



UNIVERSIDAD DE CUENCA

“MAESTRÍA EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL”

TÍTULO:

**Caracterización de la toxicidad de los residuales
líquidos de una industria de lácteos de la ciudad de
Cuenca, utilizando biomodelos ecotoxicológicos**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL**

AUTOR: Bqf. Yomaira Yolanda Gutiérrez León

DIRECTOR: PhD. Ervelio Eliseo Olazabal Manso

CUENCA, ECUADOR

2015



RESUMEN

La industria láctea genera cantidades significativas de residuos líquidos, estas aguas se componen principalmente de sustancias orgánicas resultantes de la transformación de las materias primas y de los productos químicos que son empleados en los tratamientos higiénicos y sanitarios. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar las concentraciones de productos tóxicos en las zonas de descarga de los residuales líquidos, precisando su toxicidad sobre el medio ambiente a través de bioensayos ecotoxicológicos. Se determinaron diferentes parámetros físicos y químicos establecidos en la normativa vigente para los residuales líquidos de la industria láctea, el caudal de los residuales líquidos en los sitios definidos para la recolección de las muestras y la toxicidad de los residuales líquidos con protocolos de la OECD sobre *Poecilia reticulata*, *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*. Los resultados evidencian un nivel de incidencia toxicológica muy variado en los biomodelos utilizados durante este trabajo, siendo las especies más sensibles *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna* presentando un efecto muy tóxico.

Palabras clave: lácteos, normas, agua residual, biomodelos ecotoxicológicos, tóxico.



ABSTRACT

The dairy industry generates significant amounts of liquid waste, these waters are mainly composed of organic materials resulting from the processing of raw materials and chemicals that are used in the hygienic and medical treatment. This study aims to assess the concentrations of toxic products in the areas of discharge of liquid waste, including its toxicity on the environment through ecotoxicological bioassays. Different physical and chemical parameters established in the regulations for liquid waste from the dairy industry, the flow of liquid waste sites identified for sample collection and the toxicity of the liquid waste to OECD protocols were determined on Guppy (*Poecilia reticulata*), *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Zea mays* and *Phaseolus vulgaris*. The results show a varied level of toxicological impact on biomodels used during this work, the most sensitive species *Daphnia magna* and *Poecilia reticulata* presenting a toxic effect.

Keywords: milk, standards, residual water, biomodels ecotoxicological, toxic.



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Nivel de Incidencia de Unidades Toxicas	40
Tabla 2: Ensayos de toxicidad seleccionados para la determinación de toxicidad del efluente de la empresa de lácteos	49
Tabla 3: Resumen de los resultados de caudales y temperatura de la Industria de Lácteos	55
Tabla 4: Resumen de los resultados de la Carga Contaminante de la Industria de Lácteos	56
Tabla 5: Resumen de los resultados del análisis físico químicos del efluente de la Industria de Lácteos	56
Tabla 6: Resultados de la CL ₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre <i>Poecilia reticulata</i>	59
Tabla 7: Resultados de la CI ₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre <i>Daphnia magna</i>	60
Tabla 8: Resultados de la CI ₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de <i>Lactuca sativa</i>	60
Tabla 9: Resultados de la CI ₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de <i>Phaseolus vulgaris</i>	61
Tabla 10: Resultados de la CI ₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de <i>Zea mays</i>	61
Tabla 11: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de <i>Lactuca sativa</i> del efluente de la industria láctea	62
Tabla 12: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	63



Tabla 13: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de la planta de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	65
Tabla 14: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	66
Tabla 15: Efecto de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea sobre el promedio de la altura de la planta (cm) de <i>Zea mays</i>	67
Tabla 16: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	68
Tabla 17: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	69
Tabla 18: Efecto sobre el peso seco (g) de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	70
Tabla 19: Efecto de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea sobre el promedio del peso seco (g) de la planta de <i>Zea mays</i>	71
Tabla 20: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	72
Tabla 21: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	73
Tabla 22: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	74
Tabla 23: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	75
Tabla 24: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	76



Tabla 25: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	77
Tabla 26: Efecto sobre el número de nódulos de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	78
Tabla 27: Efecto sobre el número de hojas de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	79
Tabla 28: Efecto sobre el promedio del porcentaje de materia seca de la planta de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	80
Tabla 29: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad PRIMER MUESTREO (10 Julio 2013).....	81
Tabla 30: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad SEGUNDO MUESTREO (17 Julio 2013).....	81
Tabla 31: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad TERCER MUESTREO (24 Julio 2013)	82



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Daphnia magna</i>	33
Figura 2. <i>Lactuca sativa</i>	34
Figura 3. <i>Zea mays</i>	35
Figura 4: <i>Phaseolus vulgaris</i>	35
Figura 5: <i>Poecilia reticulata</i>	36
Figura 6: Ubicación Geográfica de la Industria de Productos Lácteos	43
Figura 7: Determinación del Caudal	45
Figura 8: Determinación de la Temperatura	46
Figura 9: Zona de Muestreo	47
Figura 10: Esquema de muestreo	47
Figura 11: Muestras recolectadas	49
Figura 12: Efecto sobre el largo (cm) de la raíz de la planta <i>Lactuca sativa</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	63
Figura 13: Efecto sobre el largo de la raíz de la planta (cm) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	64
Figura 14: Efecto sobre el largo de la raíz de la planta (cm) de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	65
Figura 15: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	67
Figura 16: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	68
Figura 17: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	69



Figura 18: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	70
Figura 19: Efecto sobre el peso seco de la planta (g) de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	71
Figura 20: Efecto sobre el peso seco de la planta (g) de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.	72
Figura 21: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	73
Figura 22: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	74
Figura 23: Medianas del efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.	75
Figura 24: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	76
Figura 25: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.	77
Figura 26: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de <i>Zea mays</i> .de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	78
Figura 27: Efecto sobre el número de nódulos de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	79
Figura 28: Efecto sobre el número de hojas de la planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.....	80
Figura 29: Efecto sobre el promedio del porcentaje de materia seca de la planta de <i>Zea mays</i> de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea	81



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

#P. numero de planta sin germinar

%. Porcentaje

%G. porcentaje de germinación

APHA. American Public Health Association

aprox. Aproximado

CC. Carga contaminante

CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

CI₅₀. Concentración Inhibitoria 50

CL₅₀. Concentración Letal 50

DBO₅. Demanda bioquímica de oxígeno

DO. Oxígeno disuelto

DQO. Demanda química de oxígeno

EPA. U.S. Environmental Protection Agency, EPA por sus siglas en inglés y en español conocido como la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU

ETAPA. Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca

h. hora



INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización

L. Litro

L/s. Litro/segundo

LOAEL. Lowest Observed Adverse Effect Level

mg/l. miligramos/litros

min. Minutos

ml. Mililitros

NOAEL. No Observed Adverse Effect Level

°C. Grados centígrados

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development

OPPTS. Oficina de Prevención, Pesticidas y Sustancias Tóxicas (Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substance, OPPTS por sus siglas en inglés)

pH. Potencial de hidrógeno

PTAR. Planta de Tratamiento de Agua Residual

PTAR. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Q. Caudal

Q_{max}. Caudal máximo



Qmin. Caudal mínimo

RIL. Residual de la Industria Láctea

s. Segundos

Tmax. Temperatura máxima

Tmin. Temperatura mínima

TULSMA. Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente

UT. Unidad de Toxicidad

Uta. Unidad de Toxicidad Aguda

UTC. Unidad de Toxicidad Crónica

vol. Volumen

YomE1. Muestra 1 tomada (10 julio/2013) en el efluente de la planta de productos lácteos.

YomE2. Muestra 2 tomada (17 julio/2013) en el efluente de la planta de productos lácteos.

YomE3. Muestra 3 tomada (24 julio/2013) en el efluente de la planta de productos lácteos.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
LISTA DE TABLAS.....	3
LISTA DE FIGURAS	6
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	13
TABLA DE CONTENIDOS	16
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR.....	19
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	20
AGRADECIMIENTOS	21
DEDICATORIA.....	22
CAPITULO I	23
1. INTRODUCCIÓN.....	23
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.2 HIPÓTESIS	25
CAPITULO II	26
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1 INDUSTRIA LÁCTEA	26
2.1.1 PRODUCTOS LÁCTEOS.....	26
2.2 AGUA RESIDUAL	26
2.2.1 CLASIFICACIÓN DEL AGUA RESIDUAL LÁCTEA	27
2.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL LÁCTEA	27
2.2.3 PARÁMETROS DE CONTROL EN EL AGUA RESIDUAL LÁCTEA.....	28
2.2.4 CARGA CONTAMINANTE	32
2.3 ECOTOXICOLOGÍA.....	32
2.4 BIOENSAYOS.....	32
2.4.1 BATERIAS DE ENSAYOS	33
2.4.2 PRUEBAS DE TOXICIDAD	37
2.4.3 PARÁMETROS DETERMINADOS A TRAVÉS DE LAS PRUEBAS DE TOXICIDAD.....	38
2.4.4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A TRAVÉS DE LA ESTIMACIÓN DE UNIDADES TOXICOLÓGICAS (UT).....	39
2.4.5 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE TOXICIDAD	39
2.5 HORMESIS	41



2.6 NORMATIVA AMBIENTAL.....	41
2.6.1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. TULAS (TULSMA), LIBRO VI, ANEXO 1.....	41
CAPITULO III	43
3. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	43
3.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	44
3.2.1 MATERIALES PARA LA MEDICIÓN DE CAUDALES	44
3.2.2 MATERIALES DE MUESTREO	44
3.3 METODOLOGÍA.....	44
3.3.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL, TEMPERATURA	45
3.3.2 MUESTREO	46
3.3.3 CARGA CONTAMINANTE	48
3.3.4 BIOENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS	48
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	50
3.4.1 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DE LAS PRUEBAS DE TOXICIDAD.....	50
3.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
3.4.2.1 ANÁLISIS ANOVA.....	51
3.4.2.2 ANÁLISIS POST-ANOVA.....	53
3.4.2.3 ANÁLISIS PROBIT	54
CAPITULO IV	55
4. RESULTADOS	55
4.1 CAUDALES Y TEMPERATURA	55
4.2 CARGA CONTAMINANTE	56
4.3 ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS	56
4.4 ENSAYOS DE TOXICIDAD AGUDA.....	59
4.4.1 TOXICIDAD AGUDA CL ₅₀ <i>Poecilia reticulata</i>	59
4.4.2 TOXICIDAD AGUDA Cl ₅₀ <i>Daphnia magna</i>	60
4.4.3 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl ₅₀ <i>Lactuca sativa</i>	60
4.4.4 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl ₅₀ <i>Phaseolus vulgaris</i>	61
4.4.5 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl ₅₀ <i>Zea mays</i>	61



4.4.6 DIFERENCIA DE MEDIAS EN EL PARÁMETRO DE ELONGACIÓN DE LA RAÍZ <i>L. sativa, P. vulgaris, Z. mays</i>	62
4.4.7 EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE <i>P. vulgaris, Z. mays</i>	66
4.5 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE TOXICIDAD.....	81
CAPITULO V	83
5. DISCUSIÓN	83
CAPITULO VI	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
ANEXOS	101



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yomaira Yolanda Gutiérrez León, autor/a de la tesis "Caracterización de la toxicidad de los residuales líquidos de una industria de lácteos de la ciudad de Cuenca, utilizando biomodelos ecotoxicológicos", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de (título que obtiene). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 30 de Enero del 2015

Bqf. Yomaira Yolanda Gutiérrez León

C.I: 0104607684



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yomaira Yolanda Gutiérrez León, autor/a de la tesis "Caracterización de la toxicidad de los residuales líquidos de una industria de lácteos de la ciudad de Cuenca, utilizando biomodelos ecotoxicológicos", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 30 de Enero del 2015

Bqf. Yomaira Yolanda Gutiérrez León

C.I: 0104607684



AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la vida y la oportunidad de realizar uno de mis sueños, a mis padres y hermanos por estar siempre junto a mí, al PhD. Ervelio Eliseo Olazabal Manso por el apoyo durante la realización del presente trabajo, al Ing. Juan Carlos Romero, director de la industria de lácteos, por darme la apertura en la empresa para el desarrollo de mi tesis de Maestría.

Yomaira Yolanda Gutiérrez
León



DEDICATORIA

A mis padres que con su apoyo incondicional han sabido guiarme siempre permitiendo que hoy culmine con éxito mi maestría; a mis hermanos que son parte fundamental en mi vida, y por brindarme siempre su apoyo.

Yomaira Yolanda Gutiérrez
León



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La principal fuente de contaminación de ríos, bahías, lagunas y acuíferos es el vertido incontrolado de residuales, los cuales proceden en su mayoría del sector industrial (Orozco et al., 2004)

La industria alimentaria es un sector socioeconómico con alta incidencia en la contaminación de las aguas; siendo las industrias láctea, cárnica y productora de aceites vegetales, las de mayor influencia debido al excesivo volumen de aguas residuales que generan. Por otra parte, el contenido oleoso de las aguas residuales de la industria alimentaria acentúa el deterioro de los ecosistemas donde impactan.

Tomando en cuenta la necesidad creciente que tienen los países en desarrollo de contar con procedimientos baratos y rápidos en la evaluación toxicológica ambiental, se ha propuesto como instrumento alternativo y que complementa los tradicionales análisis químicos para la determinación de toxicidad de muestras ambientales, la utilización de bioensayos, ya que los organismos vivos presentan alguna respuesta a niveles peligrosos de cualquier sustancia química o mezcla compleja de tóxicos presentes (CETESB, 1991, Schmidt, 2010, Torres y Hernández, 2009).

El efluente líquido de la industria láctea presenta como principales contaminantes aceites y grasas, sólidos suspendidos, DQO, DBO y nitrógeno amoniacial (Kjeldahl). La azúcar constituyente de la leche denominada lactosa es uno de los principales aportantes de DBO en los procesos productivos.



Adicionalmente, el residual de la industria láctea (RIL) es un aportante de nutrientes y otros contaminantes (fosforo y nitrógeno), lo cual obliga a evaluar su impacto sobre cuerpos superficiales.

Los principales procesos contaminantes son los de producción de quesos, crema y mantequillas, el lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina. Se estima que el suero generado en la elaboración de quesos tiene una DBO₅ del orden 40000 – 50000 mg/L.

Las pérdidas de leche en una industria sin automatización elevada son del orden de un 10 a un 20%, mientras que en una completamente automática puede reducirse al 2%. Cabe destacar que la práctica internacional indica que la generación de efluentes en la industria láctea obedece a 1 – 2 L. de agua/L. de leche procesada. Sin embargo, la práctica observada y medida en Chile demuestra que los consumos en la Región Metropolitana fluctúan entre 5 y 20 L de agua/L de leche (Conama, 1998).

En nuestro país, el control de la contaminación del agua se basa fundamentalmente en análisis fisicoquímicos y microbiológicos, y casi no se considera la problemática de la evaluación toxicológica sobre la salud de los ecosistemas acuáticos, por tal razón se evaluó los indicadores de calidad de los residuales líquidos de la industria de lácteos en las zonas de descarga, precisando su toxicidad sobre el medio ambiente a través de bioensayos ecotoxicológicos.

La Ecotoxicología utiliza diferentes biomodelos como herramientas para detectar la toxicidad de compuestos en forma de gases, líquidos o sólidos que



se encuentran en el ambiente. En la presente tesis, se utilizó una batería de 5 modelos ecotoxicológicos *Poecilia reticulata*, *Daphnia magna*, *Lactuca sativa*, *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* debido a que un solo modelo no puede dar una evaluación del efecto sobre toda la cadena trófica del ecosistema.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los indicadores de calidad de los residuales líquidos en las zonas de descarga, precisando su toxicidad sobre el medio ambiente a través de bioensayos ecotoxicológicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físicos, químicos establecidos en la normativa vigente para los residuales líquidos de la industria láctea.
- Precisar el caudal de los residuales líquidos en los sitios definidos para la recolección de las muestras.
- Obtener la toxicidad de los residuales líquidos sobre *Daphnia magna*, *Poecilia reticulata*, *Lactuca sativa*, *Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*.

1.2 HIPÓTESIS

Si los indicadores de calidad de los residuales líquidos en las zonas de descarga de una fábrica de productos lácteos de la ciudad de Cuenca, superan los límites permisibles en la normativa vigente, tendrán efectos tóxicos sobre el ecosistema cercano determinado en biomodelos ecotoxicológicos.



CAPITULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDUSTRIA LÁCTEA

Las industrias lácteas son fábricas del sector agroalimentario que emplean como materia prima la leche de origen animal, principalmente aquella proveniente de vacas para la elaboración de diversos productos para consumo humano. (Varnam y Sutherland, 1995)

2.1.1 PRODUCTOS LÁCTEOS

Son un grupo alimenticio integrado principalmente por leche, quesos, yogur, crema, entre otros, los cuales están constituidos por proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos, estas características nutricionales los convierten en alimentos indispensable para una dieta equilibrada. (Varnam et al., 1995)

2.2 AGUA RESIDUAL

Se conoce como agua residual aquella que proviene de un uso determinado y que transporta ciertos residuos o desechos, constituyendo un foco de contaminación en los sistemas en los cuales son descargados. (Metcalf & Eddy, 2004)

La clasificación de las aguas residuales es muy variada pero sin embargo las más conocidas son; agua residual doméstica, industrial, agropecuaria, etc. (Metcalf & Eddy, 2004)



El agua residual industrial es el agua proveniente de las distintas industrias y posee una variada composición todo ello dependiendo de las actividades que se desarrollen en las instalaciones. (Llanos, 2013)

2.2.1 CLASIFICACIÓN DEL AGUA RESIDUAL LÁCTEA

Debido a los distintos procesos llevados en las industrias lácteas se puede clasificar al efluente generado de la siguiente manera:

- **Agua de Proceso:** es el agua que interviene en el proceso de fabricación y que entra en contacto con el producto a transformar.
- **Agua de Limpieza de equipos e instalaciones:** Indispensable para la industria de alimentos para garantizar la higiene general requerida.
- **Agua de Servicios:** son las necesarias para el funcionamiento de equipos de refrigeración, purgas de calderas, etc.
- **Agua Sanitaria:** proveniente de los servicios sanitarios del personal que trabaja en la industria.(Llanos, 2013)

2.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL LÁCTEA

La caracterización del agua residual proveniente de industrias lácteas es compleja debido a los procesos que cada una realiza, sin embargo varios estudios coinciden en un aumento considerable en diversos parámetros como aceites y grasas, de manda biológica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, totales y disueltos, entre otros.

Todo ello depende de la cantidad de leche y suero que se introduzca en el efluente final provocando una mayor carga orgánica contaminante.



Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales:

- Marcado carácter orgánico (elevada DBO₅ y DQO) ya que la leche tiene una DBO₅ de 100.000 mg/L.
- Alta biodegradabilidad.
- Presencia de aceites y grasas.
- Altas concentraciones de nutrientes (fósforo y nitratos).
- Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en la elaboración de quesos.
- Ocasionalmente pueden tener pH extremos, debidos a las operaciones de limpieza.
- Uso de ácidos y bases en las limpiezas. (Llanos, 2013)

2.2.3 PARÁMETROS DE CONTROL EN EL AGUA RESIDUAL LÁCTEA

Sólidos totales

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. (Metcalf & Eddy, 2004)

Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de



mg/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. (Metcalf & Eddy, 2004)

Sólidos Suspendidos

Los sólidos totales, o residuo de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro de fibra de vidrio (Whatman GF/C) con un tamaño nominal de poro de 1,2 micrómetros, aunque también suele emplearse filtro de membrana de policarbonatos. (Metcalf & Eddy, 2004)

Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser más elevada que la del agua de suministro. La temperatura es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por ejemplo, el aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas. (Metcalf & Eddy, 2004)

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en el agua fría. Es preciso tener en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede producir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. (Metcalf & Eddy, 2004)

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C. (Metcalf & Eddy, 2004)



pH

Nos permite determinar el carácter ácido o básico del agua. La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ión hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ión hidrógeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. (Metcalf & Eddy, 2004)

Conductividad

Es la medida de la capacidad de una solución para dejar pasar la corriente eléctrica, que depende de las sales solubles en el agua, y de la temperatura de la medida. Se mide en Siemens/cm o mhos/c. (Metcalf & Eddy, 2004)

Demanda bioquímica de oxígeno DBO₅

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como aguas superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. (Metcalf & Eddy, 2004)



Demanda química de oxígeno DQO

El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. (Metcalf & Eddy, 2004)

Relación DQO/DBO₅

Expresa la biodegradabilidad de un agua residual. Para un efluente predominantemente doméstico, esta relación está generalmente comprendida entre 2 y 3. Para los efluentes de industrias alimentarias es inferior, del orden de 1,5 a 2 que indica una mejor biodegradabilidad. Una relación superior a 3 indica la existencia de un aporte industrial al efluente, más o menos biodegradable. (Metcalf & Eddy, 2004)

Nitrógeno y Fósforo

El nitrógeno y el fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, razón por la cual reciben el nombre de nutriente o bioestimuladorres. (Metcalf & Eddy, 2004)

Grasas y aceites

La presencia de grasas y aceites en las industrias lácteas es abundante, estos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y con frecuencia son



causa de problemas tanto en la red del alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido de grasas antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradable. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.2.4 CARGA CONTAMINANTE

La carga contaminante o carga masiva, es la medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente expresada en Kg/d. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.3 ECOTOXICOLOGÍA

Se define a la Ecotoxicología como “la ciencia que estudia la polución, su origen y efecto sobre los seres vivos y sus ecosistemas”. (Capo, 2007)

Truhaut 1975, estableció el término de Ecotoxicología en lugar de Toxicología Ambiental, usada hasta ese momento. La Toxicología Ambiental estudia la dosis de un tóxico, sin su efecto. En cambio, la Ecotoxicología, evalúa como una sustancia que puede ser tóxica para un ambiente definido, interactúa con su ecosistema, en sus acciones y efecto sobre los organismos que lo conforman, de acuerdo a la dosis, tiempo de exposición a la misma y su evolución.

