A T A R J E A	Entrada PT1	4.4	0.76	100	5	5	4	100	2	3	2	0	4	2	0
	Entrada PT2	4.6	0.73	100	5	5	5	100	2	3	3	0	5	3	0
	Decantada PT1 N° 1	2.3		100	1	0							0	-	-
	Decantada PT2 N°2	2.2		100	1	1	1						1	-	-
	Planta convencional	2.6		100	0								0	-	-
	Filtradas PT1	0.32		100	0								0	-	-
	Filtradas PT2	0.28		100	3	0	0						0	-	-
	Salida Menacho	0.08	1.1	100	0			100	0				0	0	0
	Salida Vicentelo	0.09	1.08	100	0			100	0				0	0	0
	Salida R5	0.09	1.1	100	0			100	0				0	0	0
Salida Ovni	0.10	1.30	100	0			100	0				0	0	0	
H U A C H I P A	Ingreso a planta	3.9	0.88	100	3	3	3	100	1	1	1	0	3	1	0
	Salida de Filtros	0.21		100	0	0	0						0	-	-
	Salida de Planta	0.08	1.05	100	0	0	0	100	0				0	0	0

Fuente: Propia

4.1.3 PORCENTAJE DE REMOCIÓN Y REDUCCIÓN DE VALOR LOGARÍTMICA MICROBIOLÓGICOS

Tabla N° 12. pR% y VRL de parámetros microbiológicos

Porcentaje de remoción y valor de reducción logarítmica de Planta "La Atarjea" y "Huachipa"								
Puntos			Bacterias heterotróficas		Coliformes totales		Coliformes termotolerant.	
			pR%	VRL	pR%	VRL	pR%	VRL
P T 1	A	B1-E1	99.68	2.50	99.996	4.36	99.96	3.39
	B	E1-D1	28.71	0.15	100	≥5	-	-
	C	E1-PC	24.75	0.12	100	≥5	-	-
	D	D1-F1	29.17	0.15	100	≥5	-	-
	E	PC-F1	32.90	0.17	100	≥5	-	-
	F	F1-Promedio (Me, Vi)	95.59	1.36	100	≥5	100	≥5
P T 2	G	B2-E2	99.69	2.51	99.995	4.26	99.94	3.21
	H	E2-D2	31.73	0.17	80.00	0.70	-	-
	I	D2-F2	30.99	0.16	100	≥5	-	-
	J	F2-Promedio (R5, OV)	98.47	1.82	100	≥5	100	≥5
H U A	K	Bocatoma-IP	99.74	2.59	99.994	4.26	99.91	3.04
	L	IP-SF	97.37	1.58	100	≥5	-	-
	M	SF-SP	66.67	0.48	100	≥5	100	≥5

Fuente: Propia

Donde:

PT 1: Planta 1 de "La Atarjea"

PT 2: Planta 2 de "La Atarjea"

HUA: Planta "Huachipa"

INTERPRETACIÓN de la Tabla N°. 12

Observamos que en "A", "G" y "K" que es el agua que ingresa entre las bocatomas y la entrada a planta hay una remoción mayor a 2.0 Log o 99% para bacterias heterotróficas, mientras que hay una remoción mayor a 2.5 Log o 99.7% de coliformes totales y termotolerantes, por lo que los procesos de las plantas del día 05 de julio del 2021 ha cumplido con lo requerido por el SGI de la empresa.

Se observa también que se removió más del 99.99% de bacterias heterotróficas y el 100% de coliformes totales y termotolerantes en el proceso completo de todas las plantas.

Tabla N° 13. Aseguramiento de la validez de los resultados

ASEGURAMIENTO DE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS: Llenar Conforme(C), No conforme (NC)				
Cumplimiento del Manual de Bioseguridad	C	Control (+) Agar m-Endo LES	<i>E. coli</i>	C
Mantenimiento de conexiones eléctricas seguras	C	Control (-) Agar m-Endo LES	<i>S. aureus</i>	C
Muestras en condiciones de preservación y conservación	C	Control (+) Agar m-HPC	<i>E. coli</i>	C
Control de diluyente (Blanco)	C	Control (+) Agar m-PAC-C	<i>P. aeruginosa</i>	C
Control ambiental	C	Control (+) Caldo Lauril Sulfato	<i>K. aerogenes</i>	C

4.1.4 ACTINOMICETOS

Tabla N° 14. Análisis de Actinomicetos por el método de doble capa

REPORTE DE ANÁLISIS DE ACTINOMICETOS										
PUNTO DE MUESTRO	Turb NTU	Cloro Res. Libre (mg/L)	Agar Actinomiceto				Pruebas confirmatorias		Actinomicetos UFC /100mL	
			Dil.	N° Col	Dil.	N° Col	Características de la colonia	Características a 100X		
L A T A R J E A	Bocatoma 1	9.3		-1	1	-2	0	Blanco calcáreo, borde irregular, rodeado de halo pardo, textura cuerosa.	Bacilos de diferentes formas y tamaños formando hifas	2 000
	Bocatoma 2	9.7		-1	1	-2	0	Blanco calcáreo, borde irregular, rodeado de halo pardo, textura cuerosa	Bacilos de diferentes formas y tamaños formando hifas	2 000
	Duplicado Bocatoma	9.3		-1	1	-2	0	Blanco calcáreo, borde irregular, rodeado de halo pardo, textura cuerosa	Bacilos de diferentes formas y tamaños formando hifas	2 000
	Entrada PT1	4.4	0.76	0	0	0	0			0
	Entrada PT2	4.6	0.73	0	0	0	0			0
	Decantada PT1 (N°)	2.3		0	0	0	0			0
	Decantada PT2 (N°)	2.2		0	0	0	0			0
	Planta Convencional	2.6		0	0	0	0			0
	Filtradas PT1	0.32		0	0	0	0			0
	Filtradas PT2	0.28		0	0	0	0			0
	Sal. Menacho	0.08	1.1	0	0	0	0			0
	Sal. Vicentelo	0.09	1.08	0	0	0	0			0
	Salida R5	0.09	1.1	0	0	0	0			0
	Salida Ovni	0.10	1.30	0	0	0	0			0
H U A C H I P A	Bocatoma Huachipa	7.5	0.88	-1	0	-2	0			0
	Ingreso a Planta	3.9		0	0	0	0			0
	Salida de Filtros	0.21	1.05	0	0	0	0			0
	Salida de Planta	0.08	0.76	0	0	0	0			0

Fuente: Propia

4.2 RESULTADOS DE UN ENSAYO DE DEMANDA DE CLORO

Tabla N° 15. Ensayo de demanda de cloro

REPORTE DE ENSAYO DE DEMANDA DE CLORO			
Método	DPD Colorimétrico		
Volumen de muestra	100 mL	Fecha:	05/07/2021
Tiempo de contacto	60 min	Analista:	B. Castillo
Solución estándar de cloro	0.1519 mg/mL	Turno:	2

