



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y
QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE TITULACIÓN
PREVIO AL DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE
AGUA (ICA) DEL RÍO PORTOVIEJO EN EL PUENTE SANTA
CRUZ, CIUDADELA LA PAZ Y EL PUENTE 5 DE JUNIO DE LA
PARROQUIA PICOAZÁ DEL CANTÓN PORTOVIEJO”**

AUTORES:

- Carranza Balderramo Katherine Monserrate
- Pico Bravo Jefferson Paul

TUTOR:

Mgs. Santiago Quiroz Fernández

PORTOVIEJO – MANABÍ - ECUADOR

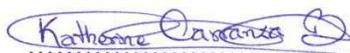
2016

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Nosotros, Carranza Balderramo Katherine Monserrate y Pico Bravo Jefferson Paul, autores de la tesis titulada “**Análisis de la variación del Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Portoviejo en el Puente Santa Cruz, Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo**”, mediante el presente documento dejamos constancia de que la obra es de nuestra exclusiva autoría y producción, que la hemos elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos a la obtención del título de Ingeniero Químico en la Universidad Técnica de Manabí.

1. Cedo a la Universidad Técnica de Manabí, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/es de la obra antes referida, asumiremos toda la responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entregamos a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha: 09 de Marzo de 2016.....


.....

Katherine Carranza Balderramo


.....

Jefferson Pico Bravo

CERTIFICACION DEL TUTOR DEL TABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe la presente, Mgs. Santiago Quiroz Fernández, Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DEL RIO PORTOVIEJO EN EL PUENTE SANTA CRUZ, CIUDADELA LA PAZ Y EL PUENTE 5 DE JUNIO DE LA PARROQUIA PICOZÁ DEL CANTÓN PORTOVIEJO”** desarrollada por la Srta. Katherine Monserrate Carranza Balderramo y el Sr. Jefferson Paul Pico Bravo; tengo a bien certificar en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia el cumplimiento con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado cumple con el diseño y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance de titulación del trabajo a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación

Cabe mencionar que durante del desarrollo el trabajo de titulación los profesionalitas pusieron interés en el desarrollo de cada de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico los fines pertinentes.



Mg. Santiago Quiroz Fernández

TUTOR

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber revisado el Trabajo de Titulación, en la modalidad de Investigación y que lleva por tema: **“Análisis de la variación del Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Portoviejo en el Puente Santa Cruz, Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá del Cantón Portoviejo.”**, desarrollada por la Srta. Carranza Balderramo Katherine Monserrate con C.I. 1314153634 y el Señor Pico Bravo Jefferson Paul con C.I. 1314249291, previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico, bajo la tutoría del Ing. Santiago Quiróz Fernández y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**, aprobada por el Honorable Consejo Universitario, el 14 de Julio del 2015, cumpla con informar que la ejecución del mencionado Trabajo de Titulación, sus autores:

- 1) han respetado los derechos de autor correspondiente al tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
- 2) han aplicado correctamente el manual de estilos de la Universidad Andina Simón Bolívar del Ecuador,
- 3) las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados,
- 4) el trabajo posee suficiente argumentación – científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado, y mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento no vinculante para los fines legales pertinentes.



Ing. Alexandra Córdova

REVISORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, a mi familia, amigos y catedráticos que han hecho posible que pueda realizar esta tesis.

Quiero agradecer especialmente a mi madre la Sra. **Ketty Balderramo** que con su apoyo incondicional han hecho que hoy por hoy pueda seguir adelante con mi carrera profesional y crecer como persona.

A mi hijo **Jeremy** por ser la personita que me impulsa a seguir hacia adelante y a esforzarme cada día más por lograr mis metas.

A mi compañero de vida y padre de mi hijo **Kelvin Vergara**, por ser la persona que ha estado a mi lado en los buenos y malos momentos.

A mis hermanos, **Diego y Carlitos**, a los cuales quiero mucho y para los cuales espero poder llegar a ser un ejemplo a seguir.

A mis queridos amigos con los cuales he compartido un aula y un gran espacio en mi vida y en mi corazón.

A los catedráticos que me han impartido sus conocimientos, los cuales me han servido y me servirán de guía en mi carrera profesional.

Les agradezco de todo corazón a todas estas personas por formar parte de mi vida.

Katherine Carranza Balderramo

DEDICATORIA

Dedico este triunfo de mi vida a **Dios**, por haberme dado la oportunidad de dar un paso más en mi vida profesional.

También dedico este triunfo a mi padre **Jorge Luis**, que ha estado a mi lado y me ha transmitido sus consejos y grandes enseñanzas a lo largo de mi vida.

A mi madre **Gladys Yolanda** por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera a mis hermanos **Gladys Jazmín, Jorge Luis, Lady Patricia, Jimmy Efrén, Johnny Medardo y Joselyn Sulay** por el apoyo que me han brindado en cada paso que he dado, también a **Carol Palacios** por darme siempre ese apoyo y el impulso de seguir adelante con todos mis propósitos.

Del mismo modo a mi tío **Efrén Pico** y la señora **Blanca Giler** por sus consejos que han sido de gran valor para mi vida profesional

A mis compañeros y profesores que han hecho de mí una mejor persona y un gran profesional a lo largo de mi carrera, a nuestro director de tesis el Mgs. **Santiago Quiroz** por la confianza que nos brindó para realizar este proyecto y culminación de mi carrera, que fue parte fundamental de nuestro proyecto

Estas personas que forman parte de mi vida y han estado de forma incansable dándome su apoyo y motivándome a ser una mejor persona y un gran profesional les dedico este triunfo.

Jefferson Pico Bravo

AGRADECIMIENTO

Al haber culminado el presente trabajo de investigación, queremos dejar constancia de nuestra infinita gratitud a:

Nuestros estimados docentes de la Universidad Técnica de Manabí que, quienes con sus conocimientos han ayudado a vencer las adversidades que se nos han presentado a lo largo de nuestra formación académica, y que estamos seguros que con sus enseñanzas nos seguirán iluminando nuestra carrera profesional.

Al Mgs. Santiago Quiroz Fernández, nuestro director de tesis, a quien le quedamos enormemente agradecidos desde el fondo de nuestros corazones, porque gracias a él es que hemos podido obtener este gran logro.

A las personas encargadas del Laboratorio de nuestra querida Universidad, la Ing. Virginia Sánchez y el Lic. Oswaldo García y al Ing. Diego Álvarez Jefe del Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Portoviejo, ya que gracias a ellos se pudieron realizar los diferentes análisis necesarios para la investigación.

A todas las personas que de una u otra forma nos han ayudado a culminar de forma satisfactoria nuestro trabajo de investigación.

Katherine Carranza Balderramo

Jefferson Pico Bravo

RESUMEN

El propósito del presente trabajo es determinar el índice de calidad de agua (ICA) del río Portoviejo en el puente Santa Cruz, Ciudadela La Paz y el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá del cantón Portoviejo. Esta investigación se considera desarrollar, debido a que el río Portoviejo siendo la principal cuenca hidrográfica de la provincia de Manabí, presenta múltiples problemas de contaminación por las diversas descargas de aguas residuales, así como de pesticidas y fertilizantes, además del deterioro de sus márgenes por el mal uso del suelo y asentamientos humanos no normalizados, por lo que es importante poder conocer bajo parámetros de la ciencia la calidad de agua que actualmente presenta y su grado de contaminación. De las muestras extraídas de los puntos de muestreo se obtuvo como resultado un total de 9 muestras compuestas, las cuales fueron analizadas entre los meses de noviembre y diciembre a las cuales se les determinaron los siguientes parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, fosfatos, nitratos y coliformes fecales. La determinación de estos parámetros es necesaria para realizar el cálculo del Índice de Calidad de Agua en los tres sectores del río Portoviejo.

Para la obtención del Índice de Calidad de Agua se utilizó una función ponderada multiplicativa (ICAm). Los resultados obtenidos muestran que el agua del río Portoviejo en el sector del Puente Santa Cruz presenta valores de Índices de Calidad de Agua entre 58 y 60% lo cual indica que este sector posee una calidad de agua regular, mientras que el sector de la Ciudadela La Paz y el sector del Puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá presentan valores entre 50 y 51% y entre 33 y 34%, lo cual indica que estos dos sectores poseen una calidad de agua mala, según la escala del Índice de Calidad del Agua del modelo propuesto por Brown y desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de Estados Unidos (NSF).

Palabras claves: calidad de agua, Índice de Calidad de Agua, río Portoviejo.

SUMMARY

The purpose of the present work is determine the quality index of water (ICA) of the Portoviejo River in Santa Cruz bridge, Citadel La Paz and the bridge June 5, Portoviejo canton parish Picoaza. This research is to develop, since the Portoviejo River being the main river basin in the province of Manabi, has multiple problems of contamination by various discharges of waste water, as well as pesticides and fertilizers, as well as the deterioration of its margins for misuse of the soil and human settlements non standardized, so it is important to know under the parameters of the science water quality currently presented and their grade of contamination. Of the samples from the sampling points resulted in a total of 9 compound samples, which were tested in the months of November and December to which were determined the following parameters temperature, hydrogen potential, turbidity, demand biochemistry of oxygen, dissolved oxygen, total dissolved solids, phosphates, nitrates and faecal coliform. The determination of these parameters is necessary for the calculation of the water quality index in the three sectors of the Portoviejo River.