2.4 BIOENSAYOS

Los bioensayos de toxicidad son una herramienta intensamente utilizada en países desarrollados, con el objeto de evaluar en forma efectiva y eficiente los

efectos tóxicos agudos y crónicos de la contaminación en los organismos vivos.

En la práctica, esta técnica cuantifica la relación concentración-efecto de compuestos químicos conocidos o mezclas. Los efectos son muy diversos y pueden manifestarse como inhibición o magnificación, son evaluados por la reacción de los organismos: muerte, crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos. (Capó, 2007)

2.4.1 BATERIAS DE ENSAYOS

Combinación de diversos ensayos de toxicidad con diferentes organismos. En la realización de las pruebas de toxicidad, se recomienda la utilización de más de un especie, para permitir una determinación cuidadosa y más ajustada a la toxicidad, debido a que los organismos acuáticos, responden de diversa forma frente a los tóxicos, a continuación se detalla los biomodelos utilizados en este trabajo:

Daphnia magna. Es un género de crustáceos planctónicos del orden Cladócera. Se conocen vulgarmente, como lías de agua y también como pulgas de agua, debido a lo pequeñas que son y a su forma de nadar como “saltando”.



Figura 1. *Daphnia magna*

La *D. magna* es una de las especies más utilizadas como organismos de prueba o de referencia en pruebas de toxicidad. La amplia distribución geográfica, el importante papel que cumplen al interior de la comunidad zooplantónica, la facilidad de cultivo en el laboratorio, la reproducción partenogenética (lo cual asegura una uniformidad de respuesta), y el corto ciclo de vida con la producción de un alto número de crías, han hecho de este grupo un ideal para la evolución de toxicidad a nivel universal. (OECD 202, 1984)

Lactuca sativa. La lechuga, es una planta anual propia de las regiones semi-templadas, que se cultiva con fines alimentarios.



Figura 2. *Lactuca sativa*

El bioensayo con *L. sativa*, es una prueba estática de toxicidad aguda que permite estimar la fitotoxicidad de sustancias tóxicas solubles en agua y en otras matrices sólidas sobre la germinación de las semillas y sobre el desarrollo de las plantas durante los primeros días de crecimiento. Se aplica para determinar toxicidad en los efluentes industriales, lixiviados, aguas residuales, superficiales, subterráneas, intersticiales, agua potable y lodos. (Romero & Mendoza, 2008).

Zea mays. Comúnmente llamada maíz, es una planta gramínea anual originaria de América introducida en Europa en el siglo XVII.



Figura 3. *Zea mays*

Phaseolus vulgaris. Es la especie más conocida del género Phaseolus en la familia Fabaceae nativas de América. Es una especie anual, que se cultiva en todo el mundo.



Figura 4: *Phaseolus vulgaris*

Las plantas (*Z. mays*, *P. vulgaris*) son esenciales en los ecosistemas porque son las responsables de transformar la energía solar en energía química, al tiempo que absorben dióxido de carbono. De esta manera proveen de alimento y oxígeno al resto de los organismos. Además, las plantas son uno de los componentes más importantes de los ecosistemas terrestres porque proporcionan refugio y sitio de anidamiento para numerosos organismos, y participan de forma primordial en el reciclaje de nutrientes y en la estabilización de los suelos. (Kwaben, 2013)

El daño a las plantas por los contaminantes puede afectar directamente a la estructura y la función de un ecosistema, al reducir la producción primaria, incrementar el lavado y erosión del suelo y degradar el hábitat de la vida silvestre. Los efectos letales de los contaminantes sobre las plantas pueden significar pérdidas ecológicas y económicas muy importantes; incluso los efectos subletales tienen un impacto significativo sobre la producción de alimentos y el desarrollo de la vegetación natural, e implicaciones adversas para los organismos pertenecientes a niveles superiores en la cadena alimenticia. (Wang y Freemark, 1995)

Poecilia reticulata. Llamado también pez millón, es un pez ovovivíparo de agua dulce procedente de Centroamérica que habita en zonas de corriente baja de ríos, lagos y charcas.

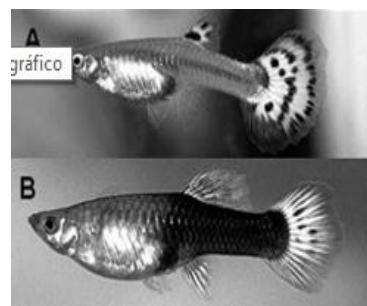


Figura 5: *Poecilia reticulata*

Los bioensayos con peces (*P. reticulata*) se basan en la determinación de efectos de intoxicación aguda (inmovilización o mortalidad), observados en un tiempo de exposición de 96 horas. La relevancia del empleo de peces como organismos de prueba radica en su ubicación y función en los sistemas acuáticos, ya que además de ocupar diferentes posiciones tróficas en los ecosistemas, al tratarse de organismos vertebrados, son normalmente considerados como buenos representantes de organismos de mayor



complejidad y por lo tanto los efectos tóxicos observados en ellos son más fáciles de comprender e interpretar, pues además muchas especies de peces representan pesquerías de importancia comercial o son sujeto de cultivo para la producción de alimentos o como especies ornamentales. (Capó, 2007).

La prueba es adecuada para la evaluación de los efectos tóxicos agudos (letrales) de efluentes con o sin tratamiento, muestras de agua de cuerpos receptores de descargas, compuestos puros y en mezclas de composición conocida o desconocida, principios activos y productos formulados comerciales. Es además adecuada para la clasificación de la toxicidad de compuestos, en el monitoreo de ecosistemas acuáticos y en la evaluación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales. (OECD 203, 1992)

2.4.2 PRUEBAS DE TOXICIDAD

Castillo 2004, toma en cuenta los siguientes criterios para clasificar los tipos de toxicidad:

1. El método usado para incorporar la muestra al sistema de ensayo:
 - Estático,
 - Con renovación,
 - Flujo continuo
2. El propósito para el que son usadas:
 - Control de calidad de vertido,
 - Toxicidad relativa,



- Evaluación de sustancias específicas
3. Tiempo de duración, de acuerdo al ciclo de vida del organismo de prueba:
- **Agudo.** Se desarrolla en un periodo corto (minutos, horas o algunos días), dentro del ciclo de vida del organismo empleado.
 - **Crónico.** Se desarrolla en un periodo relativamente largo de exposición, que represente un lapso superior al 10%, del periodo de vida del organismo de prueba.

2.4.3 PARÁMETROS DETERMINADOS A TRAVÉS DE LAS PRUEBAS DE TOXICIDAD

Se pueden determinar, a través de las pruebas de toxicidad, concentraciones de tipo letal o subletal para los organismos de prueba. Se describen los siguientes parámetros CEPIS, 2001:

CL₅₀: Concentración Letal Media. Concentración a la cual el 50% de los organismos de prueba son muertos, durante un periodo específico de exposición (24, 48 a 96 horas generalmente)

CE₅₀: Concentración Efectiva o de Inhibición media. Concentración a la que se produce una reducción al 50% en alguna medida del impacto crónico (reducción de la fecundidad, crecimiento, etc.), durante un periodo de exposición específico, que puede ser el ciclo de vida de los organismos de prueba (meses o un periodo mayor).



NOEC: Concentración máxima de la sustancia tóxica en la que no se observa efecto.

LOEC: Concentración más baja de la sustancia tóxica a la cual se observa efecto sobre el organismo de prueba en las condiciones y tiempos establecidos.

TOEC: Concentración umbral a la cual se observa efecto (media geometría del NOEC y LOEC)

2.4.4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL A TRAVÉS DE LA ESTIMACIÓN DE UNIDADES TOXICOLÓGICAS (UT)

La CEPIS 2001, emite dos criterios para considerar a las sustancias toxicas:

- Como “**sustancia química individual**”, es decir una sustancia química específica (aluminio, plomo, etc.)
- Como “**toxicidad total del efluente**”, sin embargo al considerarse el efluente como una mezcla específica, su toxicidad, se mide a través de pruebas toxicológicas, las que a su vez proporcionan parámetros como la CL₅₀, Cl₅₀, NOEC, LOEC, a partir de los cuales se determina las unidades de toxicidad en cuerpos de agua y vertimientos.

2.4.5 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE TOXICIDAD

Existe una relación inversa entre la toxicidad y la Concentración Inhibitoria Cincuenta (Cl₅₀) o Dosis Letal Cincuenta (DL₅₀) en un bioensayo, significa que

cuando más baja sea la CL_{50} o DL_{50} de un organismo CL_{50} , mayor será la toxicidad del efluente.

Según Castillo 2004, una Unidad de Toxicidad UT, define el grado de toxicidad de un efluente, o la concentración de una sustancia expresada como fracción del punto final de toxicidad medido.

La CEPIS 2001 (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), establece para el cálculo de la UT:

$$UT = \frac{100}{CL_{50} \text{ o } CI_{50}}$$

Donde el valor de CL_{50} o CI_{50} esta expresado como porcentaje del efluente en agua de dilución.

La UT también debe ser definida para cada una de las medidas de toxicidad:

- **UTa** = Unidad de Toxicidad Aguda
- **UTc**= Unidad de Toxicidad Crónica (con un CL_{50} para siete días)

Ramírez 2003, cita a Zagatto, et al., quien propone la siguiente tabla para expresar el Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad.

Tabla 1: Nivel de Incidencia de Unidades Toxicas

NIVEL DE INCIDENCIA	UNIDADES TOXICAS
No tóxico	1
Levemente tóxico	> 1 – 1.3
Moderadamente tóxico	> 1.3 – 2
Tóxico	> 2 – 4
Muy tóxico	> 4



2.5 HORMESIS

La hormesis (del griego ὄπηρω "estimular") es un fenómeno de dosis respuesta caracterizado por una estimulación a dosis bajas e inhibición a dosis altas (Calabrese & Baldwin, 2002). Se ha documentado en una amplia variedad de taxa y se debe a diversos agentes tóxicos, incluyendo herbicidas. Numerosa respuesta metabólica y fisiológica ha sido estimulada en plantas al ser expuestas a dosis bajas de herbicidas, incluyendo recientemente el mejoramiento del rendimiento agrícola. (Cedergreen & Andresen, 2010)

Una dosis muy baja de un agente químico puede provocar en un organismo el efecto contrario a una dosis alta.

2.6 NORMATIVA AMBIENTAL

2.6.1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. TULAS (TULSMA), LIBRO VI, ANEXO 1.

Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público.

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).



- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceites, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos en Anexo1.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realizó en una industria de productos lácteos, ubicada en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca (Figura 6). La fábrica está destinada a la fabricación de productos lácteos, principalmente leche en cantidades de 155000 L diarios, además de la preparación de néctares y avenas (Anexo 2).

El área total de la fábrica es de 12.991 m² conformada por:

- Área de administración
- Área de producción
- Área de talleres
- Área de bodegas
- Plataformas de recepción y parqueo
- Plataforma de despacho y otros



Figura 6: Ubicación Geográfica de la Industria de Productos Lácteos

FUENTE. Google Earth



3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

A continuación se detalla los materiales y métodos usados en este trabajo

3.2.1 MATERIALES PARA LA MEDICIÓN DE CAUDALES

- Balde graduado de 20 litros
- Cronómetro
- Libreta de apuntes

3.2.2 MATERIALES DE MUESTREO

- Termómetro (Marca Multi-Thermometer -50°C ~ +300°C)
- Hielera
- Refrigerantes
- Envase de plástico estériles de 100cc (determinación microbiológicas)
- Envases de plásticos de 1 litro (determinación de grasas)
- Envases de plásticos de 1 galón (bioensayos)
- Envases de vidrio de 500cc (determinación de fósforo)
- Jarra
- Guantes
- Mascarillas
- Calculadora

3.3 METODOLOGÍA

Dentro de las diferentes metodologías que se utilizaron para la ejecución de la investigación se encuentran:

3.3.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL, TEMPERATURA

Debido a las diferentes actividades llevadas a cabo en la empresa de lácteos, se utilizó el método de aforo para la determinación del caudal.

Mediante balde graduado de 20 L, un cronómetro y el uso se la siguiente formula se determinó el caudal.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q = Caudal L/s

V = Volumen del recipiente en litros.

t = Tiempo de llenado en segundos.

Las mediciones se realizaron cada 2 h (07:00am a 15:00pm) durante un periodo de jornada laboral de 8 horas los días 10, 17 y 24 de julio del 2013, conjuntamente se determinó la temperatura (Figura 7 y 8)



Figura 7: Determinación del Caudal
FUENTE. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



Figura 8: Determinación de la Temperatura
FUENTE. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

3.3.2 MUESTREO

Las muestras fueron recogidas en el mismo lugar donde se realizaron las mediciones del caudal y temperatura (Figura 9), el muestreo se realizó de forma manual y de tipo compuesto, en frascos estériles, previa descarga de las aguas residuales generadas por la empresa de lácteos al alcantarillado público. La muestra compuesta se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (cada 2 h en recipientes de 800 cc) que se adicionan al mismo recipiente de un volumen total de 1 galón, durante un periodo de jornada laboral de 8 h desde la 07:00 am hasta las 15:00 pm, 3 veces durante un mes de producción (días 10, 17 y 24 del mes de Julio 2013), estas muestras fueron debidamente etiquetadas con la fecha, lugar, hora, nombre de la persona que toma la muestra, tipo de muestra, para luego ser llevadas bajo cadena de frío a los diferentes laboratorios para su respectivo análisis.

Durante el muestreo se tomaron en primer lugar el volumen destinado al análisis microbiológico en recipientes estériles en un volumen de 80 cc aproximadamente, después las alícuotas destinadas a las determinaciones físico-químicas, con el fin de evitar posibles contaminaciones (Figura 10), estas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Sanitario de la Facultad de

Ingeniería Civil de la Universidad de Cuenca y al Departamento de Manejo ambiental de ETAPA para ser analizados según los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Además también se consideraron las normas del Instituto Ecuatoriano Normalización (INEN) 2169:1998 y 2176:1998.



Figura 9: Zona de Muestreo
FUENTE. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

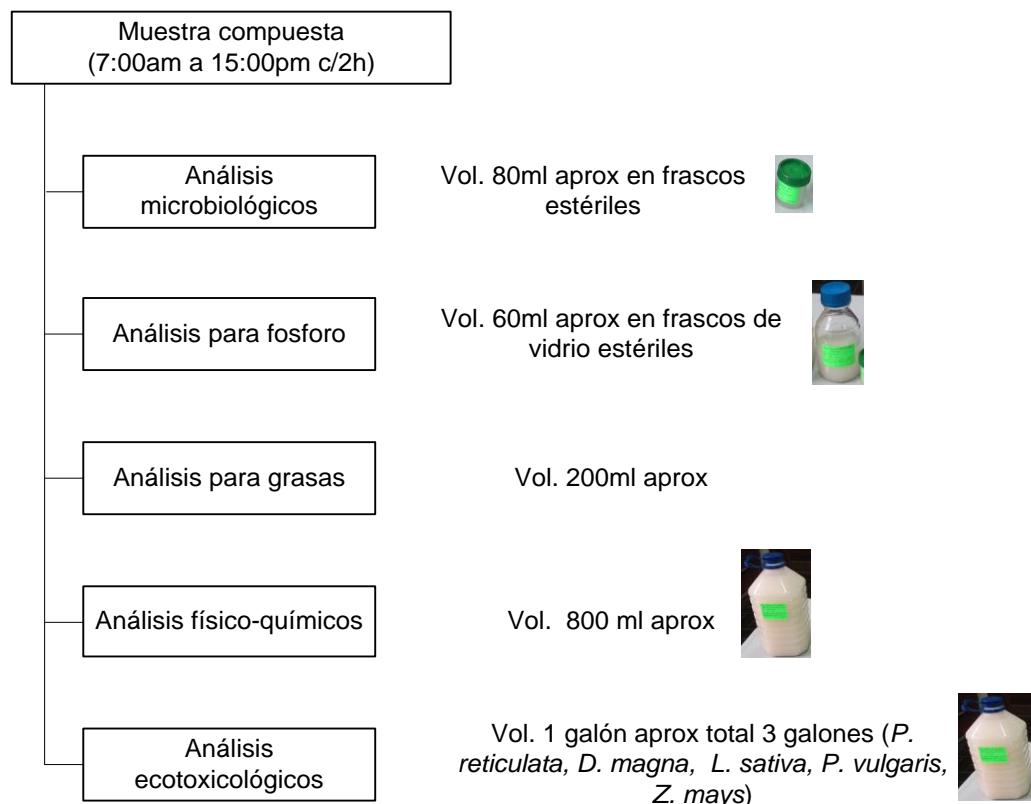


Figura 10: Esquema de muestreo
FUENTE: ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



3.3.3 CARGA CONTAMINANTE

La determinación de la carga contaminante (CC) se sujetó al procedimiento previsto en el TULAS, según el cual equivale a:

$$CC = Q \times \left(\frac{(2DBO_5 + DQO)}{3} \right) + SS$$

Donde:

CC= Carga Contaminante (Kg/d)

Q= Cauda (L/d)

DBO₅= Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (mg/l)

DQO= Demanda Química de Oxígeno (mg/l)

SS= Sólidos Suspensidos (mg/l)

3.3.4 BIOENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS

Una vez recolectadas las muestras, se las identificó y etiquetó adecuadamente (Figura 11), luego fueron debidamente transportadas en cajas térmicas con geles congelantes, para mantener la estabilidad de las mismas, hacia el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, cuya Acreditación Técnica, le otorga el reconocimiento oficial de su competencia técnica para generar resultados confiables a partir de las pruebas que realiza.



Figura 11: Muestras recolectadas
FUENTE: ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Este laboratorio, se rige a los Protocolos de Bioensayos establecidos internacionalmente, por la Comunidad Económica Europea, la Agencia de Polución Ambiental de los Estados Unidos, US EPA y otros entes encargados de estandarizar los procedimientos de laboratorios para la realización de los bioensayos como la OECD, 203,208,227 y OPPTS,850.4200, 850.4100.850.4230.

En la tabla 2, se detallan los protocolos empleados en la realización de los bioensayos del presente trabajo:

Tabla 2: Ensayos de toxicidad seleccionados para la determinación de toxicidad del efluente de la empresa de lácteos

Bioensayo	Referencia
Daphnia magna	OECD 202. 1984
- % de inmovilización	
Poecilia reticulata (Guppy)	OECD 203. 1992
- % de mortalidad	
Lactuca sativa (Lechuga)	EPA OPPTS850.4100 (1996)
- % índice de germinación	
- elongación radical	
Phaseolus vulgaris (frijol negro)	EPA OPPTS 850.4200 (1996)
- % de germinación.	
Ensayos de emergencia:	
- altura de planta,	
- largo de raíz,	
- peso húmedo de la planta	
- peso húmedo de la raíz,	
- peso seco de planta,	
- peso seco de la raíz,	
- % de materia seca de planta,	
- % de materia de la raíz,	
- número de nódulos,	
- número de hojas.	
Zea mays (maíz).	EPA OPPTS 850.4230 (1996)
- % de germinación.	
Ensayos de emergencia:	
- altura de planta,	
- largo de raíz,	
- peso húmedo de la planta	
- peso húmedo de la raíz,	
- peso seco de planta,	
- peso seco de la raíz,	
- % de materia seca de planta,	
- % de materia de la raíz,	



Cada uno de los bioensayos, se rigieron los protocolos indicados (Anexo 3, 4, 5 y 6)

Los resultados obtenidos, fueron anotados en tablas de registro establecidos para cada caso (Anexo 7,8, 9, 10,11)

3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DE LAS PRUEBAS DE TOXICIDAD

Con los resultados de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se crearon registros de las pruebas ecotoxicológicas con cada uno de los biomodelos usados: *D. magna*, *P. reticulata*, *L. sativa*, *P. vulgaris* y *Z. mays*.

Los datos fueron procesados y presentados en forma de tablas y gráficos mediante la utilización del Microsoft Excel 2013.

3.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar el nivel de toxicidad en cada uno de los días del muestreo del agua residual de la industria de lácteos, se realizó:

- Determinación de Cl_{50} o CL_{50} con todos sus parámetros.
- Determinación de estadígrafos por cada ensayo (Mediana, media, varianza, coeficiente de variación)
- Análisis de la normalidad de los datos



- Anova o Kruskall Wallis (Para probar diferencias significativas entre las medias)
- Determinación de diferencia entre medias o medianas
- Confección de tablas resúmenes o gráficos
- Determinación de las unidades de toxicidad (UT).

Programas utilizados

- EPA PROBIT ANALYSIS PROGRAM. USED FOR CALCULATING LC/EC VALUES Version 1.5.
- StatGraphics Centurion Ver. XV 2.14.
- Excell 2013

3.4.2.1 ANÁLISIS ANOVA

Se probó la existencia de un efecto (mortalidad para daphnias y peces, e inhibición de la germinación para semillas), estadísticamente significativas de las muestras con sus diferentes niveles de concentración, sobre los organismos expuestos. La prueba utilizada fue ANOVA, con un nivel de significancia del 0.05 (α), es decir una confiabilidad del 95%.

Se propuso como hipótesis nula H_0 e hipótesis alternativa H_1 :

$$H_0 = \mu_{C1} = \mu_{C2} = \mu_{C3} = \mu_{C4} = \mu_{C5} = \dots = \mu_{C\text{control}}$$

$$H_1 = \mu_{Ci} \neq \mu_{Cj}$$



Donde:

C= concentración de la muestra expresada en %

Si $\alpha \geq 0.05$ se acepta H_0 , es decir que no hay evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa entre el promedio de organismos vivos de las diferentes concentraciones y el grupo control.

