

t
639.1
071

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA



“TOXICIDAD AGUDA EN ALEVINES DE
PEJERREY (*Odontesthes regia*,
Humboldt 1821) EMPLEANDO AGUAS
RESIDUALES DEL COLECTOR “LA
CHIRA”, CHORRILLOS-LIMA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO

PILAR OROSCO ARISTO
HAROLD STEVE VILLANUEVA CRUZ

Callao, Diciembre, 2015

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

Bellavista, 30 de Diciembre del 2015

OFICIO N° 002-2015-JET/FIPA

Señor

Mg. *WALTER ALVITES RUESTA*

Decano

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.

Presente.-

Asunto: Dictamen de Sustentación de Tesis
Ref.: Memorando N° 018-2015-DFIPA
Resolución Decanato N°0148-2015-DFIPA

De nuestra alta consideración:

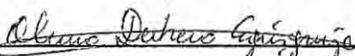
Por intermedio del presente, nos dirigimos a usted para saludarle cordialmente y para hacer de su conocimiento lo siguiente:

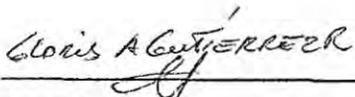
Que el día miércoles 30 de diciembre del 2015, en el horario de las 10 am., se llevo a cabo la sustentación de la Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero titulada **"TOXICIDAD AGUDA EN ALEVINES DE PEJERREY (*Odontesthes regia regia*) empleando AGUAS RESIDUALES DEL COLECTOR "LA CHIRA", CHORRILLOS-LIMA"**, en presencia del jurado evaluador que al pie suscriben y presentado por los Bachilleres **PILAR OROSCO ARISTO y HAROLD STEVE VILLANUEVA CRUZ.**

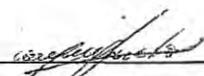
Terminada la sustentación de los señores Bachilleres, se procedió a las preguntas de rigor y a la calificación respectiva, habiéndoles otorgado para ambos Bachilleres el calificativo de: BUENO, el mismo que consta en el libro de actas.

No habiendo observaciones, están aptos para continuar con los trámites administrativos correspondientes.

Atentamente,


Blga. Ms.C. Alicia C. Decheco Egúsqüiza
Presidente


Ing. Gloria A. Gutiérrez Romero
Secretario


Ing. Mary Marcelo Luis
Vocal

Cc. JET/interesado

DEDICATORIA

*A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría.
Y a nuestros padres por ser quienes
incondicionalmente nos han apoyado y alentado para
seguir adelante y porque gracias a ellos sabemos que
la responsabilidad se debe vivir como un compromiso
de dedicación y esfuerzo.*

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento a:

Nuestros padres y hermanos por su amor, soporte económico, confianza y apoyo antes durante y después de la realización del trabajo de investigación.

Al laboratorio de Ecotoxicología Acuática del Instituto del mar del Perú (IMARPE) por las facilidades físicas que hicieron posible la realización del presente trabajo.

A los biólogos Christian Paredes y Ricardo Dioses por sus dedicaciones y aportes de experiencia útiles aplicable durante el estudio.

Al Ing. Manuel Mendoza y la Ing. Aida Hinostroza por su colaboración en todo momento.

Al Ing. Erick Álvarez por sus correcciones y consejos y ayuda en la redacción del presente trabajo.

Al Ing. Antonio Mariluz por su asesoramiento en el presente trabajo.

A todos nuestros amigos por las palabras alentadoras en momentos difíciles por su demostración de confianza y afecto.

Y a todas las personas que han brindado su apoyo y colaboración en el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| | |
| I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 10 |
| 1.1 Identificación del problema | 10 |
| 1.2 Formulación del problema | 11 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 12 |
| 1.4 Justificación | 13 |
| 1.5 Importancia | 13 |
| | |
| II MARCO TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Antecedentes del estudio | 14 |
| 2.2 Marco teórico | 17 |
| 2.2.1 Pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) | 17 |
| a. Descripción | 17 |
| b. Distribución geográfica de la especie | 19 |
| c. Aspectos biológicos | 20 |
| 2.2.2 Aguas residuales | 21 |
| 2.2.3 Colector “La Chira” | 25 |
| 2.2.4 Ensayos de toxicidad | 27 |
| a. Tipos de pruebas de toxicidad acuática | 29 |

| | |
|---|----|
| b. Tiempos de pruebas de toxicidad | 31 |
| 2.3 Definiciones de términos | 33 |
| | |
| III VARIABLES E HIPÓTESIS | 36 |
| 3.1 Variables de la investigación | 36 |
| 3.2 Operacionalización de las variables | 36 |
| 3.3 Hipótesis general | 37 |
| | |
| IV METODOLOGÍA | 38 |
| 4.1 Tipo de investigación | 38 |
| 4.2 Diseño de la investigación | 38 |
| 4.3 Población y muestra | 39 |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 40 |
| ✓ Caracterización del agua residual | |
| ✓ Determinación del oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad. | 40 |
| ✓ Determinación de la coliformes totales y coliformes termotolerantes | 40 |
| ✓ Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | 41 |
| ✓ Determinación de los nutrientes | 42 |
| • Prueba de toxicidad | |
| a. Abastecimiento de las ovas de pejerrey. | 43 |
| b. Incubación de las ovas | 43 |
| c. Acondicionamiento y mantenimiento de los alevines | 43 |

| | |
|--|----|
| d. Método de análisis | 45 |
| e. Control positivo/ test de sensibilidad | 45 |
| f. Procedimiento de la prueba de toxicidad | 46 |
| 4.5 Procedimiento de recolección de datos | 47 |
| 4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos | 48 |
| | |
| V RESULTADOS | 49 |
| VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 64 |
| VII CONCLUSIONES | 69 |
| VIII RECOMENDACIONES | 71 |
| IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 73 |
| ANEXOS | 81 |
| ANEXO 1: Matriz de consistencia | 82 |
| ANEXO 2: Esquema de la tesis | 84 |
| ANEXO 3: Concentración Efectiva Media 50% del dicromato de potasio con diferentes especies | 85 |
| ANEXO 4: Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR | 86 |
| ANEXO 5: Galería fotográfica | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------|--|----|
| TABLA N° 1 | TAXONOMÍA | 18 |
| TABLA N° 2 | CONDICIONES DE LA PRUEBA ECOTOXICOLICA USANDO <i>Odontesthes regia</i> | 32 |
| TABLA N° 3 | PARAMETROS DURANTE EL ACONDICIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LOS ALEVINES | 44 |
| TABLA N° 4 | PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DEL COLECTOR “LA CHIRA” | 49 |
| TABLA N° 5 | PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL ENSAYO DICROMATO DE POTASIO | 51 |
| TABLA N° 6 | MORTALIDAD DEL PEJERREY FRENTE AL DICROMATO DE POTASIO | 52 |
| TABLA N° 7 | PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL ENSAYO COLECTOR “LA CHIRA” | 57 |
| TABLA N° 8 | MORTANDAD DEL PEJERREY FRENTE AL COLECTOR “LA CHIRA” | 58 |
| TABLA N° 9 | CONCENTRACION EFECTIVA MEDIA CE 50% DEL DICROMATO DE POTASIO CON DIFERENTES ESPECIES | 86 |
| TABLA N°10 | LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR | 87 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| FIGURA N°1 | PEJERREY ADULTO | 17 |
| FIGURA N°2 | AGUAS RESIDUALES DEL COLECTOR "LA CHIRA" | 21 |
| FIGURA N°3 | COLECTOR "LA CHIRA" | 26 |
| FIGURA N°4 | DISEÑO DE BLOQUE COMPLETAMENTE ALEATORIZADO | 38 |
| FIGURA N°5 | BAHIA DEL CALLAO | 39 |
| FIGURA N°6 | LECTURA DIRECTA CON EL MULTIPARAMETRO HACH HQ 40D. | 40 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | | |
|----------------|--|----|
| FOTOGRAFIA N°1 | OVAS DE PEJERREY EMBRIONADAS | 87 |
| FOTOGRAFIA N°2 | ACONDICIONAMIENTO DE LAS OVAS DE PEJERREY | 87 |
| FOTOGRAFIA N°3 | OVAS DE PEJERREY VISTAS AL ESTEROSCOPIO | 88 |
| FOTOGRAFIA N°4 | ACONDICIONAMIENTO DE PEJERREY | 88 |
| FOTOGRAFIA N°5 | PREPARACION DE ARTEMIAS | 89 |
| FOTOGRAFIA N°6 | BIOENSAYO CON DICROMATO DE POTASIO | 89 |
| FOTOGRAFIA N°7 | BIOENSAYO CON AGUAS RESIDUALES | 90 |
| FOTOGRAFIA N°8 | : MEDICION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS | 90 |
| FOTOGRAFIA N°9 | LECTURA DE MORTALIDAD | 91 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|-------------|--|----|
| GRÁFICO N°1 | Mortalidad del pejerrey a diferentes concentraciones de dicromato de potasio durante 96 horas | 55 |
| GRÁFICO N°2 | Mortalidad del pejerrey a diferentes concentraciones del colector "La Chira", expuestas durante 96 horas | 61 |

RESUMEN

La zona litoral de nuestro país está abarcada por una gran población y principales industrias generando uno de los principales problemas sobre el recurso hídrico debido a los efluentes producidos las actividades humanas que se descargan lo largo de todo el litoral peruano. Por eso los ensayos de toxicidad son pruebas empleadas para reconocer y evaluar los efectos de los contaminantes sobre la biota. En las pruebas de toxicidad se usa un tejido vivo u organismos como reactivo para evaluar los efectos de cualquier sustancia contaminante sobre los mismos como lo fue en el presente estudio de la exposición de los alevines de pejerrey (*Odontesthes regia*)

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de ecotoxicología acuática del Instituto del mar del Perú (IMARPE) donde se realizó la prueba de toxicidad de las aguas extraídas del colector de “La Chira” con el propósito de determinar la letalidad que estas aguas contaminadas puedan ocasionar en los organismos que habitan en el ecosistema marino, en nuestro caso el pejerrey; cuya metodología fue en base al protocolo de la US EPA (2002) obteniéndose una concentración letal media CL50_(96h) de 4.824%. Se concluyó que los efluentes del colector de “La Chira” son contaminantes para la zona marino costera donde se vierte de forma continua, debido a las altas concentraciones de materia orgánica causando un fuerte impacto en el ecosistema marino de la zona de Chorrillos.

ABSTRACT

The coastal area of our country is covered by a large population and major industries generating one of the main problems on water resources due to the effluents produced human activities throughout the Peruvian coast are downloaded. Therefore toxicity tests are used to recognize and evaluate the effects of contaminants on the biota. In toxicity tests are used a living tissue or organisms as a reagent to assess the effects of any pollutant over them as it was in this study the exposure of silverside fingerlings (*Odontesthes regia*)

The research was executed in the laboratory of aquatic ecotoxicology of Peru Sea Institute (IMARPE) where was conducted toxicity test waters extracted from the collector of "La Chira" for the purpose of determining the lethality was made that these contaminated waters can produce in organisms that live in the marine ecosystem, in our case the silverside; whose methodology was based on the protocol of the US EPA (2002) obtaining a median ethal concentration LC50 (96h) of 4.824%, it was concluded that the effluent collector "La Chira" are pollutants for marine coastal zone where was tipped from continuously due to high concentrations of organic matter causing a strong impact on the marine ecosystem of the area of Chorrillos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El crecimiento agresivo poblacional de la ciudad de Lima y en especial la comunidad limeña del sur ha incrementado los niveles de contaminación del agua, la cual está relacionada con el vertido de aguas de desechos de origen doméstico e industrial en el ecosistema marino provocando un desequilibrio ecológico, ya que el colector de “La Chira” fue creado en 1963, cuando Lima tenía una población relativamente pequeña, y ahora en la actualidad, este colector es insuficiente, ya que las aguas tratadas reciben un tratamiento físico para luego ser descargadas directamente al mar.

Los desechos de más de 8 millones de limeños (INEI, 2007) que se van por las alcantarillas hasta dos grandes colectores (Taboada y La Chira), los cuales son transportados al mar contaminando las playas La Chira en Chorrillos y las de Taboada en el Callao. La posible contaminación del mar en estas áreas del litoral estaría afectando a los ecosistemas provocando la muerte de muchos organismos de importancia en estos ecosistemas.

Estas fuentes de contaminación pueden contener sustancias potencialmente tóxicas para la biota acuática deteriorando las condiciones en que sobreviven organismos marinos, con respecto a cambios en su reproducción, desarrollo, comportamiento o supervivencia. Adicionalmente, las transformaciones o interacciones que se pueden

presentar entre las sustancias tóxicas y provenientes del agua residual pueden producir fenómenos de complejación o especiación, aumentando o disminuyendo la toxicidad por medio de efectos de sinergismo, antagonismo o aditividad (Magdaleno A. y De Rosa, E. 2000; Gómez *et al.* 2001).