To obtain the index of the quality of water was used a weighted multiplicative function (ICAm). The results show that the water of the river Portoviejo in the sector of Santa Cruz bridge presents values of Water Quality Indexes between 58 and 60% which indicates that this sector has a regular water quality, while the sector of the Citadel The Peace and the sector of the Bridge 5 June the parish Picoazá presented values between 50 and 51% and between 33 and 34%, which indicates that these two sectors have a quality of bad water, according to the scale of the Water Quality Index of the model proposed by Brown and developed by the National Health Foundation of United States (NSF).

Keywords: water quality, Water Quality Index, Portoviejo river.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. Delimitación del problema.....	6
2.1.1. Delimitación espacial	6
2.1.2. Delimitación del tiempo	6
2.2. Formulación del problema	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos	7
4. MARCO TEÓRICO	8
4.1. Agua superficial	8
4.2. Contaminación de los ríos en Ecuador.....	8
4.3. Factores contaminantes del agua de río	9
4.4. Enfermedades causadas por la contaminación del agua	10
4.4.1. Consecuencias de la contaminación de los ríos.....	10
4.5. Río Portoviejo con alta contaminación	10
4.6. Identificación de los factores problemáticos del río Portoviejo.....	11
4.7. Índice de Calidad del Agua general “ICA”	12
4.8. Estimación del índice de calidad de agua general “ICA”	13
4.9. Definición de la calidad del agua	16
4.10. Parámetros físicos y químicos	16
4.10.1. Temperatura	16
4.10.2. Sólidos	17
4.10.3. Turbidez.....	17
4.10.4. Potencial de hidrógeno (pH)	18
4.10.5. Nitratos.....	18
4.10.6. Fósforo	19
4.10.7. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	21
4.10.8. Oxígeno disuelto (OD).....	21
4.10.8.1. Porcentaje (%) de saturación.....	22

4.11.	Parámetro microbiológico	22
4.11.1.	Coliformes	23
4.12.	Aspectos generales sobre muestreo	24
4.12.1.	Representatividad de la muestra	24
4.12.2.	Técnicas de muestreo apropiadas	24
4.12.3.	Preservación de las muestras	24
4.12.4.	Tipos de muestras	24
4.12.4.1.	Muestra instantánea.....	24
4.12.4.2.	Muestra compuesta.....	25
4.12.4.3.	Muestra integrada.....	25
4.12.5.	Clases de muestreo.....	25
4.12.5.1.	Muestreo manual.....	25
4.12.5.2.	Muestreo automático.....	25
5.	VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DE ESTUDIO	26
6.	HIPÓTESIS	27
7.	VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN	27
7.3.	Operacionalización de las variables	28
8.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
8.1.	Tipo de investigación	30
8.2.	Método de investigación	30
8.3.	Técnicas.....	30
8.3.1.	Obtención del ICA.....	30
8.3.1.1.	Consideraciones para la toma de muestra.....	31
8.3.1.2.	Parte experimental	32
8.3.1.3.	Definición y selección de las muestras	32
8.3.1.4.	Puntos de muestreo	33
8.3.2.	Cálculo del índice de calidad de agua (ICA).....	34
8.3.3.	Análisis estadístico	35
8.3.4.	Instrumentos	36
8.4.	Recursos	36
8.4.1.	Humanos.....	36
8.4.2.	Materiales	36

8.4.3. Tecnologías.....	37
8.4.4. Equipos.....	37
8.4.5. Económicos	37
9. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	38
9.1. Resultados de la recolección de muestras	38
9.2. Análisis e interpretación de los resultados de la recolección de muestras .	41
9.3. Resultados de los índices de calidad del agua de los puntos de muestreo del río Portoviejo.....	68
9.4. Análisis e interpretación de los resultados del ICA en los puntos de muestreo	73
10. Conclusiones	74
11. Recomendaciones.....	76
PRESUPUESTO	77
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE LOS GRÁFICOS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

SEMANA # 1 DE MUESTREO

Gráfico 1. Medición de la temperatura.....	41
Gráfico 2. Medición de los sólidos totales disueltos	42
Gráfico 3. Medición de la turbidez.....	43
Gráfico 4. Medición del potencial de hidrógeno (pH)	44
Gráfico 5. Medición del oxígeno disuelto.....	45
Gráfico 6. Medición de los nitratos.....	46
Gráfico 7. Medición de los fosfatos	47
Gráfico 8. Medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	48
Gráfico 9. Medición de los coliformes fecales.....	49

SEMANA # 2 DE MUESTREO

Gráfico 10. Medición de la temperatura.....	50
Gráfico 11. Medición de los sólidos totales disueltos	51
Gráfico 12. Medición de la turbidez.....	52
Gráfico 13. Medición del potencial de hidrógeno (pH)	53
Gráfico 14. Medición del oxígeno disuelto.....	54
Gráfico 15. Medición de los nitratos.....	55
Gráfico 16. Medición de los fosfatos	56
Gráfico 17. Medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	57

Gráfico 18. Medición de los coliformes fecales.....	58
------------------------------------------------------------	-----------

SEMANA # 3 DE MUESTREO

Gráfico 19. Medición de la temperatura.....	59
----------------------------------------------------	-----------

Gráfico 20. Medición de los sólidos totales disueltos	60
--------------------------------------------------------------------	-----------

Gráfico 21. Medición de la turbidez.....	61
-------------------------------------------------	-----------

Gráfico 22. Medición del potencial de hidrógeno (pH)	62
-------------------------------------------------------------------	-----------

Gráfico 23. Medición del oxígeno disuelto	63
--------------------------------------------------------	-----------

Gráfico 24. Medición de los nitratos	64
---------------------------------------------------	-----------

Gráfico 25. Medición de los fosfatos	65
---------------------------------------------------	-----------

Gráfico 26. Medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	66
-----------------------------------------------------------------------------	-----------

Gráfico 27. Medición de los coliformes fecales.....	67
------------------------------------------------------------	-----------

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Gráficas de las curvas específicas de cada parámetro del ICA para la determinación de los Subíndices	84
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Anexo 2. Técnicas de análisis para la determinación de los parámetros químicos	95
---------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Anexo 3. Técnicas para la determinación del parámetro microbiológico	113
-----------------------------------------------------------------------------------	------------

Anexo 4. Normas de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua	119
----------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Anexo 5. Recolección de las muestras en los puntos de muestreo	122
-----------------------------------------------------------------------------	------------

Anexo 6. Materiales y equipos.....	124
-------------------------------------------	------------

Anexo 7. Análisis in situ y en laboratorio de las muestras tomadas.....	126
--------------------------------------------------------------------------------	------------

Anexo 8. Análisis estadístico.....	128
-------------------------------------------	------------

Anexo 9. Especificaciones de los equipos utilizados.....	136
-----------------------------------------------------------------	------------

INTRODUCCIÓN

Para establecer el nivel de calidad de las aguas, sin importar el uso que se les asigne, se debe iniciar con la toma de muestras adecuadas para la obtención de los resultados de los ensayos que permitirán adquirir indicadores de contaminación. Una vez que se analizan y procesan los datos, consecutivamente se transforman en un valor numérico, el cual permite la obtención de un sin número de índices que establecen el estado habitual de las aguas en función de unos niveles de calidades fijados según la normativa. Estos índices según el estudio realizar se pueden dividir en dos tipos biológicos y fisicoquímicos (Miliarium, 2005).

El propósito de determinar el Índice de Calidad del Agua del río Portoviejo y analizar las variaciones que existen del mismo a su recorrido en la ciudad de Portoviejo, nos permitirá conocer el grado de contaminación que existe en dicho sector y cuáles de los tramos tiene mayor afectación.

Para llevar a cabo el análisis del ICA se hace uso de una función ponderada multiplicativa, debido a que esta función es más precisa que la función aritmética y por tanto refleja con mayor exactitud un cambio de calidad de agua. La función multiplicativa consiste en multiplicar los subíndices de los 9 parámetros que son obtenidos de las gráficas para cálculo de Sub_i , una vez encontrados los valores en las gráficas, se procede a multiplicar dichos valores por sus respectivos pesos relativos en forma exponencial, y una vez obtenido los resultados se procede a multiplicarlos entre, de esta forma se obtendrá el valor numérico porcentual del Índice de Calidad en el punto muestreado. El valor obtenido puede ser verificado en la tabla de clasificación del ICA para conocer la Calidad del Agua.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo (INEC, 2010), señala que la provincia de Manabí se ubica en el tercer puesto en el país con la población más numerosa de habitantes, es así que tiene un total aproximado de 1.369.780 habitantes, esta provincia se encuentra ubicada en el centro de la región litoral y presenta una diversidad de ecosistemas naturales y playas que cumplen fundamentales contribuciones ambientales (Gobierno Provincial de Manabí, 2004).

La ciudad de Portoviejo, tiene una extensión territorial aproximada de 956 Km² y se encuentra ubicada en la región central de la provincia de Manabí, ubicación que se considera como ventajosa con respecto al espacio geográfico de los demás cantones de la región. Esta ciudad a pesar de encontrarse en una ubicación geográfica privilegiada, se ha visto envuelta en un problema de contaminación ambiental, debido a su tasa de incremento poblacional, teniendo como problemática principal la contaminación del río de dicha ciudad.