Si $\alpha \leq 0.05$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 , es decir que existe una diferencia significativa entre el promedio de organismos vivos de las diferentes concentraciones y el grupo control.

Para el caso del análisis estadístico para *D. magna*, se utilizó la prueba de ANOVA de un factor, considerando las siguientes variables:

- **Vivos:** es el número de organismos vivos en cada réplica de la prueba, una vez finalizada la misma. En este trabajo se utilizaron cinco organismos por réplica, con un total de cuatro réplicas. Un total de 20 individuos por cada nivel de concentración.
- **Concentración:** corresponde al porcentaje de muestra. Para *D. magna*, fueron seis niveles de concentración, más un control (porcentaje de muestra 0).

Para el caso del análisis estadístico para *P. reticulata*, se utilizó la prueba de ANOVA de un factor, considerando las siguientes variables:



- **Vivos:** es el número de organismos vivos en cada réplica de la prueba, una vez finalizada la misma. En este trabajo se utilizaron diez organismos por réplica, con un total de dos réplicas. Un total de 20 individuos por cada nivel de concentración.
- **Concentración:** corresponde al porcentaje de muestra. Para *P. reticulata*, fueron seis niveles de concentración, más un control (porcentaje de muestra 0).

Para el caso de semillas de *L. sativa*, *P. vulgaris*, *Z. mays*, también se utilizó la prueba de ANOVA de un factor considerando las siguientes variables:

- **Germinación:** expresado por el porcentaje de semillas que germinaron en cada réplica, al final de la prueba. En este trabajo se realizaron 3 réplicas utilizando 10 semillas en cada una. Un total de 30 semillas para cada nivel de concentración.
- **Concentración:** corresponde al porcentaje de muestra. Para las semillas se usaron cinco niveles de concentración, más un control (porcentaje de muestra 0).

3.4.2.2 ANÁLISIS POST-ANOVA

En los casos en que se rechazó la hipótesis nula, se realizó la prueba POST-ANOVA. Esta prueba permite identificar los grupos que presentan diferencias significativas.



Se realizó la prueba de Kruskall Wallis, la cual compara las concentraciones de cada grupo frente al grupo control de concentración cero.

- La hipótesis nula H_0 fue que el promedio de organismos vivos en el grupo comparado es igual al promedio de organismo en el grupo control.
- La hipótesis alternativa H_1 fue que el promedio de organismos vivos en el grupo comparado es menor al promedio de organismo en el grupo control.

En el caso de las semillas se comparo el promedio de germinación de las semillas con las del grupo control, para lo cual se establece las mismas hipótesis nula y alternativa.

3.4.2.3 ANÁLISIS PROBIT

En las muestras en las que se determinó una letalidad al 50%, se debió calcular a más del NOEC y LOEC, la concentración letal 50 o CL_{50} para el caso de *P. reticulata* y la concentración inhibitoria 50 o CI_{50} para el caso de germinación de semillas y *D. magna*.

En este análisis se relaciona la tasa de la respuesta, letalidad (mortalidad para *D. magna*, *P. reticulata* o no germinación para semillas), de los organismos frente a un estímulo (concentración de la muestra del efluente de la industria de lácteos).



CAPITULO IV

4. RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos tanto en las pruebas físico-químico como en las de toxicidad aguda, realizadas en los residuales de la Industria de Lácteos, se procedió a la determinación numérica de la toxicidad, basada en los niveles del efecto letal, CL_{50} y Cl_{50} . Se calculó el valor del NOEC y LOEC, para determinar la concentración más alta sin efecto tóxico y la más baja a la que se observa el efecto tóxico estudiado.

Los resultados de la determinación del caudal, temperatura y carga contaminante, se encuentran detallados en el Anexo 12 y 13.

4.1 CAUDALES Y TEMPERATURA

El efluente de la industria de lácteos durante los días de muestreo presentó los siguientes caudales y temperaturas que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Resumen de los resultados de caudales y temperatura de la Industria de Lácteos

HORA	DÍAS DE MUESTREO					
	10 DE JULIO		17 DE JULIO		24 DE JULIO	
	T (°C)	Q (L/s)	T (°C)	Q (L/s)	T (°C)	Q (L/s)
7:00	31.3	3.92	32.1	5.43	32.5	4.85
9:00	32.3	3.95	26.3	5.10	31.6	4.57
11:00	31.8	4.85	26.4	5.46	28.4	4.71
13:00	31.7	4.58	29.8	4.23	30.9	5.03
15:00	31.5	3.86	30.0	3.86	31.0	5.49
	T max 32.3	Q max 4.85	T max 32.1	Q max 5.46	T max 32.5	Q max 5.49
	T min 31.3	Q min 3.86	T min 26.3	Q min 3.86	T min 28.4	Q min 4.57

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



4.2 CARGA CONTAMINANTE

El efluente de la industria de lácteos durante los días de muestreo presentó una carga contaminante muy variada:

Tabla 4: Resumen de los resultados de la Carga Contaminante de la Industria de Lácteos

DÍA DE MUESTREO	CARGA CONTAMINANTE (Kg/d)
10 DE JULIO	1492.56
17 DE JULIO	2261.65
24 DE JULIO	1164.26

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

4.3 ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS

En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados de los análisis físico-químicos del efluente de la industria de lácteos.

Tabla 5: Resumen de los resultados del análisis físico químicos del efluente de la Industria de Lácteos

PARÁMETRO	UNIDAD	DÍAS DE MUESTREO			NORMATIVA
		10-jul-13	17-jul-13	24-jul-13	
CAUDAL MINIMO	L/s	3.86	3.86	4.57	
CAUDAL MAXIMO	L/s	4.85	5.46	5.49	
TEMPERATURA	°C.	32.3	32.1	32.5	<40
CONDUCTIVIDAD	microsiemens/cm	1166	693	1347	
SOLIDOS TOTALES	mg/l	3328	3837	2461	1600
S. SUSPENDIDOS	mg/l	1396,66	2133,33	680	220
S. SEDIMENTABLES	ml/l	0	0	0	20
pH		11,16	10,31	12,06	5 - 9
CLORUROS	mg/l	100	50	44	
P-ORTOFOSFATO TOTAL	mg/l	19,3	28,5	27,2	15
N. ORGANICO	mg/l	60,48	20,44	24,64	40
DQO	mg/l	6200	7082,9	3720	500
DBO ₅	mg/l	938	968	1447	250
SUST. SOLUBLES AL HEXANO	mg/l	1210.80	1803.6	557.6	100

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



Se determinó la temperatura del agua residual de la industria de lácteos in situ, como un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud para ciertos usos útiles, los resultados obtenidos en los tres días del muestreo son menores al estipulado en la Normativa TULSMA (<40 °C.)

Se determinó la conductividad del agua residual de la industria de lácteos como parámetro que mide la capacidad de una solución para dejar pasar la corriente eléctrica, siendo mayor en el tercer muestreo 1347,0 microsiemens/cm.

Se determinó los sólidos totales del agua residual de la industria de lácteos, como un parámetro que se lo obtiene después de someter el agua a un proceso de evaporación, los resultados obtenidos superan a lo estipulado en la Normativa TULSMA (1600 mg/l), siendo el segundo muestreo el que presenta el valor más alto 3837 mg/l.

Se determinó los sólidos suspendidos del agua residual de la industria de lácteos, los resultados obtenidos superan a lo estipulado en la Normativa TULSMA (220 mg/l), siendo el segundo muestreo el que presenta el valor más alto 2133,33 mg/l.

Se determinó el pH del agua residual de la industria de lácteos, como un parámetro que nos permite determinar el carácter ácido o básico, los resultados obtenidos superan a lo estipulado en la Normativa TULSMA (5-9), siendo el tercer muestreo el que presenta el valor más alto 12.06.



Se determinó cloruros en el agua residual de la industria de lácteos, encontrándose el valor más alto el primer muestreo 100mg/l.

Se determinó fósforo en el agua residual de la industria de lácteos, los resultados obtenidos superan al estipulado en la Normativa TULSMA (15 mg/l), siendo el segundo muestreo el que presenta el valor más alto 28.5 mg/l.

Se determinó nitrógeno en el agua residual de la industria de lácteos, los resultados obtenidos superan al estipulado en la Normativa TULSMA (40 mg/l), siendo el primer muestreo el que presenta el valor más alto 60.48 mg/l.

Se determinó DQO en el agua residual de la industria de lácteos, como un parámetro que mide el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica, los resultados obtenidos superan al estipulado en la Normativa TULSMA (500 mg/l), siendo el segundo muestreo el que presenta el valor más alto 7082,9 mg/l.

Se determinó DBO₅ en el agua residual de la industria de lácteos, como un parámetro de contaminación orgánica. La determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, los resultados obtenidos superan al estipulado en la Normativa TULSMA (250 mg/l), siendo el tercer muestreo el que presenta el valor más alto 1447,0 mg/l.

Se determinó las sustancias solubles al hexano (aceites y grasas) en el agua residual de la industria de lácteos, como un parámetro que interfiere en el normal desarrollo de la actividad biológica, los resultados obtenidos superan al estipulado en la Normativa TULSMA (100 mg/l), siendo el segundo día de muestreo el que presenta el valor más alto 1803.6 mg/l.

4.4 ENSAYOS DE TOXICIDAD AGUDA

A partir de los resultados obtenidos de las pruebas de toxicidad, con los bioensayos escogidos (*D. magna*, *P. reticulata*, *L. sativa*, *P. vulgaris*, *Z. mays*), realizados en el Laboratorio de Fisiología de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se procedió al cálculo de los Indicadores de Toxicidad, NOEC, LOEC, CL₅₀ y Cl₅₀, que a su vez permitió determinar la Unidades de Toxicidad.

4.4.1 TOXICIDAD AGUDA CL₅₀ *Poecilia reticulata*

Tabla 6: Resultados de la CL₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre *Poecilia reticulata*

Muestra	CL ₅₀ (mínimo-máximo)	NOEC	LOEC	Intercepto Error estándar	Pendiente Error estándar	Chi ² calculado	Chi ² tabla 0,05
1	17,84 (13,43-23,70)	3,13	6,25	1,99±0,47	2,40±0,36	4,25	9,49
2	19,03 (14,12-25,76)	3,13	6,25	2,17±0,44	2,21±0,33	4,93	9,49
3	14,45 (10,85-19,05)	3,13	6,25	2,15±0,45	2,44±0,36	3,14	9,49

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n = 120 cada muestra.

4.4.2 TOXICIDAD AGUDA Cl_{50} *Daphnia magna*

Tabla 7: Resultados de la Cl_{50} (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre *Daphnia magna*

Muestra	Cl_{50} (mínimo-máximo)	NOEC	LOEC	Intercepto Error estándar	Pendiente Error estándar	χ^2 calculado	χ^2 tabla 0,05
1	0,788 (0,584-1,045)	0,202	0,404	5,24±0,15	2,37±0,36	5,73	9,49
2	1,422 (1,062-1,864)	0,404	0,808	4,61±0,17	2,53±0,39	4,61	9,49
3	0,783 (0,576-1,043)	0,202	0,404	5,24±0,15	2,30±0,35	5,32	9,49
Dicromato de potasio	0,106 (0,082-0,137)	0,027	0,055	7,92±0,50	3,00±0,48	4,67	7,82

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 120 cada muestra.

4.4.3 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl_{50} *Lactuca sativa*

Tabla 8: Resultados de la Cl_{50} (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de *Lactuca sativa*

Muestras	Cl_{50} (mínimo-máximo)	Intercepto Error estándar	Pendiente Error estándar	χ^2 calculado	χ^2 tabla 0,05
1	66,461 (43,295-145,763)	2,69±0,43	1,27±0,28	0,67	7,82
2	62,473 (43,763-110,485)	2,21±0,47	1,55±0,30	0,73	7,82
3	68,079 (43,720-157,115)	2,74±0,43	1,23±0,28	1,06	7,82

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 150 para cada muestra.

4.4.4 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl₅₀ *Phaseolus vulgaris*

Tabla 9: Resultados de la Cl₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de *Phaseolus vulgaris*

Muestras	Cl ₅₀ (mínimo-máximo)	Intercepto Error estándar	Pendiente Error estándar	Chi ² calculado	Chi ² tabla 0,05
1	64,103 (41,019-148,259)	2,85±0,42	1,19±0,27	0,35	7,82
2	67,346 (44,214-144,405)	2,62±0,44	1,30±0,28	0,13	7,82
3	86,610 (51,616-273,376)	2,82±0,43	1,13±0,28	1,588	7,82

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 150 para cada muestra.

4.4.5 INHIBICIÓN DE LA GERMINACIÓN Cl₅₀ *Zea mays*

Tabla 10: Resultados de la Cl₅₀ (% concentración de la muestra) del efluente de la industria láctea sobre la germinación de *Zea mays*

Muestras	Cl ₅₀ (mínimo-máximo)	Intercepto Error estándar	Pendiente Error estándar	Chi ² calculado	Chi ² tabla 0,05
1	71,694 (43,627-204,249)	2,98±0,41	1,09±0,27	0,58	7,82
2	62,645 (42,210-122,899)	2,54±0,44	1,37±0,28	0,27	7,82
3	64,293 (43,533-124,929)	2,46±0,45	1,40±0,29	0,748	7,82

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 150 para cada muestra.

4.4.6 DIFERENCIA DE MEDIAS EN EL PARÁMETRO DE ELONGACIÓN DE LA RAÍZ *L. sativa, P. vulgaris, Z. mays.*

Se pudo estimar la toxicidad de las aguas residuales de la industria de lácteos.

1. En el ensayo de crecimiento de la raíz de *L. sativa*, las concentraciones evaluadas en porcentaje de dilución de las muestras (1, 2 y 3) fueron de 100, 50, 25, 12,5 y 6,25. En la Tabla 11 y Figura 12, se evidencia que la elongación de la raíz disminuye significativamente ($p<0,05$) su largo en las concentraciones superiores de las muestras del efluente, comparadas con el control, cuando es tratada con diferentes concentraciones de las muestras, lo que representa un efecto tóxico.

Tabla 11: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de *Lactuca sativa* del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones	Promedio cm	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	2,39 ^a	0,03	0,01
	50	2,84bc	0,09	0,03
	25	3,15de	0,03	0,01
	125	3,58f	0,41	0,12
	625	4,18g	0,03	0,01
2	100	2,24a	0,03	0,01
	50	2,71b	0,09	0,03
	25	3,03cd	0,03	0,01
	125	3,44ef	0,41	0,12
	625	4,07g	0,03	0,01
3	100	2,33a	0,03	0,01
	50	2,79bc	0,09	0,03
	25	3,08cd	0,03	0,01
	125	3,52f	0,41	0,12
	625	4,12g	0,03	0,01
Control		4,34g	0,07	0,01

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n = 90/concentración, a, b, c, d, e, f, g = letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

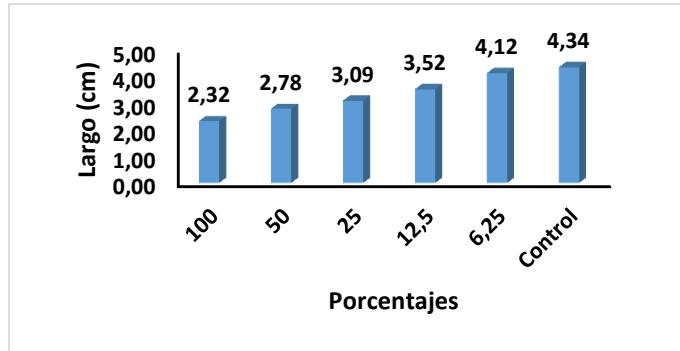


Figura 12: Efecto sobre el largo (cm) de la raíz de la planta *Lactuca sativa* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

- En el ensayo de crecimiento de la raíz de *P. vulgaris*, las concentraciones evaluadas en porcentaje de dilución de las muestras (1, 2 y 3) fueron de 100, 50, 25, 12,5 y 6,25. En la Tabla 12 y Figura 13, la elongación de la raíz no es tan marcado entre el control y los grupos de tratamientos, debido a que hay grupos de tratamientos que no tienen diferencias significativas ($p<0,05$) con el grupo control.

Tabla 12: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones	Promedio cm	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	6,25	6,98a	0,56	8,039
	12,5	9,57d	1,14	11,91
	25	7,69ab	0,69	9,02
	50	7,11a	0,92	12,97
	100	9,36cd	1,52	16,21
2	6,25	7,29a	0,56	7,69
	12,5	9,88d	1,14	11,54
	25	7,99abc	0,69	8,67
	50	7,42a	0,92	12,42
	100	9,67d	1,52	15,69
3	6,25	6,78a	0,56	8,28
	12,5	9,37cd	1,14	12,16
	25	7,49a	0,69	9,26
	50	6,91a	0,92	13,34
	100	9,16bcd	1,522	16,56
	Control	7,13a	0,40	5,72

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

En la figura 13, se puede notar que los grupos de tratamientos de 12,5 y 100 la raíz fue significativamente ($p<0,05$) más larga que el control.

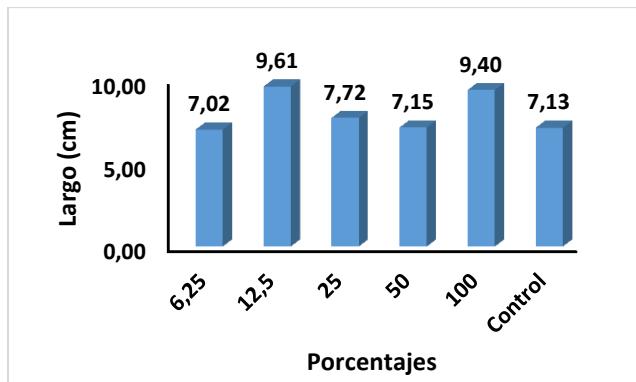


Figura 13: Efecto sobre el largo de la raíz de la planta (cm) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

3. En el ensayo de crecimiento de la raíz de *Z. mays*, las concentraciones evaluadas en porcentaje de dilución de las muestras (1, 2 y 3) fueron de 100, 50, 25, 12,5 y 6,25. En la Tabla 13 y Figura 14, se aprecia que el largo de la raíz fue afectado significativamente ($p<0,05$) por todas las concentraciones evaluadas, expresando un crecimiento variado con respecto al grupo control. Esto evidencia que en las muestras existen elementos tóxicos que afectan el desarrollo vegetativo de las mismas

Tabla 13: Efecto sobre el largo de la raíz (cm) de la planta de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio cm	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	9,85 ^a	1,63	0,17
	50	21,36de	0,64	0,03
	25	23,16ef	0,96	0,04
	12,5	13,82b	0,90	0,07
	6,25	19,81c	1,18	0,06
	Control	10,40 ^a	1,63	0,16
2	100	21,91def	0,64	0,03
	50	23,71f	0,96	0,04
	25	14,37b	0,90	0,06
	12,5	20,36cd	1,18	0,06
	6,25	9,65 ^a	1,63	0,17
	Control	21,16cde	0,64	0,03
3	50	22,96ef	0,96	0,04
	25	13,62b	0,90	0,07
	12,5	19,61c	1,18	0,06
	6,25	19,91cd	1,78	0,09
	Control			

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren p < 0,05.

En la figura 14, se puede notar que los grupos de tratamientos de 50 y 25 la raíz fue significativamente (p<0,05) más larga que el control.

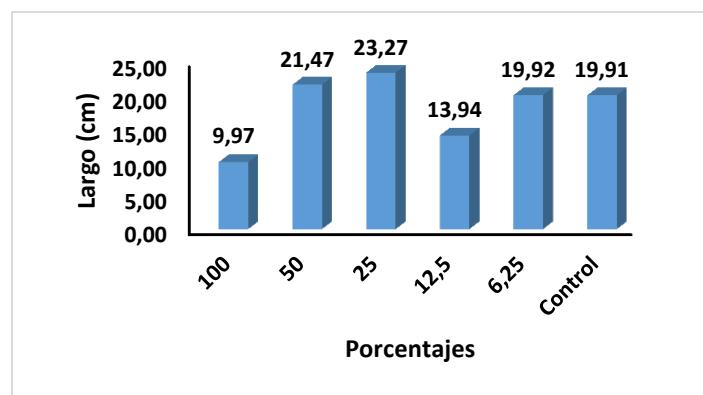


Figura 14: Efecto sobre el largo de la raíz de la planta (cm) de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea



4.4.7 EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE *P. vulgaris*, *Z. mays*.

En este ensayo se utilizaron concentraciones en porcentaje de dilución de las muestras (1, 2 y 3) de 100, 50, 25, 12,5 y 6,25. A continuación se describen los efectos encontrados en el ensayo realizado.

ALTURA DE LA PLANTA (cm)

1. En la Tabla 14, se aprecia que la altura de la planta *P. vulgaris* fue afectada significativamente ($p<0,05$) por todas las concentraciones evaluadas, expresando un crecimiento menor que el grupo control.

Tabla 14: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio cm	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	6,25	17,64ab	3,02	17,15
	12,5	15,66a	1,59	10,13
	25	18,93ab	4,70	24,85
	50	21,59ab	4,81	22,27
	100	16,43a	1,06	6,46
2	6,25	19,36ab	3,02	15,62
	12,5	17,38ab	1,58	9,13
	25	20,65ab	4,70	22,78
	50	23,36ab	4,81	20,63
	100	18,15ab	1,06	5,84
3	6,25	17,36ab	3,02	17,42
	12,5	15,38a	1,58	10,31
	25	18,65ab	4,70	25,22
	50	21,36ab	4,81	22,57
	100	16,15a	1,06	6,57
	Control	41,54c	6,45	15,52

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0.05$

En la figura 15, se evidencian los referidos efectos en la disminución de la altura de la planta que representan aproximadamente un 50% de disminución con respecto al control.