Punto de Muestreo	Características Físicoquímicas del agua muestreada	Frasco N° 100 mL	Solución estándar de cloro		Cloro residual (DPD)			Demanda de Cloro (Dosis Cl – C. residual) mg/L
			Vol (mL)	Dosis mg/L	Libre	Combinado	Total	
Bocatoma 1	pH: 7.98 TEMP °C: 20 TURB: 9.3 CL. TOTAL: 0.01	1	2.6	3.95	0.60	0.20	0.80	3.15
		2	2.8	4.25	0.86	0.22	1.08	3.17
		3	3.0	4.56	1.11	0.25	1.36	3.2
		4						
		5						
Bocatoma 2	pH: 7.98 TEMP °C: 20 TURB: 9.7 CL. TOTAL: 0.02	1	2.6	3.95	0.63	0.20	0.83	3.12
		2	2.8	4.25	0.89	0.24	1.13	3.12
		3	3.0	4.56	1.15	0.26	1.41	3.15
		4						
		5						
Filtros 1	pH: 6.98 TEMP °C: 21 CL. TOTAL: 0.02	1	0.8	1.22	0.98	0.05	1.03	0.19
		2	0.9	1.37	1.13	0.03	1.16	0.21
		3	1.0	1.52	1.24	0.05	1.29	0.23
		4						
		5						
Filtros 2	pH: 7.01 TEMP °C: 21 CL. TOTAL: 0.02	1	0.9	1.37	1.13	0.08	1.21	0.16
		2	1.0	1.52	1.25	0.05	1.30	0.22
		3	1.1	1.67	1.39	0.07	1.46	0.21
		4						
		5						

Fuente: Propia

4.3 RESULTADOS HIDROBIOLÓGICOS

4.3.1 CLOROFILA Y FICOCIANINA

Tabla N° 16. Medición de clorofila y ficocianina

REPORTE DE MEDICIÓN DE CLOROFILA Y FICOCIANINA			
Analista:	B. Castillo	Atarjea-Muestreado por:	B. Castillo
Fecha de Reporte:	05/07/2021	Huachipa-Muestreado por:	
PUNTO DE MUESTREO	Fecha y Hora de muestreo	Resultados	
		Ficocianina µg/L	Clorofila-a µg/L
Bocatoma 1	05/07/2021 8:05 hrs.	1.73	4.12
Bocatoma 2	05/07/2021 8:09 hrs.	1.75	4.10
Estanque regulador 1	05/07/2021 8:12 hrs.	0.00	0.26
Estanque regulador 2	05/07/2021 8:15 hrs.	0.00	0.24
Entrada 1	05/07/2021 8:18 hrs.	0.00	0.27
Entrada 2	05/07/2021 8:21 hrs.	0.00	0.26
Decantada 1	05/07/2021 8:24 hrs.	0.00	0.15
Decantada 2	05/07/2021 8:28 hrs.	0.00	0.14
Planta Convencional	05/07/2021 8:25 hrs.	0.00	0.19
Filtrada 1	05/07/2021 8:28 hrs.	0.00	0.13
Filtrada 2	05/07/2021 8:33 hrs.	0.00	0.12
Menacho	05/07/2021 8:40 hrs.	0.00	0.11
Vicentelo	05/07/2021 8:41 hrs.	0.00	0.10
R5	05/07/2021 8:49 hrs.	0.00	0.10
Ovni	05/07/2021 8:59 hrs.	0.00	0.09
Bocatoma Huachipa	05/07/2021 8:15 hrs	1.02	3.30
Salida de Filtro	05/07/2021 8:27 hrs	0.00	0.12
Salida de Planta	05/07/2021 8:35 hrs	0.00	0.09

Fuente: Propia

4.3.2 FITOPLANCTON

Tabla N° 17. Fitoplancton

GENERO/ ESPECIE IDENTIFICADA	CONTEO TOTAL POR ORG/ "X mL"	
Algas (Diatomeas), frecuentes	<i>Achnantidium</i>	
	<i>Amphora</i>	
	<i>Cymbella</i>	10
	<i>Cymbella g</i>	
	<i>Cyclotella</i>	
	<i>Cyclostephanos</i>	
	<i>Cocconeis</i>	
	<i>Diatoma vulgare</i>	
	<i>D. moniliformis</i>	
	<i>Encyonema</i>	
	<i>Epithemia</i>	
	<i>Fragilaria</i>	
	<i>Gomphonema</i>	
	<i>Hannaea</i>	
	<i>Hantzschia</i>	
	<i>Melosira</i>	
	<i>Meridiun</i>	
	<i>Navicula</i>	
	<i>Nitzschia</i>	537
	<i>Nitzschia g</i>	
	<i>N. sigmoidea</i>	
	<i>Pinnularia</i>	
	<i>Synedra acus</i>	
	<i>Synedra ulna</i>	2
	<i>Surirella</i>	
	<i>Tabellaria flocculosa</i>	
<i>Otras pennaes</i>		
Algas (Clorophytas, Dinoflagelados, etc) frecuentes	<i>Ankistrodesmus</i>	
	<i>Acutodesmus</i>	
	<i>Chlamydomonas</i>	
	<i>Closterium</i>	
	<i>Coelastrum</i>	
	<i>Cosmarium</i>	
	<i>Cladophora</i>	
	<i>Desmodesmus</i>	
	<i>Euglena</i>	
	<i>Mougeotia</i>	
	<i>Pediastrum</i>	
	<i>Peridinium willei</i>	
	<i>Peridiniopsis</i>	
	<i>Senedesmus</i>	
	<i>Spirogyra</i>	
	<i>Staurastrum</i>	
	<i>Stigeoclonium</i>	1
	<i>Ulothrix</i>	2
	Cianobacterias frecuentes	<i>Dolichospermum</i>
<i>Microcystis</i>		
<i>Oscillatoria</i>		2
<i>Phormidium</i>		
<i>Planktolyngbya</i>		1478

Punto de muestreo:	Bocatoma 1
Fecha de muestreo	05/07/2021
Muestreado por	B. Castillo
Fecha de análisis	06/07/2021
Vol. Muestreado:	200 mL
Vol. Cámara	25 mL
Vol. Sobrante:	0
Factor de dil.:	0
Tipo de conteo:	Completo
Analista:	B. Castillo
Fitoplancton	
Algas org/25mL	552
Cianobacterias org/25mL	1480

Tabla N° 18. Análisis de fitoplancton

REPORTE DE ANÁLISIS DE FITOPLANCTON			
Analista:	B. Castillo		
Fecha de Reporte:	09/07/2021		
PUNTO DE MUESTREO	Resultados		
	Algas N°/L	Ciano bacterias N°/L	Fito Plancton N°/L
Bocatoma 1	22 080	59 200	81 280
Bocatoma 2	22 760	60 360	88 120
Entrada 1	7060	8920	15980
Entrada 2	7120	9240	16 360
Decantada 1	2160	2440	4 600
Decantada 2	2280	2520	4 800
Planta Convencional	2440	2400	4 640
Filtrada 1	5	2	7
Filtrada 2	4	2	6
Menacho	0	0	0
Vicentelo	0	0	0
R5	0	0	0
Ovni	0	0	0
Bocatoma Huachipa	20480	48640	69 120
Ingreso a planta	7640	8400	16 040
Salida de Filtro	2	1	3
Salida de Planta	0	0	0