En Portoviejo, el río que cruza la ciudad para abastecerla de líquido vital a la población, sufre de manera discriminante por la gran cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos y muchos con orígenes patógenos, la contaminación de las aguas de este río no es novedad, se lo ha podido comprobar con una serie de análisis de laboratorios, tomando cuantiosas muestras de agua a lo extenso del río. Hay resultados cuantitativos confiables de análisis de laboratorio que muestran que desde muchos años atrás hay contaminación química en iones cloruros, diversas presentaciones de nitrógeno en el agua, material orgánico en descomposición, diferentes formas de sólidos presentes en el agua, entre otros (El Diario, 2012).

La población de algunos sectores por donde atraviesa el río Portoviejo, utilizan el agua para riego de cultivos, para consumo y para otras tareas domésticas, lo cual es una señal de alerta debido a que es una fuente de agua con un nivel de contaminación que se desconoce, pero que se presume que es bastante elevado.

La vida acuática del río Portoviejo se ha visto afectada por la contaminación, ha ido perdiendo con el paso del tiempo su gran diversidad de especies. La salud de la población también ha sido afectada por enfermedades generadas debido al consumo de agua o por contacto directo con ella.

Entre las causas principales que ocasionan estos inconvenientes son el mal manejo de aguas servidas, agroquímicos, desechos sólidos, desechos biológicos, entre otros. Estos aditivos que son desalojados de manera imprudente, deterioran la calidad del agua y aumenta el menoscabo constante que hacen de este recurso inutilizable y mucho peor causante de grandes problemas de salud para sus habitantes, entre estos contaminantes está el vertimiento de aguas residuales que contienen desperdicios biológicos, detergentes, aceites, agroquímicos, residuos de camales, residuos industrias, proveniente de mecánicas, entre otras sustancias que son altamente tóxicas para vida acuática y todo ser vivo que se sirva de ella.

Con la finalidad de solucionar gradualmente el problema de contaminación de agua del río Portoviejo, se ha estado trabajando en él realizándose hace pocos años un dragado para la eliminación de múltiples contaminaciones además de eliminar el exceso de sólidos que año tras año se han incorporado al río, por obvias razones y se han elaborado planes de contingencia para evitar el desalojo de contaminantes de todo tipo, además de reforestación para evitar la erosión y la destrucción de sus riveras. Además de estos proyectos, existen otras entidades que están ayudando a eliminar el problema de la contaminación del río, como es el caso de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo que realizó un diagnóstico de las conexiones clandestinas y comenzó a ejecutar un proyecto de mitigación al problema de contaminación del agua del río Portoviejo, el Departamento de Conservación de la misma institución elaboró un programa para que las escuelas que se encuentran en el trayecto del canal de riego que conduce el agua a Cuatro Esquinas, realicen tareas de mitigación y a cambio la empresa le construye obras sanitarias (La Hora, 2009).

El presente trabajo de investigación se realiza con el propósito de dar a conocer a la población el nivel actual de contaminación que posee el río Portoviejo mediante la medición del Índice de Calidad de Agua (ICA), ya que se ha comprobado que hasta el año 2014 se produjeron fuertes niveles de contaminación en diferentes sectores del río, por la descarga de coliformes y excrementos fecales, los cuales exceden los 5.000 NMP de coliformes fecales (El Universo, 2014), estos niveles están fuera de las Normas para la preservación de la flora y fauna en un cuerpo de agua dulce, lo cual hace necesario realizar un estudio que determine el Índice de Calidad de Agua en el río Portoviejo, de manera esto contribuya al bienestar de la población y al cuidado de los recursos naturales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador existe una gran cantidad de fuentes naturales de agua que poseen un ICA poco admisibles para su uso o consumo. Producto de esta contaminación las empresas de agua y Organizaciones no gubernamentales, han demostrado altos grados de contaminación orgánica relacionada a la presencia de coliformes fecales y sedimentaciones originadas por las áreas deforestadas (Blog de Agua Ecuador, 2012).

Las cuencas hidrográficas del Ecuador han sido afectadas debido a sin número de contaminantes orgánicos e inorgánicos disminuyendo así la calidad de vida de la personas, provocando en la salud, afecciones de origen gastrointestinal, dermatológico y afecciones renales, además de afectar la flora y fauna, de manera irreparable. Estos problemas se derivan del poco respeto, conocimiento y cultura de los habitantes cercanos a las cuencas de estos ríos, que de manera irresponsable destruyen la calidad del agua, obligando así a las autoridades a ejercer medidas de remediación y prevención de contaminación de fuentes naturales de agua. A pesar de que existen dichas medidas, éstas en su mayoría no son ejercidas o aplicadas a tiempo, por lo cual la calidad del agua se ve inmersa en daños irreversibles.

El río Portoviejo presenta materia contaminante en diferentes sectores, es por ello que mediante esta investigación se desea analizar el Índice de Calidad de Agua en tres diferentes sectores del río Portoviejo, con lo cual se comprobará si existe o no un bajo nivel de Índice de Calidad de Agua en alguno de los tres sectores de muestreo. Los Índices de Calidad de Agua de bajo nivel poseen diversas sustancias contaminantes, derivadas de múltiples fuentes, que afectan la vida del ecosistema acuático, destruyendo de esta manera la diversidad de especies, debido a ello este problema infiere en la salud de las personas, ya que el agua en algunos casos no es idónea para una vinculación espontánea con ella.

La contaminación del río Portoviejo se debe a diferentes razones como por ejemplo: mal manejo de desechos orgánicos e inorgánicos por parte de la población, descargas de aguas residuales sin tratamientos previos al vertimiento

con el agua de río, descuido del río por parte de las autoridades y de la población, entre otros.

2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1. Delimitación espacial

El tema de investigación se desarrolló en tres diferentes sectores del río Portoviejo, el Puente Santa Cruz, Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá. Los análisis se realizaron en los laboratorios de Química y Microbiología de la Universidad Técnica de Manabí, y en el laboratorio de la Planta de tratamiento de agua residual de Portoviejo.

2.1.2. Delimitación del tiempo

El tiempo de desarrollo de esta investigación fue de Agosto de 2015 a Febrero de 2015.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel del índice de calidad de agua del río Portoviejo en el Puente Santa Cruz, en la Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá del Cantón Portoviejo?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General:

Analizar la variación del ICA del río Portoviejo en el Puente Santa Cruz, la Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá del cantón Portoviejo.

3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos requeridos para definir el ICA.
- Desarrollar los ensayos físicos, químicos y microbiológicos esenciales para establecer los parámetros que conforman el ICA.
- Establecer el ICA en el Puente Santa Cruz, en la Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá para evaluar la contaminación existente.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Agua superficial

Las aguas superficiales que están dentro de ésta denominación son las aguas de los ríos, lagos y arroyos. La calidad y la cantidad de agua superficial están relacionadas con la geografía, el clima y las actividades humanas. Por lo general este tipo de agua requiere una serie de tratamientos que resultan ser costosos y que además períodos de tiempo extensos para poder ser utilizada o consumida (Luz Edith Barba Ho, 2002).

4.2. Contaminación de los ríos en Ecuador

Los ríos en Ecuador poseen niveles de contaminación elevados debido a las acciones cotidianas que realiza el ser humano y que ocasionan una fuerte contaminación, tales como desde darse un simple baño hasta realizar actividades industriales, debido a que estos desechos son vertidos en los cuerpos de agua dulce que están ubicados en las diversas regiones del país.

A pesar de los grandes esfuerzos impulsados por el Estado y las diferentes Instituciones Ecuatorianas, es imposible frenar la mayoría de las actividades contaminantes.

Las empresas de agua que se encargan de analizar la contaminación producida en los cuerpos de agua dulce, demuestran que tienen altos grados de contaminación fecal y sedimentaciones provenientes de áreas industriales y deforestadas.

Las bacterias que forman parte de la composición de agua, ayudan a la descomposición de los desechos orgánicos, gracias a la ayuda que brindan estas bacterias los peces y plantas se pueden alimentar del producto descompuesto. De esta manera la actividad de estos seres vivos hacen que el oxígeno y el carbono regresen a la biosfera (Inspiraction, 2015).

4.3. Factores contaminantes del agua de río

Entre los principales factores contaminantes de ríos tenemos: Aguas residuales sin tratamiento previo que son vertidas en los ríos, despojos que demandan oxígeno principalmente materia orgánica, cuya descomposición produce la una falta de oxigenación dentro del agua.

Productos químicos tanto de uso industrial como caseros, como productos cáusticos, plaguicidas, entre otros diversos productos y sustancias (Blog Contaminación de ríos y arroyos, 2010).