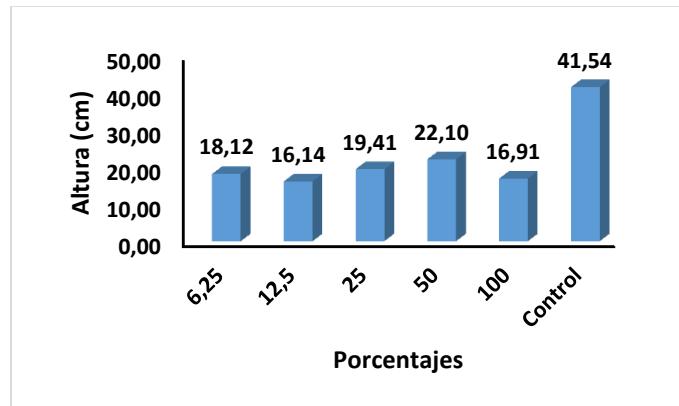


Figura 15: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

- La altura de las plantas de *Z. mays* fue afectada por las diferentes concentraciones, siendo las concentraciones 100 y 12,5 significativamente ($p<0,05$) menores que el control (Tabla 15, Figura 16).

Tabla 15: Efecto de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea sobre el promedio de la altura de la planta (cm) de *Zea mays*

Muestras	Concentraciones %	Promedio cm	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	35,01ab	1,54	0,04
	50	44,39efgh	0,66	0,01
	25	43,19ef	1,05	0,02
	12,5	37,42cd	2,06	0,06
	6,25	46,16hi	1,42	0,03
2	100	35,56abc	1,54	0,04
	50	44,94fghi	0,66	0,01
	25	43,74efg	1,05	0,02
	12,5	37,97d	2,06	0,05
	6,25	46,71i	1,42	0,03
3	100	34,81a	1,54	0,04
	50	44,19efgh	0,66	0,01
	25	42,99ef	1,05	0,02
	12,5	37,22bcd	2,06	0,06
	6,25	45,96ghi	1,42	0,03
Control		42,44e	1,00	0,02

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

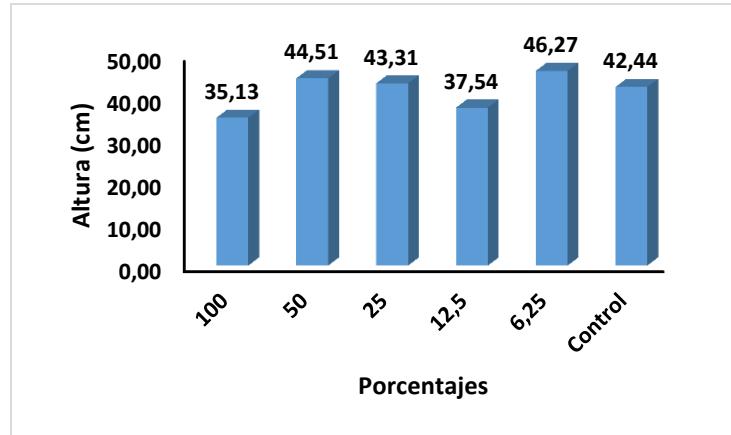


Figura 16: Efecto sobre la altura de la planta (cm) de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

PESO HÚMEDO DE LA PLANTA (g)

- En la Tabla 16 y Figura 17, se observa que el control tiene diferencias significativas ($p < 0,05$) con los demás grupos, apreciéndose en todos ellos un efecto de disminución del peso húmedo de la planta con respecto al control y un mayor efecto de disminución en la concentración del 100%.

Tabla 16: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	1,19a	0,02	0,02
	50	1,69bc	0,03	0,02
	25	1,71bc	0,26	0,15
	12,5	1,02a	0,40	0,39
	6,25	1,83c	0,14	0,08
2	100	1,38ab	0,02	0,02
	50	1,88c	0,03	0,02
	25	1,90c	0,26	0,14
	12,5	1,21a	0,40	0,33
	6,25	2,02c	0,14	0,07
3	100	1,17a	0,02	0,02
	50	1,67bc	0,03	0,02
	25	1,69bc	0,26	0,15
	12,5	1,00a	0,40	0,40
	6,25	1,81c	0,14	0,08
Control		2,80d	0,39	0,14

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

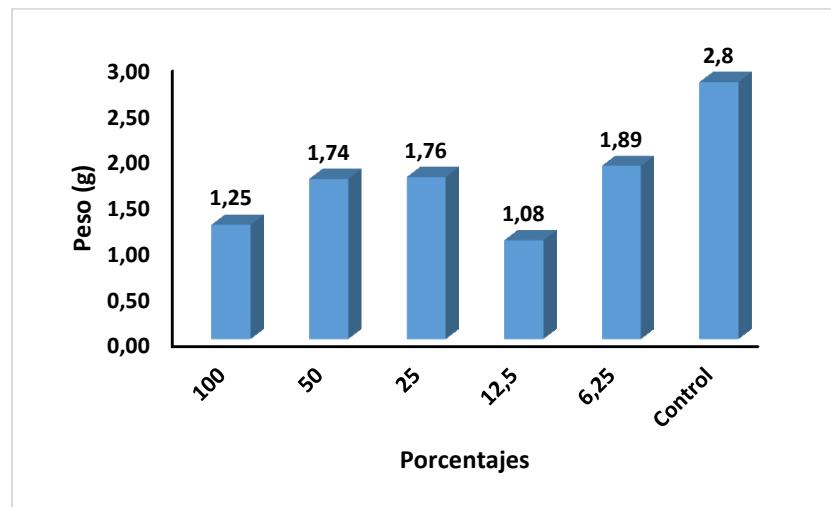


Figura 17: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

2. Se apreció una disminución significativa ($p<0,05$) del peso húmedo de la planta de *Z. mays* en las concentraciones más altas (Tabla. 17, Figura 18)

Tabla 17: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
1	100	17,87a	0,93	0,05
	50	24,21d	0,98	0,04
	25	34,03	0,95	0,03
	12,5	20,26bc	1,51	0,07
	6,25	32,34fgh	1,03	0,03
2	100	18,42ab	0,93	0,05
	50	24,76d	0,98	0,04
	25	34,58i	0,95	0,03
	12,5	20,81c	1,51	0,07
	6,25	32,89ghi	1,03	0,03
3	100	17,67a	0,93	0,05
	50	24,01d	0,98	0,04
	25	33,83hi	0,95	0,03
	12,5	20,06bc	1,51	0,08
	6,25	32,14efgh	1,03	0,03
	Control	30,91efg	1,93	0,06

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

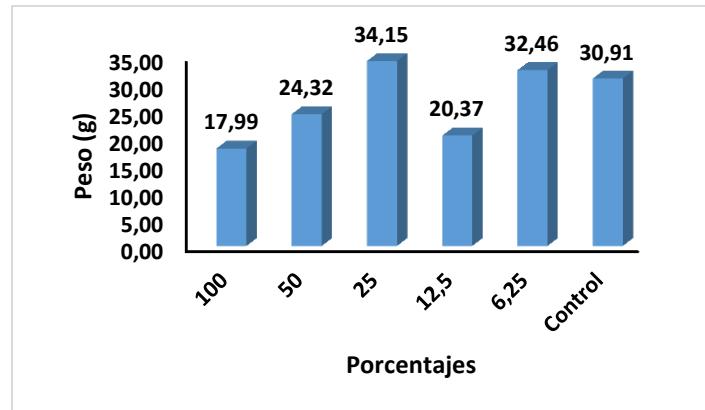


Figura 18: Efecto sobre el peso húmedo de la planta (g) de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

PESO SECO DE LA PLANTA (g)

- El peso seco de la planta en todas las concentraciones fue significativamente menor ($p<0,05$) que el grupo control (Tabla 18 y Figura 19), lo que evidencia un efecto tóxico sobre el desarrollo de estas.

Tabla 18: Efecto sobre el peso seco (g) de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	0,25cd	0,01	0,04
	50	0,29de	0,01	0,04
	25	0,29de	0,02	0,07
	12,5	0,24bc	0,04	0,15
	6,25	0,31e	0,03	0,10
2	100	0,41ghi	0,01	0,02
	50	0,45hij	0,01	0,03
	25	0,453ij	0,02	0,04
	12,5	0,40f	0,04	0,09
	6,25	0,47j	0,03	0,07
3	100	0,20ab	0,01	0,05
	50	0,24bc	0,01	0,05
	25	0,24bc	0,02	0,08
	12,5	0,19a	0,04	0,19
	6,25	0,26cd	0,03	0,12
	Control	0,62k	0,04	0,07

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

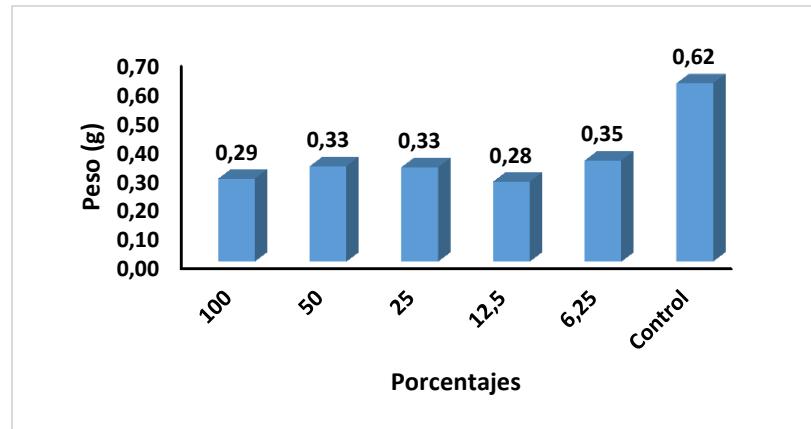


Figura 19: Efecto sobre el peso seco de la planta (g) de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

2. El peso seco de la planta también fue afectado significativamente ($p<0,05$) por las concentraciones más altas de las muestras (Tabla 19 y Figura 20), disminuyendo en la concentración alta con respecto al control.

Tabla 19: Efecto de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea sobre el promedio del peso seco (g) de la planta de *Zea mays*

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	1,86ab	0,06	0,03
	50	1,99abcd	0,10	0,05
	25	2,63ijk	0,20	0,07
	12,5	2,06bcde	0,21	0,10
	6,25	2,70ijk	0,08	0,03
2	100	2,01abcd	0,06	0,03
	50	2,14cdef	0,10	0,05
	25	2,78jk	0,20	0,07
	12,5	2,21def	0,21	0,09
	6,25	2,85k	0,08	0,03
3	100	1,79a	0,06	0,03
	50	1,92abc	0,10	0,05
	25	2,56hij	0,20	0,08
	12,5	1,99abcd	0,21	0,10
	6,25	2,63ijk	0,08	0,03
Control		2,50ghi	0,14	0,06

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90 por cada concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

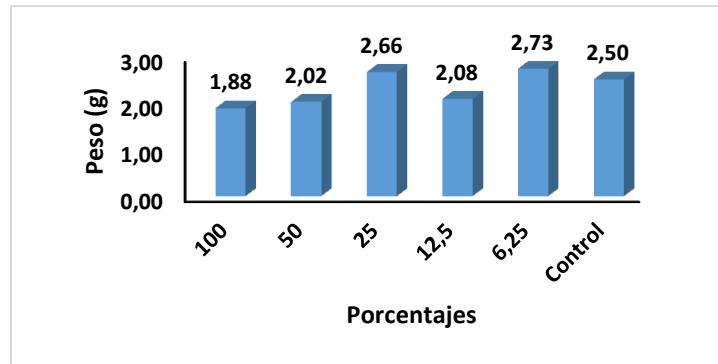


Figura 20: Efecto sobre el peso seco de la planta (g) de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

PESO HÚMEDO DE LA RAÍZ (g)

1. El peso húmedo de la raíz fue también inferior en casi todas las concentraciones al grupo control (Tabla 20 y Figura 21), aunque en 2 concentraciones no hubo diferencias con este. Lo que evidencia un efecto menos marcado que en el peso seco de la planta.

Tabla 20: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	0,47cde	0,08	0,18
	50	0,37abc	0,05	0,12
	25	0,56efg	0,02	0,03
	12,5	0,39abc	0,13	0,33
	6,25	0,43abcd	0,02	0,04
2	100	0,63gh	0,08	0,13
	50	0,53defg	0,05	0,09
	25	0,72h	0,02	0,02
	12,5	0,55efg	0,13	0,23
	6,25	0,59fg	0,02	0,03
3	100	0,42abcd	0,08	0,20
	50	0,32a	0,05	0,14
	25	0,51def	0,02	0,03
	12,5	0,34ab	0,13	0,38
	6,25	0,38abc	0,02	0,05
Control		0,60fg	0,02	0,03

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren p < 0,05.

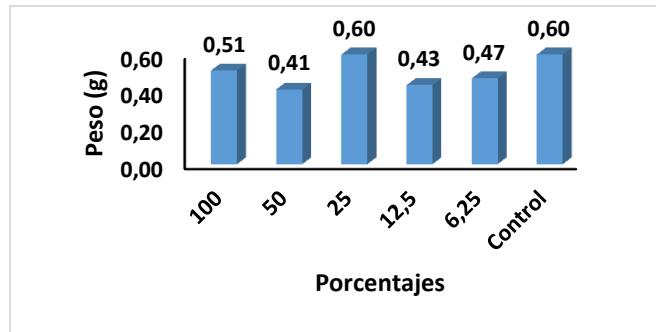


Figura 21: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

2. Todas las concentraciones de la muestra afectaron el peso húmedo de la raíz, disminuyéndolo significativamente ($p<0,05$) con respecto al control (Tabla 21 y Figura 22).

Tabla 21: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
1	100	12,36efgh	1,10	0,09
	50	10,33a	1,06	0,10
	25	11,07ab	0,39	0,04
	12,5	12,09cdef	0,32	0,03
	6,25	13,24gh	0,50	0,04
2	100	12,51efgh	1,10	0,09
	50	10,48a	1,06	0,10
	25	11,22abc	0,39	0,04
	12,5	12,24defg	0,32	0,03
	6,25	13,39h	0,50	0,04
3	100	12,29defgh	1,10	0,09
	50	10,26a	1,06	0,10
	25	11,00ab	0,39	0,04
	12,5	12,02cde	0,32	0,03
	6,25	13,17fgh	0,50	0,04
Control		14,94i	0,14	0,01

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90 por cada concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

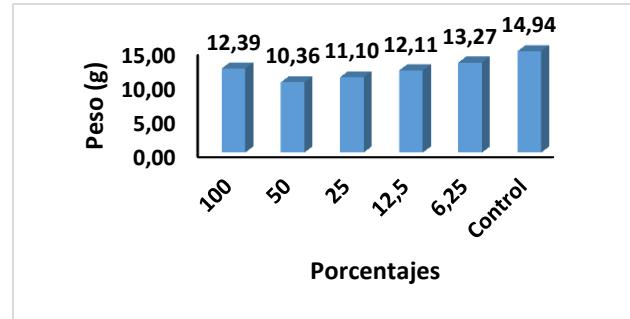


Figura 22: Efecto sobre el peso húmedo (g) de la raíz de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

PESO SECO DE LA RAÍZ (g).

1. El peso seco de la raíz no presentó una distribución normal por lo que hubo que realizar un análisis de medianas. Evidenciándose en el gráfico que existen diferencias significativas ($p<0,05$) en todas las concentraciones con el grupo control (Tabla 22 y Figura 23), lo que manifiesta un efecto de reducción del peso seco de la raíz.

Tabla 22: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	0,18	0,01	0,03
	50	0,19	0,01	0,03
	25	0,21	0,03	0,13
	12,5	0,18	0,01	0,06
	6,25	0,18	0,01	0,03
	100	0,34	0,01	0,02
2	50	0,35	0,01	0,02
	25	0,37	0,03	0,07
	12,5	0,34	0,01	0,03
	6,25	0,34	0,01	0,02
	100	0,13	0,01	0,04
	50	0,14	0,01	0,04
3	25	0,16	0,03	0,17
	12,5	0,13	0,01	0,08
	6,25	0,13	0,01	0,04
	Control	0,53	0,18	0,34

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

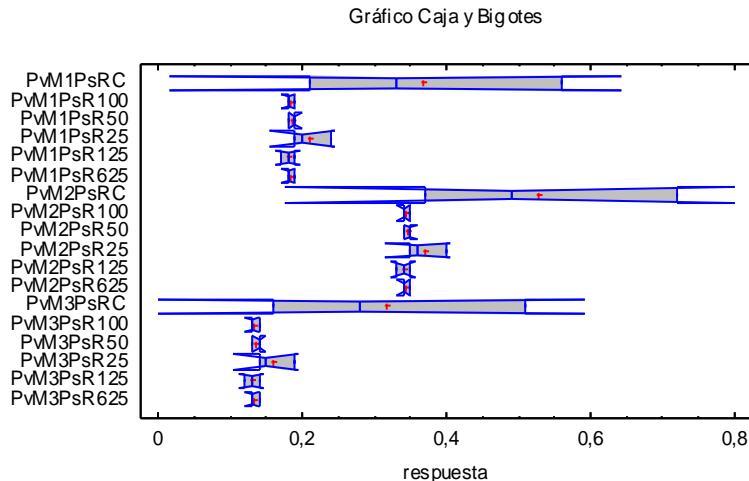


Figura 23: Medianas del efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

2. Las concentraciones más altas de las muestras disminuyeron significativamente el peso seco de la raíz ($p<0,05$) comparadas con el control (Tabla 23 y Figura 24).

Tabla 23: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio g	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	2,08a	0,11	0,05
	50	1,89a	0,21	0,11
	25	1,97a	0,21	0,11
	12,5	2,88def	0,55	0,19
	6,25	3,25ef	0,39	0,12
2	100	2,23abc	0,11	0,05
	50	2,04a	0,21	0,10
	25	2,12ab	0,21	0,10
	12,5	3,03ef	0,55	0,18
	6,25	3,40ef	0,39	0,11
3	100	2,01a	0,11	0,05
	50	1,82a	0,21	0,12
	25	1,90a	0,21	0,11
	12,5	2,81bcd	0,55	0,20
	6,25	3,18ef	0,39	0,12
Control		3,57f	0,74	0,21

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90 por cada concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

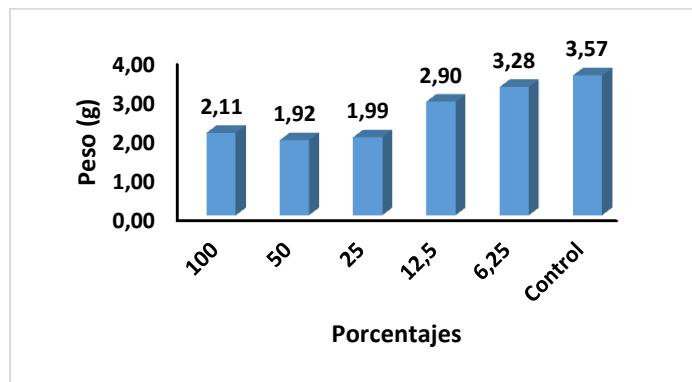


Figura 24: Efecto sobre el peso seco (g) de la raíz de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE LA RAÍZ

- El porcentaje de materia seca de la raíz disminuyó significativamente ($p < 0,05$) en todos los grupos tratados con respecto al control (Tabla 24 y Figura 25), lo que manifiesta un efecto tóxico de las muestras.

Tabla 24: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio %	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	7,72a	0,82	0,11
	50	12,28b	3,60	0,29
	25	9,94ab	0,77	0,08
	12,5	8,31a	0,02	0,00
	6,25	10,08ab	1,40	0,14
2	100	7,93a	0,82	0,10
	50	12,49b	3,60	0,29
	25	10,15ab	0,77	0,08
	12,5	8,52a	0,02	0,00
	6,25	10,29ab	1,40	0,14
3	100	7,62a	0,82	0,11
	50	12,18b	3,60	0,30
	25	9,84ab	0,77	0,08
	12,5	8,21a	0,02	0,00
	6,25	9,98ab	1,40	0,14
Control		15,97c	0,46	0,03

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

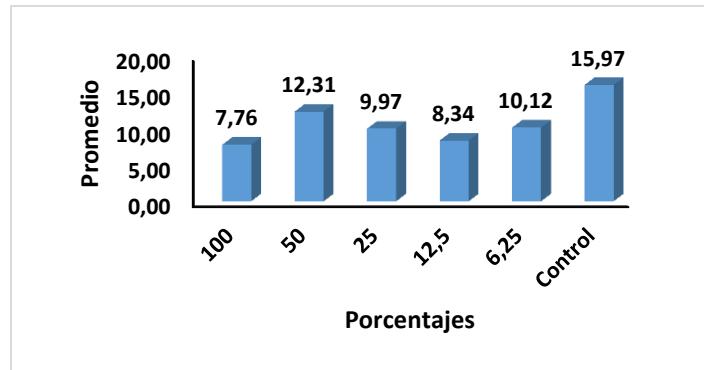


Figura 25: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

2. El porcentaje de materia seca de la raíz solo fue afectada significativamente ($p<0,05$) por la concentración más alta (Tabla 25, Figura 26), disminuyendo con respecto al control.