Fuente: Propia

4.3.4 ORGANISMOS DE VIDA LIBRE

Tabla N° 21. Organismos de Vida Libre

ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (OVL)				
PLANTA	Puntos	Fitoplancton Org/L	Zooplancton Org/L	OVL= Fitoplancton + Zooplancton Org/L
L A T A R J E A	B1	81 280	171	81 451
	B2	88 120	172	88 292
	E1	15980	38	16 018
	E2	16 360	37	16 397
	D1	4 600	9.8	4609.8
	D2	4 800	10.2	4810.2
	PC	4 640	11.6	4651.6
	F1	7	0.4	7.4
	F2	6	0.4	6.4
	Me	0	0	0
	Vi	0	0	0
	R5	0	0	0
	Ov	0	0	0
H U A C H	IB	69 120	125	69 245
	IP	16 040	26	16 066
	SF	3	0.2	3.2
	SP	0	0	0

Fuente: Propia

4.3.5 PORCENTAJE DE REMOCIÓN Y REDUCCIÓN DE VALOR LOGARITMICA HIDROBIOLÓGICOS

Tabla N° 22. pR y VRL de OVL

Puntos			OVL	
			pR%	VRL
P T 1	A	B1-E1	80.33	0.71
	B	E1-D1	71.22	0.54
	C	E1-PC	70.96	0.54
	D	D1-F1	99.84	2.79
	E	PC-F1	99.84	2.80
	F	F1-Promedio (Me, Vi)	100	≥5
P T 2	G	B2-E2	81.43	0.73
	H	E2-D2	70.66	0.53
	I	D2-F2	99.87	2.88
	J	F2-Promedio (R5, OV)	100	≥5
H U A	K	Bocatoma-IP	76.80	0.63
	L	IP-SF	99.98	3.70
	M	SF-SP	100	≥5

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN de la Tabla N°. 22

Observamos que en “A”, “G” y “K” que es el agua que ingresa entre las bocatomas y la entrada a planta hay una remoción mayor a 0.6 Log o 75% para organismos de vida libre, por lo que los procesos de las plantas del día 05 de julio del 2021 ha cumplido con lo requerido por el SGI de la empresa.

Se observa también que se obtuvo una remoción del 100% de organismos de vida libre en el proceso completo de todas las plantas.

4.3.6 MICROCISTINA

Tablas N° 23. Análisis de microcistina

REPORTE DE ANÁLISIS DE MICROCISTINA			
Fecha de muestreo:	05/07/2021 y 07/07/2021	Analista:	B. Castillo
Fecha de análisis:	07/07/2021	Muestreado por:	B. Castillo

(1) POSICIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA PLANTILLA						
	1	2	3	4	5	6
A	0	0	Boc1	Boc1	Menacho	Menacho
B	0.05	0.05	Boc2	Boc2	Vicentelo	Vicentelo
C	0.15	0.15	Ent1	Ent1	R5	R5
D	0.4	0.4	Ent2	Ent2	Ovni	Ovni
E	1.5	1.5	D1	D1	BocHuach	BocHuach
F	5	5	D2	D2	SF	SF
G	C	C	F1	F1	SP	SP
H	PC	PC	F2	F2	L2	L2

(2) ABSORBANCIAS MEDIDAS						
	1	2	3	4	5	6
A	2.145	2.145	1.798	1.772	2.130	2.128
B	1.936	1.946	1.792	1.767	2.116	2.122
C	1.645	1.698	1.862	1.886	2.102	2.113
D	1.422	1.382	1.858	1.884	2.114	2.111
E	1.050	0.885	1.914	1.915	1.788	1.764
F	0.595	0.614	1.916	1.921	2.022	2.030
G	1.182	1.145	1.990	1.988	2.135	2.137
H	1.911	1.908	2.012	2.018	1.763	1.755

(3) MICROCISTINAS (µg/L)						
	1	2	3	4	5	6
A	0	0	0.096	0.108	0.001	0.001
B	0.043	0.039	0.099	0.111	0.003	0.002
C	0.182	0.148	0.069	0.059	0.004	0.003
D	0.382	0.431	0.070	0.060	0.003	0.003
E	1.124	1.848	0.050	0.049	0.1	0.112
F	5.367	4.934	0.049	0.047	0.019	0.017
G	0.770	0.855	0.027	0.028	0.001	0.000
H	0.051	0.052	0.022	0.020	0.113	0.117

Fuente: Propia

4.3.7 DBO₅

Tabla N° 24. Análisis de DBO

REPORTE DE ANÁLISIS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO							
Fecha y hora de muestreo	05/07/2021 8:05 hrs.		Muestreado por:	B. Castillo			
Fecha de inicio de ensayo	05/07/2021 9:00 hrs.		Analista lectura inicial:	B. Castillo			
Fecha de termino de ensayo	10/07/2021		Analista lectura final:	B. Castillo			
PUNTOS DE MUESTREO	Número de Botella	% Dilución	O.D inicial mg/L	O.D final mg/L	Promedio OD Final mg/L	ODi - ODf mg/L	DBO5 mg/L
Blanco	1	0	8.0				
	2			7.92	7.93	0.07	0.07
	3			7.94			
Control 1	4	2	8.0				
	5			3.82	3.8	4.2	210
	6			3.78			
Control 2	7	2	8.0				
	8			3.73	3.76	4.24	212
	9			3.79			
Bocatoma 1	10	80	8.0				
	11			4.99	4.96	3.04	3.8
	12			4.93			
Bocatoma 2	13	80	8.0				
	14			4.88	4.88	3.12	3.9
	15			4.87			
Bocatoma Huachipa	16	80	8.0				
	17			5.75	5.76	2.24	2.8
	18			5.77			

Fuente: Propia

4.3.8 OXIGENO DISUELTO

Tabla N° 25. Análisis de Oxígeno Disuelto

REPORTE DE ANÁLISIS DE OXIGENO DISUELTO						
N°	Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Muestreado por	Tiosulfato de Sodio (mL usados)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Analista
1	Efluentes de planta 1	05/07/2021		0.38	1.53	B. Castillo
2	Efluentes de planta 2	05/07/2021		0.44	1.77	B. Castillo
3	Efluentes de planta 1 con tratamiento	05/07/2021		1.78	7.16	B. Castillo
4	Efluentes de planta 2 con tratamiento	05/07/2021		1.84	7.4	B. Castillo
5	Salida al río Rímac	05/07/2021		1.82	7.32	B. Castillo

Fuente: Propia

4.4 RESULTADOS PARASITOLÓGICOS

Tabla N° 26. Análisis de formas parasitarias

REPORTE DE ANÁLISIS DE FORMAS PARASITARIAS	
Analista: B. Castillo	Fecha de muestreo: 05/07/2021
Muestreado por:	Fecha de reporte: 06/07/2021
PUNTO DE MUESTRO	ORG/L
B1	0.5
B2	1
F1	0
F2	0
ME	0
VI	0
R5	0
OV	0
IB	0
SF	0
SP	0