El tipo de carga orgánica contaminante encontrada en el río Portoviejo favorece de manera preponderante condiciones de Eutrofia en los embalses del Sistema de Trasvase de Manabí, a continuación se presenta una tabla con los aspectos que generan diversos tipos de carga contaminante (Revista CENIC, Ciencias Biológicas 2010):

Tabla 1. Carga contaminante del río Portoviejo

Aspecto	Unidad	Carga contaminante
GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Basura generada	Toneladas/año	60600
Residuos orgánicos	Toneladas/año	43270
Lixiviados generados	m ³ /año	1080
DBO	kg DBO/año	10800
DQO	kg DQO/año	19440
SST	kg SST/año	540
(NO ₃ -)	kg (NO ₃ -)/año	27
(SO ₄ =)	kg (SO ₄ =)/año	22
AGUAS SERVIDAS		
Caudal generado	m ³ /año	20 millones
DBO	kg DBO/año	5 millones
DQO	kg DQO/año	14,2 millones
ST	kg ST/año	16,6 millones
Nitrógeno Total	kg/año	1,36 millones
Fósforo Total	kg/año	0,47 millones

Fuente: Revista CENIC, Ciencias Biológicas 2010.

Simbología: SST, Total Sólidos Sedimentables
ST, Sólidos Totales
DBO, Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO, Demanda Química de Oxígeno

4.4. Enfermedades causadas por la contaminación del agua

Se conocen muchas enfermedades provocadas por la contaminación de agua, como enfermedades epidérmicas, debido a que en las fuentes de agua contaminada albergan muchos insectos y bacterias que luego transmiten al ser humano enfermedades como el cólera, el dengue, filariasis, disentería bacilar y amebiana entre otras.

Los daños producidos en la salud de la personas, se da por el contacto directo con agua contaminada, estos dependen del contaminante y del uso que se le dé al agua, los más frecuentes son los provocados por el consumo directo de agua contaminada con organismos patógenos de aguas residuales los cuales se incorporan a esta mezcla, con o sin tratamiento (Aurora Adame Romero, 2010).

4.4.1. Consecuencias de la contaminación de los ríos

El daño que es producido en las fuentes hídricas en muchos casos es casi irreparable o tardan mucho en recuperarse de los desastres originados en ellas. Estos daños que son producto de la contaminación afectan la calidad del agua, es así que una fuente hídrica contaminada se puede distinguir debido a que pierde su biodiversidad alrededor del entorno acuático (Artículo del Blog verde).

De las múltiples consecuencias de contaminación derivadas por la mano del hombre se pueden destacar las siguientes:

- Pérdida de la flora y fauna que rodean los ecosistemas acuáticos, derivado de la toxicidad proveniente de remanentes industriales.
- Efectos nocivos que afectan el desarrollo de las diversas especies, debido a que su sistema inmunológico se debilita o no se desarrollan por completo.
- Especies envenenadas de otros ecosistemas debido al consumo del agua (Revista Ecología & Medio Ambiente, 2011).

4.5. Río Portoviejo con alta contaminación

Una investigación determinó la presencia de bacterias coliformes fecales en la parte baja de la cuenca, además de ello se han detectado nuevas especies

exóticas como la diversidad de macroinvertebrados que se han presentado en la parroquia Picoazá, todos estos problemas son producto del deterioro del agua del río Portoviejo (Ecuador inmediato, 2016). Desde su nacimiento, en la presa Poza Honda, hasta su desembocadura, en el Pacífico, diferentes desechos orgánicos e inorgánicos han provocado que el río Portoviejo sea un foco contaminación que acarrea muchas enfermedades. La cuenca del río comprende 132 km y sus aguas atraviesan los cantones Santa Ana, Portoviejo y Rocafuerte.

Los problemas de contaminación del río Portoviejo se dan con el sector agrícola de la región y la descarga de aguas negras desde las lagunas de oxidación, en el lugar donde se desalojan las aguas de estas lagunas se han realizado estudios que comprueban que existe un nivel de residuos fecales y coliformes de 1.200 NMP (Número Más Probable) y según estudios internacionales estos no deben de sobrepasar de 200 NMP (El Universo, 2014).

A estos problemas se suma el hecho de que muchas familias tienen conexiones de tuberías de aguas negras que van directamente a colectores pluviales.

4.6. Identificación de los factores problemáticos del río Portoviejo.

En las márgenes del río Portoviejo, se pueden observar deslizamientos causados por la socavación de orillas, las escorrentías de las quebradas y la deforestación, presentan un cuadro de riesgo y vulnerabilidad para las viviendas que se encuentran establecidas en las áreas adyacentes.

Otro factor de riesgo lo representa la descarga ilícita de aguas servidas provenientes de las diferentes viviendas aledañas a la fuente de agua del río Portoviejo. Estas descargas dejan en el agua un sin número de contaminantes entre ellos los de tipo sólido que se sedimentan en el fondo del río y se descomponen paulatinamente dentro del mismo.

El agua que va a dar a las lagunas de oxidación no son tratadas en la forma adecuada debido a que se les aplica un tratamiento de Aguas Servidas de Clase 2, cuando en realidad estas corresponderían a una Clase 3 y 4, por lo que el tipo de

tratamiento debe de ser totalmente diferente para garantizar una descarga de agua residual confiable a las fuentes de agua.

Se ha comprobado que en las lagunas de oxidación solo se aplican tratamientos biológicos cuando deberían aplicar también tratamientos químicos para lograr estabilizar la contaminación del agua. A causa de que estos tratamientos no son aplicados como corresponden es que el río Portoviejo se sigue deteriorando cada vez más (El Universo, 2003).

4.7. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA”

El Índice de Calidad del Agua (ICA) se utiliza para mostrar el grado de contaminación del agua en el periodo de tiempo del muestreo y se denota como porcentaje del agua pura; de manera que, entre más cercano sea el valor del ICA al cero por ciento el agua estará más altamente contaminada, mientras que entre más cercano sea el ICA al 100 en mejores condiciones se encontrará la calidad del agua (Semarnat, 2000).

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown en 1970 es una versión modificada del Water Quality Index “WQI” que fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), mediante el uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rands Corporation’s” (Ball y Church 1980).

El ICA sirve para definir mediante un valor numérico la calidad del agua que se encuentra definida dentro de un rango determinado. Los parámetros requeridos para definir el ICA servirán para evaluar los diversos aspectos del agua.

Para el estudio del Índice de Calidad del Agua en diferentes puntos o tramos de un cuerpo de agua el modelo del ICA propuesto por Brown es el más utilizado. Sirve para hacer comparaciones de calidad de agua entre los diferentes tramos del cuerpo de agua.

Según el Índice de Calidad del Agua general se utilizan 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 ml)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Turbidez (en NTU)

El número de parámetros que se utilizan para determinar el ICA pueden variar dependiendo de los aspectos a considerar en el estudio de la calidad del agua que la persona desee obtener.

4.8. Estimación del índice de calidad de agua general “ICA”

Para la estimación del “ICA” existe una tabla con la clasificación de la calidad del agua según el valor obtenido del ICA. Esta tabla de la clasificación del ICA fue propuesta por Brown y consta de 5 clasificaciones con un determinado color aparente del agua y un determinado rango de valores.

Según la clasificación entre más acerque el ICA al 100%, de mejor calidad será el agua, por lo contrario entre más bajo es el valor obtenido del ICA, de más baja calidad es el agua y aumenta su contaminación.

Tabla 2. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91-100
Buena		71-90
Regular		51-70
Mala		26-50
Pésima		0-25

Fuente: Tabla clasificación del ICA - Brown, 1970.

Las aguas de categoría buena y excelente poseen una gran diversidad de la vida acuática, y puede ser destinada a cualquier uso.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” poseen en nivel más bajo la diversidad acuática y puede ser notorio un nivel de eutrofización.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” atraviesan probablemente un cierto grado de contaminación y mantienen un nivel bajo de diversidad de la vida acuática.

Las aguas con un “ICA” que se encuentran en categoría “Pésima” poseen un cierto número limitado de formas de vida acuática, esto se debe a que este tipo de agua posee un alto nivel de contaminación y es inadecuada para cualquier contacto con ella.

Para obtener el ICA es necesario obtener los resultados de las mediciones de los parámetros a utilizar para el desarrollo del mismo.

El desarrollo del “ICA”, con métodos multiplicativos y ponderados con la asignación de pesos específicos se debe a Brown.

Para calcular el Índice de propuesto por Brown se puede hacer uso de una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA_a) (ecuación 1) o usar una función ponderada multiplicativa (ICA_m) (ecuación 2). Las cuales presentamos a continuación:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (2)$$

Donde:

w_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que al sumar sea igual a uno.

Sub_i: Subíndice del parámetro i.

Para determinar el valor del “ICA” es necesario sustituir los datos en la ecuación en cualquiera de las dos ecuaciones a utilizar, también es necesario previo a la sustitución de valores, obtener los Sub_i de distintas gráficas (Servicio Nacional de Estudios Territoriales).

Si se hace uso de la ecuación 1, una vez obtenidos todos los valores de los Sub_i y habiendo sido multiplicados por sus respectivos pesos relativos, se puede proceder a sumar los 9 valores de esta forma se obtendrá el valor del ICA.

Si se hace uso de la ecuación 2, una vez obtenidos todos los valores de los Sub_i y habiendo sido multiplicados de forma exponencial por sus respectivos pesos relativos, se puede proceder a multiplicar los 9 valores de esta forma se obtendrá el ICA.

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 3. Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	Sub_i	w_i
1	Coliformes fecales	0,15
2	pH	0,12
3	DBO5	0,10
4	Nitratos	0,10
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos totales	0,08
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Para calcular los valores de los Sub_i del Índice de Calidad del Agua General se deben representar los valores en las gráficas de las curvas específicas designadas a cada parámetro físico, químico y microbiológico (ver anexo # 1).