Tabla 25: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio %	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	13,47bc	0,12	0,01
	50	15,87d	1,17	0,07
	25	8,61a	0,55	0,06
	12,5	16,04d	0,79	0,05
	6,25	19,74g	0,95	0,05
2	100	12,44b	0,12	0,01
	50	14,84cd	1,17	0,08
	25	7,58a	0,55	0,07
	12,5	15,01d	0,79	0,05
	6,25	18,71efg	0,95	0,05
3	100	12,96b	0,12	0,01
	50	15,36d	1,17	0,08
	25	8,10a	0,55	0,07
	12,5	15,53d	0,79	0,05
	6,25	19,23fg	0,95	0,05
Control		18,67efg	1,38	0,07

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90 por cada concentración, a, b, c, d, e, f, g= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

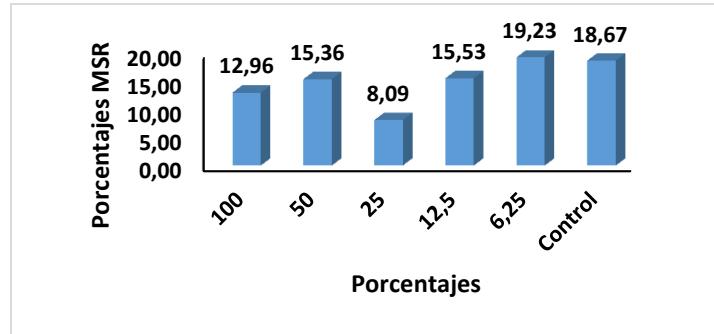


Figura 26: Efecto sobre porcentaje de materia seca de la raíz de la planta de *Zea mays*.de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

NÚMERO DE NÓDULOS

Se encontró un marcado efecto en la disminución del número de nódulos en las plantas tratadas con respecto al grupo control (Tabla 26, Figura 27). Esto evidencia un efecto tóxico de las muestras sobre este indicador.

Tabla 26: Efecto sobre el número de nódulos de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	0,33a	0,29	0,88
	50	2,99ab	1,38	0,46
	25	0,41a	0,25	0,61
	12,5	0,41a	0,25	0,61
	6,25	5,49b	3,79	0,69
2	100	0,49a	0,29	0,59
	50	3,15ab	1,38	0,44
	25	0,57a	0,25	0,44
	12,5	0,57a	0,25	0,44
	6,25	5,65c	3,79	0,67
3	100	0,28a	0,29	1,04
	50	2,94ab	1,38	0,47
	25	0,36a	0,25	0,69
	12,5	0,36a	0,25	0,69
	6,25	5,44c	3,79	0,70
Control		9,57d	1,32	0,14

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren p < 0,05.

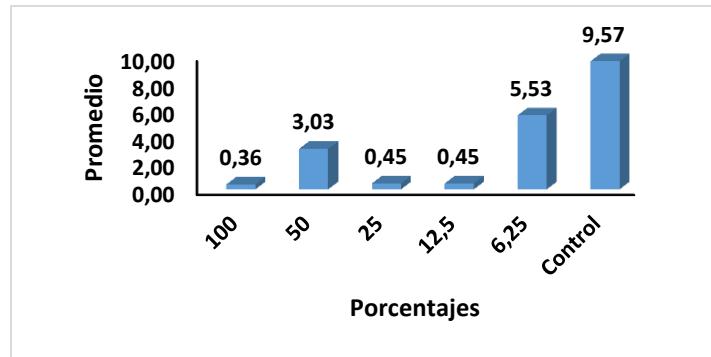


Figura 27: Efecto sobre el número de nódulos de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea.

NÚMERO DE HOJAS

Se observó toxicidad significativa ($p<0,05$) de las diferentes concentraciones de las muestras sobre el número de hojas de la planta, que fueron afectadas por las concentraciones más altas, disminuyendo significativamente ($p<0,05$) con respecto al control (Tabla 27 y Figura 28)

Tabla 27: Efecto sobre el número de hojas de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variación %
1	100	2,21a	0,00	0,00
	50	4,46bc	0,75	0,17
	25	5,13bcde	0,80	0,16
	12,5	2,52a	0,39	0,15
	6,25	4,96bcd	0,43	0,09
2	100	2,42a	0,00	0,00
	50	4,67bc	0,75	0,16
	25	5,34cde	0,80	0,15
	12,5	2,73a	0,39	0,14
	6,25	5,17bcde	0,43	0,08
3	100	2,11a	0,00	0,00
	50	4,36b	0,75	0,17
	25	5,03bcd	0,80	0,16
	12,5	2,42a	0,39	0,16
	6,25	4,86bcd	0,43	0,09
Control		5,92e	0,43	0,07

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. N= 90/concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

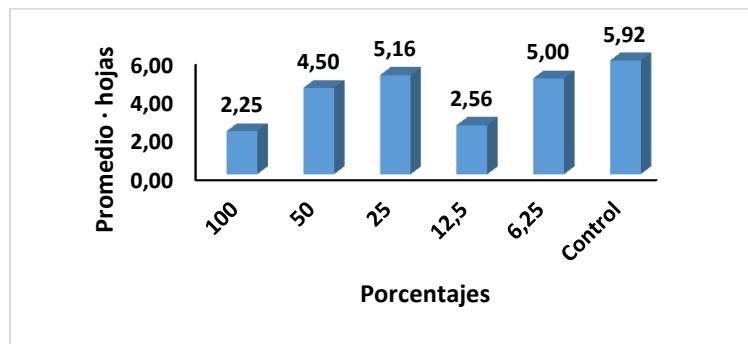


Figura 28: Efecto sobre el número de hojas de la planta de *Phaseolus vulgaris* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE LA PLANTA

El porcentaje de materia seca de la planta solo fue afectada significativamente ($p<0,05$) por la concentración más alta (Tabla 28 y Figura 29), aumentando con respecto al control.

Tabla 28: Efecto sobre el promedio del porcentaje de materia seca de la planta de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

Muestras	Concentraciones %	Promedio %	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación %
1	100	8,85e	0,55	0,06
	50	6,65abc	0,31	0,05
	25	6,47ab	0,15	0,02
	12,5	8,79e	0,21	0,02
	62,5	7,18cd	0,58	0,08
2	100	9,00e	0,55	0,06
	50	6,80abcd	0,31	0,04
	25	6,62abc	0,15	0,02
	12,5	8,94e	0,21	0,02
	62,5	7,33d	0,58	0,08
3	100	8,78e	0,55	0,06
	50	6,58abc	0,31	0,05
	25	6,40a	0,15	0,02
	12,5	8,72e	0,21	0,02
	62,5	7,11bcd	0,58	0,08
	Control	6,70abcd	0,32	0,05

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez. n= 90 por cada concentración, a, b, c, d, e= letras diferentes en la misma columna difieren $p < 0,05$.

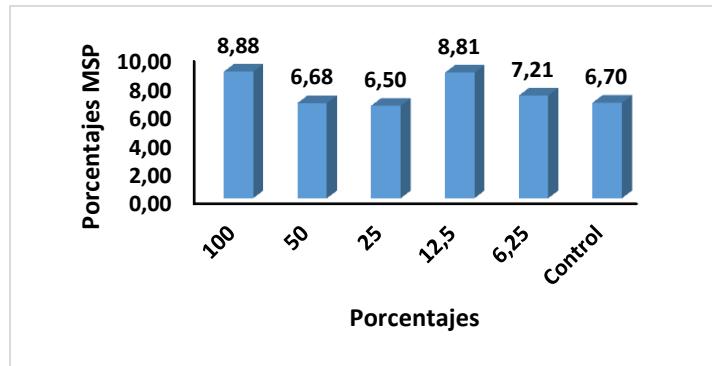


Figura 29: Efecto sobre el promedio del porcentaje de materia seca de la planta de *Zea mays* de diferentes concentraciones del efluente de la industria láctea

4.5 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE TOXICIDAD

Considerando los valores de la tabla 1, se procedió a transformar las CL_{50} y CI_{50} en unidades de toxicidad en los tres días del muestreo (Tabla 29, 39,31):

Tabla 29: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad PRIMER MUESTREO (10 Julio 2013)

BIOMODELOS	UNIDADES TÓXICAS	NIVEL DE INCIDENCIA
<i>Poecilia reticulata</i>	5.6	Muy Tóxico
<i>Daphnia magna</i>	126.9	Muy Tóxico
<i>Lactuca sativa</i>	1.5	Moderadamente Tóxico
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.5	Moderadamente Tóxico
<i>Zea mays</i>	1.3	Levemente Tóxico

Tabla 30: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad SEGUNDO MUESTREO (17 Julio 2013)

BIOMODELOS	UNIDADES TÓXICAS	NIVEL DE INCIDENCIA
<i>Poecilia reticulata</i>	5.2	Muy Tóxico
<i>Daphnia magna</i>	70.3	Muy Tóxico
<i>Lactuca sativa</i>	1.6	Moderadamente Tóxico
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.4	Moderadamente Tóxico
<i>Zea mays</i>	1.5	Moderadamente Tóxico



Tabla 31: Nivel de Incidencia Toxicológico basado en Unidades de Toxicidad TERCER MUESTREO (24 Julio 2013)

BIOMODELOS	UNIDADES TÓXICAS	NIVEL DE INCIDENCIA
<i>Poecilia reticulata</i>	6.9	Muy Tóxico
<i>Daphnia magna</i>	127.7	Muy Tóxico
<i>Lactuca sativa</i>	1.4	Moderadamente Tóxico
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.1	Levemente Tóxico
<i>Zea mays</i>	1.5	Moderadamente Tóxico

De acuerdo a la tabla 1 descrita en la revisión bibliográfica nos permite realizar una clasificación toxicológica para el efluente de la industria de lácteos, en base a las unidades de toxicidad, observándose lo siguiente:

- Para *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna* el nivel de incidencia es **muy toxic** en todos los días de muestreo ($UT >4$).
- Para *Lactuca sativa* el nivel de incidencia es **moderadamente toxic** en todos los días de muestreo.
- Para *Phaseolus vulgaris* el nivel de incidencia es **moderadamente toxic** en el primer y segundo muestreo, mientras que en el tercer muestreo el nivel de incidencia es **levemente toxic**.
- Para *Zea mays* el nivel de incidencia es **levemente toxic** en el primer, mientras que en el segundo y tercer muestreo el nivel de incidencia es **moderadamente toxic**.

El nivel de incidencia toxicológica es muy variado en los biomodelos utilizados durante este trabajo, siendo las especies más sensibles *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*.



CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

El problema ambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada, fundamentalmente de carácter orgánico. La mayor parte del agua consumida en el proceso productivo se convierte finalmente en agua residual. (Aymerich, 2000)

A título indicativo, en una central lechera puede esperarse un volumen de vertido de entre 1,5 a 2,5 litros por cada litro de leche procesada, y en el conjunto de la industria láctea el rango se amplía hasta 2 a 5 litros.

Se ha estimado que el 90% de la DQO de las aguas residuales de una industria láctea es atribuible a componentes de la leche y sólo el 10% a sustancias ajenas a la misma. En la composición de la leche además de agua se encuentran grasas, proteínas (tanto en solución como en suspensión), azúcares y sales minerales. Los productos lácteos además de los componentes de la leche pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., dependiendo de la naturaleza, tipo de producto y de la tecnología de producción empleada. (Herrera & Corpas, 2013)

Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales: a) Marcado carácter orgánico (elevada DBO₅ y DQO), debido a la presencia de componentes de la leche, que tiene una DBO₅ de 110.000 mg/l y una DQO de 210.000 mg/l, b) Alta biodegradabilidad, c) Presencia de aceites y grasas, d) Altas concentraciones de fósforo y nitratos,



principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección, e) Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en elaboración de quesos, f) Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente del salado del queso), g) Valores puntuales de pH extremos, debidos a las operaciones de limpieza. Uso de ácidos y bases en las limpiezas. (Millipore, 2005, Romero et al., 2014)

En este trabajo se evidencia valores elevados en los parámetros que permiten caracterizar el agua residual de la industria de lácteos (DBO_5 , DQO, sólidos totales, sólidos suspendidos, pH, fosforo, nitrógeno, grasa y aceites) con respecto a la Normativa TULSMA.

Las pruebas ecotoxicológicas con peces son tradicionalmente empleadas en muchas partes del mundo, ya que éstos juegan un papel importante dentro de la cadena alimenticia (Iannaccone, et al 1998, 2007). Los peces consumen y controlan las poblaciones de insectos, microcrustáceos y algas, y permiten de esta forma la recirculación, remoción y resuspensión del material orgánico dentro del ecosistema. Debido a su gran importancia, se han desarrollado una gran variedad de bioensayos que han empleado especies de peces, que son sensibles a la presencia de determinados agentes tóxicos. Los peces son organismos acuáticos extremadamente sensibles a la perturbación ambiental, siendo afectados en su crecimiento y en sus funciones reproductivas. (Iannaccone et al., 1999)

En este trabajo los valores obtenidos en la CL_{50} se infiere que existen productos tóxicos en las muestras que afectan la supervivencia de *P. reticulata* o que existe



una interacción aditiva entre ellos que aumenta su toxicidad para esta especie, aunque no se puede precisar en este trabajo cual o cuales son los productos que pueden estar causando la toxicidad encontrada. Esto se fundamenta en que no se analizaron elementos químicos específicos, ni se aislaron los productos independientes para verificar su toxicidad, sino que se realizaron análisis generales de contaminación referidos en la norma TULSMA. Por otra parte realizar lo señalado anteriormente encarecería mucho este ensayo y desde el punto de vista práctico puede tener muchas interrogantes al finalizar el mismo.

Instituciones en todo el mundo, como la EPA de Estados Unidos están desarrollando estrategias de biomonitoring ambiental para determinar el grado de contaminación en el medio ambiente (Segretin, 2014). Los costos de análisis fisicoquímicos convencionales pueden resultar muy elevados y no representan de manera real el impacto de los contaminantes sobre el ambiente por lo que el uso de bioindicadores sería una estrategia simple y efectiva para sospechar de la presencia de contaminación que estaría afectando al ecosistema en estudio.

Daphnia magna es el crustáceo cladócero más comúnmente utilizado en ensayos ecotoxicológicos, por ser de fácil establecimiento en el laboratorio y corto ciclo vital. Asimismo *D. magna* representa de manera ideal al zooplancton en estudios ecotoxicológicos. (Colbourne, 2014)

En este trabajo se observa que las Cl_{50} oscilan entre 0,783 y 1,422 con un mínimo de 0,576 y 1,062. El NOEC fue de 0,202 y el LOEC 0,404. La sensibilidad a los tóxicos de esta especie perteneciente al zooplancton es más alta que la de los



peces, debido a lo cual es un indicador reconocido de toxicidad para los ambientes acuáticos y se ha utilizado para medir las unidades tóxicas de los cuerpos de agua dulce.

Las pruebas de ecotoxicidad utilizan organismos vivos y procesos biológicos con el objeto de mensurar los efectos a corto y largo plazo de la exposición a sustancias químicas (Gold y Zapata, 2014). La reducción del porcentaje de germinación y/o inhibición del desarrollo radical de semillas recién germinadas, son las respuestas biológicas consideradas en bioensayos de germinación (Torres, 2003, Rodríguez et al., 2014). En las pruebas de fitotoxicidad se cuantifica la variación en presencia de distintas concentraciones del contaminante de algún objetivo de valoración previamente determinado en una especie vegetal. Sin embargo la incidencia de los efectos tóxicos sobre la etapa de germinación no han sido tan estudiados. Las pruebas de fitotoxicidad en la etapa de germinación tienen ventajas respecto a otros métodos ya que resultan más rápidos y económicos. (Torres, 2003, Sobreiro, 2010).

En el ensayo de crecimiento de la raíz de *L. sativa*, se evidencia que la elongación de la raíz disminuye su largo con las concentraciones superiores de las muestras del efluente, comparada con el control, cuando es tratada con diferentes concentraciones de las muestras, lo que representa un efecto tóxico. Las CI_{50} obtenidas oscilan entre 62,473 y 69,079 con máximos entre 43,295 y 157,115. Este ensayo refiere un efecto importante en el desarrollo embrionario de la célula en una planta considerada de alta sensibilidad, por lo que es un elemento importante a considerar en los análisis de sensibilidad de las especies autótrofas.



Por otra parte se debe tener en cuenta que las mismas son la base de la alimentación de una gran cantidad de especies heterótrofas.

En el ensayo de *P. vulgaris*, se observa que la Cl₅₀ (% dilución de la muestra) fue de 64,103 a 86,610 con concentraciones mínimas de 41,019 y máximas de 273,376. Esto evidencia también un efecto tóxico de las muestras sobre la célula embrionaria de la semilla de *P. vulgaris*.

En el ensayo de *P. vulgaris* se observa que la Cl₅₀ (% dilución de la muestra) fue de 62,645 a 71,694 con concentraciones mínimas de 42,210 y máximas de 204,249. Esto evidencia también un efecto tóxico de las muestras sobre la célula embrionaria de la semilla de *Z. mays*.

Para *L. sativa*, *P. vulgaris* y *Z. mays* no fue posible determinar el valor correspondiente al NOEC y LOEC debido a que las concentraciones no produjeron una inhibición menor al 50% (Cl₅₀/CE₅₀). Los efectos cuantificados sobre la elongación de la raíz en las plantas son efectos subletales. La inhibición en la germinación de las semillas podría considerarse como un efecto letal (Layne & Méndez, 2007)

En los ensayos con *L. sativa*, *P. vulgaris* y *Z. mays*, se observa una estimulación significativa del crecimiento de la raíz la cual puede ser atribuida al fenómeno conocido como **hormesis**. Por esta razón, esta respuesta debe ser considerada como un efecto biológico, lo cual fue verificado mediante el efecto letal (% de semillas germinadas con relación al control) el cual reportó resultados moderadamente tóxicos para estos ensayos, esto se debe a que las aguas de la



industria de lácteos posee una alta carga orgánica contaminante, resultando así estos biomodelos sensibles de contaminación por la presencia de productos químicos tóxicos.

Las plantas de *Phaseolus vulgaris* fueron afectadas significativamente ($p<0,05$) por las concentraciones de las muestras evaluadas, disminuyendo la mayoría de los indicadores de crecimiento de la planta (altura de la planta, peso húmedo de la planta, peso seco de la planta, peso húmedo de la raíz, peso seco de la raíz, número de nódulos, % de materia seca de la raíz y el número de hojas), mientras que solo aumentó el largo de la raíz.

Las plantas de *Zea mays* fueron afectadas significativamente ($p<0,05$) por las concentraciones de las muestras evaluadas, disminuyendo la mayoría de los indicadores de crecimiento de la planta (altura de la planta, largo de la raíz, peso húmedo de la planta, peso seco de la planta, peso húmedo de la raíz, peso seco de la raíz, % de materia seca de la raíz), mientras que solo aumentó el porcentaje de materia seca de la planta.

Los puntos finales de evaluación ecotoxicológica CL_{50} en *Poecilia reticulata*, Cl_{50} en *Daphnia magna*, Cl_{50} en inhibición de la germinación en *Lactuca sativa*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays* y los indicadores de crecimiento de *Lactuca sativa*, *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays*, demuestran la toxicidad de las muestras evaluadas en los biomodelos utilizados, que incluyen organismos autótrofos y heterótrofos como principales componentes biológicos del ambiente, por tal razón se refuerza el criterio de que es importante el tratamiento del efluente antes de



realizar un vertido a una fuente de agua dulce, a su vez se evitaría desequilibrio del ecosistema acuático.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las muestras del efluente de la industria de lácteos presentan un caudal mínimo de 3,86 L/s y máximo de 5,49 L/s, la temperatura del agua residual de la industria de lácteos se encuentra dentro del rango permisible en la Normativa TULSMA.
2. Los análisis físico-químicos (solidos totales, solidos suspendidos, pH, fósforo, nitrógeno, DQO, DBO₅, y sustancias solubles al hexano) del efluente de la industria láctea superan los límites permisibles de la normativa vigente TULSMA.
3. El efluente de la industria láctea durante los días de muestreo presentó una carga contaminante muy variada, siendo la más marcada la del segundo día del muestreo 2261.65 Kg/d.
4. Las plantas de *Phaseolus vulgaris* fueron afectadas significativamente ($p<0,05$) por las concentraciones de las muestras evaluadas, disminuyendo la mayoría de los indicadores de crecimiento de la planta (altura de la planta, peso húmedo de la planta, peso seco de la planta, peso húmedo de la raíz, peso seco de la raíz, número de nódulos, % de materia seca de la raíz y el número de hojas), mientras que solo aumentó el largo de la raíz.



5. Las plantas de *Zea mays* fueron afectadas significativamente ($p<0,05$) por las concentraciones de las muestras evaluadas, disminuyendo la mayoría de los indicadores de crecimiento de la planta (altura de la planta, largo de la raíz, peso húmedo de la planta, peso seco de la planta, peso húmedo de la raíz, peso seco de la raíz, % de materia seca de la raíz), mientras que solo aumentó el porcentaje de materia seca de la planta.
6. Los puntos finales de evaluación ecotoxicológica CL_{50} en *Poecilia reticulata*, Cl_{50} en *Daphnia magna*, Cl_{50} en inhibición de la germinación en *Lactuca sativa*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays* y los indicadores de crecimiento de *Lactuca sativa*, *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays*, demuestran la toxicidad de las muestras evaluadas en los biomodelos utilizados, que incluyen organismos autótrofos y heterótrofos como principales componentes biológicos del ambiente.
7. La especie que presento mayor sensibilidad al contacto con las aguas residuales de la industria láctea fue *Daphnia magna*, seguido por *Poecilia reticulata*, esto se debe a que esta especie perteneciente al zooplancton es más alta que la de los peces, por tal razón es considerado como un indicador reconocido de toxicidad para los ambientes acuáticos y se lo utiliza para medir las unidades toxicas de los cuerpos de agua dulce.