Por las razones antes expuestas, la presente investigación pretende determinar la concentración letal media del agua residual del colector “La Chira” a través de una prueba de toxicidad aguda en alevines de pejerrey, el cual se eligió como organismo prueba debido a su facilidad de manejo en el laboratorio y a su gran importancia ecológica y económica, ya que es una especie pelágica nerítica que vive cerca de la costa.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál será la concentración letal media de las aguas residuales del colector “La Chira” en los alevines de pejerrey utilizando una prueba de toxicidad aguda?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Determinar la toxicidad aguda de las aguas residuales del colector “La Chira” en *alevines de pejerrey*.

Objetivos específicos

- Caracterizar el agua residual del colector “La Chira” mediante parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes y coliformes totales, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos.
- Determinar la concentración letal media (CL50) de las aguas residuales que sea perjudicial en la supervivencia de *alevines de pejerrey* a través de cinco concentraciones (5%, 2.5%, 1.25%, 0.625% y 0.3125%) del agua residual del colector “La Chira”

1.4 Justificación

El presente estudio busca determinar la concentración letal media del agua residual del colector “La Chira” sobre la supervivencia del alevín del pejerrey de modo que nos permita entender su posible nivel de toxicidad sobre el mar, ya que el único tratamiento que se realiza en este colector es de tipo físico que incluye un proceso de cribado para su descarga directa en las orillas del mar, donde los pobladores aledaños a esta zona suelen realizar faenas de pesca. Se trabajó con pejerrey debido a su facilidad de manejo en el laboratorio y a su gran importancia ecológica y económica para esta especie. (Capo, M. 2002)

Los resultados de esta investigación aportarán información sobre la situación de la contaminación marina por la descarga de efluentes mixtos, provenientes de las industrias y ciudades. Además, podrá dar las pautas de investigación en colectores similares a la estudiado siendo de gran valor a la comunidad.

1.5 Importancia

La importancia del presente estudio es ver el comportamiento de las aguas del colector “La Chira”, así como el efecto que este genera al descargarse en el mar sobre las especies que habitan y en particular sobre el pejerrey.

I MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (2012) Realizó pruebas ecotoxicológicas con postlarvas de pejerrey de 20 días de edad utilizando aguas residuales del colector Comas en un tiempo de exposición de 96 horas, registrando parámetros diarios de temperatura, oxígeno disuelto y pH obteniendo una concentración letal media de 9.92%.

RA J, et al. (2008) Determinaron la toxicidad de los efluentes en pruebas enteras en aguas residuales de plantas de tratamiento con *Daphnia magna* y *Selenastrum capricornutum*, para evaluar los efectos tóxicos biológicos de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) en Corea. En las pruebas húmedas de efluentes, las EDAR 33.3% (33/99) de *D. magna* y el 92.6% (75/81) para *S. capricornutum* revelaron mayor que 1 unidad de toxicidad (UT), a pesar de que todas las plantas de tratamiento investigados estaban operando en el cumplimiento de la normativa, Había sólo pequeñas diferencias en la toxicidad de acuerdo con los tipos de afluentes (municipal y agroindustrial) en todas las plantas de tratamiento.

SANCHEZ G, et al. (2010) Evaluaron aguas residuales domésticas no tratadas, utilizando a la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus*, las pruebas se corrieron utilizando las aguas residuales del Colector Taboada que descarga sus aguas servidas a la bahía del Callao. Los ejemplares de concha de abanico fueron expuestas a diferentes diluciones subletales de las aguas residuales por 15 días; después se evaluó la Tasa de filtración (TF) y la Tasa de ingestión (TI). Los resultados demostraron un incremento progresivo en la disminución de la tasa de filtración e ingestión de la concha de abanico, conforme se incrementó la concentración de las aguas residuales. La concentración del 11.41% de las aguas residuales inhibió la tasa de filtración en un 50% con respecto al control (CI₅₀-TF); y 17.61% fue la concentración que inhibió la tasa de ingestión en un 50% con respecto al control (CI₅₀-TI).

VERA G, et al. (2002) Realizaron pruebas de toxicidad con efluentes industriales-domesticos de la zona de FERTISA - Bahía del Callao, para determinar la concentración efectiva media en zoea del “muy muy” *Emerita análoga*. Los resultados de la pruebas de toxicidad fue una CL 50% de 1.51% con un tiempo de 96 horas.

VILLAMARÍN J, et al (2013) Realizaron pruebas de toxicidad aguda en peces estuarinos (*Gambusia affinis*) utilizando efluentes industriales a la bahía de Cartagena, Colombia, se efectuaron pruebas de toxicidad con dos efluentes de ALCO (el efluente Cospique que descarga desechos industriales y el efluente Casimiro

donde se vierten aguas de enfriamiento), para analizar su efecto en los peces estuarinos (*Gambusia affinis*) en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas de exposición, con sistemas estáticos y sin recambio. Con el efluente Cospique los porcentajes (%) y tiempo de exposición que se encontraron CL_{50} fueron de 15,91; 15,18; 15,18 y 15,12; para 24, 48, 72 y 96 horas de exposición respectivamente. Y con el efluente Casimiro los porcentajes (%) y tiempo de exposición que se encontraron CL_{50} fueron de 30,53; 27,02; 26,65 y 25,76; para 24, 48, 72 y 96 horas de exposición respectivamente. Por tanto, el efluente Cospique es de mayor letalidad.

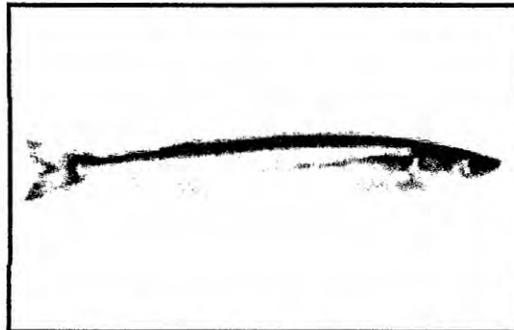
2.2 Marco teórico

2.2.1 Organismo de Prueba - Pejerrey

a. Descripción

El pejerrey, pejerrey marino o conocido internacionalmente como pejerrey de mar es una especie de pez pelágico, perteneciente a la familia Atherinopsidae. Científicamente se le conoce con el nombre *Odontesthes regia* (IMARPE, 2013).

**FIGURA N°1
PEJERREY ADULTO**



Fuente: Chirichigno N. y Cornejo M. 2001.

TABLA N°1
TAXONOMÍA

Taxonomía del Pejerrey

| | |
|---------|--------------------------|
| Reino | Animalia |
| Phylum | Chordata |
| Clase | Actinopterygii |
| Orden | Atheriniformes |
| Familia | Atherinopsidae |
| Género | <i>Odontesthes</i> |
| Especie | <i>Odontesthes regia</i> |
| | (Humboldt, 1821) |

Fuente: Chirichigno N. y Cornejo M. 2001.

b. Distribución geográfica de la especie

El pejerrey se distribuye desde punta Aguja (Perú) hasta el Archipiélago de los Chonos, Aysén (Chile). Es una especie pelágica nerítica que vive cerca de la costa, entre 0 y 50 m de profundidad, de preferencia en fondos arenosos con vegetación y desembocadura de ríos, los juveniles se encuentran frecuentemente en mar abierto. Tiende a formar pequeños cardúmenes asociados con sardina y anchoveta (IMARPE, 2013)

Los huevos de esta especie son semitransparentes, aproximadamente esféricos, aunque indistintamente puede predominar uno de sus diámetros, estos fluctúan entre 1.35 y 2.00 mm. El mayor porcentaje se encuentra entre 1.70 y 1.90 mm. Su membrana externa aparece como esculpida con arrugas y surcos, semejando las huellas dactilares, esta apariencia es debida a las repetidas envolturas que constituyen los filamentos alrededor de los huevos. Son de color verde amarillento, unos, rosa oscuro otros, diferencia que estriba en el color del vitelo. La larva libre, recién nacida no es menor de 5 mm ni mayor de 7 mm, aunque el embrión está desarrollado normalmente dentro de un huevo, que rara vez sobrepasa los 2.00 mm recién nacida es muy transparente, delgada, cabeza de contornos redondeados, así como el extremo distal de la maxila, cola larga de extremo redondeado, ojos redondos muy prominentes brillantes, azul verdoso, varían de 2.00 a 3.70 mm en cabeza (Chirinos de Vildoso, A. y Chuman E, 1964).

Sus características morfológicas dentro de las primeras 24 horas son las siguientes: longitud total 5 a 7 mm; longitud estándar 4.40 a 6.70 mm; la cabeza, 5.43 a 7.44 mm; tiene aproximadamente el doble del alto máximo del cuerpo; altura del saco vitelínico, 6,38 a 11.16; longitud preanal, 2.91 a 3.60 mm; y longitud post anal (incluyendo la aleta embrionaria), 1.27 a 1.42 mm (Chirinos de Vildoso A. y Chuman E, 1964).

c. Aspectos biológicos

Presenta un cuerpo alargado y algo comprimido recubierto con escamas cicloides pequeñas, que se extienden hasta la base de la aleta caudal; su altura está contenida entre 7 y 8 veces en la longitud estándar; perfil dorsal casi recto y el ventral algo redondeado; con una banda longitudinal plateada sobre los flancos. Cabeza con la superficie dorsal algo aplanada y con el perfil agudizado; boca pequeña con los pres maxilares protractiles. Con dos aletas dorsales pequeñas y bien separadas, la anterior se inserta por detrás del origen de las aletas pélvicas y la posterior por detrás del inicio de la aleta anal; aleta anal con la base más larga que la de la aleta dorsal posterior, presenta de 14 a 16 radios; aleta caudal amarillenta con los ribetes negros (Chirinos de Vildoso A. y Chuman E, 1964).

En el 2007, se observó que las tallas de pejerrey, fluctuaron entre 10-23 cm de longitud total, en el 2006 de 07 - 25 cm. La talla media se calculó en 15.0 cm. En el



2470

2005 en la zona de Pisco el Pejerrey alcanzó una amplitud de tallas entre 10 y 19 cm, con una talla media de 14.2 cm (Gómez A. *et al.* 2006).

2.1.1 Aguas residuales

Es el agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado (Capó M, 2002).

Según Seoáñez M, 2001: las aguas residuales urbanas se originan a causa de excretas, residuos domésticos, arrastres de lluvia, infiltraciones, residuos industriales. El agua del alcantarillado y su carga orgánica producen contaminación en el agua marina y en los sedimentos.

FIGURA N°2
AGUAS RESIDUALES DEL COLECTOR “LA CHIRA”



Fuente: Propia

Un agua residual influye en el medio donde se vierte debido básicamente a cinco parámetros.

- Materia oxidable, que consume oxígeno.
- Sólidos en suspensión, que dificultan la actividad biológica de los seres acuáticos y la recarga de los acuíferos.
- Materias inhibidoras o tóxicas, que inhiben, modifican o anulan la actividad biológica y/o se pueden acumular en la cadena trófica.
- Nutrientes (N y P) que intervienen en los procesos de eutrofización.
- Salinidad que puede condicionar la transferencia de materia entre el entorno y las células.

Otros, como la temperatura de los vertidos y el contenido en grasas, también pueden ser importantes. Consecuentemente, la caracterización de un agua residual se realiza respecto a todos estos parámetros.

La temperatura del agua 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, por ejemplo, el aumento de la temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas (Metcalf y Eddy, 1998).

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua del suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de aguas calientes procedente de las casas y los diferentes usos industriales (Metcalf y Eddy, 1998).

Efectos sobre las poblaciones pelágicas

Los efectos generales de los vertidos de las aguas residuales urbanas sobre las poblaciones pelágicas (Seoánez M, 2001) son:

- Multiplicación primaria elevada.
- Disminución de la diversidad específica.
- Proliferación de las diatomeas oportunistas.
- Proliferación de los dinoflagelados.
- Proliferación de levaduras.
- Disminución de la diversidad específica: copépodos, cladóceros, etc.
- Aumento final de la materia orgánica al añadirse la generada por los herbívoros, como excretas.
- En el sedimento se consume casi todo el oxígeno.
- Quedan en este sedimento bacterias y especies bentónicas resistentes a niveles muy bajos de oxígeno disuelto.