4.9. DEFINICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para determinar el grado de contaminación del agua existen diversos ensayos, métodos y muchos factores que pueden ayudar a la estimación de la calidad del agua, así en base a su nivel de contaminación se podrá definir la calidad de agua.

A través del tiempo se implementado muchas formas de analizar e interpretar resultados de las características del agua debido al extenso uso y demanda de dicho recurso.

La calidad del agua depende en la mayoría de los casos, de la mano del hombre de manera directa o indirecta. La descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas:

- i) Midiendo variables físicas que conforman parte del aspecto estético del agua (turbiedad, sólidos totales, color, etc.), y las químicas (pH, acidez, etc.) o biológicas que estudian la contaminación orgánica (bioensayos)
- ii) Haciendo uso de un índice de calidad del agua.

Ambas formas son adecuadas, las mediciones que se requieren se pueden realizar en el campo de estudio o en el laboratorio, dando como resultado varios tipos de datos que son necesarios interpretar para poder obtener un resultado final acerca de la calidad del agua (Carlos Alberto Sierra Ramírez, 2011).

4.10. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Son 9 los parámetros a utilizar para la medición del Índice de Calidad del Agua general, entre estos 9 parámetros a usar 8 son parámetros físicos y químicos, estos 8 parámetros se estudiarán a continuación:

4.10.1. Temperatura

La temperatura del agua es un elemento importante, debido a que una alteración de temperatura podría afectar la composición del agua, esto afectaría de

manera directa la flora y fauna que rodea al cuerpo de agua. Es por ello que se considera un parámetro de importancia en la medición de la calidad del agua.

4.10.2. Sólidos

Por definición, los sólidos contenidos en el filtrado que pasan a través de un filtro poseen un tamaño de poro nominal de 1,2 μm o menos y estos se clasifican como disueltos (Metcalf & Eddy, 2013). Estos sólidos pueden ser sustancias orgánicas o inorgánicas solubles en agua y que no son retenidas en material filtrante como ya se mencionó (NMX-AA-034, 2001).

Existen dos tipos de sólidos presentes en el agua los sólidos disueltos y los sólidos sedimentables, la mezcla de ellos se la denomina sólidos totales.

Los sólidos sedimentables se definen como todo material que se encuentra suspendido momentáneamente y gracias a su peso en estado de reposo desciende al fondo del recipiente estas pruebas se realizan en laboratorios con ayuda de un recipiente llamado como imhoff donde se coloca una cantidad de muestra determinada durante 60 minutos y se mide en mg/l.

Los sólidos disueltos es una mezcla entre sólidos disueltos como minerales y gases disueltos para la determinación de esta prueba pasan por un filtrado a evaporación en una mufla a aproximadamente 600 °C y se pesa el residuo en una balanza y se obtienen los sólidos disueltos fijos (SDF) y por diferencia se determinan los sólidos disueltos volátiles (SDV).

4.10.3. Turbidez

La presencia de materia en suspensión o de dispersión coloidal forma parte de la turbidez materia visible que es determinada por un espectrofotómetro el cual envía un haz de luz, el cual mide la absorción en combinación con un proceso de difusión, cantidad de luz que atraviesa la muestra se mide en unidades nefelométricas (NTU). Existen diferentes tipos de sólidos que dan a la turbidez esa característica estética en el agua, entre ellos se pueden mencionar los siguientes: materia en suspensión, sólidos decantables, residuo fijo, total de sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

4.10.4. Potencial de hidrógeno (pH)

El término para expresar la acidez o la alcalinidad de cualquier compuesto en el tratamiento de aguas es de vital importancia ya que la calidad depende mucho el uso que se le pueda dar y los riegos ocasionados por el factor de acidez o alcalinidad, el potencial de hidrógeno se encuentra definido como:

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

Se ha determinado una escala de entre 0 a 14, la escala de pH se considera de 0 a 7 como ácida y de 7 a 14 como un compuesto básico o alcalino.

Conceptualmente, el pH en fase acuosa se define como el logaritmo negativo de la actividad del ion hidronio (protón hidratado, H⁺): $\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$. Con esta definición no se puede deducirse directamente el procedimiento de medición de esta magnitud debido a que no es posible determinar de manera experimental la actividad de iones individuales.

La determinación del pH a una temperatura especificada, proporciona un valor relacionado con el nivel de acidez intrínseca de la muestra que se está examinando (NMX-AA-008, 2000).

Las variaciones de pH traen consecuencias dañinas para las moléculas, como la muerte de células, derivado de esto se ha podido definir los puntos extremos de acidez y alcalinidad los cuales son 4 y 11, respectivamente (Swingle 1961 & Calabrese 1969).

4.10.5. Nitratos

La forma oxidada del nitrógeno, nitratos, constituyen un factor de mucho en las aguas naturales, residuales y residuales tratadas, se presenta generalmente a nivel de trazas en el agua de superficie (NMX-AA-079, 2001). Cuando los nitratos exceden en el agua la cantidad de 10 mg/l, puede causar una enfermedad en los niños llamada metahemoglobinemia.

En el ambiente anóxico las bacterias desnitrificantes reducen nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) a nitrógeno gas (N_2), que después es liberado en la atmósfera, según se deduce con la ecuación 1 y que ha permitido identificar diferentes grupos con facultad de extra asimilar fósforo (Zou 2006; Carvalho 2007).



Una variable muy importante a tomar en cuenta cuando se desea eliminar nutrientes es el tiempo de retención de sólidos o retención celular, que es responsable del control del proceso biológico debido a que organismos acumuladores de fósforo requieren bajos valores de la variable limitando la eliminación biológica de nitrógeno, lo que se relaciona con un decrecimiento de las nitrificantes (Pai 2001; You 2003).

El origen de los nitratos en el agua puede ser muy variado las principales causas son los fertilizantes, agroquímicos y bacterias provenientes de las excreciones, por infiltración en el subsuelo que derivan hacia un reservorio de agua causada por pozos de desechos orgánicos clandestinos y sin ninguna protección de impermeabilidad.

Las lluvias provocan que haya una mayor cantidad de oxígeno en el agua al momento de ser consumidas y los nitratos se oxidan en mayor proporción a nitritos dando un mayor efecto tóxico sobre el hierro de la hemoglobina.

4.10.6. Fósforo

El fósforo es un compuesto fundamental para el desarrollo natural de las plantas pero el exceso de este compuesto tan importante en la nutrición de las plantas, provoca muchos inconvenientes al momento de intentar dar un tratamiento de mejora al cuerpo de agua que lo requiere. Este compuesto provoca una acumulación de plantas acuáticas excesivas, lo cual causa inconvenientes en la extracción del efluente para el proceso de potabilización.

Como antes se mencionó el fósforo se considera como un nutriente limitante de las plantas, debido a que los minerales de fósforo son escasamente solubles (James R. Mihelcic & Julie Beth Zimmerman, 2011).

El fósforo por lo general se presenta en el agua como fosfatos, existen varias clases de fosfatos como: ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados (NMX-AA-029, 2001).

Los ortofosfatos como PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ y H_3PO_4 , por ejemplo, los encontramos en el proceso metabólico y biológico sin que sea obligatoria una ruptura posterior.

El fósforo orgánico se puede encontrar en pocas proporciones en mayor parte de los residuos domésticos, pero hay una mayor afectación y cantidad de este elemento o los residuos industriales como agentes limpiadores concentrados.

Raramente es encontrado el fósforo en el agua en grandes concentraciones ya que son adsorbidos rápidamente por las plantas.

Los ortofosfatos son la forma de fósforo más frecuente en el agua, llamada también como fósforo aprovechable, ya que tiene la facilidad de disolverse en el agua y servir de nutriente para las plantas.

Los organismos acumuladores de glicógeno compiten por sustrato fácilmente biodegradable con el grupo de bacterias capaces de asimilar fósforo, bajo condiciones anaerobias sin extra asimilar ni liberar fósforo (Whang y Park, 2006).

En ríos, lagunas, esteros y demás aguas superficiales, la concentración de fósforo oscila normalmente entre 0,005 y 0,020 mg $PO_4\text{-P/L}$ y se puede encontrar en concentraciones mayores en medios marinos. En el agua subterránea, los niveles se aproximan a 0,020 mg $PO_4\text{-P/L}$.

4.10.7. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La DBO5 es una valoración de la cantidad de oxígeno requerida por una población microbiana heterogénea para lograr oxidar el material orgánico de una muestra de agua en un espacio de tiempo de 5 días (NMX-AA- 028, 2001).

Esta prueba se puede realizar en laboratorios incubando las muestras obtenidas en un periodo de 5 o 7 días se mide el consumo de oxígeno que ha sido consumida por los microorganismos y los datos obtenidos se miden en unidades de mg/l de oxígeno consumido.

El ensayo de DBO además de ser utilizada para estabilizar biológicamente la materia orgánica también se utiliza principalmente para:

- Medir la eficiencia de equipos usados en este tipo de procesos.
- Mediciones y comparaciones de la calidad del agua.

4.10.8. Oxígeno disuelto (OD)

Es una de las pruebas más importantes pero fácilmente de realizar, esta prueba nos da la facilidad de aproximar un estimado de la calidad de una muestra de agua se realiza esta prueba in situ para tener una aproximación más cercana al estado real del agua siendo así de vital importancia para la vida y reproducción de la flora y fauna presentes sin mencionar la aceptabilidad que debe cumplir este parámetro para consumo humano.