Fuente: Propia

V CONCLUSIONES

- Las prácticas del “Programa formativo profesional en Saneamiento” brindadas por SEDAPAL me permitieron aprender los distintos ensayos biológicos y fisicoquímicos que se realizan en el laboratorio del EGIP para cumplir con las normativas nacionales que se le exigen a una planta de tratamiento de agua potable.
- Asimismo, fui capacitado en la ejecución de monitoreos ambientales para agua de acuerdo a las normativas nacionales vigentes.
- A través de mi formación académica universitaria y de la competencia adquirida durante mi etapa laboral, fui capaz de realizar los análisis biológicos y fisicoquímicos respectivos para las muestras de agua generando resultados de calidad y confiables.
- Los análisis microbiológicos, hidrobiológicos, parasitológicos y fisicoquímicos de la calidad del agua cumplieron con lo establecido por el SGI de la empresa y con los LMP para el agua potable (DIGESA, DS N° 031-2010-SA).

VI RECOMENDACIONES

- El pH es una variable crítica en el ensayo de demanda de cloro, debe asegurarse que el equipo utilizado se haya verificado previamente. Al tener un pH real de la muestra, se puede predecir mucho mejor, de lo contrario se tendrán incorrectas predicciones que ocasionarán que los valores de cloro libre que necesitamos no estén dentro del rango, por consecuencia se tendrá que repetir el ensayo para la muestra.
- Cerciorarse de que no estén limpiando el componente de la planta donde se va a muestrear, debido a que se liberan los microorganismos acumulados en su superficie, ocasionando lecturas no reales. Se sugiere muestrear otro componente del mismo proceso o en otro momento.
- En el ensayo de DBO, lavar muy bien el sensor de tal forma que mida el mismo valor al ser calibrado inicialmente, esto con el fin de tener una medición más real para la siguiente muestra.

VII BIBLIOGRAFÍA: LA UTILIZADA EN EL MANUSCRITO

- Rivas, P., & Aubrum, J. (2015). Importancia del análisis de agua. Boletín Hortícola, 19.
- Universidad Politécnica de Cartagena. ANÁLISIS DE AGUAS. UPCT. (2016) https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf
- Cabrera Forero, A. C., & Camelo Castillo, I. L. (2015). Construcción y puesta en marcha de una planta piloto de procesos avanzados PTAP con fines pedagógicos en el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
- MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua DECRETO SUPREMO N° 004-2017. MINAM
- DIGESA. (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Decreto Supremo N° 031-2010-SA. MINSA.
- MINAGRI. (2011). protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial, Lima: MINAGRI.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología -- Lima: Ministerio del Ambiente.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Manual de Bioseguridad en el Laboratorio. World Health Organization.
- Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba. (2009). Gestión Interna De Las Cepas Utilizadas Como Material Microbiológico De Referencia En Un Laboratorio De Servicios Acreditado Bajo Norma ISO/IEC 17025 - V IBEROLAB -Centro de Química Aplicada (CEQUIMAP) – Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba. Medina Allende y Haya de la Torre – Ciudad Universitaria. 5000 Córdoba, Argentina.

- González, R. (2002). Aseguramiento de la calidad en las Colecciones de Cultivos Microbianos. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria CENSA, la Habana Cuba. <https://fdocuments.mx/document/colecciones-cultivos-microbianos.html?page=1>
- ISO 11133 (2014). First edition. Microbiology of food, animal feed and water -- Preparation, production, storage and performance testing of culture media.
- Rojas-Badía, M. M., Larrea-Murrell, J. A., Romeu-Álvarez, B., Heydrich-Pérez, M., & Rojas-Hernández, N. M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 024-034.
- Lujan Jeri, H. (2016). Bio indicadores bacteriológicos de la calidad del agua de consumo humano en el distrito de Ascención, Huancavelica, 2016.
- Marchand Pajares, E. O. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana.
- Burman, N.P. 1973. The occurrence and significance of actinomycetes in water supply. *Soc. Appl. Bacteriol. Symp. Ser.* 2219.
- Melgar, Y., Duarte, B., López, E., & Gonzalo, P. (2021). Construcción de una curva de demanda de cloro para la planta potabilizadora Jaime Díaz Quintero en La Chorrera, Panamá. In Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología–APANAC (pp. 410-415).
- Ordóñez A, C. C. (2021) Cuantificación de concentraciones de determinantes de calidad del agua a partir de información teledetectada, en el río Magdalena.
- Smol, J. (2008). *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. Wiley-Blackwell, New York, N.Y.
- Hancock, C.M., Ward, J.V., Hancock, K.W., Klonicki P.T. & Sturbaum. (1996). Assessing plant performance using MPA. *J. Amer. Water Works Assoc.* 88:24.
- Serena, P. S., Orts, R. R., & Cervera, V. J. M. (2017). Evaluación del fitoplancton en relación con episodios de sustancias sápidas en el agua potabilizada procedente del canal Júcar-Turia en el

abastecimiento de Valencia. In XXXIV Jornadas Técnicas de AEAS (pp. 33-44). Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento

- Dodds, W. K., Bouska, W. W., Eitzmann, J. L., Pilger, T. J., Pitts, K. L., Riley, A. J., ... & Thornbrugh, D. J. (2009). Eutrophication of US freshwaters: analysis of potential economic damages.
- García, J. (2015). El zooplancton como indicador de la calidad del agua en embalses: un estudio en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Cortiñas, M. Á., Pichel, E. Í., & Mariz, O. C. (2017). Evaluación de cinco plantas para el tratamiento de eliminación de microcistinas en agua de consumo humano. *Revista de Salud Ambiental*, 17(1), 100-108.
- Fischer, W. J., Garthwaite, I., Miles, C. O., Ross, K. M., Aggen, J. B., Chamberlin, A. R., ... & Dietrich, D. R. (2001). Congener-independent immunoassay for microcystins and nodularins. *Environmental science & technology*, 35(24), 4849-4856.
- Christensen, V. G., & Khan, E. (2020). Freshwater neurotoxins and concerns for human, animal, and ecosystem health: A review of anatoxin-a and saxitoxin. *Science of the Total Environment*, 736, 139515.
- Matamoros Ccanto, S. (2021). VARIACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MILLPO EN EL DISTRITO DE ASCENSIÓN-HUANCAVELICA-2021.
- Huanca, F. (2015). Implementación del método respirométrico manométrico en la medición de la demanda bioquímica de oxígeno 5, para el control de calidad de aguas (Doctoral dissertation, Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Carrera Ciencias Químicas).
- Plan Nacional de Acción Ambiental. PLANAA - PERÚ 2011-2021. Lima: MINAM.

- MINAM. (2010). Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM
- Arias, T., Rodríguez, D., & Córdova, V. (2021). Bahía de Santiago de Cuba. Indicadores de contaminación en su costa este. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 42, 64-78.
- Baird, R. & Bridgewater, L. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.