Protección de la vida acuática

Dentro de los ecosistemas acuáticos existe una interacción compleja entre los ciclos físicos y químicos. El estrés antropogénico, en particular la introducción de productos químicos al agua, puede perjudicar a muchas especies de la fauna acuática que depende las condiciones abióticas y bióticas. Los criterios de calidad del agua para la protección de la vida acuática pueden tomar en cuenta solo los parámetros fisicoquímicos que tienden a definir una calidad que protege y mantiene la vida acuática, idealmente en todas sus formas y etapas de vida, o pueden considerar todo el ecosistema acuático, tradicionalmente los parámetros de calidad del agua de interés son el oxígeno disuelto (ya que puede causar la muerte de peces a bajas concentraciones), así como los fosfatos, amonio y nitrato (que pueden causar cambios significativos en la estructura comunitaria si se descargan en cantidades excesivas). Los metales pesados y los productos químicos sintéticos también pueden ser ingeridos y absorbidos por los microorganismos y si no se metabolizan o excretan, se pueden bioacumular en los tejidos de los organismos (Helmer R. Hespanhol I, 1999)

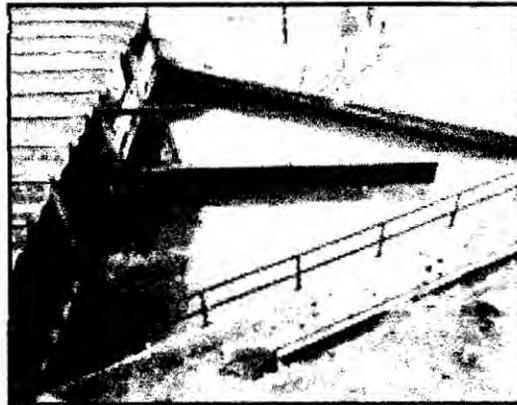
2.1.2 Colector “La Chira”

La Chira es el nombre popular del Colector Surco, que entró en funcionamiento en 1963 y se integró al sistema de alcantarillado limeño que, en la actualidad, bordea los 145 años de antigüedad. De los ocho principales colectores destinados al “aforo” o evacuación de los desagües de la zona sur de Lima (desde Santiago de Surco hasta parte de Villa El Salvador, con un total estimado de tres millones de usuarios), es el de mayor volumen de descarga, con un promedio de 5 y 6.4 metros cúbicos por segundo. Su existencia plantea un grave problema sanitario que hasta hoy no parece tener solución (Mairata S, 2005).

En realidad se trata de un túnel de 3.5 kilómetros de longitud y 1.80 m de diámetro que atraviesa el Morro Solar para luego asomar entre los roquedales contra los que golpean las olas. Es el más grande y por ende el que evacua la mayor cantidad de desechos, 4.9 m³ por segundo. Los pescadores de Chorrillos lo llaman “La Boca del Diablo”, por la forma cóncava del acantilado donde se encuentra y por el pestilente, insoportable, aliento que despide (Agurto G, 2001).

Actualmente este colector tiene un caudal de diseño de $6\text{m}^3/\text{s}$ (SEDAPAL, 2013).

**FIGURA N°3
COLECTOR LA CHIRA**



Fuente: Propia

En Lima, los sistemas de eliminación de aguas servidas son deficitarios, su población supera los ocho millones de habitantes y capta aproximadamente el 86% del agua servida de esta población. Sin embargo, sólo en el mejor de los casos, el 10% de la misma es tratada antes de ser evacuada a su destino final: la franja de litoral adyacente a la costa de esta urbe (Durand *et al.* 2007).

2.1.3 Ensayos de toxicidad

Las pruebas de toxicidad, a través de los años, han determinado concentraciones de sustancia, material o efluente capaz de provocar una respuesta medible, que normalmente es letal, para una población sometida a condiciones controladas en un laboratorio. Todo prueba de toxicidad tiene como finalidad establecer los límites permisibles para diferentes sustancias o productos que se descargan a las aguas, porque los análisis físicos y químicos de estas no son suficientes para comprender la toxicidad de cualquier producto, ni para evaluar el potencial contaminador de cualquiera de ellos sobre la biota.

Los ensayos de toxicidad han sido empleados para diversos fines, que incluyen:

- Constatación de la aptitud de las condiciones ambientales para el desarrollo de las determinadas formas de vida acuática.
- Establecimiento de concentraciones aceptables de diferentes parámetros convencionales en las aguas receptoras (oxígeno disuelto, turbiedad, pH, temperatura).
- Estudio de la influencia de los parámetros de calidad del agua sobre la toxicidad de la misma.
- Constatación de la toxicidad de las aguas residuales para múltiples variedades de especies de peces marinos y de agua dulce.

- Establecimiento de la sensibilidad relativa de un conjunto de organismos acuáticos determinado a los efluentes y a los contaminantes habituales.
- Determinación del nivel de tratamiento de las aguas residuales necesario para alcanzar los límites establecidos por la legislación relativa al control de la contaminación de las aguas.
- Determinación de la efectividad de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
- Establecimiento de los límites autorizados de descargas de efluentes
- Determinación del cumplimiento de la legislación relativa a la conservación de la calidad del agua.

Estos ensayos proporcionan resultados útiles para la protección de la salud pública y de la vida acuática frente al impacto causado por la descarga de contaminantes a las aguas superficiales (Metcalf y Eddy, 1998).

La selección de un organismo adecuado para la prueba de toxicidad rutinaria depende de varios factores (APHA, 1976):

- El organismo debe ser sensible a los factores ambientales o materiales en cuestión
- Su distribución tiene que ser amplia y su disponibilidad, en cantidades suficientes para nuestros fines que ha de mantenerse todo el año

- Debe ser importante desde el punto de vista económico, recreativo o ecológico, tanto si es local como nacional.
- Se debe poder cultivar fácilmente en el laboratorio
- Tiene que hallarse en buenas condiciones, libre de parásitos o enfermedades.
- Debe ser compatible con las técnicas de pruebas de toxicidad.

Los peces considerados por muchos toxicólogos como los organismos de prueba más apropiados por su directa relación con los seres humanos, permiten análisis biológicos detallados de histología y patología. Como son consumidos directamente por los seres humanos. (CEPIS, 1988).

Una de las ventajas de estos organismos es que constituyen un nivel alto de la cadena trófica y por lo tanto los resultados dan una predicción directa de sobre la salud de una comunidad acuática.

Tipo de pruebas de toxicidad acuática

Según Sánchez G. y Vera G, 2001:

- a) Prueba estática: Este tipo de prueba de toxicidad, se efectúa con la misma solución durante toda la prueba y es de corta duración. La prueba generalmente es de 96 horas.

Las condiciones más importantes para conducir una prueba son:

- Los acuarios o contenedores no deben registrar o limitar la habilidad de los organismos para desplazarse libremente.
- El volumen final para las pruebas en el cual incluye el contaminante no debe afectar el nivel adecuado de oxígeno disuelto; por ello es importante controlar los tenores de oxígeno de agua.
- La temperatura del agua de mar debe de ser controlada a lo largo de toda la prueba de toxicidad y debe ser constante en ± 1 °C, para lo cual se utilizan cámaras de cultivo o mesas controladoras de temperatura. La selección de la temperatura de agua y su rango de variación depende del tipo de agente toxico y del organismo de prueba.

b) Prueba con renovación: Son pruebas de toxicidad en los que la solución de la prueba es renovada periódicamente con solución reciente. El periodo de renovación depende de la especie utilizada y del tóxico empleado. Este tipo de prueba requiere del cambio de la solución prueba cada 24 horas durante el periodo de su realización

c) Pruebas de flujo continuo: Esta prueba de toxicidad es de tipo altamente sofisticado en el cual la solución a prueba es renovada continuamente. Este tipo de prueba es quizás más realista, pero existen muchos problemas

inherentes a esta prueba, como los requerimientos de un gran espacio, el uso de grandes cantidades de agua y un sistema complejo para la circulación de agua y las diluciones.

Tiempos de exposición de las pruebas de toxicidad

- a) Pruebas de corta duración: Son conducidas durante un corto periodo de tiempo generalmente de 48 a 96 horas. Este último es el más usado; los organismos por lo general no son alimentados durante la prueba y la solución no es renovada.

- b) Pruebas de larga duración: Este tipo de prueba de toxicidad es de siete días hasta de uno a varios meses, dependiendo de las especies y de la aplicación de los resultados. Sin embargo la mayoría de pruebas que se ejecutan tienen una duración mínima de 96 horas, involucrando en este tiempo la alimentación de los organismos prueba y renovación de la solución examinada.

Las pruebas de larga duración involucran crecimiento y reproducción como una medida de toxicidad subletal o de cronicidad. Estas pruebas por lo general requieren de mucha habilidad de diseño y conducción. Los criterios para ello incluyen tasa de crecimiento, desarrollo de elementos reproductores y el número de huevos o larvas producidas.

Tabla N° 2**CONDICIONES DE LA PRUEBA ECOTOXICOLICA USANDO PEJERREY**

| Organismos prueba | Alevines de pejerrey |
|--|---|
| Tipo de prueba | Estática sin recambio, 96 h |
| Agitación | No |
| Aireación | No requiere solo si este baja de 6 mg/L |
| Agua de dilución. | Agua de mar filtrada, estéril |
| Salinidad | 35 ups |
| Temperatura | 16 ± 1°C |
| Luz | 11 h Luz: 13 h Oscuridad |
| Edad de los organismos prueba | A partir de los 16 días de edad (después de la absorción del saco vitelínico) |
| Numero de organismo por acuario | Mínimo 10 organismos para la prueba |
| Numero de réplicas por concentraciones | 4 réplicas |
| Numero de organismo por concentración | 40 individuos |
| Alimentación | No se requiere alimentos |
| Limpieza de los acuarios | No se requiere limpieza |
| Concentraciones de prueba | Mínimo 5 |
| Respuesta | Muerte |
| Criterio de aceptabilidad de la prueba | 90% o más de sobrevivientes en los controles |

Fuente: Sánchez G. y Vera G. 2001

2.2 Definiciones de términos

Coliformes: Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 ± 0.5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 ± 0.2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

Concentración letal media (CL₅₀): es la concentración de una sustancia que causa el 50 % de la mortalidad a un grupo de organismos durante un periodo de experimentación (Ramírez P. y Mendoza A, 2008).

Control positivo: evaluación de la respuesta tóxica con una sustancia de referencia, utilizada para controlar la sensibilidad de los organismos en el momento en el cual se evalúa el material problema (Castillo G, 2004).

Demanda bioquímica de oxígeno: La DBO₅ es la medida del grado de contaminación en que se encuentra el agua a analizar. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales es la DBO₅. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Metcalf y Eddy, 1998).

Efluente: Está referido a un gas o un líquido que fluye, emana, escapa o diverge, fuera de su receptáculo inicial. Se aplica para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas o industrias, por lo general a los cursos de agua (Seóñez M, 2001)

Ensayo de toxicidad: determinación del efecto de un material o mezcla sobre un grupo de organismos seleccionados bajo condiciones definidas. Mide las proporciones de organismos afectados (efecto cuan tal) o el grado de efecto (graduado) luego de la exposición a la muestra (Castillo G, 2004).

pH: Expresa la intensidad de la condición acida o alcalina de un cuerpo de agua (Romero J, 2000).

La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuados para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico (6.5 – 8.5). El agua residual con concentraciones de ion hidrogeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrogeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas (Metcalf y Eddy, 1998).

Prueba de toxicidad: ensayo en el cual el poder o potencia de una sustancia es medido a través de la respuesta de organismos vivos o sistemas vivientes (Castillo G, 2004).

Temperatura: Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final. En general, las aguas residuales son más cálidas que las de abastecimiento. La mayoría de los procesos biológicos se aceleran cuando la temperatura se incrementa y se desaceleran cuando la temperatura disminuye (César E. y Vásquez A, 2003).

Toxicidad: Es la capacidad de una sustancia para causar una lesión o alteración del metabolismo en un organismo vivo. Este concepto está ligado a varios aspectos que se debe tener en cuenta, como la cantidad de toxico, la vía de administración, la dosificación en el tiempo, el tipo y gravedad de efecto producido (Sánchez G. y Vera G, 2001).

Zoea: Forma larvaria propia de los crustáceos decápodos. (Bernabé G, 1996).

III VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

Variable independiente VI:

- Concentración del agua residual del colector “La Chira”

Variables dependientes VD:

- Tasa de mortalidad de los alevines de pejerrey

3.2 Operacionalización de variables

| Variable. | Dimensión. | Indicador. | Escala |
|---|-----------------------------------|---|--|
| V.I Concentración del agua residual del colector de “La Chira” | Toxicidad del agua residual | Agua residual en diferentes concentraciones | 5% 2.5% 1.25% 0.625% 0.3125% |
| V.D. Tasa de mortalidad del alevín pejerrey | Cese de movimientos en la especie | Aumento en la mortalidad de la especie | Mortalidad por unidad cada 24 horas |

3.3 Hipótesis general

Las concentraciones del agua del colector “La Chira” (5%, 2.5%, 1.25%, 0.625% y 0.3125%) provocaría la letalidad del 50% de los alevines de pejerrey.

IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

La presente investigación se caracterizará por ser longitudinal estudiando la variable a lo largo del tiempo establecido por ser este el determinante en la relación causa efecto. Según el análisis y alcance de los resultados es de tipo experimental porque permitirá manipular el factor causal (la concentración del agua residual del colector “La Chira”) para determinar el efecto deseado (tasa de mortalidad de los alevines de pejerrey).