La cantidad de oxígeno es mayor en condiciones de temperaturas bajas y disminuye a temperaturas altas, este análisis se considera una prueba de control nos dará un aproximado sobre la calidad del agua que podría ser mala, pobre, regular y buena.

Es fundamental conocer los porcentajes de dilución en que se encuentra el Oxígeno, los peces pueden soportar la cantidad mínima de 4 mg/l de Oxígeno, durante grandes períodos de tiempo. La continuidad de exposiciones a niveles bajos de Oxígeno Disuelto es considerada como motivo de enfermedad en los peces (Snieszko 1973).

4.10.8.1. Porcentaje (%) de Saturación

Para calcular el porcentaje de oxígeno saturado, se debe utilizar una tabla que indique el valor del oxígeno disuelto medido en el agua y la temperatura a la cual se encuentra, de esta manera ubicando dichos valores dentro de la tabla se puede encontrar el porcentaje de saturación, en el punto en donde se cruzan ambos valores.

La tabla para la medición del porcentaje de saturación la veremos a continuación:

Tabla 4. Medidas para la determinación del porcentaje de saturación

OXÍGENO DISUELTO				
	0 ppm	4 ppm	8 ppm	
TEMPERATURA (°C)	2	0	29	58
	4	0	31	61
	6	0	32	64
	8	0	34	68
	10	0	35	71
	12	0	37	74
	14	0	39	78
	16	0	41	81
	18	0	42	84
	20	0	44	88
	22	0	46	92
	24	0	48	95
	26	0	49	99
	28	0	51	102
	30	0	53	106

Fuente: Carmen González Toro, octubre 2011

4.11. PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO

El parámetro microbiológico a analizar en el ICA son Coliformes fecales, para lo cual es necesario primero determinar los coliformes totales.

4.11.1. Coliformes

Los coliformes son producto de materia orgánica en descomposición, como la materia fecal, animales y plantas en estado de descomposición. Los coliformes son un indicador de materia fecal dentro de cualquier cuerpo o sistema de agua,

Los coliformes son un grupo heterogéneo que se puede llegar a encontrar dentro del cuerpo humano, se multiplica rápidamente cuando permanecen en los alimentos. Se distinguen dos tipos de coliformes: coliformes totales y coliformes fecales.

Los coliformes totales se desarrollan con o sin presencia de oxígeno, son bacilos Gram-negativos, pueden fermentar lactosa con producción de gas.

Los coliformes fecales, como su nombre lo indica son producto de materia fecal, al igual que los coliformes totales, están constituidos por bacterias Gram-negativas que producen gas debido a la fermentación de lactosa.

Ambos tipos de coliformes se los puede determinar a las 48 horas de incubación a una temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para coliformes totales y $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ para coliformes fecales.

Para la determinar la concentración microbiana en la localización de coliformes se puede utilizar la técnica del Número Más Probable (NMP) (CCAYAC-M-004, 2006), el cual es un método que se puede aplicar para la determinación del índice de calidad del agua (ver anexo # 3).

4.12. ASPECTOS GENERALES SOBRE MUESTREO

4.12.1. Representatividad de la muestra

Una muestra representativa debe ser aquella que muestre todas las características de su composición, aunque en muchos casos es difícil lograr tomar una muestra representativa de agua debido al sitio de muestreo, los cuales no son adecuados y dependerá mucho de la habilidad del investigador el poder determinar la manera y el lugar conveniente para realizar la toma de muestra.

4.12.2. Técnicas de muestreo apropiadas

Las técnicas de muestreo apropiadas deben ser lo más sencillas y fáciles de aplicar debido a que si son técnicas complejas pueden dificultar la forma de muestreo, un muestreo apropiado aseguran el éxito de los resultados. La muestra tomada debe representar al medio del que proviene, de manera que se deben de realizar tomas de muestras lo más frecuentemente posible (Jean Rodier, 1981).

4.12.3. Preservación de las muestras

En algunos casos es importante contar con un sistema de refrigeración que conserve en condiciones adecuadas las muestras. Debido a que en ciertas ocasiones las propiedades de una muestra pueden alterarse a medida que pasa el tiempo. La preservación de una muestra depende de varios factores y del tipo de parámetro a analizar, es por ello que antes de tomar una muestra es necesario prever las circunstancias a las cuales será sometida la muestra.

4.12.4. TIPOS DE MUESTRAS

Los tipos de muestras más comúnmente utilizados en el análisis de ríos, son las muestras instantáneas, compuestas e integradas.

4.12.4.1. Muestra instantánea

Este tipo de muestra se recomienda cuando se desea representar las condiciones de corriente de un agua.

4.12.4.2. Muestra compuesta

La muestra compuesta es adecuada cuando existe cierta variabilidad en la composición del agua. Estas muestras se toman de forma aleatoria con respecto al tiempo o al flujo, son una composición de muestras individuales que en conjunto forman una muestra total.

4.12.4.3. Muestra integrada

Para obtener una muestra integrada es necesario tomar muestras puntuales en diferentes puntos o sectores simultáneos, la mezcla de estas muestras forman una muestra integrada.

4.12.5. CLASES DE MUESTREO

Para la toma de muestras es necesario elegir la clase de muestreo con el cual se va a proceder a la toma de muestra. Las formas de muestreos existentes manualmente o automáticamente

4.12.5.1. Muestreo manual

El muestreo manual por lo general es más recomendable para sitios donde es difícil el acceso, y para que el manejo de equipos sea más cómodo.

4.12.5.2. Muestreo automático

Este tipo de muestreo es recomendable cuando se toman muestras compuestas, debido a que para hacer la toma de muestras es en ocasiones necesario esperar un largo período de tiempo.

Este tipo de muestreo es más preciso, aunque pueden producirse inconvenientes en cuanto a las fallas del equipo (Carlos Alberto Sierra Ramírez, 2011).

5. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DE ESTUDIO

El alcance de estudio se enfoca a la obtención de un Índice de Calidad de Agua (ICA) con respecto al río Portoviejo. Los resultados de los análisis de agua realizados tienen como enfoque dar a conocer a la población en general la calidad de agua que posee el Río Portoviejo.

De la información obtenida acerca de la contaminación producida en el Río Portoviejo se estableció muestrear 3 puntos del mismo, contando con un total de 9 muestras compuestas. Estos puntos establecidos sirven para establecer mediante diferentes tipos de análisis, tanto físicos, químicos como microbiológicos, el Índice de Calidad de Agua (ICA) en los diferentes puntos de muestreo del Río Portoviejo.

6. HIPÓTESIS

- **Hipótesis general**

Un nivel cercano o igual al 0% en el análisis de la variación del Índice de Calidad de Agua significa que se trata de un tipo de agua elevadamente contaminada lo cual induce a una serie de enfermedades en las personas y un grave daño ecológico.

7. VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

7.1. Variable independiente

Índice de calidad de agua (ICA).

7.2. Variable dependiente

Nivel de contaminación del Río Portoviejo.

7.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable independiente: Índice de calidad de agua (ICA)

ABSTRACTO		CONCRETO		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica
El Índice de Calidad del Agua indica el grado de contaminación del agua expresado como porcentaje del agua pura.	Porcentaje de contaminación	Tipos de desechos contaminantes	¿Cómo se determina el porcentaje de contaminación del agua?	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica del ICA, con el desarrollo de ensayos de laboratorio
	Muestreo	Diferentes sectores del río.	¿Por qué es importante la toma de muestras en diferentes puntos?	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestras representativas, para obtener resultados reales del ICA.

Variable dependiente: Nivel de contaminación del Río Portoviejo

ABSTRACTO		CONCRETO		
Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnica
El río Portoviejo es un recurso acuífero muy importante en la provincia de Manabí, el cual actualmente se ha convertido en una sede de contaminación.	Calidad del agua del río.	Descarga de aguas residuales y otros materiales contaminantes.	¿Qué parámetros son necesarios para determinar la calidad de agua del río Portoviejo?	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales están sujetos a un plan de muestreo.
	Normas para prever la contaminación.	Normativa Ambiental del Ecuador: Recurso agua.	¿Qué criterios se aplica para determinar la calidad del agua del Río Portoviejo para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas?	<ul style="list-style-type: none"> • Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental y cuantitativo, se acudió al lugar de extracción de las muestras, las cuales fueron analizadas de manera cuantitativa para analizar la relación en el Índice de Calidad de Agua.

El diseño experimental que se aplicó fue de factorial de 3x3, con 3 repeticiones de cada ensayo, constituyendo 33 experimentos para la determinación de una variable. Para determinar el efecto de la variable independiente se realizaron ensayos de laboratorio y de campo de forma cuantitativa, y consistieron en análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras obtenidas de los puntos de muestreo.

8.2. Método de investigación

El método aplicado durante la investigación fue de tipo hipotético-deductivo, ya que mediante la experimentación se intentó comprobar la hipótesis planteada, obteniendo así los resultados acerca del problema expuesto.

Debido a que se trata de una investigación cuantitativa se aplicaron análisis estadísticos como la de valores comparativos de manera gráfica, la cual determina la diferencia de afectación entre un sector de muestreo con otro.