VIII ANEXOS / ILUSTRACIONES

Anexo N° 1.

Tabla N° 27. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente: MINAM, DECRETO SUPREMO N° 004-2017

Anexo N° 2.

Tabla N° 28. LMP de parámetros microbiológicos y parasitológicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: DIGESA, DS N° 031-2010-SA.

Anexo N° 3.

Tabla N° 29. Afluentes-puntos de muestreo

LAGUNAS	CUENCA ALTA Y VERTIMIENTOS	CUENCA BAJA Y MEDIA, VERTIMIENTOS
Laguna Huascacocha-Entrada (L1)	Laguna Titicocha, bocatoma de la laguna, Carr. C km 127	Río Rímac, Puente Ricardo Palma, Carr. C. Km 38
Laguna Huascacocha-Salida (L2)	Quebrada Antarara, 500m aguas abajo del efluente de minera	Río Santa Eulalia, puente antes de la unión con el río Rímac
Laguna Antacoto-Entrada (L3)	Río Chinchán, puente Ferrocarril	Río Rímac, puente Morón Carr. C. Km 23
Laguna Antacoto-Salida (L4)	Río Rímac aguas abajo de vertimientos de hidroeléctricas y mineras	Efluente PTAR Carapongo
Laguna Marcacocha (L5)	Río Blanco, estación meteorológica SENAMHI	Efluente PTAR San Antonio
Laguna Marcapomacocha (L6)	Río Rímac, Carr. C Km 100, Puente Ancchi II.	Río, Rímac Bocatoma planta Huachipa
Túnel Trasandino Salida (L7)	Túnel Gratón	Río Rímac, Puente Huachipa Carr. C. Km 9.5
Laguna Canchis Salida (L8)	Río Rímac Puente Pite, Carr. C Km 95, San Mateo	Efluente Centro Poblado Sta. Maria de Huachipa
Represa Pacclia-Huanza (L9)	Río Rímac, Puente Tamboraque II	Quebrada Huaycoloro, antes de la unión con el Río Rímac
Laguna Sheque-Huanza (L10)	Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac	Río Rímac, Mirador N°1 Las Palmeras.
	Río Aruri, 50 m después de la confluencia con el río Rímac	Río Rímac, Margen Izquierda Frente al Hito N°2
	Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carr. C. Km 82	Río Rímac, Bocatoma 1 de SEDAPAL
	Río Rímac, Puente Surco, Carr. C. Km 66	Río Rímac, Bocatoma 2 de SEDAPAL
	Cabecera de la laguna Yuracmayo	
	Bocatoma de la laguna Yuracmayo	
	Descarga de minera	

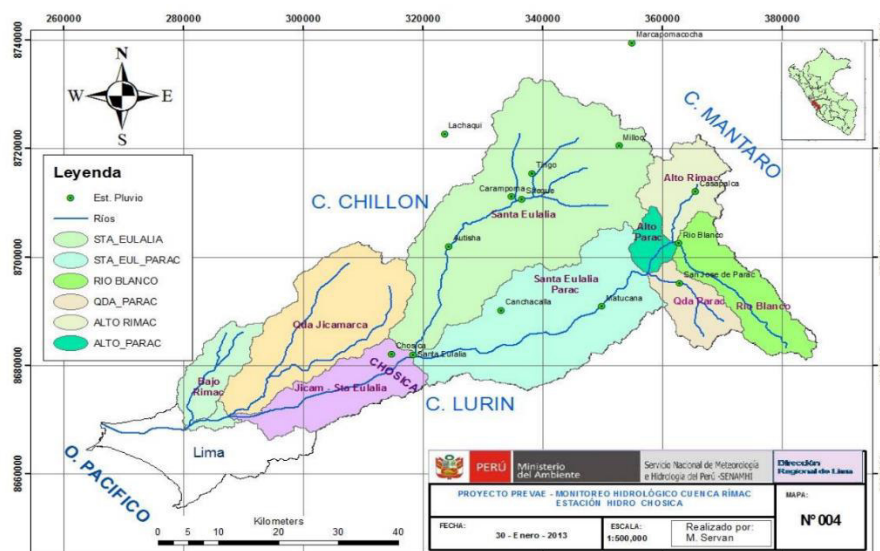


Figura 3. Cuenca del río Rímac
Fuente: MINAM, 2013

Anexo N° 4: Prácticas estándar y el equipo de seguridad para BSL 2 de acuerdo a la OMS, 2016:

- 1) Limitar o restringir el acceso al laboratorio a discreción del jefe del laboratorio mediante la colocación de un letrero “Área restringida - Solo personal de laboratorio de riesgo biológico” cuando se están realizando experimentos o trabajos con muestras. Se asegura de que las puertas y ventanas estén cerradas cuando se realicen trabajos asépticos.
- 2) Lavar bien las manos con agua y jabón después de manipular materiales viables, después de quitarse los guantes y antes de salir del laboratorio.
- 3) No comer, beber, fumar, manipular lentes de contacto, ni aplicar cosméticos, ni operar teléfonos celulares personales o dispositivos de música portátiles, ni usar zapatos abiertos, ni almacenar alimentos para uso humano en áreas de trabajo.
- 4) No pipetear con la boca.
- 5) Tener siempre mucho cuidado con cualquier objeto afilado contaminado, incluidas agujas, jeringas, portaobjetos, pipetas, tubos capilares y bisturíes. Se establece y aplica las políticas para manipular de manera segura artículos afilados.
- 6) Descontaminar las superficies de trabajo antes y después de cada uso y después de cualquier derrame o salpicadura de material viable, utilizando desinfectantes que sean efectivos contra los agentes de interés.
- 7) Descontaminar todos los cultivos, reservas y otros desechos regulados antes de eliminarlos mediante un método de descontaminación aprobado, como la esterilización en autoclave. Mantener los registros de descontaminación relacionados.
- 8) Establecer y mantener un programa de control de insectos y roedores.
- 9) Usar batas, batas o uniformes de laboratorio para evitar contaminar o ensuciar la ropa de calle, en algunas ocasiones se usa gafas de seguridad. Se usa guantes, especialmente si hay una erupción o una lesión abierta en las manos. Se realiza todos los procedimientos para que no se produzcan aerosoles ni salpicaduras.
- 10) Colocar los cultivos o los desechos potencialmente infecciosos en un recipiente etiquetado como “Desechos biopeligrosos” con una tapa que evite fugas durante la recolección, manipulación, procesamiento, almacenamiento, transporte o envío. elevadas o grandes volúmenes de agentes infecciosos.
- 11) Usar protección facial para evitar salpicaduras o aerosoles de materiales infecciosos siempre que no se use una cabina de bioseguridad al manipular el microorganismo.