4.2 Diseño de la investigación

La presente investigación se utilizará con un diseño en bloques completamente aleatorizado DBCA de 5 tratamientos y 4 réplicas cada uno, más un control. El montaje se realizará utilizando 24 peceras de 1 litro cada una, colocadas en la mesa termorreguladora a una temperatura de ± 16 °C.

FIGURA N°4
DISEÑO DE BLOQUE COMPLETAMENTE ALEATORIZADO

C: concentración
0,1,2,3,4,5: Tratamiento de menor
a mayor
A,B,C,D: réplica de la muestra

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| C1A | C2A | C4A | C5B |
| C3A | C0A | C1C | C2C |
| C2B | C5C | C3C | C0B |
| C4D | C1D | C4B | C5A |
| C3D | C2D | C0C | C1B |
| C4C | C0D | C5D | C3B |

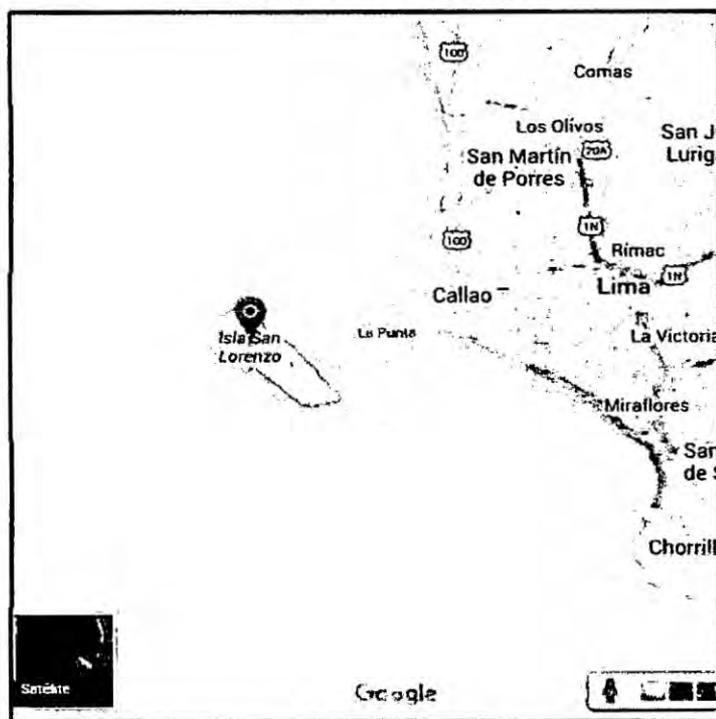
Fuente: Propia

4.3 Población y muestra

Población

- Para todas las pruebas las ovas de pejerrey serán colectadas alrededor de la isla San Lorenzo de la bahía de Callao.

**FIGURA N°5
BAHIA DEL CALLAO**



Fuente: Google.maps

Muestra

- 10 alevines de pejerrey por cada acuario haciendo un total de 240 pejerreyes en 24 acuarios.

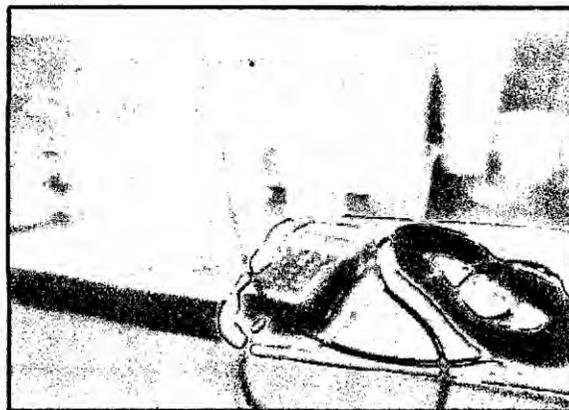
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según los objetivos trazados

- Caracterización del agua residual:
- ✓ Determinación del oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad.

Se determinaron por lectura directa a través del multiparámetro HACH HQ 40D.

**FIGURA N°6
LECTURA DIRECTA CON EL
MULTIPARAMETRO HACH HQ 40D.**



Fuente: Propia

- ✓ Determinación de la coliformes totales y coliformes termotolerantes

Se enviaron las muestras de agua al Laboratorio de Microbiología Acuática para la determinación de Coliformes totales y termotolerantes. Se realizará la cuantificación de bacterias del grupo Coliformes siguiendo la metodología de tubos múltiples (Número Más Probable) según el Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 1995).

El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 ml de concentración simple (X), para inóculos de 1 ml y de doble concentración (2x) para inóculos de 10 ml. Luego de inoculada la muestra y/o sus diluciones, se incubó a 35°C por 24-48 horas, considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez. De los tubos positivos, se transfirió una asada a tubos con Caldo Brila y Caldo EC. Se incubó a 35°C por 24-48 horas los tubos de Caldo Brila y a 44,5°C durante 24 horas los tubos con Caldo EC. La formación de gas en tubos de Caldo Brila y Caldo EC, se consideró como positivo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) respectivamente. Luego se hizo la lectura del Número más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número más probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 ml y NMP de Coliformes Fecales por 100 ml

✓ **Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

Se analizó en el laboratorio de análisis fisicoquímicos del Instituto del mar del Perú (IMARPE) a través del método Standard International ISO 5815 (1991).

Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20°C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto, medida por el método Winkler, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO.

✓ Determinación de los nutrientes

Determinación de los nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos.

Se analizaron en el Laboratorio de Hidroquímica y Productividad a través del método de espectrofotometría (Strickland-Parson 1972).

• Prueba de toxicidad

a. Abastecimiento de las ovas de pejerrey.

Las ovas fueron colectadas alrededor de la isla San Lorenzo de la bahía de Callao, y transportadas luego al laboratorio.

b. Incubación de las ovas

Las ovas una vez en el laboratorio fueron puestas en tanques de 100 litros con aireadores y agua de mar filtrada, que estarán previstos de una piedra difusora de aire para proporcionar suficiente oxígeno al agua de mar, no se suministró alimento debido a que contaban con el saco vitelino como suministro de alimento.

c. Acondicionamiento y mantenimiento de los alevines

Una vez eclosionados las larvas a partir del tercer día se les proporciono nauplios de *Artemia salina* como alimento. Y se realizó un mantenimiento periódico (cada 2 días) para evitar la producción de amonio, y la infección de los peces. Este mantenimiento se basó en el retiro de excretas y desecho de alimentos presentes en el acuario de mantenimiento.

Durante la aclimatación se eliminaron los especímenes enfermos o dañados y seleccionándose los especímenes sanos, se realizaron medidas periódicas del pH, oxígeno disuelto y temperatura, (véase la tabla N°3 en la página 44)

TABLA N°3
PARAMETROS DURANTE EL ACONDICIONAMIENTO Y
MANTENIMIENTO DE LOS ALEVINES

| Días | pH | Oxígeno disuelto mg/L | Temperatura °C |
|------|------|--------------------------|-------------------|
| 1 | 7.10 | 6.58 | 16.3 |
| 2 | 7.12 | 6.55 | 16.5 |
| 3 | 7.10 | 6.58 | 16.2 |
| 4 | 7.08 | 6.33 | 16.8 |
| 5 | 7.11 | 6.25 | 16.2 |
| 6 | 7.12 | 6.48 | 16.4 |
| 7 | 7.13 | 6.45 | 16.3 |
| 8 | 7.10 | 6.52 | 16.4 |
| 9 | 7.12 | 6.50 | 16.5 |
| 10 | 7.11 | 6.49 | 16.6 |
| 11 | 7.13 | 6.53 | 16.5 |
| 12 | 7.14 | 6.52 | 16.5 |
| 13 | 7.10 | 6.53 | 16.4 |
| 14 | 7.12 | 6.50 | 16.6 |
| 15 | 7.13 | 6.51 | 16.8 |
| 16 | 7.14 | 6.52 | 16.6 |

Fuente: Propia

d. Método de análisis

Determinación del oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad.

Se determinó por lectura directa a través de un multiparámetro HACH HQ 40D.

e. Control positivo/ test de sensibilidad

Con el propósito de garantizar no solo la confiabilidad de los datos obtenidos de las pruebas con los efluente en relación en base a la capacidad de respuesta de los organismos de prueba. Para la elaboración del control positivo se utilizó, el tóxico de referencia, dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) (US EPA.2002).

La presente investigación utilizo un diseño en bloques completamente aleatorizado DBCA de 5 tratamientos y 4 réplicas cada uno, más un control. El montaje se realizó utilizando 24 peceras de 1 litro cada una, colocadas en la mesa termorreguladora a una temperatura de ± 16 °C.

Se realizó cinco diluciones a concentraciones de 200 mg/L; 100 mg/L 50 mg/L; 25 mg/L; 12.5 mg/L; además, de un control negativo, el cual consto de agua de mar esterilizada con U.V. Cada dilución, además del control negativo, conto con cuatro réplicas.

f. Procedimiento de la prueba de toxicidad con las aguas del colector “La Chira”

Para la realización de las pruebas de toxicidad se emplearon alevinos de pejerrey de 16 días de nacidos los cuales fueron expuestos a diferentes concentraciones de agua del colector “La Chira”, por un periodo de 96 horas, ya que está demostrado que en este periodo de tiempo la mortalidad de los organismos de prueba se presenta por la acción del tóxico y no por inanición (alimento) u otras variables (pH, temperatura, oxígeno disuelto). Se dejará sin alimentos a los organismos 24 horas antes de inicio las pruebas de toxicidad.

El agua de dilución se mantuvo en la mesa termorreguladora para su ambientación. Generalmente, se utilizan de 20 a 30 litros de agua de mar tratada. El tratamiento de agua de dilución fue el mismo que en los casos anteriores (agua saturada de oxígeno, filtrada y esterilizada con UV).

Se rotularon apropiadamente los acuarios donde se efectuaron las pruebas, para el seguimiento de las mismas.

Se prepararon diluciones del efluente a partir de un stock de 100% ajustando la salinidad a 35 ‰. Cada dilución o concentración fue distribuida en los diferentes acuarios pero en volúmenes de 1000 ml. Estas acuarios se

dispusieron al azar sobre las mesas con temperaturas reguladas o de incubación, con la finalidad de mantener y darles las condiciones mínimas requerida para la prueba.

Una vez homogenizada la temperatura de los acuarios se colocaron los alevines en número de 10. Si bien la aireación no es necesaria para una prueba de 96 h, se implementó un sistema de aireación para mantener los niveles de oxígeno por encima de los 6 mg/L.

El criterio de aceptabilidad de los resultados fue medido según cuanto a la mortalidad del control negativo no debe exceder el 10 % y la concentración de oxígeno disuelto debe ser mayor que 6 mg/L para bioensayos de toxicidad en organismos acuáticos (peces).

4.5 Procedimientos de recolección de datos

Se registró diariamente los parámetros ambientales de temperatura, oxígeno, pH y salinidad al inicio de la prueba, para luego realizar la misma operación cada 24 h.

Se retiraron a diario los ejemplares muertos teniendo un registro de mortandad cada 24 horas.

4.6 Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos

El punto final evaluado fue la mortandad a las 96 horas de exposición a las aguas residuales. El análisis estadístico consto del análisis Probit, (Finney J, 1971) que nos ayudó a determinar las curvas concentración-respuestas de la especie de las aguas residuales y el cálculo de la CL50 y sus respectivos límites de confianza. Se utilizó el programa computarizado EPA Probit Analysis Program versión 1.5.

V RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL COLECTOR “LA CHIRA”

En la tabla N°4 se pueden observar los valores de los parámetros fisicoquímicos (parámetros promedio con su desviación estándar) del colector “LA CHIRA” los cuales se realizaron 3 muestreos en el transcurso del año anterior

**TABLA N° 4
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL COLECTOR “LA CHIRA”**

| PARAMETROS | |
|--------------------------------------|---|
| OD mg/L | 1.30 ±0.58 |
| pH | 7.60±0.14 |
| T °C | 23.57±0.86 |
| SALINIDAD | 0,00 |
| DBO ₅ mg/L | 65.58±23.93 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | $1.34 \times 10^9 \pm 9.95 \times 10^8$ |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES NMP/100ml | $1.34 \times 10^9 \pm 9.95 \times 10^8$ |
| FOSFATOS µM | 74.66±14.27 |
| SILICATOS µM | 90.36±38.05 |
| NITRATOS µM | 2.33±2.09 |
| NITRITOS µM | 0.50±0.66 |

Fuente: Elaboración propia

5.2 ENSAYOS DE SENSIBILIDAD CON DICROMATO DE POTASIO

Las condiciones de las pruebas para el dicromato de potasio fueron las siguientes: la temperatura se mantuvo entre 17 ± 1 °C, los tenores de oxígeno variaron entre 6.02 y 6.35 mg/L, el pH entre 6.1 y 7.92 y la salinidad vario entre 33.39 y 34.72 ‰, (véase la Tabla N°5 en la página 51)

La mortandad de los pejerreyes frente al dicromato de potasio fue mayor en las concentraciones de 200 mg/L y 100 mg/L en las primeras 48 horas, siendo todo lo contrario en concentraciones menores 50 mg/L, 25 mg/L. 12.5 mg/L (véase la tabla N° 6 en la página 52)

TABLA N°5
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL ENSAYO DICROMATO DE
POTASIO

SUSTANCIAS DE PRUEBA: Dicromato de potasio

ORGANISMOS DE PRUEBA: pejerrey

| Código | Unidad (mg/L) | Replicas | OD (mg/L) | PH | T°C | S ‰ |
|--------|---------------|----------|-----------|------|-------|-------|
| C0 | 0.00 | A | 6.01 | 6.3 | 17.8 | 33.64 |
| | | B | 6.2 | 7.5 | 18.1 | 34.6 |
| | | C | 6.3 | 6.8 | 17 | 34.3 |
| | | D | 6.18 | 6.41 | 17.2 | 34.5 |
| C1 | 12.50 | A | 6.02 | 7.16 | 17.9 | 33.12 |
| | | B | 6.11 | 7.84 | 17.8 | 34.5 |
| | | C | 6.15 | 6.08 | 17.42 | 34.5 |
| | | D | 6.2 | 6.65 | 17.6 | 34.33 |
| C2 | 25.00 | A | 6.05 | 7.3 | 18.2 | 34.2 |
| | | B | 6.32 | 7.81 | 18 | 34.6 |
| | | C | 6.18 | 6.8 | 17.4 | 34.6 |
| | | D | 6.12 | 6.58 | 17.5 | 34.5 |
| C3 | 50.00 | A | 6.2 | 7.14 | 17.87 | 33.48 |
| | | B | 6.28 | 7.92 | 18.1 | 34.63 |
| | | C | 6.31 | 6.17 | 18.3 | 33.4 |
| | | D | 6.2 | 6.5 | 17.9 | 34.7 |
| C4 | 100.00 | A | 6.08 | 7.59 | 17.76 | 33.96 |
| | | B | 6.32 | 7.65 | 18.2 | 34.58 |
| | | C | 6.02 | 6.54 | 17.9 | 33.39 |
| | | D | 6.1 | 6.65 | 17.3 | 34.4 |
| C5 | 200.00 | A | 6.1 | 7.34 | 18.1 | 33.83 |
| | | B | 6.35 | 7.69 | 18 | 34.7 |
| | | C | 6.02 | 7.02 | 18 | 34.1 |
| | | D | 6.1 | 6.91 | 17.6 | 34.72 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 6
MORTALIDAD DEL PEJERREY FRENTE AL DICROMATO DE POTASIO

SUSTANCIA DE PRUEBA: Dicromato de potasio

ORGANISMO DE PRUEBA: pejerrey

| código | unidad (mg/L) | replicas | 24 horas | 48 horas | 72 horas | 96 horas | total muertos | total inicial |
|--------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|---------------|
| C0 | 0 | A | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| | | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| | | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | total | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | |
| C1 | 12.5 | A | 0 | 1 | 1 | 4 | 4 | 10 |
| | | B | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| | | C | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 |
| | | D | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 |
| | | total | 5 | 9 | 9 | 13 | 13 | |
| C2 | 25 | A | 2 | 3 | 4 | 6 | 6 | 10 |
| | | B | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 10 |
| | | C | 2 | 4 | 4 | 7 | 7 | 10 |
| | | D | 2 | 3 | 5 | 6 | 6 | 10 |
| | | total | 8 | 14 | 18 | 24 | 24 | |
| C3 | 50 | A | 2 | 6 | 9 | 9 | 9 | 10 |
| | | B | 2 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | C | 5 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 |
| | | D | 2 | 7 | 9 | 10 | 10 | 10 |
| | | total | 11 | 27 | 37 | 38 | 38 | |
| C4 | 100 | A | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | B | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | C | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | D | 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | total | 30 | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| C5 | 200 | A | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | B | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | C | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | D | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | total | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | |

Fuente: Elaboración propia

PROGRAMA DE ANÁLISIS PROBIT
UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LOS VALORES LC / EC
VERSION 1.5

DICROMATO DE POTASIO

| Conc. | Number Exposed | Number Resp. | Observed Proportion Responding | Proportion Responding Adjusted for Controls | Predicted Proportion Responding |
|----------|----------------|--------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| Control | 40 | 3 | 0.0750 | 0.0000 | 0.0810 |
| 12.5000 | 40 | 13 | 0.3250 | 0.2655 | 0.2189 |
| 25.0000 | 40 | 24 | 0.6000 | 0.5647 | 0.6358 |
| 50.0000 | 40 | 38 | 0.9500 | 0.9456 | 0.9293 |
| 100.0000 | 40 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9952 |
| 200.0000 | 40 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 |

chi - square for Heterogeneity (calculated) = 1.455
 chi - square for Heterogeneity (tabular value at 0.05 level) = 7.815

Mu = 1.304870
 sigma = 0.268049

| Parameter | Estimate | Std. Err. | 95% Confidence Limits | |
|---------------------------|----------|-----------|-----------------------|-----------|
| Intercept | 0.131969 | 0.868236 | (-1.569775, | 1.833712) |
| Slope | 3.730663 | 0.614055 | (2.527114, | 4.934211) |
| Spontaneous Response Rate | 0.081001 | 0.042838 | (-0.002962, | 0.164964) |

VALORES ESTIMADOS LC/EC Y LIMITES DE CONFIANZA

| Point | Exposure Conc. | 95% Confidence Limits | |
|-------------|----------------|-----------------------|---------|
| | | Lower | Upper |
| LC/EC 1.00 | 4.801 | 2.077 | 7.491 |
| LC/EC 5.00 | 7.311 | 3.826 | 10.397 |
| LC/EC 10.00 | 9.148 | 5.285 | 12.418 |
| LC/EC 15.00 | 10.643 | 6.560 | 14.025 |
| LC/EC 50.00 | 20.178 | 15.701 | 24.437 |
| LC/EC 85.00 | 38.254 | 31.334 | 51.063 |
| LC/EC 90.00 | 44.504 | 35.841 | 62.584 |
| LC/EC 95.00 | 55.691 | 43.314 | 85.431 |
| LC/EC 99.00 | 84.807 | 60.779 | 155.675 |

Como resultado del programa de Análisis Probit Version 1.5 para la obtención de la concentración letal media (CL50) del organismo (alevines de pejerrey) frente al tóxico dicromato de potasio en la investigación y sus límites de confianza son:

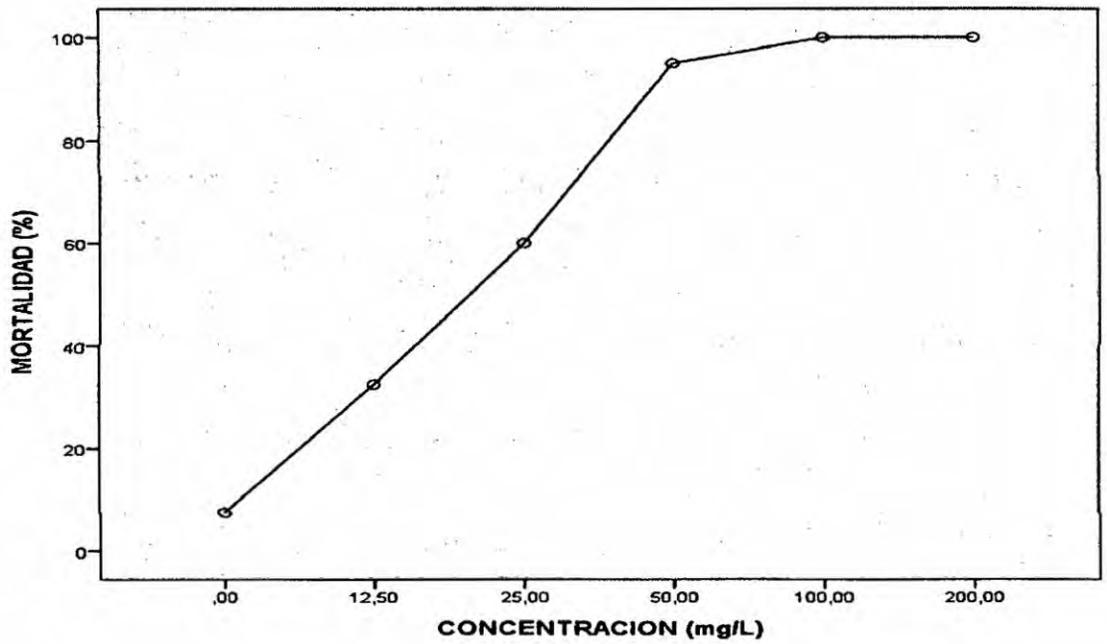
Límite inferior: 15,701 (mg/L)

CL50₉₆: 20,178 (mg/L)

Límite superior: 24,437 (mg/L)

GRÁFICO N°1

Mortalidad de los *Odontesthes regia* a diferentes concentraciones de dicromato de potasio durante 96 horas



En el grafico N°1 podemos observar como los valores de mortalidad van aumentando frente a las diferentes concentraciones del dicromato de potasio.

5.3 ENSAYOS CON AGUAS RESIDUALES DEL COLECTOR “LA CHIRA”

Las condiciones de las pruebas para el agua del colector “La Chira” fueron las siguientes: la temperatura se mantuvo entre 17 ± 1 °C, los tenores de oxígeno variaron entre 6.02 y 6.35 mg/L, el pH entre 6.1 y 7.92 y la salinidad vario entre 33.39 y 34.72 ‰, (véase la tabla N°8 en la página 57)

La mortalidad de los pejerreyes frente a concentraciones de 50 ml/L, 25 ml/L y 12.5 ml/L del colector “La Chira” fue mayor cada 24 horas comparada con las concentraciones de 6.25 ml/L y 3.125 ml/L donde se mantuvo constante conforme pasaban las horas (véase la tabla N° 9 en la página 58)

TABLA N°7
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL ENSAYO COLECTOR
“LA CHIRA”

SUSTANCIA DE PRUEBA: Colector “La Chira”
 ORGANISMO DE PRUEBA: pejerrey

| Código | Unidad (mg/L) | Replicas | OD (mg/L) | PH | T°C | S ‰ |
|--------|------------------|----------|--------------|------|-------|-------|
| C0 | 0.00 | A | 6.1 | 8.31 | 18.3 | 33.12 |
| | | B | 6.76 | 7.93 | 17.37 | 33.8 |
| | | C | 6.9 | 7.48 | 17.9 | 33.93 |
| | | D | 6.67 | 7.73 | 18.1 | 34.08 |
| C1 | 3.125 | A | 6.2 | 8.42 | 18.3 | 34.01 |
| | | B | 6.31 | 7.97 | 17.03 | 33.83 |
| | | C | 6.8 | 7.45 | 18.2 | 33.01 |
| | | D | 7.3 | 7.7 | 18.3 | 34.06 |
| C2 | 6.25 | A | 6.1 | 8.4 | 18.5 | 34.6 |
| | | B | 6.12 | 8 | 17.4 | 33.8 |
| | | C | 6.48 | 7.6 | 17.9 | 34.63 |
| | | D | 7.3 | 7.7 | 18.1 | 34.5 |
| C3 | 12.50 | A | 6.1 | 8.39 | 18.2 | 34.23 |
| | | B | 6.8 | 8.06 | 17.5 | 34.2 |
| | | C | 6.9 | 7.58 | 17.8 | 34.1 |
| | | D | 6.2 | 7.67 | 18.1 | 34.14 |
| C4 | 25.00 | A | 6.3 | 8.42 | 18.3 | 33.8 |
| | | B | 6.41 | 8.11 | 17.7 | 33.62 |
| | | C | 6.5 | 7.64 | 18.1 | 33.48 |
| | | D | 6.8 | 7.65 | 18.1 | 33.2 |
| C5 | 50.00 | A | 6.2 | 8.31 | 18.1 | 33.1 |
| | | B | 6.24 | 8.13 | 17.9 | 33 |
| | | C | 6.7 | 7.65 | 18.1 | 33 |
| | | D | 6.9 | 7.7 | 17.9 | 33.1 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 8
MORTANDAD DEL PEJERREY FRENTE AL COLECTOR “LA CHIRA”

SUSTANCIA DE PRUEBA: Colector “La Chira”