8.3. Técnicas

La técnica que se utilizó para el desarrollo de esta investigación fue de tipo experimental, la cual se describe a continuación:

8.3.1. Obtención del ICA

Materiales

Los materiales que se usaron para el desarrollo de la investigación fueron proporcionados por el Laboratorio de Química, Microbiología, Ecotoxicología y ambiente, de la Universidad Técnica de Manabí de la carrera de Ingeniería

Química, y del Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la ciudad de Portoviejo.

Las muestras de agua fueron obtenidas de cada sector del punto de muestreo, puente Santa Cruz, ciudadela La Paz y puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá.

Métodos

Los métodos utilizados para obtener el Índice de Calidad de Agua en cada sector de muestreo, consisten en obtener muestras compuestas de dichos puntos y luego someterlas a estudios físico-químicos y microbiológicos. Estas muestras compuestas fueron tomadas entre los meses de noviembre y diciembre, para lo cual se tomaron 3 semanas consecutivas de muestreo, tomando 1 día de cada semana para tomar las muestras en cada punto, la toma de muestras se realizó en un periodo de 12 horas tomando una muestra cada 2 horas, esto se lo realizó en base al caudal del río.

Los análisis físicos se realizaron en su mayoría de manera in situ, los químicos dentro del laboratorio siguiendo los procedimientos del manual de HACH para espectrofotómetro y el microbiológico se realizó mediante la técnica de tubos múltiples.

8.3.1.1. Consideraciones para la toma de muestra

Para la toma de muestras se deben de seguir las siguientes instrucciones:

- Se debe de portar con la indumentaria adecuada para la extracción y análisis de la muestra.
- Llevar envases que cuenten con la más alta asepsia, de ser posible nuevos, para evitar que la muestra se contamine antes de llegar al laboratorio.
- La muestra que se desea tomar debe ser representativa, y antes de tomarla se debe enjuagar el envase de 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear.
- Llevar el equipo o instrumento de campo que nos ayudará a medir parámetros físico-químicos.

- Los envases deben estar rotulados con el tipo de muestra que contenga, así se podrán evitar posibles errores en los análisis a efectuar.

8.3.1.2. PARTE EXPERIMENTAL

Para la investigación fue necesario realizar pruebas tanto en el lugar de investigación como en el laboratorio.

8.3.1.3. Definición y selección de las muestras

Nuestro campo de investigación abarca 3 puntos de muestreo, en el que se tomaron 9 muestras compuestas, es decir 3 muestras por cada semana, las cuales comprenden 3 tramos del río Portoviejo: Puente Santa Cruz, Ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la Parroquia Picoazá. Estos 3 puntos fueron seleccionados debido a que se consideraron posibles focos de contaminación.

Las muestras se tomaron en el lugar de descarga, realizándose en tres semanas consecutivas, tomando 1 día para cada punto de muestreo, en horarios de la mañana, de la tarde y de la noche, obteniendo un total de 9 muestras compuestas recolectadas. Se consideró los recursos del Laboratorio de: Aguas, Microbiología y Química de la carrera de Ingeniería Química y el Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la EPMAPAP¹ para realizarle a cada una de las muestras los siguientes análisis:

- pH, Temperatura, Sólidos disueltos totales (TDS), Oxígeno disuelto (OD).
- Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Nitratos (NO3), Fosfatos (PO4), Turbidez.

Para la toma de muestras fue necesario tomar las debidas precauciones utilizando las técnicas de muestreo mencionadas anteriormente, para evitar cualquier tipo de accidentes o posibles errores. La toma de muestras se realizó de manera instantánea para poder analizar los parámetros que pueden tener una variación hasta llegar al lugar de destino.

¹ Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo

Para poder recolectar la muestra fue necesario ubicarse en la mitad de la sección del punto a muestrear y en sentido contrario a la corriente del río, de esta manera se pudo realizar los análisis in situ como: pH, temperatura, oxígeno disuelto (OD), y TDS; estableciendo la fecha y hora exacto en el momento del muestreo.

Las muestras fueron envasadas en frascos plásticos debidamente rotulados con el nombre de la muestra puntual. Los envases utilizados para la toma de muestras fueron previamente lavados a fin de evitar una contaminación del envase con la muestra contenida. Después de lavados y antes de proceder a la toma de muestras se los enjuagó tres veces con el agua del punto a muestrear.

Se consideró tomar las muestras en intervalo de 2 horas debido a que algunas de las características del río se mantienen constantes y a fin de obtener resultados confiables.

El procesamiento analítico fue realizado en los Laboratorios pertenecientes a la carrera de Ingeniería Química así como en el Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la ciudad de Portoviejo.

Los equipos que se utilizaron para los análisis fueron: medidor multiparámetro de campo HQ40d, espectrofotómetro DR2700 HACH, turbidímetro, incubadora, probetas, pipetas, estufa, balanza analítica, tubos de ensayo, etc.

El análisis microbiológico de coliformes fecales se lo realizó utilizando la técnica del Número Más Probable (NMP), como lo estipula el ICA, los resultados presuntivos de este análisis se obtuvieron en las primeras 24 horas y luego se realizaron las pruebas confirmatorias, en las siguientes 24 horas. Únicamente se realizaron pruebas presuntivas y pruebas confirmatorias para determinar la presencia de coliformes fecales en el agua del río.

8.3.1.4. Puntos de muestreo

El punto número uno de muestreo es el puente Santa Cruz se encuentra ubicado en la ciudad de Portoviejo en la ciudadela 12 Marzo entre las calles 12 de

Marzo y P. Schumaker que se encuentra situados cerca al Colegio Uruguay y el Hospital Regional Verdi Cevallos la distancia del primer punto de muestreo hasta el segundo punto que se encuentra ubicada a la altura de la descarga al río del Alcantarillado Pluvial número 6 ciudadela La Paz tiene una distancia de 2, 5 Km.

El segundo punto se encuentra ubicado en la ciudad de Portoviejo en la ciudadela La Paz punto en donde se realizó el segundo muestreo que se encuentra ubicado a la altura de la descarga al río del Alcantarillado Pluvial número 6 del ya mencionado sector, situado detrás del Colegio María de la Merced.

El tercer punto de muestreo se encuentra ubicado río abajo a 100 metros después del puente 5 de Junio de la ciudad Portoviejo en la parroquia Picoazá siendo el último punto a analizar el que se encuentra a una distancia de 7,28 km del segundo punto correspondiente a ciudadela La Paz, dando un total de 9,78 km de la cuenca de río analizado en el periodo de recolección y análisis de las muestras, considerando los 3 puntos ya mencionados como posibles focos de aportadores de contaminantes (ver anexo # 5).

8.3.2. Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Una vez analizadas las muestras y obtenido los valores de cada una de ellas para cada parámetro del ICA, se procede a ubicar dichos valores en las curvas de los subíndices (Subi) de cada parámetro (anexo #1), como se verá a continuación en la figura del ejemplo 1.

Ejemplo 1: El valor del pH de una de las muestras analizadas es de 8,0, este valor se ubica en la abscisa de la gráfica de manera que el valor a encontrar se ubique donde choca la curva de la gráfica con el punto de la abscisa, de esta manera el resultado del subíndice se encuentra en la ordenada, dando como resultado un Subi con un valor de 20.

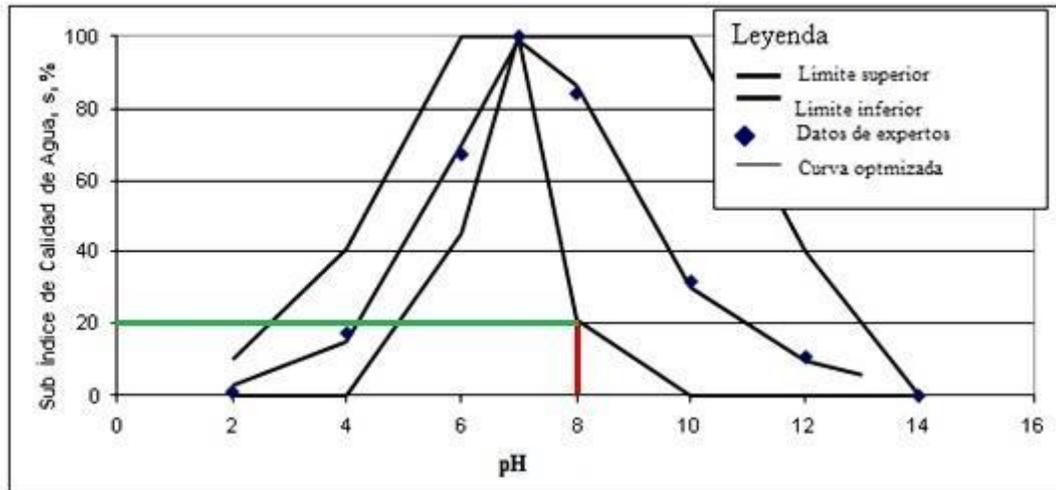


Figura del ejemplo # 1

De esta forma se obtiene un valor que deberá ser ubicado en la tabla del cálculo del ICA, para posteriormente ser multiplicado de forma exponencial por su respectivo peso relativo (ver tabla 3).