Anexo N° 5: REACTIVOS:

- Hidróxido de sodio (NaOH) 1N: Pesar 4 g y disolverlo en 50 mL de agua desionizada y llevarlo a 100 mL utilizando una fiola.
- Hidróxido de Sodio 0.2N: Tomar 20 mL de NaOH 1N y llevarlo a un volumen de 100 mL con agua desionizada.
- Ácido Rosólico: Preparar una solución al 1%, disolviendo 1 g en 100 mL de NaOH 0,2N
- Tiosulfato de Sodio 3%: Disolver 3g de Tiosulfato de sodio en 100 mL de agua desionizada.
- Púrpura de bromocresol: Pesar 1 g y disolverlo en 50 mL de Hidróxido de Sodio 0.2N y llevarlo a 100 mL con agua desionizada utilizando una fiola.
- Solución Cloruro de Magnesio (MgCl₂·6H₂O): Pesar 81.1g y disolverlo en 500 mL de agua desionizada, llevarlo a 1L utilizando una fiola.
- Solución Fosfato de Potasio (KH₂PO₄): Pesar 34 g y disolverlo en 500 mL de agua desionizada, llevarlo a 1 L utilizando una fiola.
- Agua de dilución para análisis microbiológicos: Adicionar 5 mL de solución de cloruro de magnesio y 1.25 mL de solución de fosfato de potasio en 1 L de agua desionizada. Autoclavar por 15 minutos a 121 °C.

Anexo N° 6: MEDIOS DE CULTIVO

- Agar Digerido de caseína y soja (TSA): Suspender 40 g/L de agua desionizada, disolver en caliente, luego tratar en autoclave por 15 minutos a 121, pH: 7,3 +/- 0,2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es amarillo-marrón claro.
- Agar Tres azúcares hierro (TSI): Suspender 65 g/L de agua desionizada disolver en caliente, dispensar en tubos, tratar en autoclave por 15 minutos a 121 °C, luego dejar solidificar inclinando los tubos, formando así el pico de flauta, pH: 7,4 +/- 0,2 a 25° C. El medio preparado es claro y rojo.
- Agar MacConkey: Suspender 50 g/L de agua desionizada, disolver en caliente, tratar en autoclave por 15 minutos a 121 °C, pH: 7,1 +/- 0,2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es claro y rojo-marrón a rojo oscuro.
- Agar m-HPC: Suspender 60/L g del medio en un litro de agua desionizada, disolver en caliente, agregar 10 mL de glicerol, tratar en autoclave por 15 minutos a 121 °C, pH: 7,1 +/- 0,2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es color ámbar claro, ligeramente opalescente.
- Agar m-FC: Suspender 52 g/L del polvo en 1 L de agua desionizada. Mezclar bien. Caliente con agitación frecuente y hierva durante 1 minuto para disolver completamente el polvo. Agregar 10 mL de una solución al 1% de Ácido Rosólico en NaOH 0.2N. Continúe calentando durante 1 minuto.

No autoclavar. Si es necesario, ajustar a pH 7,4 con HCl 1N. Después de la preparación el medio es color azul, ligeramente opalescente.

- Agar m-Endo Les: Suspender 51 g del polvo en 1 L de agua desionizada que contenga 20 mL de etanol al 96%. Mezcle bien. Caliente con agitación frecuente y hierva durante 1 minuto para disolver completamente el polvo. No autoclavar, pH $7,2 \pm 0,2$ a 25 °C
Después de la preparación el medio es de color rosa, ligeramente opalescente.
- Agar m-PAC-C: Suspender 35 g del polvo en 1 L de agua desionizada. Mezcle bien. Caliente con agitación frecuente y hierva durante 1 minuto para disolver completamente el polvo. No autoclavar, pH $7,1 \pm 0,2$ a 25°C. Después de la preparación el medio es de color naranja, ligeramente opalescente.
- Agar Actinomiceto: Suspender 21,70 gramos en 1000 mL de agua desionizada que contenga 5 mL de glicerol. Calentar a ebullición para disolver el medio por completo. Dispensar como se desee. Esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos, pH final $8,1 \pm 0,2$ a 25 °C. Después de la preparación el medio es de color amarillo a ámbar opalescente
- Caldo Lauril Triptosa: Suspender 35,6 g del polvo en 1 litro de agua desionizada. Dejar reposar 5 minutos. Calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición hasta la disolución total. Añadir 10 mL de Purpura de Bromocresol por cada Litro. Esterilizar en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Después de la preparación el medio es de color ámbar, pero cuando se agrega el purpura de bromocresol se vuelve purpura claro, pH final de 6.8 ± 0.2 a 25 °C.
- Caldo EC: Suspender 37 g del polvo en 1 litro de agua desionizada. Dejar reposar 5 minutos. Calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición para su total disolución. Distribuir en tubos de ensayo que contengan campanitas de Durham. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos, pH final de 6.9 ± 0.2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es de color ámbar claro.
- Caldo EC-MUG: Suspender 37,5 gramos del medio en un litro de agua desionizada. Mezclar bien y disolver por calentamiento agitando con frecuencia. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Dispensar en tubos de ensayo apropiados con las campanas Durham para probar la fermentación de la lactosa, pH final de 6.9 ± 0.2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es de color ámbar claro
- Caldo BRILLA: Suspender 40 g del polvo en 1 litro de agua desionizada. Disolver y distribuir 10 mL por tubo de ensayo con campanita de Durham. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos, pH final de 7.2 ± 0.2 a 25 °C. Después de la preparación el medio es de color verde claro.

Anexo N° 7

Tabla N° 30. Criterios para cepas de referencia

Criterio	Aceptación	En caso de incumplimiento
Pureza (Tinción Gram)	Según corresponda	Repetir coloración, verificar el cultivo de referencia
Estabilidad	Perfil bioquímico característico	Repetir análisis, verificar el cultivo de referencia

Anexo N° 8

Tabla N° 31. Pruebas de Pureza y Estabilidad

Microorganismo	Pruebas	Resultados Esperados
<i>Escherichia coli</i>	Coloración Gram	Negativo, bacilos
	Crecimiento en EC-Mug	+, con fluorescencia
	TSI	A/A, Gas+, H ₂ S-
<i>Klebsiella aerogenes</i>	Coloración Gram	Negativo, bacilos cortos en forma de coma
	Crecimiento en EC-Mug	+, sin fluorescencia
	Oxidasa	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	Coloración Gram	Positivo, cocos
	Crecimiento en m-Endo Les	-
	Coagulasa	+
	Catalasa	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Coloración Gram	Negativo, bacilos
	Crecimiento en m-PAC-C	+
	Oxidasa	+
	Glucosa-Sal	-

Anexo N° 9

Tabla N° 32. Tabla NMP para estimación de la densidad bacteriana

MULTIPLE-TUBE FERMENTATION TECHNIQUE (9221)/Estimation of Bacterial Density

TABLE 9221:IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE RESULTS WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)*