ORGANISMO DE PRUEBA: pejerrey

| Código | Unidad (ml/L) | Replicas | 24 horas | 48 horas | 72 horas | 96 horas | Total muertos | Total inicial |
|--------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|---------------|
| C0 | 0.00 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | B | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 10 |
| | | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | total | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| C1 | 3.125 | A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| | | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | total | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| C2 | 6.25 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| | | D | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| | | total | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| C3 | 12.50 | A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| | | B | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 10 |
| | | C | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 10 |
| | | D | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 |
| | | total | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 | |
| C4 | 25.00 | A | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 10 |
| | | B | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 10 |
| | | C | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| | | D | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 10 |
| | | total | 7 | 7 | 11 | 14 | 14 | |
| C5 | 50.00 | A | 1 | 5 | 5 | 6 | 6 | 10 |
| | | B | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 10 |
| | | C | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 10 |
| | | D | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 10 |
| | | total | 8 | 13 | 15 | 19 | 19 | |

Fuente: Elaboración propia

PROGRAMA DE ANÁLISIS PROBIT
UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LOS VALORES LC / EC
VERSION 1.5

LA CHIRA

| Conc. | Number Exposed | Number Resp. | Observed Proportion Responding | Proportion Responding Adjusted for Controls | Predicted Proportion Responding |
|---------|----------------|--------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| Control | 40 | 1 | 0.0250 | 0.0000 | 0.0175 |
| 0.3125 | 40 | 1 | 0.0250 | 0.0076 | 0.0238 |
| 0.6250 | 40 | 2 | 0.0500 | 0.0331 | 0.0695 |
| 1.2500 | 40 | 10 | 0.2500 | 0.2366 | 0.1641 |
| 2.5000 | 40 | 14 | 0.3500 | 0.3384 | 0.3171 |
| 5.0000 | 40 | 19 | 0.4750 | 0.4656 | 0.5103 |

Chi - Square for Heterogeneity (calculated) = 2.681
Chi - Square for Heterogeneity (tabular value at 0.05 level) = 7.815

Mu = 0.683444
sigma = 0.599993

| Parameter | Estimate | Std. Err. | 95% Confidence Limits | |
|---------------------------|----------|-----------|-----------------------|-----------|
| Intercept | 3.860913 | 0.179309 | (3.509468, | 4.212358) |
| Slope | 1.666686 | 0.372756 | (0.936085, | 2.397288) |
| Spontaneous Response Rate | 0.017505 | 0.019632 | (-0.020974, | 0.055985) |

VALORES ESTIMADOS LC/EC Y LIMITES DE CONFIANZA

| Point | Exposure Conc. | 95% Confidence Limits | |
|-------------|----------------|-----------------------|----------|
| | | Lower | Upper |
| LC/EC 1.00 | 0.194 | 0.025 | 0.447 |
| LC/EC 5.00 | 0.497 | 0.129 | 0.885 |
| LC/EC 10.00 | 0.821 | 0.305 | 1.296 |
| LC/EC 15.00 | 1.152 | 0.538 | 1.702 |
| LC/EC 50.00 | 4.824 | 3.330 | 9.519 |
| LC/EC 85.00 | 20.197 | 10.034 | 109.390 |
| LC/EC 90.00 | 28.340 | 12.811 | 198.208 |
| LC/EC 95.00 | 46.814 | 18.332 | 479.886 |
| LC/EC 99.00 | 120.007 | 35.673 | 2536.106 |

Como resultado de programa de Análisis Probit Version 1.5 para la obtención de la concentración letal media (CL50) de las aguas residuales del colector “La Chira” y sus límites de confianza son:

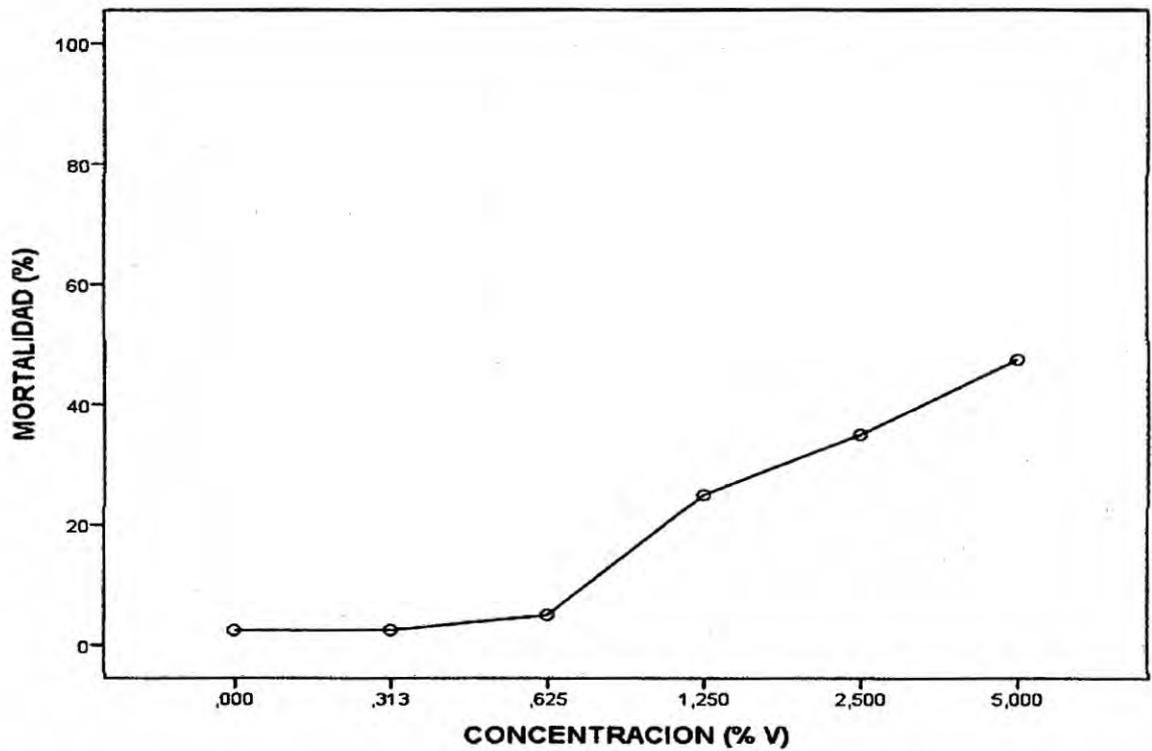
Límite inferior: 3.33%

CL50₉₆: 4.824 %

Límite superior: 9.519 %

GRÁFICO N° 2

Mortalidad de *Odontesthes regia* a diferentes concentraciones del colector "La Chira", expuestas durante 96 horas



En el grafico N°2 podemos observar como los valores de mortalidad van aumentando frente a las diferentes concentraciones del agua del colector "La Chira"

ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

ANOVA PARA *Odontesthes regia* EN 96 HORAS

H₀: el número de pejerreyes vivos en la concentración del efluente “La Chira” es mayor que el número de pejerreyes vivos en el control.

H₁: el número de pejerreyes vivos en la concentración del efluente “La Chira” es menor que el número de pejerreyes vivos en el control.

$$H_0 = \mu_{\text{control}} < \mu_{\text{tratamiento}}$$

$$H_1 = \mu_{\text{control}} > \mu_{\text{tratamiento}}$$

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Sig. |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------|------|
| Entre grupos | 73.71 | 5 | 14.74 | 7.12 | 0.00 |
| Dentro de los grupos | 37.25 | 18 | 2.07 | | |
| Total | 110.96 | 23 | | | |

La prueba de ANOVA indica que existe suficiente evidencia estadística a un nivel de significación de 0.05 para rechazar H₀ y aceptar la H₁. Por lo tanto se puede afirmar que existen diferencias significativas entre el control y al menos una de las concentraciones del efluente “La Chira” en un periodo de 96 horas de exposición.

Comparaciones múltiples

Dependent Variable: mortalidad

Dunnnett t (<control)

| (I) concentración | (J) concentración | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de Confianza al 95% |
|-------------------|-------------------|----------------------------|--------------|-------|-------------------------------|
| | | | | | Límite superior |
| .3125 | .000 | .000 | 1,017 | ,833 | 2,45 |
| .6250 | .000 | ,250 | 1,017 | ,895 | 2,70 |
| 1.2500 | .000 | 2,250 | 1,017 | 1,000 | 4,70 |
| 2.5000 | .000 | 3,250 | 1,017 | 1,000 | 5,70 |
| 5.0000 | .000 | 4,500 | 1,017 | 1,000 | 6,95 |

A partir de la prueba POST ANOVA se hallaron el NOEC (concentración más alta en la que no se presenta diferencia significativa con el grupo control) y LOEC (concentración más baja a la cual se observa efecto), siendo: NOEC: 5% , LOEC: 0.3125%

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Sabemos que el colector de “La Chira” es una mezcla compleja de aguas (provenientes de los domicilios, industrias, etc) por lo tanto es importante caracterizarlo para poder entender su comportamiento cuando este descargue al mar.

De la caracterización del agua residual del colector “La Chira” se puede resaltar que:

- El oxígeno disuelto muestra un valor de 1.30 mg/L, este valor está influenciado por la concentración de materia orgánica proveniente de la actividad antropogénica.
- El resultado del DBO₅ con un valor de 65.58 no sobrepasa los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR establecidos considerándose que son relativamente “limpias”.
- Presenta altos niveles de contaminación microbiológica con 1.34×10^9 NMP/100 ml para coliformes totales y fecales cuyos valores superan los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR (ver anexo tabla N° 9 en la página 86)
- Los nitratos y nitritos estuvieron relacionados a los valores bajos de oxígeno disuelto (anoxia)

- Los valores de los nutrientes mostrados son debidos a la acumulacion de materia organica procedente de la intensificacion de la actividad industrial, domestica por el aumento de la población humana.

Con respecto al ensayo con dicromato de potasio se realizó con el fin de establecer la sensibilidad de la especie y su respuesta frente a un tóxico de referencia. Con los blancos controles se certificó que la respuesta de la población se debe a la sustancia que se desea analizar y no a variaciones del cultivo o a fallas operacionales en la aplicación del método. Podemos observar según la tabla N°9 (véase en la página 85) que La CE50% del dicromato de potasio usando postlarvas de *Odontesthes regia* fue de 14,13 mg /L según Innacone *et al* (1999), citado por Vera *et al* (2001) a 24 h. La sensibilidad de esta especie fue muy similar a la de salmónidos juveniles cuya concentración efectiva media (CE50%) se encuentra entre 3,3-65 mg /L según Zweig *et al* (1999), citado por Vera *et al* (2001)

Por otro lado, la menor sensibilidad de las postlarvas de pejerrey en comparación con otros grupos taxonómicos (crustáceos, microalgas) estaría respaldando la importancia de su uso en las pruebas ecotoxicológicas como especie representante del grupo de los vertebrados.

Se determinó que a altas concentraciones, se obtuvo la mortandad del 50% de la población analizado en un corto tiempo, mientras que para las concentraciones más

bajas este tiempo es muy prolongado; de tal manera que la mortalidad muestra dependencia tanto por la concentración del tóxico, como por el tiempo de exposición al mismo.

Teniendo en cuenta la abundancia de *pejerrey* en el mar, su fácil identificación taxonómica, manejo y adecuada aclimatación a las condiciones de laboratorio, sumado a una apreciable sensibilidad al tóxico de referencia se puede sugerir su incorporación a las baterías de bioensayos que buscan cubrir el mayor espectro de susceptibilidades metabólicas en las evaluaciones ecotoxicológicas de potenciales contaminantes.

Aunque las características para un bioensayo estático sugieren que no se realice la aireación, se implementó un sistema de aireación para mantener los niveles de oxígeno por encima de los 6 mg/L.

La masa oceánica es considerable razón por la cual tiene una gran capacidad de autodepuración. Sin embargo a pesar de que no puede afirmarse en general que el mar se encuentra contaminado, si es evidente que existen áreas donde los mecanismos de degradación de las sustancias nocivas son insuficientes para su eliminación, o donde se concentran materias en cantidades excesivamente elevadas, lo que origina una pérdida de calidad como lo es provocado por las aguas del colector del presente estudio.

En el país la investigación referente al tema es escasa sin embargo según los estudios realizados se puede inferir:

Según Vera *et al* (2002), el efluentes industrial- doméstico de la zona de Fertisa (en el Callao) determinó una concentración letal media de 1.51 % siendo mucho más nocivo que el colector “La Chira” ya que según lo analizado este tendría una concentración letal media de 4.824%,

Sanchez *et al* (2010) evaluaron las aguas del colector de la Taboada utilizando conchas de abanico donde la tasa de filtración fue de 11.41% siendo menos toxica.

IMARPE (2012) evaluó los efluentes del colector de Comas con postlarvas de pejerrey obteniendo una concentración letal media (CL50_{96h}) de 9.92% que comparado con el colector de “La Chira” es menos nociva ya que el colector de “La Chira” muestra valores de 4.824%.