RECOMENDACIONES

1. Calcular otros indicadores toxicológicos para evaluar el riesgo ecotoxicológico del efluente, utilizando los datos obtenidos en estos ensayos y empleando también los datos del volumen de descarga del efluente en la fuente puntual
2. Realizar una correcta desactivación de los residuales evaluados antes de eliminarlos al ambiente para evitar el impacto ambiental que estos ocasionarían de verterse sin un tratamiento previo para disminuir su toxicidad a indicadores aceptables.
3. Los residuales desactivados deben verificarse a través de los ensayos utilizados en este trabajo para demostrar que no tienen toxicidad en los biomodelos seleccionados de especies autótrofas y heterótrofas.
4. La revisión del diseño de la PTAR es necesaria debido a que la variabilidad de productos procesados por la industria láctea genera altas variaciones en la composición de los residuos a tratar, por tanto se hace necesario la implementación de sistemas más eficientes y el uso de mejores tecnologías dada la alta incertidumbre de las variables debido a las condiciones in situ.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. American Public Health Association. APHA. (1992) *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* Madrid: Díaz de Santos.
2. Aymerich, S. (2000). *Conceptos para el tratamiento de residuos lácteos.* San José (Costa Rica): Centro Nacional de Producción Más Limpia. pp.12-23.
3. Bohórquez, P. & Campos, C. (2007). *Evaluación de Lactuca sativa Y Selenastrum capricornutum como indicadores de toxicidad en aguas.* *Universitas Scientiarum,* 12(2) 83-98. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49910969006>
4. Calabrese, E. & Baldwin, L. (2002). *Defining hormesis.* *Human & Experimental Toxicology,* 21, 91-97.
5. Capo, M. (2007). *Principios de Ecotoxicología: Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente.* Madrid: Editorial Tébar.
6. Cedergreen, N. & Andresen, M. (2010). *Plant growth is stimulated by tea-seed extract: A new natural growth regulator.* *HortScience,* 45 (11), 1-6.
7. CETESB. (1991). *Bioensaios Microbianos Aplicados no Controle de Contaminantes Tóxicos Ambientais.* Serie Didáctica PROCOP. 1-75.



8. Colbourne, J. (2014). *EMBO Conference on the Mighty Daphnia: Past, Present and Future*. University of Birmingham, UK. P8. 19-22 January, 2014. Abstract Book.146p.
9. Foti, M.; Billard, C. & Lallana, V., (2005). *Bioensayos de germinación con semillas de rucula y lechuga para monitoreo de calidad de agua*. Revista Científica Agropecuaria 9(1): 47-53, Recuperado el 14 de julio del 2014 de http://www.fca.uner.edu.ar/investigacion/publicaciones/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%209/rca_9_1_pdf/rca_91_f.PDF
10. Gold, G. & Zapata, O. (2014). *Contaminación, Ecotoxicología y Manejo Costero*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida.
11. Herrera, O. & Corpas, E. (2013). *Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(1), 57-67. Retrieved July 04, 2014, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100007&lng=en&tlng=es
12. Horning, W. & Weber, C. (1985). *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms*. EPA/600/4-85/014. Environmental monitoring and support laboratory, Cincinnati, OH. 162 pp.



13. <http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/mancos/cap18.pdf>. 26-11-2014.
14. Iannacone, J. & Alvariño, L (1998). *Ecotoxicidad aguda del zinc sobre el "guppy" Poecilia reticulata*. Wiñay Yachay 2(3): 67-74.
15. Iannacone, J.; Alvariño, A. & Gutiérrez, R. (1999). *Cinco ensayos ecotoxicológicos para evaluar metales pesados en el agua dulce*. Boletín de la Sociedad Química del Perú. Vol 65: pp. 30-45.
16. Iannacone, J.; Onofre, R., & Huanqui, O. (2007). *Efectos ecotoxicológicos del carbón sobre poecilia reticulata "guppy" (poeciliidae) y paracheirodon innesi "neon tetra" (characidae)*. Gayana (Concepción), 71(2), 170-177.
Recuperado en 19 de mayo de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382007000200005&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0717-65382007000200005.
17. Kwaben, G. (2013, noviembre 8). *Journal of Geography and Geology. An Assessment of Toxic in Urban Soil Using Garden Cress (Lepidium sativum) in Vasileostrovsky Ostrov and Elang Ostrov.*, Vol. 5, p.63. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jgg.v5n4p63>
18. Lallana, M.; Billard, C., & Elizalde, J. (2008). *Bioensayo de germinación de Lactuca sativa (L.): determinación de calidad de agua en represas para riego*. Rev. FCA UNCuyo. 40(1):pp. 29-38.



19. Laynez, J. & Mendez, J. (2007). *Efectos de extractos acuosos de la maleza Cyperus rotundus L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (Zea mays L.) cv. Pioneer 3031.* Rev. peru biol. [online]. 2007, vol.14, n.1 [citado 2013-11-19], pp. 55-60. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000200013&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1727-9933
20. Llanos, D. (2013). *Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria de productos Lácteos Pillaro ubicada en el Cantón Pillaro-Tunguragua.* Recuperado 15 de agosto del 2014 de: <http://dspace.espaceh.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>
21. Metcaf & Eddy (2004). *Ingeniería de Aguas Residuales.* Vol 1. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Madrid-España: Editorial McGRAW-HILL. Cuarta Edición.
22. Millipore, (2005). *Análisis de agua.* Bogotá-Colombia, p. 258.
23. Núñez, M. & Hurtado, J. (2005). *Bioensayos de toxicidad aguda utilizando Daphnia magna Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado.* Rev. peru biol. vol.12, n.1, pp 165-170. Recuperado el 14 de agosto del 2014, de: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000100018&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1727-9933.



- 24.OPPTS 850.4100. (1996). Ecological Effects Test Guidelines. Seed Terrestrial Plant Toxicity, Tier I (Seedling Emergence). Test United States Environmental Protection Agency. Prevention Pesticides and Toxic Substances (7101). EPA 712-C-96_153.
- 25.OPPTS 850.4200. (1996). Ecological Effects Test Guidelines. Seed Germination/Root Elongation Toxicity. Test United States Environmental Protection Agency. Prevention Pesticides and Toxic Substances (7101). EPA 712-C-96_154.
- 26.OPPTS 850.4230. (1996). Ecological Effects Test Guidelines. Seed Early Seedling Growth Toxicity Test. Test United States Environmental Protection Agency. Prevention Pesticides and Toxic Substances (7101). EPA 712-C-96_347.
- 27.Organization of economic cooperation and development OECD 202. (1984). Daphnia sp. Acute Immobilisation and Reproduction Test including. Updated 4 April 1984.
- 28.Organization of economic cooperation and development OECD 203. (1992). Fish, Acute Toxicity Test. Updated 17 July 1992.
- 29.Organization of economic cooperation and development OECD 208. (1984). Terrestrial Plants. Growth Test.
- 30.Organization of economic cooperation and development OECD 227. (2006). Terrestrial Plants Tests Vegetative Vigour Test.



- 31.Orozco, C.; Pérez, A.; González, M.; Rodríguez, F. & Alfayate, J. (2004). *Contaminación ambiental: una visión desde la Química*. España: Editorial Thomson. p. 590.
- 32.Owen, J. (2002). *Contaminación del agua por materia orgánica*. Recuperado de: http://www.ambientum.com/revista/2001_47/2001_47_AGUAS/MATORG2.htm
- 33.Ramírez, P. & Mendoza, A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo*. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/573.pdf>
- 34.Rodríguez, A.; Robles, C.; Ruiz, R.; López, E.; Sedeño, J. & Rodríguez, A. (2014). *Índices de germinación y elongación radical de Lactuca sativa en el biomonitoring de la calidad del agua del río Chalma*. Revista internacional de contaminación ambiental, 30(3), 307-316. Recuperado en 19 de noviembre de 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007&lng=es&tlang=pt.
- 35.Romero, P. & Mendoza, A. (2008). *Ensayos Toxicológicos para la Evaluación de Sustancia Químicas en Agua y Suelos*. Instituto Nacional de Ecología. México.



36. Romero, T.; Santiso, P. & González, O. (2014). *Caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL*, Cuba. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, 25(3): 88-100.
37. Schmidt, E. (2010). *Aspectos ambientales vinculados con la industria láctea*. INTI. Recuperado el 02 abril del 2014: <http://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/aspectos.pdf>
38. Segretin, M. (2014). *Biomonitoring ambiental y tratamiento de efluentes*. CONICET – FEC y N/UBA. Argenbio. <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Biomonitoring%20y%20tratamiento%20de%20efluentes.pdf>. 26-11-2014
39. Silveira, C. & Cyrino, E. (2013). *Principios de Toxicología Ambiental*. Editorial Interciencia. Rio de Janeiro. p.216.
40. Sobrero, M. (2010). *Estudio de la fitotoxicidad de metales pesados y del herbicida glifosato en ambientes acuáticos. Bioensayos con plantas vasculares como organismos diagnóstico*. Tesis presentada para optar por el título de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
41. Torres, A.; Muñoz, M. & Carballo, M. (2004). *Curso sobre Toxicología Ambiental y Seguridad Química*. Murcia.



- 42.Torres, M. (2003). *Empleo de los ensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales.* http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol41_2-3_03/hie092-3203.htm
- 43.Torres, R. & Hernández, P. (2009). *Determinación toxicológica en aguas de río mediante el empleo de un bioensayo con planta.* Hig. Sanid. Ambient. 9: 505-509, Consultada 25 de noviembre del 2012, http://www.ugr.es/~dpto_prev/revista/pdf/Hig%20Sanid%20Ambient%209%20505-509%20%282009%29.pdf
- 44.TULAS. Texto de Legislación Secundario de MAE (2003). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo 1. Ministerio del Medio ambiente del Ecuador. Revisado 2012.
- 45.Varnam, A. & Sutherland, J. (1995). *Leche y Productos Lácteos.* Zaragoza-España: Editorial Acribia.
- 46.Velastegui, A. (2010). *Aplicación de un tratamiento de aguas residuales en la Pasteurizadora “San Pablo” para reducir el Impacto Ambiental.* Recuperado <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3823/08-1995-02.pdf?sequence=1>
- 47.Wang, W. & Freemark, K. (1995). *Use of plants for environmental monitoring and assessment.* Ecotoxicology and Environmental Safety. 30, 289-301.

ANEXOS

ANEXO 1. LÍMITE DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o sustancias inflamables		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15

Hierro total	Fe	mg/l	25
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganoso total	Mn	mg/l	10
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5 a 9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5
Zinc	Zn	mg/l	10

FUENTE: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 1.

ANEXO 2. PRODUCTOS ELABORADOS POR LA INDUSTRIA LÁCTEA DURANTE LOS DÍAS DE MUESTREO

PRODUCTOS	DIAS		
	10-jul-13	17-jul-13	24-jul-13
PASTEURIZADO	14500	14000	12000
LECHE EN POLVO ENTERA	50000	50000	50000
LECHE ENTERA 1 L. POLIETILENO	50000		90000
ENTERA MI COMIS. FLEXICAP			
SEMIDESCREMADA POLETILENO		50000	
DESCREMADA MI COMIS. FLEXICAP			24000
ENTERA 1/2 L. UHT (D)	30000		
LIGTH FLEXICAP UHT			30000
LIGTH FINO 1 L. UHT			60000
ENTERA FUNDA UHT €	36000		
ENTERA FUNDA UHT (F)	36000		
SEMIDESCREMADA FUNDA UHT €		60000	
SEMIDESCREMADA FUNDA UHT (F)			
CREMA 1/2 L. UHT			
DESCREMADA FLEX	109000		
ENTERA 1 L. FLEXICAP			
SEMIDESCREMADA 1 L. FLEXICAP		90000	
LECHE ENTERA 1/2 L. POLIETILENO			
LECHE ENTERA 200 cc PAE A3	31500		
LECHE ENTERA 200 cc PAE TBA 19	26250		
UNILEVER	10300		
MANGO 200 cc UHT			7000
DURAZNO 200 cc UHT		15840	56000
AVENA 200 cc UHT			
NARANJA 1 L. UHT ESQUARE		10800	
MANGO 1 L. UHT ESQUARE			
NECTAR MANZANA 1 L.			
PROLACHIV		19530	
VOLUMEN TOTAL	393550	320970	354000



ANEXO 3. PROTOCOLO OECD 202. ENSAYO DE TOXICIDAD CON *Daphnia magna*

Para el desarrollo de pruebas de toxicidad aguda con *D. magna* se emplearan neonatos (< 24 h nacidos) expuestos a diferentes concentraciones de una muestra o de un agente tóxico durante un periodo de 48 h. Como resultado de dicha exposición es posible determinar la concentración de la muestra o compuesto problema, que produce la muerte al 50% de la población de neonatos expuestos (concentración letal media o CL₅₀), con un nivel de confiabilidad del 95 por ciento.

También puede determinarse la concentración mínima donde aún se observa efecto de mortalidad (Lower Observable Effect Concentration, LOEC), así como aquella donde la muestra no produce la muerte de neonatos (No Observable Effect Concentration, NOEC). Cuando no hay un conocimiento de la toxicidad de las muestras es recomendable llevar a cabo una prueba preliminar, en la cual se prepara un amplio número de concentraciones sin réplicas (por ejemplo: 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10 y 100%). Para la prueba se colocan 30 mL de cada una de las diluciones en los vasos de prueba, se transfieren diez neonatos y a las 24 h se registra el número de organismos muertos.

Con esta información podrá establecerse el intervalo de concentración en el cual se puede esperar el 0 y el 100% de mortalidad. Este intervalo se utiliza como guía para la preparación de las diluciones en las pruebas definitivas.

Para la preparación de las diluciones de las muestras se utiliza como medio de dilución agua dura reconstituida (180 y 160 mg/L CaCO₃), sin ningún suplemento.



En la preparación del agua se deben determinar los parámetros (numeral 4.2.3) señalados anteriormente (APHA, 1998).

Preparación de las soluciones de prueba: muestras ambientales (efluentes y aguas superficiales) Para preparar la diluciones de la muestra se recomienda utilizar un factor de dilución de 0,5, el cual permite cubrir un amplio intervalo de dilución (por ejemplo, 100; 50; 25; 12,5; 6,25%, etc.). Si se observa un alto porcentaje de mortalidad durante las primeras horas del bioensayo, es necesario realizar más diluciones de la muestra y repetir el bioensayo.

Las pruebas definitivas requieren por lo menos cinco diluciones, por lo que es necesario preparar un mínimo de 100 mL por dilución. Este volumen será suficiente para el llenado de las tres réplicas (25 mL en cada uno) de cada concentración. Como recipientes se pueden emplear vasos de polietileno desechables (figura 4.2.5) de 30 ml, o vasos de precipitado de vidrio de 50 mililitros.

Además de las diferentes concentraciones de la muestra, se debe preparar junto con las respectivas réplicas un control negativo con agua dura reconstituida sin suplementos, y un control positivo con una solución del tóxico de referencia (Cr VI) en la concentración que, según la carta control previamente elaborada, corresponda a la CL₅₀.

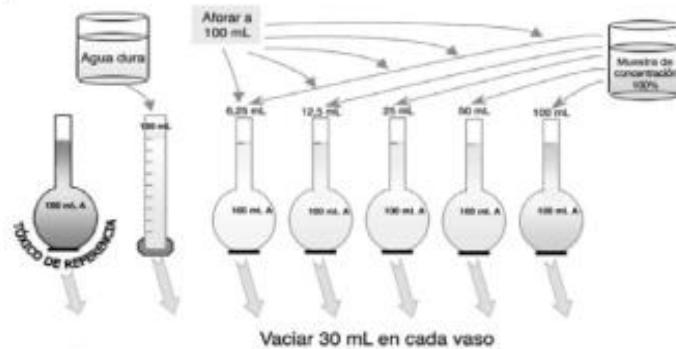
Una vez preparadas cada una de las soluciones, se transfieren diez neonatos de menos de 24 h de nacidos a cada uno de los recipientes. Para realizar este procedimiento se puede utilizar una pipeta despuntada. Terminada la transferencia

se cubren los vasos con papel Parafilm y se colocan bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura (tabla 4.2.2) por un periodo de 48 horas.

Temperatura	$21 \pm 2^{\circ}\text{C}$
Calidad de Luz	Fluorescente, blanco-frio
Intensidad Luminosa	≤ 800 lux (luz blanca fria) en la superficie del liquido
Fotoperíodo	16 horas luz - 8 oscuridad
Recipientes de Mantenimiento	Los cultivos se mantienen en recipientes de 2L de vidrio transparentes, y deben permanecer tapados
Alimentación	Cultivos puros de <i>Selenastrum capricornutum</i> u otras algas verdes unicelulares.
Dosis de Alimento	<i>La cantidad de alimento suministrada se calcula de la siguiente manera:</i> $V = A \times B / C$ <i>donde:</i> $V = \text{volumen a ser adicionado}$ $A = \text{número de organismos}$ $B = \text{número de células por daphnia}$ (1.5×10^6 células por daphnia /día) $C = \text{densidad celular de la suspensión algal}$ El alimento es suministrado diariamente.
Suplemento Alimenticio	Los cultivos pueden suplementarse con las soluciones de vitaminas y selenito.
Densidad Poblacional	No mayor de 12 individuos/L
Limpieza	Diariamente se debe retirar las exubias (mudas) y los restos que se encuentren en el fondo de los recipientes. Cada viernes se cambia el agua de los acuarios que deben lavarse con una esponja o un paño de tela, enjuagar varias veces con agua des-ionizada. No se debe emplear jabón ni otros detergentes.
Recolección de Neonatos	Diariamente se retiran los neonatos con una pipeta Pasteur de plástico con una abertura lo suficientemente ancha para no ocasionar daños a los neonatos.

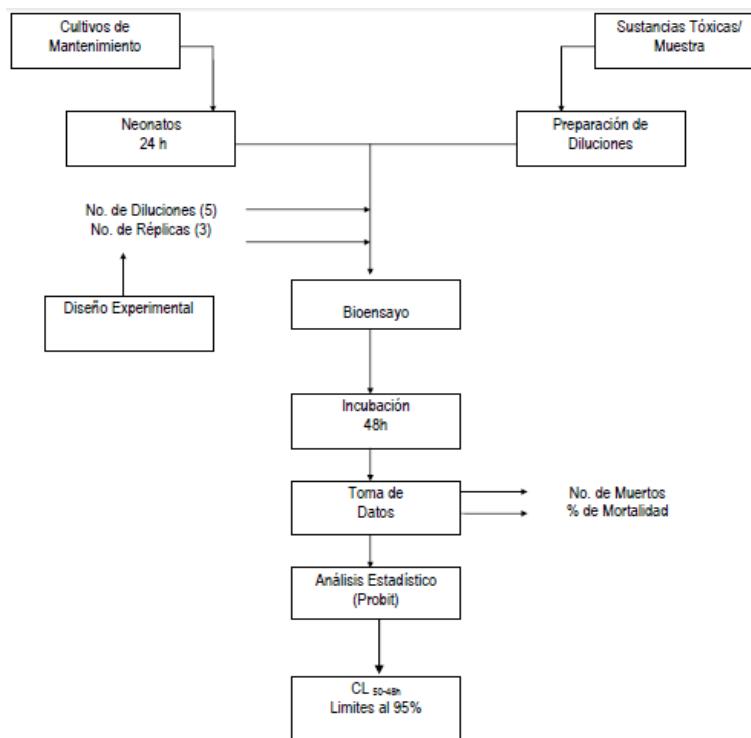
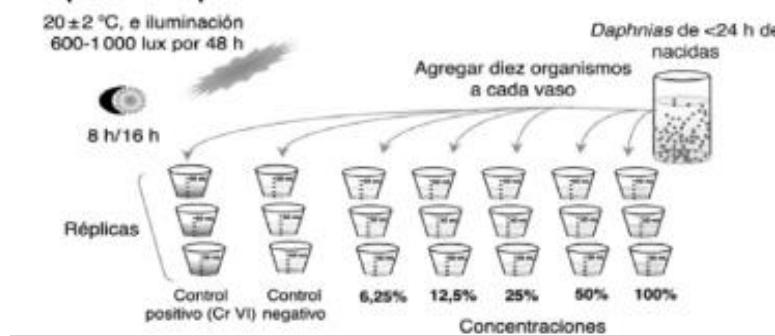
Transcurrido el tiempo establecido se revisan los vasos de prueba y se registra el número de organismos muertos en cada uno. La muerte se reconoce por la carencia de movilidad o la ausencia de ritmo cardiaco. Antes de efectuar las lecturas se agitan los recipientes en forma circular para reactivar el movimiento de los organismos que se posan inmóviles en el fondo. Aquellos que no presenten movilidad pueden observarse con un microscopio estereoscópico para confirmar la ausencia de ritmo cardiaco. En las figuras 4.2.5 y 4.2.6 se presenta un esquema del procedimiento de prueba, así como el diagrama de flujo de las actividades seguidas durante la elaboración de las pruebas de toxicidad con *Daphnia magna*.

1 Preparación de diluciones



2 Preparación de prueba

20 ± 2 °C, e iluminación
600-1.000 lux por 48 h





Expresión de los resultados

Cálculo de la CL₅₀: Para el cálculo de la CL₅₀ y sus respectivos límites de confianza al 95% se utiliza el método Probit, ya sea manualmente o con ayuda de paquetes estadísticos que tengan este procedimiento. El método de análisis Probit permite estimar la CE₅₀ o CL₅₀ ajustando los datos de mortalidad mediante una técnica de probabilidad para estimar los valores que siguen una distribución logarítmica de tolerancias. El porcentaje de organismos afectados o muertos por la acción tóxica de una sustancia se transforma a unidades Probit. Esta transformación permite el ajuste a una línea de regresión, en la cual la concentración perteneciente al Probit 0,5, corresponderá a la cantidad de sustancia capaz de generar el efecto estudiado en la mitad de la población. Una de las restricciones del método es que para el cálculo de la CE₅₀ o CL₅₀ deben obtenerse valores intermedios entre 0 y 100% de mortalidad.