Combination of Positives	MPN Index/100 mL	Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/100 mL	Confidence Limits	
		Low	High			Low	High
0-0-0	<1.8	—	6.8	4-0-3	25	9.8	70
0-0-1	1.8	0.090	6.8	4-1-0	17	6.0	40
0-1-0	1.8	0.090	6.9	4-1-1	21	6.8	42
0-1-1	3.6	0.70	10	4-1-2	26	9.8	70
0-2-0	3.7	0.70	10	4-1-3	31	10	70
0-2-1	5.5	1.8	15	4-2-0	22	6.8	50
0-3-0	5.6	1.8	15	4-2-1	26	9.8	70
1-0-0	2.0	0.10	10	4-2-2	32	10	70
1-0-1	4.0	0.70	10	4-2-3	38	14	100
1-0-2	6.0	1.8	15	4-3-0	27	9.9	70
1-1-0	4.0	0.71	12	4-3-1	33	10	70
1-1-1	6.1	1.8	15	4-3-2	39	14	100
1-1-2	8.1	3.4	22	4-4-0	34	14	100
1-2-0	6.1	1.8	15	4-4-1	40	14	100
1-2-1	8.2	3.4	22	4-4-2	47	15	120
1-3-0	8.3	3.4	22	4-5-0	41	14	100
1-3-1	10	3.5	22	4-5-1	48	15	120
1-4-0	11	3.5	22	5-0-0	23	6.8	70
2-0-0	4.5	0.79	15	5-0-1	31	10	70
2-0-1	6.8	1.8	15	5-0-2	43	14	100
2-0-2	9.1	3.4	22	5-0-3	58	22	150
2-1-0	6.8	1.8	17	5-1-0	33	10	100
2-1-1	9.2	3.4	22	5-1-1	46	14	120
2-1-2	12	4.1	26	5-1-2	63	22	150
2-2-0	9.3	3.4	22	5-1-3	84	34	220
2-2-1	12	4.1	26	5-2-0	49	15	150
2-2-2	14	5.9	36	5-2-1	70	22	170
2-3-0	12	4.1	26	5-2-2	94	34	230
2-3-1	14	5.9	36	5-2-3	120	36	250
2-4-0	15	5.9	36	5-2-4	150	58	400
3-0-0	7.8	2.1	22	5-3-0	79	22	220
3-0-1	11	3.5	23	5-3-1	110	34	250
3-0-2	13	5.6	35	5-3-2	140	52	400
3-1-0	11	3.5	26	5-3-3	170	70	400
3-1-1	14	5.6	36	5-3-4	210	70	400
3-1-2	17	6.0	36	5-4-0	130	36	400
3-2-0	14	5.7	36	5-4-1	170	58	400
3-2-1	17	6.8	40	5-4-2	220	70	440
3-2-2	20	6.8	40	5-4-3	280	100	710
3-3-0	17	6.8	40	5-4-4	350	100	710
3-3-1	21	6.8	40	5-4-5	430	150	1100
3-3-2	24	9.8	70	5-5-0	240	70	710
3-4-0	21	6.8	40	5-5-1	350	100	1100
3-4-1	24	9.8	70	5-5-2	540	150	1700
3-5-0	25	9.8	70	5-5-3	920	220	2600
4-0-0	13	4.1	35	5-5-4	1600	400	4600
4-0-1	17	5.9	36	5-5-5	>1600	700	—
4-0-2	21	6.8	40				

Fuente: SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 C, 23 rd. Edition

Anexo N° 10

Tabla N° 33. Criterio de combinación

Ejemplo	Diluciones (mL)					Combinación
	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	
1	5/5	5/5	2/5	0/5	0/5	5-2-0
2	5/5	5/5	5/5	4/5	0/5	5-4-0
3	0/5	2/5	0/5	0/5	0/5	0-2-0
4	5/5	3/5	1/5	1/5	0/5	5-3-2

Anexo N° 11

Tabla N° 34. Diferencia entre una colonia bacteriana y una colonia de actinomiceto

Característica	Colonia bacteriana típica	Colonia de actinomicetos
Apariencia	Brillante u opalescente	Las colonias maduras pueden tener. Aspecto blanco calcáreo apariencia más oscura en el centro y más claro en los bordes, debido a las hifas aéreas esponjosas. Pigmentos solubles (p. Ej., Melanina), que se difunden en el medio, también son comunes.
Textura	Suaves	Fuertes y cuerosos
Grado de adherencia al agar	Débiles	Fuertes
Borde de la colonia	Regular, continuo, y no diferente de la colonia en su conjunto	Irregular, intermitente, un poco menos denso que la colonia en su conjunto, y difuso

Anexo N° 12: Procedimiento para la estandarización del Tiosulfato de Sodio 0.01N y la solución de cloro.

MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

- Bureta de 25, 50 mL, matraces Erlenmeyer de 125, 250 mL, pipetas volumétricas de 1, 5, 10 y 100 mL y fioles volumétricas de 500 y 1000 mL
- Yoduro de potasio en cristales
- Ácido acético glacial, ácido sulfúrico concentrado
- Solución indicadora de almidón, solución de bicromato de potasio anhidro 0.01N
- Agua Libre de Demanda de Cloro (ALDC)

ESTANDARIZACIÓN DEL TIOSULFATO DE SODIO 0.01N PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 Cl.B.2D, 23 rd. Edition)

- Preparación de la solución de Tiosulfato de Sodio 0.01N: Añadir 2.5g en 1000 mL de agua desionizada y disolver.
- Colocar 80 a 100 mL de agua desionizada en un matraz Erlenmeyer de 250 mL; adicionar 1 mL de ácido sulfúrico concentrado, 10 mL de solución de Bicromato de Potasio 0.01N y 1g de Yoduro de potasio, dejar reposar por 6 minutos en oscuridad.
- Titular con la solución de Tiosulfato de Sodio 0.01N hasta que el color amarillo casi desaparezca. Adicionar 1 mL de la solución indicadora de almidón, se pondrá azul, y continuar titulado hasta que el color azul desaparezca completamente.

CALCULOS

$$\text{Normalidad del Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{0.1}{\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ gastado}}$$

ESTANDARIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CLORO PROCEDIMIENTO (SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-Cl.B.4, 23 rd. Edition)

- Preparación de la solución de cloro: Añadir 1 o 2 mL de solución de hipoclorito de sodio comercial al 5% (lejía) en 500 mL de agua libre de demanda de cloro.
- En un matraz Erlenmeyer de 125 mL, colocar entre 10-15 mL de agua libre de demanda de cloro, añadir 2 mL de ácido acético glacial y 1 g de yoduro de potasio, pipetear en el matraz, 5 mL de solución de Cloro.

- Titular con la solución estandarizada de tiosulfato de sodio 0.01N hasta que el color amarillo casi desaparezca; añadir de 1-2 mL de la solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente.