En Colombia (Villamarín J, et al (2013) se hicieron pruebas con efluentes industriales en peces estuarinos (*Gambusia affinis*) donde los porcentajes de 15,91; 15,18; 15,18 y 15,12; para 24, 48, 72 y 96 horas de exposición respectivamente y 30,53; 27,02; 26,65 y 25,76; para 24, 48, 72 y 96 horas de exposición respectivamente, comparadas con el presente trabajo son menos tóxicos siendo estos efluentes industriales.

Como ya se dijo la información en la literatura es escasa con respecto a estudios ecotoxicológicos referente a esta especie *pejerrey* por eso es importante que se sigan realizando estudios referentes al tema.

VII CONCLUSIONES

- a. La concentración letal media para las aguas residuales del colector “La Chira” en alevines de pejerrey fue de 4.824% para un tiempo de exposición 96 horas

- b. Los efluentes del colector de “La Chira” son contaminantes para la zona marino costera donde se vierte de forma continua, debido a las altas concentraciones de materia orgánica (residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos, y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos, etc.) causando un fuerte impacto en el ecosistema marino de la zona de Chorrillos.

- c. Al obtener los resultados se les realizó el análisis de varianza con una confiabilidad del 95%, nos muestra la veracidad de las pruebas, y el rechazo de la hipótesis nula (la cual indica que el número de pejerreyes vivos en la concentración del efluente “La Chira” es mayor que el número de pejerreyes vivos en el control., aceptando la hipótesis verdadera (la cual señala el número de pejerreyes vivos en la concentración del efluente “La Chira” es menor que el número de pejerrey vivos en el control)

- d. Las sustancias potencialmente tóxicas pueden encontrarse en concentraciones tan bajas, o en condiciones ambientales tales, que son indetectables con los métodos químicos convencionales, de aquí la necesidad de los bioensayos, ya que además de detectar concentraciones mínimas de un contaminante, también son un método rápido, económico y confiable. Además, con la ayuda de la caracterización fisicoquímica dan una visión más real del estado de un vertimiento y/o de un cuerpo de agua.

- e. El efluente estudiado en el presente trabajo se considera inestable, resultado de la complejidad de compuestos y los caudales diferentes que allí se vierten, por lo que los resultados encontrados son representativos de unas condiciones particulares del mismo.

VIII RECOMENDACIONES

- a. Se deben mantener la vigilancia de las condiciones óptimas como la temperatura e iluminación en el laboratorio de pruebas de toxicidad para evitar cualquier cambio inesperado en el mismo y evitar alteraciones a los organismos utilizados para las pruebas y por lo tanto en los resultados obtenidos.
- b. Es importante tener un control constante de parámetros como pH, oxígeno disuelto y temperatura antes y durante las pruebas de toxicidad. Esto se realiza para garantizar excelentes condiciones de los organismos para la realización de las pruebas.
- c. Se debe manejar cada sustancia de interés sanitario en recipientes distintos, con el fin de evitar la contaminación de los mismos y la alteración de los resultados de las pruebas.
- d. Continuar realizando este tipo de estudios en el tipo de efluente evaluado como en los provenientes de otras industrias y en aquellos cuerpos de agua altamente influenciados por actividades contaminantes, con el fin de diagnosticar los posibles impactos en el ecosistema marino.

- e. Realizar más estudios para generar posteriormente las bases que permitan dar pautas en la implementación de una normativa que considere las evaluaciones ecotoxicológicas para complementar los análisis fisicoquímicos.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGURTO, G. **Las 'Cacaratas' de Lima** en *Revista Caretas* Disponible en <http://www.caretas.com.pe/2001/1654/articulos/cacaratas.phtml>. Artículo web. Consultado el 20 de diciembre del 2013.
- APHA. **Métodos de Prueba de Toxicidad para Organismos Acuáticos**. En: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. España. 1976.
- APHA. **Determinación de la coliformes totales y coliformes termotolerantes**. En: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. España. 1995.
- BARNABÉ G. **Bases Biológicas y Ecológicas de la Acuicultura**, Zaragoza, España, Editorial Acribia S.A. 1996.
- CAPÓ MARTÍ, M. **Principios de ecotoxicología diagnóstico tratamiento y gestión del medio ambiente**. Madrid, España. Editorial McGraw Hill. 2002.
- CASTILLO, G. **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas**. México. Centro internacional de investigación para el desarrollo. 2004.

- CÉSAR VALDEZ E, VÁSQUEZ GONZÁLEZ A. **Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales**. México, DF. Editorial Fundación Ica; 2003.
- CEPIS. Manual de evaluación y manejo de sustancias toxicas En: Aguas Superficiales Lima. 1988
- CHIRICHIGNO, N. CORNEJO, M. **Catálogo comentado de los peces marinos del Perú**. Publicación Especial. Instituto del Mar del Perú – Callao. Abril 2001.
- CHIRINOS DE VILDOSO, Aurora. CHUMAN, Esmeralda. **Notas sobre el desarrollo de huevos y larvas del Pejerrey *Odontesthes (Austromenidia) regia regia (Humboldt)***. En Boletín Instituto del mar del Perú. Vol. 1:1 a 31. Agosto 1964.
- DURAND M, CARI A, DUMAS L.2007. **Las aguas residuales de Lima: un reto metropolitano**. Disponible en: http://www.ifeanet.org/pacivur/docs/D04_01.pd. Artículo web. Consultado el 20 de diciembre de 2013.
- FINNEY, J. **Probit Analysis**. Londres. Editorial Cambridge. Tercera Edición 1971.

- GARCIA GONZALEZ, Víctor. SANCHEZ MEZA, Juan. PACHECO SALAZAR, Víctor. AVILA GONZALEZ, Clemente. PAVON SILVA, Telma. GUERREO GONZALEZ, Patricia. **Respuestas de toxicidad de bioensayos empleados en la evaluación de aguas residuales de la industria**, en Journal of Environmental Science & Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering. Vol. 42: 1425-1431. July 2005.
- GÓMEZ, C.E., CONTENITO, L. and CARSEN, A.E. **Toxicity tests to assess pollutants removal during wastewater treatment and the quality of receiving waters in Argentina** in Environmental Toxicology. Vol. 16: 217-24.2001.
- GÓMEZ ALFARO, Claudia. PEREA DE LA MATTA, Ángel. WILLIAMS DE CASTRO, Martha. **Aspectos reproductivos del pejerrey *Odontesthes regia regia* (Humboldt, 1821) en la zona de pisco durante el periodo 1996-97 y mayo-julio del 2002**, relacionados con su conservación en Ecología Aplicada, Vol. 5(1):141-147. Diciembre 2006.
- GOOGLE, Isla San Lorenzo. disponible en <https://www.google.com.pe/maps/place/Isla+San+Lorenzo/@-12.0940169,->

[77.3633392,10z/data=!4m2!3m1!1s0x910434e703af7e61:0x37b92434db312](http://77.3633392.10z/data=!4m2!3m1!1s0x910434e703af7e61:0x37b92434db312)

[801?hl=es-419](#), artículo web. Consultado el 12 de noviembre del 2014.

- HELMER R, HESPANHOL I. **Control de la contaminación del agua, guía para la aplicación de principios relacionados con el manejo de la calidad de agua.** Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/OMS. 1999.
- INEI- Instituto nacional de estadística. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>. Artículo web. Consultado el 18 de diciembre del 2013.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ. **Investigación de los impactos de contaminantes sobre las comunidades y organismos acuáticos. Prueba Ecotoxicológica utilizando como organismo prueba post larvas de pejerrey *Odontesthes regia regia* exponiéndola a aguas residuales sin tratamiento del colector Comas** en [Evaluación del POI – PTI Anual](#). Diciembre 2012.
- IMARPE (Instituto del mar del Perú) Disponible en Extraído el 20 de noviembre de 2013 desde

http://www.imarpe.gob.pe/huacho/Paginas/especies_dem_pejerrey.html

Artículo web consultado el 18 de diciembre del 2013.

- ISO 5815. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno. En Standard International. 1991.
- MAGDALENO A. and De ROSA, E. **Chemical Composition and Toxicity of Waste Dump Leachates using *Selenastrum capricornutum* Printz (Chlorococcales, Chlorophyta)** en Environmental Toxicology, Vol 15: 76-80. Marzo 2000.
- MAIRATA S. La Cloaca de Lima. Disponible en: <http://www.larepublica.pe/01-05-2005/la-cloaca-de-lima> . Artículo web. Consultado el 20 de diciembre del 2013.
- METCALF y EDDY. **Ingeniería de aguas Residuales**. España. Editorial Mc Graw Hill. Tercera edición. 1998.
- NORMAS LEGALES. DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

- RA, Jin Sung. LEE, Cheum Byoung. CHANG, Nam. KIM, Sang Don.
Comparative whole effluent toxicity assessment of wastewater treatment plant effluent using daphnia Magna in Bulletin of environmental contamination & toxicology. Vol. 80 (3): 196-200. January 2008.
- RAMIREZ ROMERO, P. MENDOZA CANTU, A. **Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México.** México. Editorial INE. Enero 2008.
- ROMERO ROJAS J. **Tratamientos de aguas residuales. Teoría y principios de diseño.** Colombia-Bogotá. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2000.
- SANCHEZ, G. BLAS, N. CHAU, G. **Pruebas de toxicidad subletal con aguas residuales domésticas no tratadas, utilizando a la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus*** en Informe Nacional sobre el estado del ambiente marino del Perú, Impactos de la contaminación sobre los ecosistemas marinos. 2010.

- SANCHEZ RIVAS, Guadalupe; VERA DIEGO, Giovanna. **Manual introductorio de Ecotoxicología Acuática**, en Informe Instituto del mar del Perú. Vol. 1 (161):1-40. Junio 2001.
- SEDAPAL. Disponible en http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=02b99e12-aae6-49fa-adc9-5c96af816a7f&groupId=10154. Artículo web. Consultado el 18 de diciembre del 2013.
- SEOÁNEZ CALVO M. **Manual de contaminación marina y restauración del litoral**. Madrid –España. Editorial Mundi Prensa. 2001.
- STRICKLAND, D. H. y T. R. PARSONS Bull. Fish. Res. Bd. Can. A practical handbook of seawater analysis. 1972
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). **Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, Fifth Edition**. 2002.
- VERA G, TAM J, VERA V, PINTO E, Pruebas Evotoxicológicas Con Cadmio Y Cromo Usando Postlarvas Del Pejerrey *Odontesthes*

(Austromenidia) *Regia Regia* Hildebrand En Revista Peru Biología Vol 8 (2) 2001.

- VERA G, SANCHEZ G, PINTO E. **Pruebas de toxicidad con efluente mixto industrial-domestico de la zona de Fertisa –bahía del Callao, usando zoea del “muy muy” *Emerita analoga*. 2002.**
- VILLAMARÍN J. S, CHACÓN-C MF, ÁLVAREZ-L R. **Pruebas de toxicidad aguda CL 50 en peces estuarinos (*Gambusia affinis*) utilizando efluentes industriales a la Bahía de Cartagena, Colombia. en Biosalud. ; Vol 12 (2):24-39.junio 2013.**