Aceptabilidad de los resultados

- La mortalidad en el control negativo no debe exceder el 10%.
- La concentración final de oxígeno disuelto debe ser mayor de 2 mg/L. Una de las restricciones del método es que para el cálculo de la CE₅₀ o CL₅₀ deben obtenerse valores intermedios entre 0 y 100% de mortalidad.
- La mortalidad en el control negativo no debe exceder el 10%.
- La concentración final de oxígeno disuelto debe ser mayor de 2 mg/L.

La CL₅₀ para el tóxico de referencia deberá estar dentro de los límites de confianza pre establecidos en la carta control. En caso de emplear un control positivo de



concentración cercana a la CL₅₀, los valores de mortalidad obtenidos deberán encontrarse cercanos al 50%. Se puede considerar aceptable el encontrar mortalidades entre el 33 y 57 por ciento.



ANEXO 4. PROTOCOLO OECD 208. ENSAYO DE TOXICIDAD AGUDA CON SEMILLAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*)

El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga es una prueba estática de toxicidad aguda que permite estimar la fitotoxicidad de sustancias tóxicas solubles en agua y otras matrices sólidas sobre la germinación de las semillas y sobre el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Se puede aplicar para determinar toxicidad en los efluentes industriales, lixiviados, aguas residuales, superficiales, subterráneas, intersticiales, agua potable y lodos.

La evaluación del efecto en el crecimiento de radícula y de la plántula permite examinar el efecto tóxico de los compuestos solubles en agua presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero si inhibir el crecimiento de la planta. Por esta razón la inhibición de la raíz y de la plántula constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en plantas. Aportando así información adicional a los estudios de germinación. Asimismo la prueba permite evaluar la fitotoxicidad de muestras coloreadas o muy turbias sin tener que filtrar la muestra previamente.

La sensibilidad de la especie, la facilidad y la rapidez de la germinación de la semilla de lechuga permite desarrollar la prueba en pocos días. Esto asociado con los requerimientos de materiales y equipos básicos de laboratorio permite que la prueba sea de bajos costos y que se pueda incorporar en una batería de bioensayos. La prueba consiste básicamente en determinar el efecto de la inhibición en la germinación, la inhibición en la elongación de la raíz y de la



plántula producida por el tóxico en una muestra, luego de haberlas expuesto por 120 horas. Comparándolo siempre con el crecimiento normal en el control negativo.

Preparación de la muestra y controles

Prepare 50 ml de las diluciones 1:2 (100, 50, 25, 12.5, 6.25%); cada dilución se realiza diluyendo por la mitad la concentración previa.

Mida el pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad en los controles y las concentraciones baja, media y alta.

Se usa agua reconstituida dura para las diluciones y como el control negativo.

El control positivo que se usa es el zinc bivalente 20 ug /ml.

Ejecución del ensayo

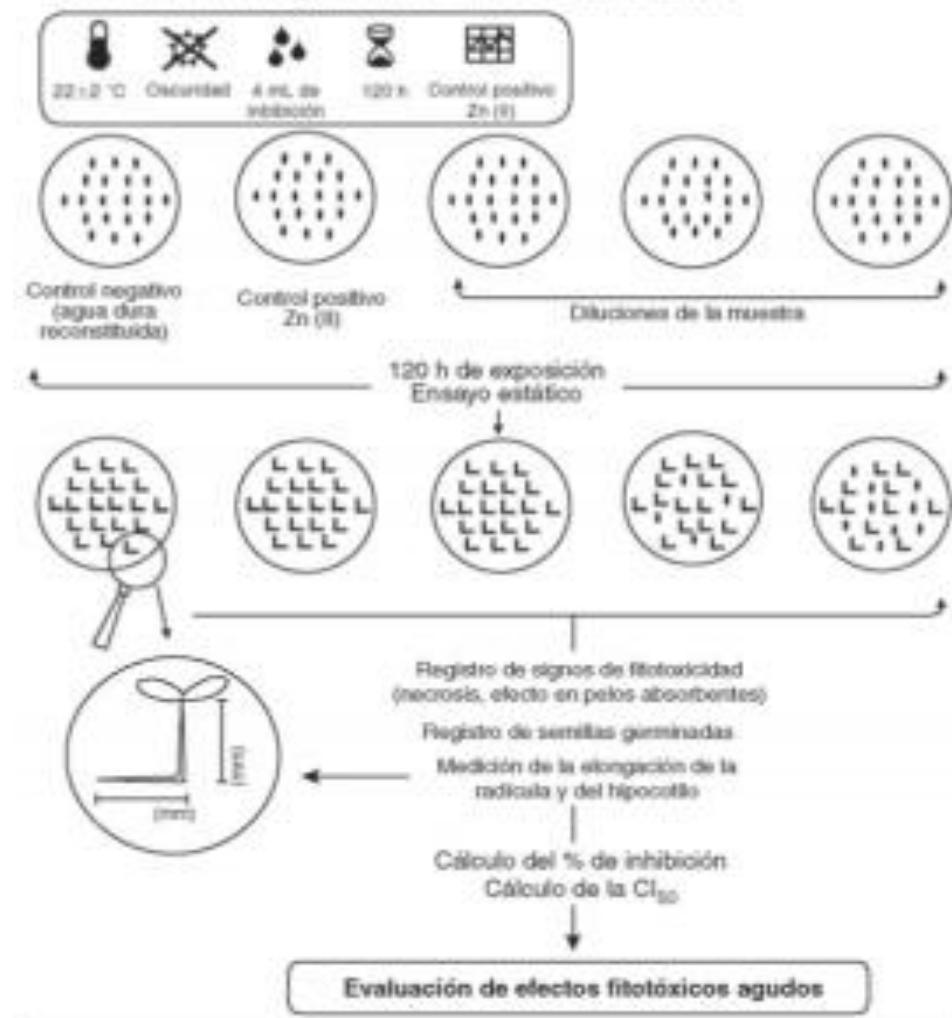
En la Figura 4.4.2. y Tabla 4.4.1. se resume el procedimiento del ensayo de toxicidad aguda con semillas.

- Colocar en cada cápsula de Petri un disco de papel de filtro.
- Marcar correctamente cada caja con la dilución correspondiente, así como la fecha y hora de inicio y término del bioensayo.
- Saturar el papel de filtro con 4 ó 5 ml de la dilución evitando que se formen bolsas de aire.



- Con la ayuda de una pinza, colocar cuidadosamente 20 semillas, dejando espacio suficiente entre las semillas para permitir la elongación de las raíces.
- Tapar las cápsulas y colocarlas en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad. Dado que algunas variedades de semillas de lechuga requieren oscuridad para que se produzca la germinación (semillas fotoblásticas negativas), las cajas de Petri deben cubrirse de la luz inmediatamente después de colocarlas en las cápsulas y durante el período de ensayo. Incubar por 120 horas (5 días) a una temperatura de 22 ± 2 °C. Realizar repeticiones para cada dilución ensayada.

Prueba de toxicidad aguda con semillas de *Lactuca sativa L.*





1. Tipo de ensayo	Estático
2. Temperatura	$22 \pm 2^\circ\text{C}$
3. Calidad de luz	Oscuridad
4. Volumen de solución de prueba	4 ml
5. Agua de dilución	Agua dura reconstituida
6. Número de semillas por replica	20
7. Número de replicas	3
8. Duración de la prueba	120 h
9. Efecto medido	Inhibición en la elongación de la radícula e hipocotilo. Inhibición en la germinación
10. Resultado final	CE_{50} , o CI_{50} o % inhibición
11. Aceptabilidad de los resultados	Germinación > 90% Control positivo y negativo de acuerdo a los valores admitidos en las cartas control
12. Control positivo	Zn (II)

Expresión de resultados

Se realizan los siguientes cálculos:

- Promedio y desviación estándar de la elongación de la radícula y del hipocotilo de las plántulas de cada repetición.
- Porcentaje de inhibición del crecimiento de la radícula y del hipocotilo con el promedio de elongación para cada dilución respecto del promedio de elongación del control negativo.
- Porcentaje de inhibición en la germinación.

Elaborar la gráfica dosis-respuesta colocando en la ordenada el porcentaje de inhibición y en la abscisa la concentración. Mediante un método gráfico o el uso de programas estadísticos, calcular la concentración que produce el 50% de



inhibición (CI_{50}/CE_{50}) para cada punto final evaluado. Para el caso de muestras en donde la inhibición es inferior al 50%, o para determinar el valor correspondiente al NOEC o LOEC, se realiza el análisis de comparación de medias (t Student) para verificar la significancia estadística en el porcentaje de efecto.

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Prom. crecimiento tratamiento} - \text{Prom. crecimiento control negativo}}{\text{Promedio crecimiento control negativo}} \times 100$$



ANEXO 5. PROTOCOLO OECD 208. ESTUDIOS DE TOXICIDAD AGUDA EN PLANTAS TERRESTRES DE LAS ESPECIES: *Zea mays*. (MAÍZ) Y *Phaseolus vulgaris* (FRIJOL NEGRO)

Parámetros del ensayo:

- Tipo de suelo: Contenido de K = 9.4 mg/Kg. Ca. =11.6 mg/Kg. ,Mg. =10.7 mg/Kg., Materia orgánica = 12 %
- pH: debe estar entre 5 y 7.5
- Contenido de C: menor de 20 %
- Partículas de suelo < o = 5 mm.
- Germinación del control negativo > 65 %
- Vol. de aplicación de agua variable para mantener el % de humedad entre 60 y 80
- Sistema de riego. Manual
- N°. de réplicas / tratamiento 5
- N°. plantas por pote: depende de las especie a evaluar (4)
- Duración del ensayo: 14 días
- Temperatura: 25 +/- 2 ° C
- Humedad del suelo: 60-80 %
- Volumen de suelo: 400 gm.
- Día cero: cuando el 65 % o más de las semillas del grupo control germinaron.



- Modelo biológico: Se utilizan tres especies de plantas no objetivo, para el producto a evaluar, el cual se aplicará de forma única al inicio del ensayo de forma directa sobre el suelo donde se siembran las semillas las que quedan en contacto con el producto a evaluar.



ANEXO 6. PROTOCOLO OECD 203. TEST DE TOXICIDAD AGUDA EN PECES

Condiciones de exposición.

1. Duración preferiblemente 96 horas.
2. Registro de mortalidad a 24, 48 y 96 horas.
3. Carga: Máximo de carga 1.0 g de peces/litro es recomendado para ensayos estáticos y semiestáticos.
4. Luz: 12 a 16 horas de fotoperiodos de luz diaria.
5. Temperatura: Apropriada para la especie de 21-25 ±2°C.
6. Concentración de Oxígeno: No menos que 60 por ciento de valor de saturación. La aireación puede usarse si esta no significa una pérdida significativa de la sustancia investigada.
7. Alimentación: Ninguna.
8. Perturbaciones: Deben evitarse perturbaciones que puedan cambiar el comportamiento de los peces.
9. Numero de peces: Al menos 7 peces deben ser usados por cada concentración del ensayo y en el control.
10. Especie de pez: *Poecilia reticulata*., (Teleostei. Poeciliidae) Peters. Guppy,
Danio rerio

ANEXO 7. RESULTADOS *Poecilia reticulata* (pez millón)

Muestreo 10 Julio

No. Concentración YomE1	% dilución	Réplicas / Mortalidad		Medidas finales		No. Observado de muertes/No. Total de organismos	% mortalidad obtenido
		1	2	OD	pH		
1	5	10	10	6	7,4	20/20	100
2	2,5	8	7	6	7,4	15/20	75
3	1,25	7	6	6	7,4	13/20	65
4	0,625	4	5	6	7,4	9/20	45
5	0,313	2	1	6	7,4	3/20	15
6	0,156	0	0	6	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 17 Julio

No. Concentración YomE2	% dilución	Réplicas / Mortalidad		Medidas finales		No. Observado de muertes/No. Total de organismos	% mortalidad obtenido
		1	2	OD	pH		
1	5	10	10	6	7,4	20/20	100
2	2,5	7	7	6	7,4	14/20	70
3	1,25	6	6	6	7,4	12/20	60
4	0,625	5	3	6	7,4	8/20	40
5	0,313	2	2	6	7,4	4/20	20
6	0,156	0	0	6	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 24 Julio

No. Concentración YomE3	% dilución	Réplicas / Mortalidad		Medidas finales		No. Observado de muertes/No. Total de organismos	% mortalidad obtenido
		1	2	OD	pH		
1	5	10	10	6	7,4	20/20	100
2	2,5	8	9	6	7,4	17/20	85
3	1,25	8	6	6	7,4	14/20	70
4	0,625	5	5	6	7,4	10/20	50
5	0,313	2	3	6	7,4	5/20	25
6	0,156	0	0	6	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

ANEXO 8. RESULTADOS *Daphnia magna* (pulga de agua)

Muestreo 10 Julio

No. Concentración YomE1	% dilución	Réplicas Organismos inhibidos				Medidas finales		No. Observado de inhibidos/No. Total de organismos	% inhibidos obtenido
		1	2	3	4	OD	pH		
1	12,925	5	5	5	5	6	7,4	20/20	100
2	6,4626	4	5	4	4	6	7,4	17/20	85
3	3,2310	4	4	3	4	6	7,4	15/20	75
4	1,6156	3	3	3	4	6	7,4	13/20	65
5	0,8078	2	1	2	1	6	7,4	6/20	30
6	0,404	0	0	0	0	0	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 17 Julio

No. Concentración YomE2	% dilución	Réplicas Organismos inhibidos				Medidas finales		No. Observado de inhibidos/No. Total de organismos	% inhibidos obtenido
		1	2	3	4	OD	pH		
1	12,925	5	5	5	5	6	7,4	20/20	100
2	6,4626	4	5	4	5	6	7,4	18/20	90
3	3,2310	4	4	3	5	6	7,4	16/20	80
4	1,6156	3	3	3	4	6	7,4	13/20	65
5	0,8078	2	1	2	2	6	7,4	7/20	35
6	0,404	0	0	0	0	0	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 24 Julio

No. Concentración YomE3	% dilución	Réplicas Organismos inhibidos				Medidas finales		No. Observado de inhibidos/No. Total de organismos	% inhibidos obtenido
		1	2	3	4	OD	pH		
1	12,925	5	5	5	5	6	7,4	20/20	100
2	6,4626	4	5	4	4	6	7,4	17/20	85
3	3,2310	4	4	3	4	6	7,4	15/20	75
4	1,6156	3	3	3	3	6	7,4	12/20	60
5	0,8078	2	1	2	2	6	7,4	7/20	35
6	0,404	0	0	0	0	0	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Daphnia magna. Dicromato de K

No. Concentración Dicromato K	mg/L	Réplicas Organismos inhibidos				Medidas finales		No. Observado de inhibidos/No. Total de organismos	% inhibidos obtenido
		1	2	3	4	OD	pH		
1	0,4375	5	5	5	5	6	7,4	20/20	100
2	0,2188	4	4	3	3	6	7,4	14/20	70
3	0,1094	3	3	2	4	6	7,4	12/20	60
4	0,0547	2	1	1	1	6	7,4	5/20	25
5	0,0273	0	0	0	0	6	7,4	0/20	0
Control negativo		0	0	0	0	6	7,4	0/20	0

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



ANEXO 9. RESULTADOS *Lactuca sativa* (lechuga)

Muestreo 10 Julio

Réplicas YomE1	Concentración %						Parámetro
	100	50	25	12,5	6,25	Control	
1	2,36	2,94	3,12	3,72	4,21	4,45	Longitud radical cm
2	2,41	2,76	3,15	3,91	4,18	4,32	
3	2,39	2,82	3,18	3,12	4,15	4,38	
1	40	60	70	80	90	100	Índice de germinación %
2	50	60	70	80	100	100	
3	40	50	60	80	90	100	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 17 Julio

Réplicas YomE2	Concentración %						Parámetro
	100	50	25	12,5	6,25	Control	
1	2,21	2,81	3	3,58	4,1	4,36	Longitud radical cm
2	2,26	2,63	3,03	3,77	4,07	4,23	
3	2,24	2,69	3,06	2,98	4,04	4,29	
1	50	70	80	90	90	100	Índice de germinación %
2	60	70	80	80	100	100	
3	50	60	70	90	90	100	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 24 Julio

Réplicas YomE3	Concentración %						Parámetro
	100	50	25	12,5	6,25	Control	
1	2,3	2,89	3,05	3,66	4,15	4,41	Longitud radical cm
2	2,35	2,71	3,08	3,85	4,12	4,28	
3	2,33	2,77	3,11	3,06	4,09	4,34	
1	50	50	60	80	100	100	Índice de germinación %
2	40	60	70	80	90	100	
3	50	50	70	80	90	100	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



ANEXO 10. RESULTADOS *Phaseolus vulgaris* (frijol negro)

Ensayo de emergencia plantas. (Germinación). Los resultados de cada réplica son el promedio de 10 semillas.

Muestreo 10 Julio

Réplicas YomE1	Testigo	CONCENTRACIONES %											
		%	100	%	50	%	25	%	12,5	%	6,25	%	
		# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G
1	0	0	7	30	4	60	2	80	3	70	1	90	
2	0	0	6	40	4	60	3	70	2	80	1	90	
3	0	0	5	50	5	50	4	60	2	80	1	90	
Total	0	100	18	40	13	56,7	9	70	7	76,7	3	90	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

***Phaseolus vulgaris*. Ensayos de Emergencia.**

Indicadores YomE1	Réplicas	Control	Concentraciones %				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	36,84	15,35	26,47	15,22	17,47	14,22
	2	49,1	16,47	21,47	17,35	14,97	19,97
	3	39,52	17,47	16,85	24,22	14,53	18,72
Largo de la raíz (cm)	1	6,61	7,94	6,94	6,94	9,56	6,44
	2	7,29	9,19	6,29	7,81	8,44	7,56
	3	6,56	10,96	8,11	8,31	10,72	6,94
Peso húmedo de la planta(g)	1	2,23	1,17	1,72	1,41	1,15	1,73
	2	2,6	1,21	1,68	1,81	1,34	1,99
	3	3,01	1,18	1,66	1,9	0,57	1,77
Peso seco de la planta(g)	1	0,49	0,24	0,3	0,27	0,25	0,3
	2	0,41	0,25	0,28	0,29	0,27	0,29
	3	0,47	0,26	0,3	0,31	0,2	0,35
Peso húmedo de la raíz(g)	1	0,45	0,43	0,33	0,57	0,5	0,42
	2	0,44	0,42	0,36	0,54	0,43	0,42
	3	0,42	0,57	0,42	0,57	0,25	0,45
Peso seco de la raíz(g)	1	0,33	0,18	0,19	0,2	0,19	0,18
	2	0,21	0,18	0,18	0,19	0,18	0,18
	3	0,56	0,19	0,19	0,24	0,17	0,19
Número de nódulos	1	7,91	0,16	3,66	0,16	0,41	1,16
	2	10,41	0,16	1,41	0,41	0,66	7,16
	3	9,91	0,66	3,91	0,66	0,16	8,16
%materia seca de la raíz	1	15,25	7,97	16,39	10,62	8,28	9,62
	2	16,14	6,81	10,71	9,1	8,32	8,97
	3	15,9	8,39	9,73	10,09	8,32	11,66
Número de hojas	1	5,96	2,21	4,46	4,21	2,21	4,46
	2	5,21	2,21	5,21	5,46	2,96	5,21
	3	5,96	2,21	3,71	5,71	2,4	5,21

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 17 Julio

Réplicas YomE2	CONCENTRACIONES												
	Testigo		%	100	%	10	%	5	%	2	%	1	%
	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P
1	0	0	5	50	5	50	2	80	1	90	1	90	
2	0	0	6	40	4	60	3	70	2	80	1	90	
3	0	0	7	30	4	60	3	70	2	80	1	90	
Total	0	100	18	40	13	56,67	8	73,3	5	83,3	3	90	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Phaseolus vulgaris. Ensayos de Emergencia

Indicadores YomE2	Réplicas	Control	Concentraciones				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	38,56	17,07	28,19	16,94	19,19	15,94
	2	50,82	18,19	23,19	19,07	16,69	21,69
	3	41,24	19,19	18,57	25,94	16,25	20,44
Largo de la raíz (cm)	1	6,92	8,25	7,25	7,25	9,87	6,75
	2	7,6	9,5	6,6	8,12	8,75	7,87
	3	6,87	11,27	8,42	8,62	11,03	7,25
Peso húmedo de la planta(g)	1	2,42	1,36	1,91	1,6	1,34	1,92
	2	2,79	1,4	1,87	2	1,53	2,18
	3	3,2	1,37	1,85	2,09	0,76	1,96
Peso seco planta(g)	1	0,65	0,4	0,46	0,43	0,41	0,46
	2	0,57	0,41	0,44	0,45	0,43	0,45
	3	0,63	0,42	0,46	0,47	0,36	0,51
Peso húmedo de la raíz(g)	1	0,61	0,59	0,49	0,73	0,66	0,58
	2	0,6	0,58	0,52	0,7	0,59	0,58
	3	0,58	0,73	0,58	0,73	0,41	0,61
Peso seco de la raíz(g)	1	0,49	0,34	0,35	0,36	0,35	0,34
	2	0,37	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34
	3	0,72	0,35	0,35	0,4	0,33	0,35
Número de nódulos	1	8,07	0,32	3,82	0,32	0,57	1,32
	2	10,57	0,32	1,57	0,57	0,82	7,32
	3	10,07	0,82	4,07	0,82	0,32	8,32
% materia seca de la raíz	1	15,46	8,18	16,6	10,83	8,49	9,83
	2	16,35	7,02	10,92	9,31	8,53	9,18
	3	16,11	8,6	9,94	10,3	8,53	11,87
Número de hojas	1	6,17	2,42	4,67	4,42	2,42	4,67
	2	5,42	2,42	5,42	5,67	3,17	5,42
	3	6,17	2,42	3,92	5,92	2,61	5,42

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Muestreo 24 Julio

Réplicas YomE3	CONCENTRACIONES												
	Testigo	%	100	%	10	%	5	%	2	%	1	%	
	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	
1	0	0	6	40	4	60	3	70	2	80	0	100	
2	0	0	5	50	5	50	4	60	1	90	1	90	
3	0	0	3	70	4	60	3	70	2	80	1	90	
Total	0	100	14	53,3	13	56,67	10	66,7	5	83,3	2	93,3	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez

Phaseolus vulgaris. Ensayos de Emergencia

Indicadores YomE3	Réplicas	Control	Concentraciones				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	36,56	15,07	26,19	14,94	17,19	13,94
	2	48,82	16,19	21,19	17,07	14,69	19,69
	3	39,24	17,19	16,57	23,94	14,25	18,44
Largo de la raíz (cm)	1	6,41	7,74	6,74	6,74	9,36	6,24
	2	7,09	8,99	6,09	7,61	8,24	7,36
	3	6,36	10,76	7,91	8,11	10,52	6,74
Peso húmedo de la planta(g)	1	2,21	1,15	1,7	1,39	1,13	1,71
	2	2,58	1,19	1,66	1,79	1,32	1,97
	3	2,99	1,16	1,64	1,88	0,55	1,75
Peso seco planta(g)	1	0,44	0,19	0,25	0,22	0,2	0,25
	2	0,36	0,2	0,23	0,24	0,22	0,24
	3	0,42	0,21	0,25	0,26	0,15	0,3
Peso húmedo de la raíz(g)	1	0,4	0,38	0,28	0,52	0,45	0,37
	2	0,39	0,37	0,31	0,49	0,38	0,37
	3	0,37	0,52	0,37	0,52	0,2	0,4
Peso seco de la raíz(g)	1	0,28	0,13	0,14	0,15	0,14	0,13
	2	0,16	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13
	3	0,51	0,14	0,14	0,19	0,12	0,14
Número de nódulos	1	7,86	0,11	3,61	0,11	0,36	1,11
	2	10,36	0,11	1,36	0,36	0,61	7,11
	3	9,86	0,61	3,86	0,61	0,11	8,11
%materia seca de la raíz	1	15,15	7,87	16,29	10,52	8,18	9,52
	2	16,04	6,71	10,61	9	8,22	8,87
	3	15,8	8,29	9,63	9,99	8,22	11,56
Número de hojas	1	5,86	2,11	4,36	4,11	2,11	4,36
	2	5,11	2,11	5,11	5,36	2,86	5,11
	3	5,86	2,11	3,61	5,61	2,3	5,11

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez



ANEXO 11.RESULTADOS Zea mays (maíz)

Ensayo de emergencia plantas. (Germinación). Los resultados de cada réplica son el promedio de 10 semillas.