CALCULOS:

$$\text{Mg Cl como Cl}_2/\text{mL} = \frac{A \times N \times 35,45}{\text{mL de cloro muestra}}$$

Anexo N° 13: Preparación de las soluciones para el ensayo de DBO_5

SOLUCIONES

- Solución tampón de fosfato: Disolver 8,5 g de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), 21,75 g de fosfato dipotásico (K_2HPO_4), 33,4 g de fosfato disódico (Na_2HPO_4) - $7\text{H}_2\text{O}$ y 1,7 g de cloruro de amonio (NH_4Cl) en aproximadamente 1 L de agua desionizada. El pH debe ser 7,2.
- Sulfato de magnesio (MgSO_4) solución: Disolver 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 1 L de agua desionizada
- Cloruro de calcio (CaCl_2) solución: Disolver 27,5 g CaCl_2 1 L de agua desionizada.
- Cloruro férrico (FeCl_3) solución: Disolver 0,25 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 1 L de agua desionizada.
- Ácido: Lentamente y mientras se agita, agregar 28 mL de ácido sulfúrico
- concentrado (H_2SO_4) a 1 L de agua desionizada.
- Inhibidor de la nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina (TCMP) versión comercial.
- Glucosa–solución de ácido glutámico (GGA) o glutamato: Secar la glucosa de grado reactivo y el ácido glutámico de grado reactivo a 103°C durante 1 h. Agregar 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido a 1 L de agua desionizada. Preparar y usar inmediatamente para el ensayo, a menos que la solución se mantenga en un recipiente estéril o almacenarlo a 6°C sin congelar.

Anexo N° 14: Preparación de Reactivo A y Reactivo B

- Reactivo A: Disolver 480 g de Sulfato de Manganeso ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en 1 L de agua desionizada o desionizada.
- Reactivo B: disolver 500 g de hidróxido de sodio (NaOH) ((o 700 g de hidróxido de potasio (KOH)) y 135 g de yoduro de sodio (NaI) (o 150 g de KI) en agua desionizada y diluir hasta 1 L. Añadir 10 g NaN_3 disuelto en 40 mL de agua desionizada.



Figura 4. Medios de cultivo



Figura 5. Procesamiento de muestras por método de filtración



Figura 6. Coliformes totales positivo en Caldo Brila

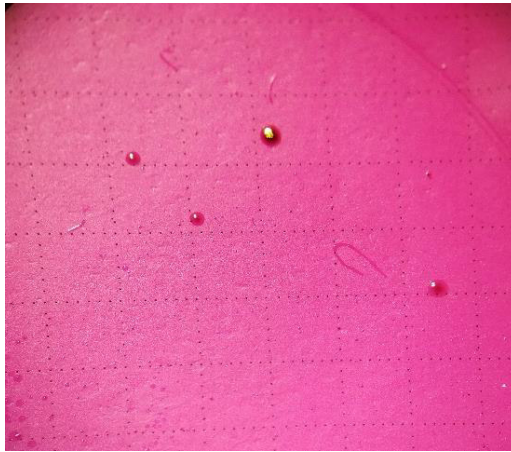


Figura 7. Coliformes en agar Endo-Les

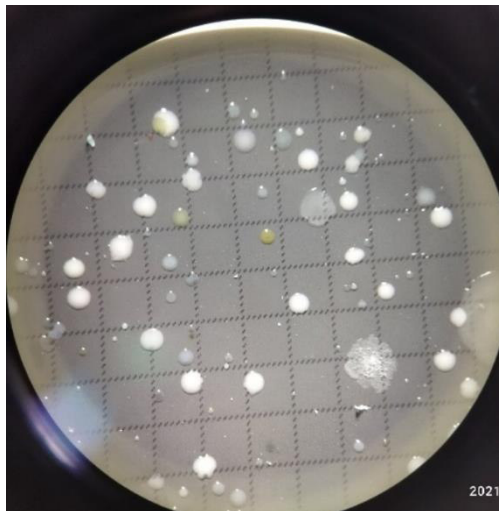


Figura 8. Bacterias heterotróficas en agar m-HPC

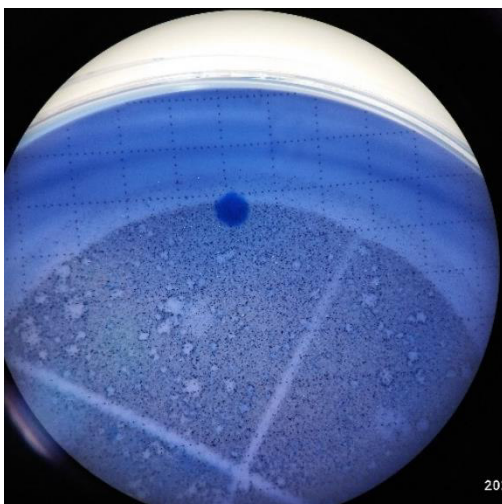


Figura 9. Coliformes termotolerantes en agar m-FC



Figura 10. E.coli en caldo EC-MUG



Figura 11. Equipo medidor de Cloro. Pocket Colorimeter II de HACH



Figura 12. *Cymbella* sp. y *Synedra ulna*. Vista a 20X



Figura 13. *Planktolyngbya* sp vista a 20X

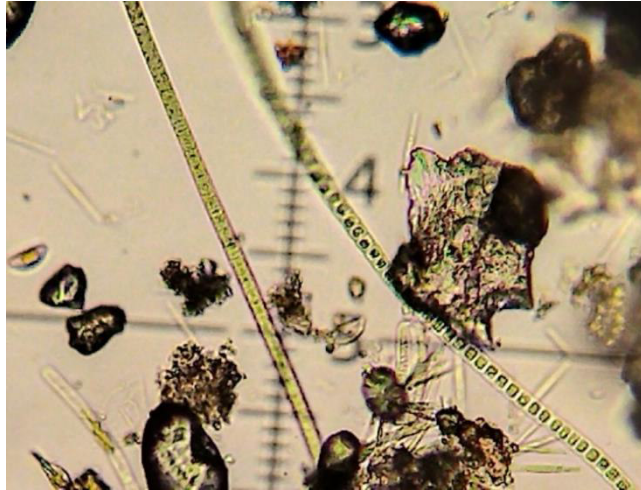


Figura 14. *Oscillatoria* sp. y *Ulothrix* sp. Vista a 40X



Figura 15. Nemátodo de vida libre vista a 10X



Figura 16. *Lepadella* sp. Vista a 20X

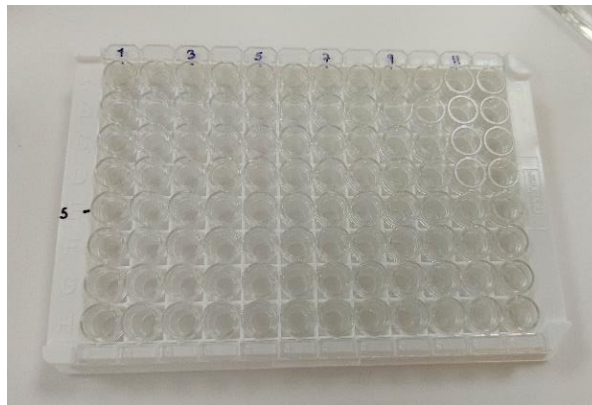


Figura 17. Microplacas ELISA para análisis de microcistinas y anatoxinas



Figura 18. Soluciones estándar y de control para análisis de microcistina



Figura 19. Muestras para análisis de DBOs