ANEXOS

**ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA
DISEÑO TEÓRICO**

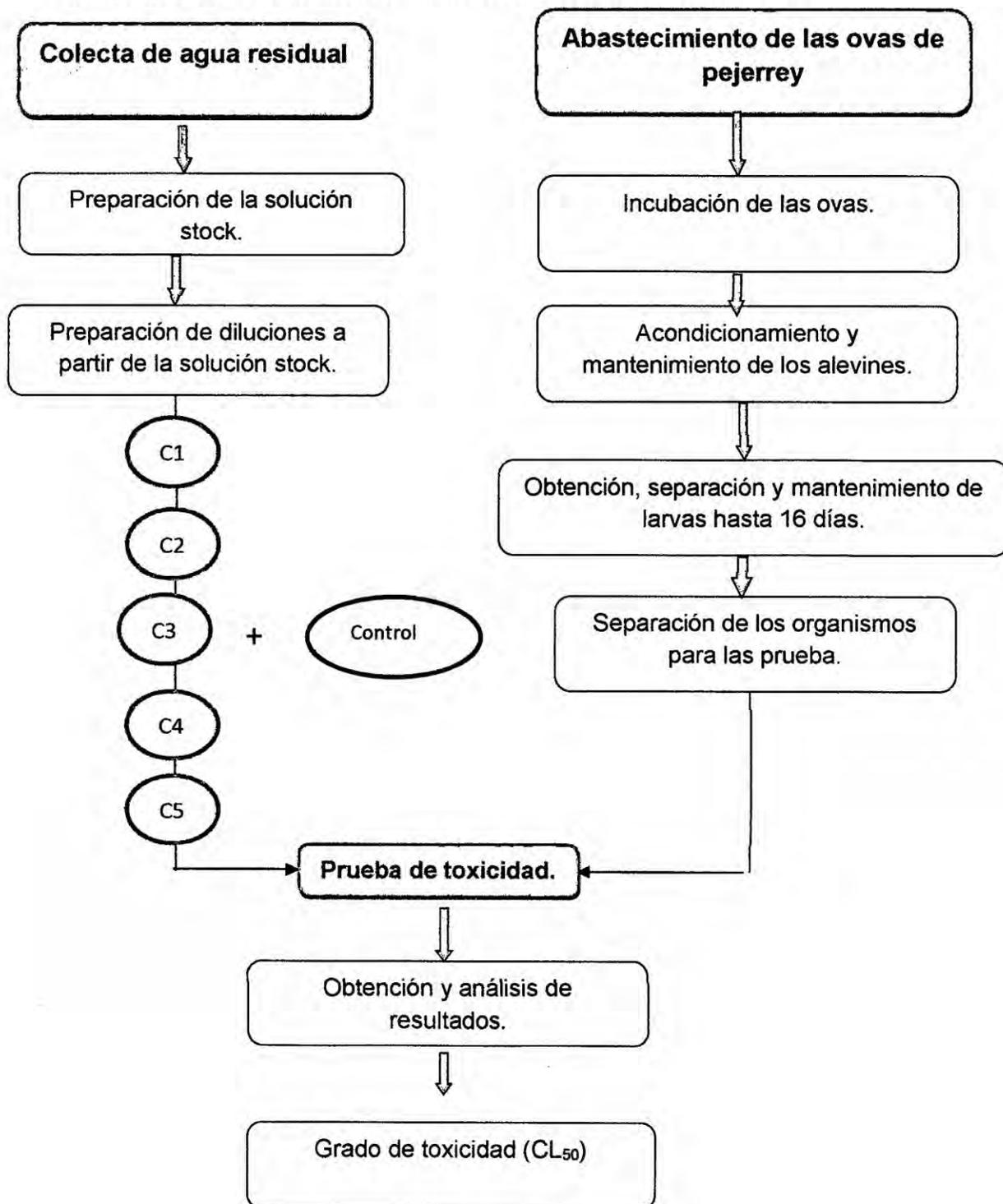
| Problema | Objetivos | Hipótesis | Dimensiones |
|--|---|--|---|
| <p>¿Cuál será la concentración de aguas residuales del colector “La Chira” que presente toxicidad aguda en los alevines de pejerrey utilizando un bioensayo agudo?</p> | <p>General</p> <p>Determinar la toxicidad aguda de las aguas residuales del colector “La Chira” en alevines de pejerrey.</p> <p>Específicos</p> <p>Caracterizar el agua residual del colector “La Chira” (pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes y coliformes totales, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos).</p> <p>Determinar la concentración letal media (CL₅₀) de las aguas residuales que sea perjudicial en la sobrevivencia de alevines de pejerrey (<i>Odontesthes regia</i>) a través de 5 concentraciones (5%, 2.5%, 1.25%, 0.625% y 0.3125%) del agua residual.</p> | <p>Los niveles que presenten la toxicidad de las aguas residuales del colector “La Chira” provocaría la letalidad del 50% de los alevines de pejerrey.</p> | <p>Toxicidad del agua residual.</p> <p>Cese de movimientos en la especie.</p> |

DISEÑO METODOLÓGICO

| Método de investigación | Diseño de la investigación | Ámbito de investigación | Instrumentos y fuentes de formación | Criterios de rigurosidad en la investigación |
|---|---|---|---|--|
| <p>La presente investigación se caracterizará por ser longitudinal estudiando la variable a lo largo del tiempo establecido por ser este el determinante en la relación causa efecto. Según el análisis y alcance de los resultados es de tipo experimental porque permitirá manipular el factor causal (la concentración del agua residual del colector "La Chira") para determinar el efecto deseado (tasa de mortalidad de los alevines de pejerrey). Además, es aplicada, porque el fin de este proyecto es resolver un problema de naturaleza práctica permitiendo aplicar los resultados.</p> | <p>La presente investigación se utilizará con un diseño en bloques completamente aleatorizado DCA de 5 tratamientos y 4 réplicas cada uno, más un control. El montaje se realizará utilizando 24 peceras de 1 litro cada una, colocadas en la mesa termorreguladora para la prueba.</p> | <p>Población: Para todas las pruebas las ovas de pejerrey serán colectadas en el sector de la playa el Carbón de la bahía del Callao</p> <p>Muestra 10 alevines de pejerrey por cada acuario.</p> | <p>Libros. Tesis. Artículos científicos. Informes de investigación.</p> | <p>Enfoque: La contaminación de las aguas residuales en el mar. Validez: La concentración de oxígeno disuelto en los acuarios será mayor a 6mg/l</p> <p>Confiabilidad: se asegura con el uso adecuado del tamaño de la muestra (número de individuos) y el número de réplicas.</p> |

ANEXO 2

ESQUEMA DE LA TESIS PRUEBA DE TOXICIDAD CON ALEVINES DE PEJERREY



ANEXO 3

TABLA N°9

CONCENTRACION EFECTIVA MEDIA CE 50% DEL DICROMATO DE POTASIO CON DIFERENTES ESPECIES

| especie | Estadio | CE 50% (mg/L) | Tiempo de exposición | Autor |
|--------------------------------------|-----------|---------------|----------------------|--|
| <i>Moina macropa</i> | <24 h | 0,95 | 24h | Iannacone et al. (1999) |
| <i>Poecilia reticulata</i> | Adulto | 2,58-5,31 | 24h | Iannacone et l. (1999) |
| <i>Odontesthes regia</i> | Postlarva | 14,13 | 24h | Innacone et al. (1999) |
| <i>Daphnia magna</i> | <24 h | 0,10 | 48h | Munkittrick et al. (1991) en Iannacone et al. (1999) |
| <i>Selesnstrum capricornutum</i> | Adulto | 0,08 | 96h | Blaise (1993) en Iannacone (1999) |
| <i>Skeletonema costatum</i> | Adulto | 0,12 | 96h | Alayo y Iannacone (1999) |
| <i>Thalassiosira mariae-leburiae</i> | Adulto | 0,9 | 96h | Alayo y Iannacone (1999) |
| <i>Isochrysis sp.</i> | Adulto | 1,30 | 96h | Alayo y Iannacone (1999) |
| <i>Neanthes arenaceodentata</i> | Adulto | 2,2-4,3 | 96h | Oshida et al. (1976) en Reish et al. (1978) |
| Salmónidos | Juvenil | 3,3-65 | 96h | Zwig et al. (1999) |

Fuente: Vera et al 2001

ANEXO 4

TABLA N° 10

LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

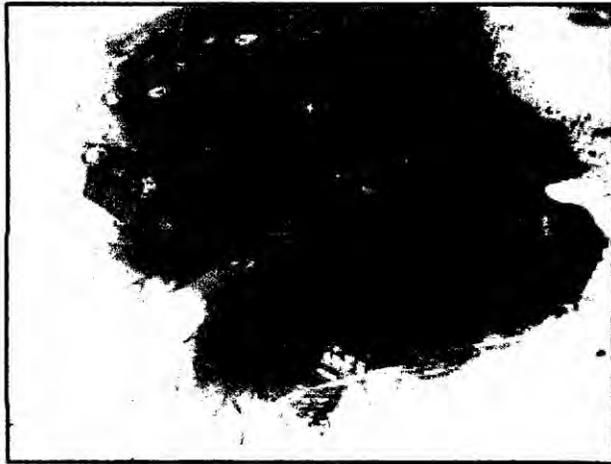
| PARAMETRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS |
|-------------------------------|------------|---|
| Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 10,000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 200 |
| pH | unidad | 6.5-8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión | mL/L | 150 |
| Temperatura | °C | <35 |

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM

ANEXO 5

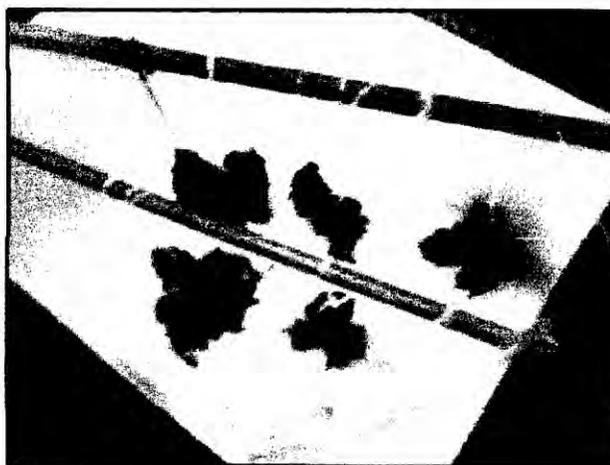
GALERIA FOTOGRAFICA

FOTOGRAFIA N°1: OVAS DE PEJERREY EMBRIONADAS



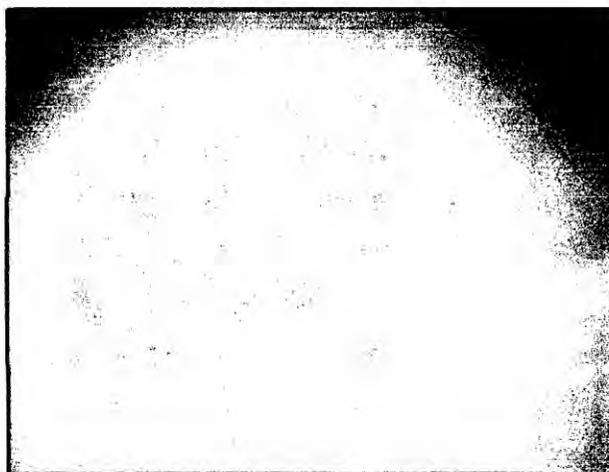
Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°2: ACONDICIONAMIENTO DE LAS OVAS DE PEJERREY



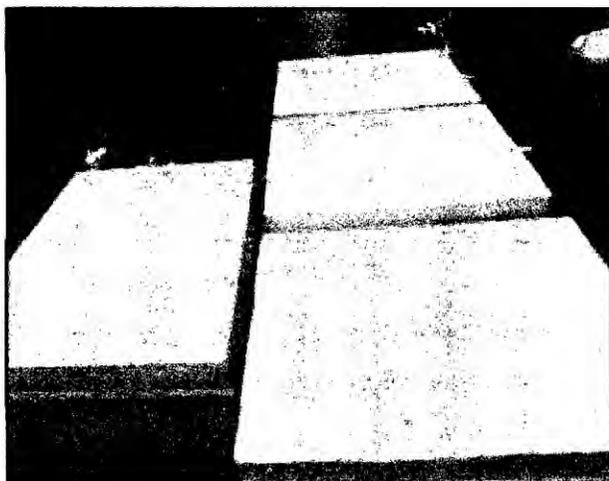
Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°3: OVAS DE PEJERREY VISTAS AL ESTEROSCOPIO



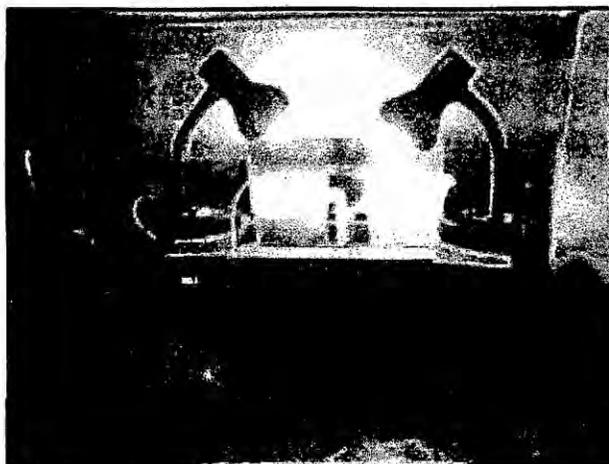
Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°4: ACONDICIONAMIENTO DE PEJERREY



Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°5: PREPARACION DE ARTEMIAS



Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°6: BIOENSAYO CON DICROMATO DE POTASIO



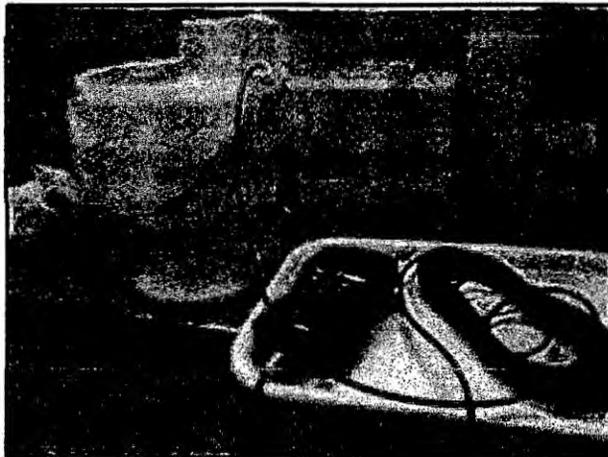
Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°7: BIOENSAYO CON AGUAS RESIDUALES



Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°8: MEDICION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS



Fuente: Propia

FOTOGRAFIA N°9: LECTURA DE MORTALIDAD



Fuente: Propia