Muestreo 10 Julio

Réplicas YomE1	CONCENTRACIONES %												
	Testigo	%	100	%	50	%	25	%	12,5	%	6,25	%	
	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	
1	0	0	6	40	5	50	3	70	3	70	1	90	
2	0	0	5	50	4	60	3	70	2	80	1	90	
3	0	0	5	50	5	50	3	70	2	80	1	90	
Total	0	100	16	46,67	14	53,33	9	70	7	76,67	3	90	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.

Zea mays. Ensayo de emergencia.

YomE1	Replicas	Testigo	Concentraciones %				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	41,64	33,29	45,09	42,09	38,99	44,89
	2	43,63	36,25	43,79	44,19	35,09	47,69
	3	42,65	35,49	44,29	43,29	38,19	45,89
Largo de la raíz (cm)	1	18,24	7,97	21,09	22,29	12,89	18,69
	2	21,79	10,89	22,09	24,19	14,69	21,04
	3	19,69	10,69	20,89	22,99	13,89	19,69
Peso húmedo de la planta(g)	1	28,19	18,79	23,29	33,09	19,97	33,39
	2	31,89	16,94	25,24	34,99	18,91	31,34
	3	30,99	17,89	24,09	34,01	21,89	32,29
Peso seco planta(g)	1	2,19	1,89	1,89	2,41	1,89	2,63
	2	2,47	1,79	1,99	2,69	2,29	2,79
	3	2,39	1,89	2,09	2,79	1,99	2,69
Peso húmedo de la raíz(g)	1	14,78	11,63	9,53	10,65	11,88	13,58
	2	14,66	13,63	11,53	11,13	12,45	13,47
	3	14,93	11,83	9,93	11,43	11,93	12,67
Peso seco de la raíz(g)	1	3,1	2,04	1,68	1,8	2,24	3
	2	4,27	2	2,1	2,2	3,15	3,05
	3	2,9	2,2	1,9	1,9	3,24	3,7
%Materia seca de la planta	1	6,42	8,32	6,92	6,62	8,72	6,7
	2	6,92	9,42	6,32	6,32	9,02	7,82
	3	6,32	8,82	6,72	6,47	8,62	7,02
%materia seca de la raíz	1	17,64	13,54	14,54	8,24	15,14	18,84
	2	20,24	13,34	16,74	9,24	16,64	20,74
	3	18,14	13,54	16,34	8,34	16,34	19,64

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.

Muestreo 17 Julio

Réplicas YomE2	CONCENTRACIONES												
	Testigo	%	100	%	10	%	5	%	2	%	1	%	
	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	
1	0	0	6	40	4	60	3	70	1	90	1	90	
2	0	0	6	40	5	50	2	80	2	80	1	90	
3	0	0	7	30	4	60	3	70	2	80	1	90	
Total	0	100	19	36,667	13	56,667	8	73,33	5	83,3333	3	90	

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.

Zea mays. Ensayo de emergencia.

YomE2	Réplicas	Testigo	Concentraciones				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	42,19	33,84	45,64	42,64	39,54	45,44
	2	44,18	36,8	44,34	44,74	35,64	48,24
	3	43,2	36,04	44,84	43,84	38,74	46,44
Largo de la raíz (cm)	1	18,79	8,52	21,64	22,84	13,44	19,24
	2	22,34	11,44	22,64	24,74	15,24	21,59
	3	20,24	11,24	21,44	23,54	14,44	20,24
Peso húmedo de la planta(g)	1	28,74	19,34	23,84	33,64	20,52	33,94
	2	32,44	17,49	25,79	35,54	19,46	31,89
	3	31,54	18,44	24,64	34,56	22,44	32,84
Peso seco planta(g)	1	2,34	2,04	2,04	2,56	2,04	2,78
	2	2,62	1,94	2,14	2,84	2,44	2,94
	3	2,54	2,04	2,24	2,94	2,14	2,84
Peso húmedo de la raíz(g)	1	14,93	11,78	9,68	10,8	12,03	13,73
	2	14,81	13,78	11,68	11,28	12,6	13,62
	3	15,08	11,98	10,08	11,58	12,08	12,82
Peso seco de la raíz(g)	1	3,25	2,19	1,83	1,95	2,39	3,15
	2	4,42	2,15	2,25	2,35	3,3	3,2
	3	3,05	2,35	2,05	2,05	3,39	3,85
%Materia seca de la planta	1	6,57	8,47	7,07	6,77	8,87	6,85
	2	7,07	9,57	6,47	6,47	9,17	7,97
	3	6,47	8,97	6,87	6,62	8,77	7,17
%materia seca de la raíz	1	16,61	12,51	13,51	7,21	14,11	17,81
	2	19,21	12,31	15,71	8,21	15,61	19,71
	3	17,11	12,51	15,31	7,31	15,31	18,61

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.

Muestreo 24 Julio

Réplicas YomE3	CONCENTRACIONES											
	Testigo		100		10		5		2		1	
	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G	# P	G
1	0	0	4	60	5	50	2	80	2	80	0	100
2	0	0	3	70	3	70	3	70	1	90	1	90
3	0	0	6	40	4	60	3	70	2	80	1	90
Total	0	100	13	56,667	12	60	8	73,33	5	83,333	2	93,333

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.

Zea mays. Ensayo de emergencia.

YomE3	Réplicas	Testigo	Concentraciones				
			100	50	25	12,5	6,25
Altura de la planta (cm)	1	41,44	33,09	44,89	41,89	38,79	44,69
	2	43,43	36,05	43,59	43,99	34,89	47,49
	3	42,45	35,29	44,09	43,09	37,99	45,69
Largo de la raíz (cm)	1	18,04	7,77	20,89	22,09	12,69	18,49
	2	21,59	10,69	21,89	23,99	14,49	20,84
	3	19,49	10,49	20,69	22,79	13,69	19,49
Peso húmedo de la planta(g)	1	27,99	18,59	23,09	32,89	19,77	33,19
	2	31,69	16,74	25,04	34,79	18,71	31,14
	3	30,79	17,69	23,89	33,81	21,69	32,09
Peso seco planta(g)	1	2,12	1,82	1,82	2,34	1,82	2,56
	2	2,4	1,72	1,92	2,62	2,22	2,72
	3	2,32	1,82	2,02	2,72	1,92	2,62
Peso húmedo de la raíz(g)	1	14,71	11,56	9,46	10,58	11,81	13,51
	2	14,59	13,56	11,46	11,06	12,38	13,4
	3	14,86	11,76	9,86	11,36	11,86	12,6
Peso seco de la raíz(g)	1	3,03	1,97	1,61	1,73	2,17	2,93
	2	4,2	1,93	2,03	2,13	3,08	2,98
	3	2,83	2,13	1,83	1,83	3,17	3,63
% Materia seca de la planta	1	6,35	8,25	6,85	6,55	8,65	6,63
	2	6,85	9,35	6,25	6,25	8,95	7,75
	3	6,25	8,75	6,65	6,4	8,55	6,95
% materia seca de la raíz	1	17,13	13,03	14,03	7,73	14,63	18,33
	2	19,73	12,83	16,23	8,73	16,13	20,23
	3	17,63	13,03	15,83	7,83	15,83	19,13

FUENTE: Datos experimentales. ELABORADO POR: Yomaira Gutiérrez.



ANEXO 12. DETERMINACIÓN DE CAUDALES Y TEMPERATURA

Muestreo 10 de julio

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)
07:00	10	00:00:09:55	31.3	3.92
09:00	10	00:00:02:53	32.3	3.95
11:00	10	00:00:02:06	31.8	4.85
13:00	10	00:00:02:18	31.7	4.58
15:00	10	00:00:02:59	31.5	3.86
			T max 32.3	Q max 4.85
			T min 31.3	Q min 3.86

Muestreo 17 de julio

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)
07:00	20	00:00:03:68	32.1	5.43
09:00	20	00:00:03:92	26.3	5.10
11:00	20	00:00:03:66	26.4	5.46
13:00	20	00:00:04:73	29.8	4.23
15:00	20	00:00:05:18	30.0	3.86
			T max 32.1	Q max 5.46
			T min 26.3	Q min 3.86

Muestreo 24 de julio

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)
07:00	20	00:00:04:12	32.5	4.85
09:00	20	00:00:04:38	31.6	4.57
11:00	20	00:00:04:25	28.4	4.71
13:00	20	00:00:03:97	30.9	5.03
15:00	20	00:00:03:64	31.0	5.49
			T max 32.5	Q max 5.49
			T min 28.4	Q min 4.57



ANEXO 13. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

DÍA DE MUESTREO	PARÁMETROS			CAUDAL (L/s)
	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	SS (mg/l)	
10 DE JULIO	938	6200	1396.66	4.232
17 DE JULIO	968	7982.9	2133.33	4.816
24 DE JULIO	1447	3720	680	4.93

Cálculos:

$$CC = Q \times \left(\frac{(2DBO_5 + DQO)}{3} \right) + SS$$

Muestreo 10 de julio

$$DBO_5 = 938 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 9.38 \times 10^{-4} \text{ Kg/L}$$

$$DQO = 6200 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 6.2 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$

$$SS = 1396.66 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 1.39 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$

$$Q = 4.232 \text{ L/s} \times 3600 \text{ s/1h} \times 24 \text{ h/1d} = 365644.8 \text{ L/d}$$

$$CC = 1492.56 \text{ Kg/d}$$

Muestreo 17 de julio

$$DBO_5 = 968 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 9.68 \times 10^{-4} \text{ Kg/L}$$

$$DQO = 7982.9 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 7.98 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$



$$\text{SS} = 2133.33 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 2.13 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$

$$Q = 4.816 \text{ L/s} \times 3600 \text{ s/1h} \times 24 \text{ h/1d} = 416102.4 \text{ L/d}$$

$$CC = 2261.65 \text{ Kg/d}$$

Muestreo 24 de julio

$$DBO_5 = 1447 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 1.22 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$

$$DQO = 3720 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 3.72 \times 10^{-3} \text{ Kg/L}$$

$$SS = 680 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g/1000 mg} \times 1 \text{ Kg/1000g} = 6.8 \times 10^{-4} \text{ Kg/L}$$

$$Q = 4.93 \text{ L/s} \times 3600 \text{ s/1h} \times 24 \text{ h/1d} = 425952 \text{ L/d}$$

$$CC = 1164.26 \text{ Kg/d}$$



ANEXO 14. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS

LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Muestra procedencia:	Cuenca.- Azuay.
Tipo de fuente:	Efluente industrial.- Muestra compuesta.
Condiciones climáticas:	
Fecha de toma y análisis:	10 de Julio del 2013
Análisis solicitado por:	Dra. Jomaira Gutierrez.

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA			
TEMPERATURA	31,0	°C.	
COLOR APARENTE		UC, Pt Co	
COLOR REAL		UC, Pt Co	
TURBIEDAD	3048,0	NTU, FTU	
CONDUCTIVIDAD	1166,0	microsiemens / cm	
SOLIDOS TOTALES	3328,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES FIJOS	489,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	2839,0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1396,66	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	30,0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	1366,66	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO TOTALES	1931,34	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO FIJOS	459,0	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO VOLATILES	1472,34	mg/l	
SOLIDOS SUSPEND. SEDIMENTABLES	0,0	ml/l	
PH	11,16		
ALCALINIDAD TOTAL	540,0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	160,0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	240,0	mg/l, CaCO ₃	
Ca++	72,0	mg/l	
Mg++	14,58	mg/l	por cálculo
Na+	70,0	mg/l	
K+	16,0	mg/l	
HIERRO TOTAL	1,5	mg/l	
CLORUROS	100,0	mg/l	
SULFATOS	20,03	mg/l	
P-ORTOFOSFATO REACTIVO	15,4	mg/l	como Fósforo
P-ORTOFOSFATO TOTAL	19,3	mg/l	como Fósforo
N. NITRITOS	51,7	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	8,71	mg/l	como Nitrógeno
N. AMONIACAL	3,36	mg/l	como Nitrógeno
N. ORGANICO	60,48	mg/l	como Nitrógeno
FLUORUROS	2,7	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	6200,0	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	938,0	mg/l	
COLIFORMES TOTALES	1,6E+03	NMP/100 ml	a 37°C, 24 H
E. COLI	< 1,8	NMP/100 ml	a 37°C, 24 H

Atentamente,

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA Facultad de Ingeniería LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Muestra procedencia: Cuenca.- Azuay.
 Tipo de fuente: Efluente industrial.- Muestra compuesta.
 Condiciones climáticas:
 Fecha de toma y análisis: 17 de Julio del 2013
 Análisis solicitado por: Dra. Jomaira Gutierrez.

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA			
TEMPERATURA	26,0	°C	in situ
COLOR APARENTE		UC, Pt Co	
COLOR REAL		UC, Pt Co	
TURBIEDAD	4024,0	NTU, FTU	
CONDUTIVIDAD	693,0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	3837,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES FIJOS	340,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	3497,0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2133,33	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	16,7	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	2116,63	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO TOTALES	1703,67	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO FIJOS	323,3	mg/l	
SOLIDOS DISUELTO VOLATILES	1380,37	mg/l	
SOLIDOS SUSPEND. SEDIMENTABLES	0,0	ml/l	
PH	10,31		
ALCALINIDAD TOTAL	260,0	mg/l, CaCO3	
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	0,0	mg/l, CaCO3	
DUREZA TOTAL	120,0	mg/l, CaCO3	
Ca++	36,0	mg/l	
Mg++	7,29	mg/l	por cálculo
Na+	120,0	mg/l	
K+	23,0	mg/l	
HIERRO TOTAL	4,5	mg/l	
CLORUROS	50,0	mg/l	
SULFATOS	10,70	mg/l	
P-ORTOFOSFATO REACTIVO	13,3	mg/l	como Fósforo
P-ORTOFOSFATO TOTAL	28,5	mg/l	como Fósforo
N. NITRITOS	181,82	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	8,66	mg/l	como Nitrógeno
N. AMONIACAL	1,96	mg/l	como Nitrógeno
N. ORGANICO	20,44	mg/l	como Nitrogeno
FLUORUROS	8,2	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	7082,9	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	968,0	mg/l	
COLIFORMES TOTALES	1,6.E+04	NMP/100 ml	a 37°C. 24 H
E. COLI	< 1,8	NMP/100 ml	a 37°C. 24 H

Atentamente.

Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA



LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Muestra procedencia:	Cuenca.- Azuay.
Tipo de fuente:	Efluente industrial.- Muestra compuesta.
Condiciones climáticas:	
Fecha de toma y análisis:	24 de Julio del 2013
Análisis solicitado por:	Dra. Jomaira Gutierrez.

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
HORA			
TEMPERATURA		°C	in situ
COLOR APARENTE		UC, Pt Co	
COLOR REAL		UC, Pt Co	
TURBIEDAD	1108,0	NTU, FTU	
CONDUTIVIDAD	1347,0	microsiemens/ cm	
SOLIDOS TOTALES	2461,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES FIJOS	607,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	1854,0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	680,00	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	40,0	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	640,00	mg/l	
SOLIDOS DISUELtos TOTALES	1781,00	mg/l	
SOLIDOS DISUELtos FIJOS	567,0	mg/l	
SOLIDOS DISUELtos VOLATILES	1214,00	mg/l	
SOLIDOS SUSPEND. SEDIMENTABLES	0,0	ml/l	
PH	12,06		
ALCALINIDAD TOTAL	370,0	mg/l, CaCO3	
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	218,0	mg/l, CaCO3	
DUREZA TOTAL	100,0	mg/l, CaCO3	
Ca++	33,6	mg/l	
Mg++	3,88	mg/l	por cálculo
Na+	60,0	mg/l	
K+	18,0	mg/l	
HIERRO TOTAL	1,2	mg/l	
CLORUROS	44,0	mg/l	
SULFATOS	27,19	mg/l	
P-ORTOFOSFATO REACTIVO	15,3	mg/l	como Fósforo
P-ORTOFOSFATO TOTAL	27,2	mg/l	como Fósforo
N. NITRITOS	72,75	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	10,53	mg/l	como Nitrógeno
N. AMONIACAL	1,68	mg/l	como Nitrógeno
N. ORGANICO	24,64	mg/l	como Nitrógeno
FLUORUROS	5,9	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	3720,0	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	1447,0	mg/l	
COLIFORMES TOTALES	1,7,E+03	NMP/100 ml	a 37°C. 24 H
E. COLI	< 1,8	NMP/100 ml	a 37°C. 24 H

Atentamente.


Dra. Guillermina Pauta C.
 QUIMICO-ANALISTA





ETAPA <small>EMPRESA PÚBLICA DE TELECOMUNICACIONES DEL ECUADOR AGUA POTABLE, ALIMENTOS Y SANEAMIENTO</small> LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	----------------------------------	---------------

FECHA: 2013/07/17

INFORME N°:406/13

CLIENTE

NOMBRE: BIOQ. YOMAIRA GUTIERREZ
 DIRECCIÓN: Tarqui 19-19 y Eugenio Espejo

MUESTRA

CODIGO: 406/01/13
 DESCRIPCIÓN: Agua Residual
 PROCEDENCIA:
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/07/10
 ENTREGADAS POR: Bioq. Yomaira Gutiérrez.

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	AGUA RESIDUAL 406/01/13
SUST. SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2013/07/11	mg/l	1210.80

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

Atentamente,

Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.



 ETAPA <small>EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, ASOCIADA, ALCANTARILLAS Y SANEAMIENTO</small> LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	----------------------------------	---------------

FECHA: 2013/07/24

INFORME N°:421/13

CLIENTE

NOMBRE: BIOQ. YOMAIRA GUTIERREZ
 DIRECCION: Tarqui 19-19 y Eugenio Espejo

MUESTRA

CODIGO: 421/01/13
 DESCRIPCION: Agua Residual
 PROCEDENCIA:
 FECHA DE RECEPCION: 2013/07/17
 ENTREGADAS POR: Bioq. Yomaira Gutiérrez.

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	AGUA RESIDUAL 421/01/13
SUST. SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2013/07/18	mg/l	1803.6

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

Atentamente,


 Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.



 ETAPA <small>EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, alcantarillado y saneamiento</small> LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	----------------------------------	---------------

FECHA: 2013/07/30

INFORME N°:436/13

CLIENTE

NOMBRE: BIOQ. YOMAIRA GUTIERREZ
 DIRECCIÓN: Tarqui 19-19 y Eugenio Espejo

MUESTRA

CODIGO: 436/01/13
 DESCRIPCIÓN: Agua Residual
 PROCEDENCIA:
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2013/07/24
 ENTREGADAS POR: Bioq. Yomaira Gutiérrez.

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	AGUA RESIDUAL 436/01/13
SUST. SOLUBLES AL HEXANO	SM 5520 D	2013/07/25	mg/l	557.60

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

Atentamente,

Ing. Yolanda Torres Moscoso
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.