Finalmente una vez multiplicados los subíndices (Subi) de cada parámetro por sus respectivos pesos relativos (wi), se procede a multiplicar los nueve parámetros entre sí, como se ve a continuación:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) = (Sub_1^{w_1})(Sub_2^{w_2}) \dots (Sub_n^{w_n})$$

Donde:

w_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1.

Sub_i: Subíndice del parámetro i.

8.3.3. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las muestras analizadas en cada sector de muestreo, fueron sometidos a un análisis estadístico denominado ANOVA mediante el uso del software de Excel, para lo cual se utilizó la herramienta de análisis de datos llamada Análisis de varianza de un factor (ver anexo # 8). Los datos se evaluaron

en comparaciones por sector de muestreo, para determinar su variación en el transcurso de las semanas de muestreo.

8.3.4. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron durante el proceso de investigación fueron:

- Cuadros y gráficos estadísticos
- Cuaderno de apuntes
- Materiales de laboratorio
- Equipos de laboratorio (cabina de flujo laminar, espectrofotómetro, turbidímetro, incubadora, incubadora para DBO, estufa, autoclave, balanza analítica)
- Equipo de campo HQ40d
- Reactivos químicos
- Muestras de agua
- Frigorífico

8.4. Recursos

8.4.1. Humanos

- Docentes de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.
- Encargado del Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la ciudad de Portoviejo.
- Encargado del Laboratorio de Química de la Universidad técnica de Manabí

8.4.2. Materiales

9. Materiales de laboratorio

10. Materiales de oficina

11. Libros

12. Impresiones

8.4.3. Tecnologías

- Computadoras
- Cámara fotográficas
- Memorias USB
- Impresora
- Software: Excel

8.4.4. Equipos

- Cabina de flujo laminar
- Espectrofotómetro
- Turbidímetro
- Incubadora
- Incubadora para DBO
- Estufa
- Autoclave
- Balanza analítica
- Multiparámetro HQ40d

8.4.5. Económicos

La investigación tuvo un costo de \$773,20, valor que fue financiado por los autores de la misma.

9. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

9.1. Resultados de la recolección de muestras

Semana # 1

	Muestra compuesta #1	Muestra compuesta #2	Muestra compuesta #3	Rango admisible para la preservación de la flora y fauna
FECHA	16/11/2015	17/11/2015	18/11/2015	
HORA	7:00-19:00	7:00-19:00	7:00-19:00	
PUNTO DE MUESTREO	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio.	
Parámetros Físico-Químicos				
Temperatura	26,70 °C	28,40 °C	27,30 °C	Condiciones naturales + 3°C Máxima 32°C
TDS	95,0 mg/l	465,0 mg/l	527,0 mg/l	No muestra límites
Turbidez	48,0 NTU	50,0 NTU	70,0 NTU	No muestra límites
Ph	7,41	7,90	8,00	6, 5-9
Oxígeno Disuelto (OD)	7,42 mg/l	5,99 mg/l	4,56 mg/l	No menor a 5 mg/l
% de saturación de OD	97,29%	76,37%	56,43%	No menor al 60%
Nitratos (NO₃)	1,720 mg/l	1,870 mg/l	3,320 mg/l	No muestra límites
Fosfatos (PO₄³⁻)	0,23 mg/l	0,26 mg/l	0,56 mg/l	No muestra límites
DBO5	14,0 mg/l	16,0 mg/l	38,0 mg/l	No muestra límites
Parámetro Microbiológico				
Coliformes fecales	1300 NMP/100 ml	3000 NMP/100 ml	5200 NMP/100 ml	200 NMP/100ml

Simbología: TDS: Sólidos Totales Disueltos
 DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
 NTU: Unidades Nefelométricas
 mg/l: miligramo por litro
 ml: mililitro
 NMP: Técnica del Número Más Probable

Semana # 2

	Muestra compuesta #1	Muestra compuesta #2	Muestra compuesta #3	Rango admisible para la preservación de la flora y fauna
FECHA	23/11/2015	24/11/2015	25/11/2015	
HORA	7:00-19:00	7:00-19:00	7:00-19:00	
PUNTO DE MUESTREO	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio.	
Parámetros Físico-Químicos				
Temperatura	27,00 °C	28,32 °C	26,50 °C	Condiciones naturales + 3°C Máxima 32°C
TDS	98,0 mg/l	450,0 mg/l	518,0 mg/l	No muestra límites
Turbidez	45,0 NTU	51,0 NTU	68,0 NTU	No muestra límites
pH	7,35	7,68	8,40	6, 5-9
Oxígeno Disuelto (OD)	7,26 mg/l	6,13 mg/l	4,80 mg/l	No menor a 5 mg/l
% de saturación de OD	95,2%	75,86%	59,4%	No menor al 60%
Nitratos (NO₃)	1,530 mg/l	1,780 mg/l	4,20 mg/l	No muestra límites
Fosfatos (PO₄³⁻)	0,28 mg/l	0,35 mg/l	0,67 mg/l	No muestra límites
DBO5	15,0 mg/l	17,0 mg/l	42,0 mg/l	No muestra límites
Parámetro Microbiológico				
Coliformes fecales	1250 NMP/100 ml	3100 NMP/100 ml	5000 NMP/100 ml	200 NMP/100ml

Simbología: TDS: Sólidos Totales Disueltos

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días

NTU: Unidades Nefelométricas

mg/l: miligramo por litro

ml: mililitro

NMP: Técnica del Número Más Probable

Semana # 3

	Muestra compuesta #1	Muestra compuesta #2	Muestra compuesta #3	Rango admisible para la preservación de la flora y fauna
FECHA	30/11/2015	01/12/2015	02/12/2015	
HORA	7:00-19:00.	9:50 a.m.	10:15 a.m.	
PUNTO DE MUESTREO	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio.	
Parámetros Físico-Químicos				
Temperatura	27 °C	28,37 °C	27,80 °C	Condiciones naturales + 3°C Máxima 32°C
TDS	92,0 mg/l	420,0 mg/l	530,0 mg/l	No muestra límites
Turbidez	50,0 NTU	55,0 NTU	72,0 NTU	No muestra límites
pH	7,55	7,84	7,80	6, 5-9
Oxígeno Disuelto (OD)	7,54 mg/l	5,82 mg/l	4,32 mg/l	No menor a 5 mg/l
% de saturación de OD	98,87 %	72,02 %	53,46 %	No menor al 60%
Nitratos (NO₃)	1,630 mg/l	1,650 mg/l	5,450 mg/l	No muestra límites
Fosfatos (PO₄³⁻)	0,30 mg/l	0,43 mg/l	0,58 mg/l	No muestra límites
DBO₅	13,0 mg/l	17,5 mg/l	36,0 mg/l	No muestra límites
Parámetro Microbiológico				
Coliformes fecales	1310 NMP/100 ml	2800 NMP/100 ml	5400 NMP/100 ml	200 NMP/100ml

Simbología: TDS: Sólidos Totales Disueltos

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días

NTU: Unidades Nefelométricas

mg /l: miligramo por litro

ml: mililitro

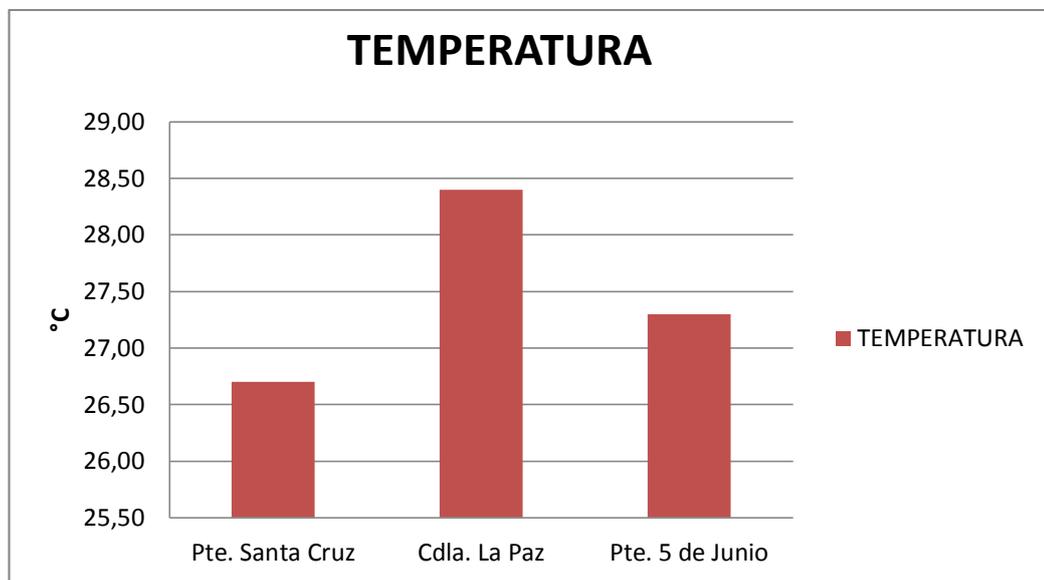
NMP: Técnica del Número Más Probable

9.2. Análisis e interpretación de los resultados de la recolección de muestras

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 1.

Medición de la Temperatura en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

Se puede observar que los niveles de temperatura en los diferentes puntos de muestreo no sobrepasan los límites admisibles para la vida de la flora y fauna en agua dulce (T.U.L.A.S², 2014).

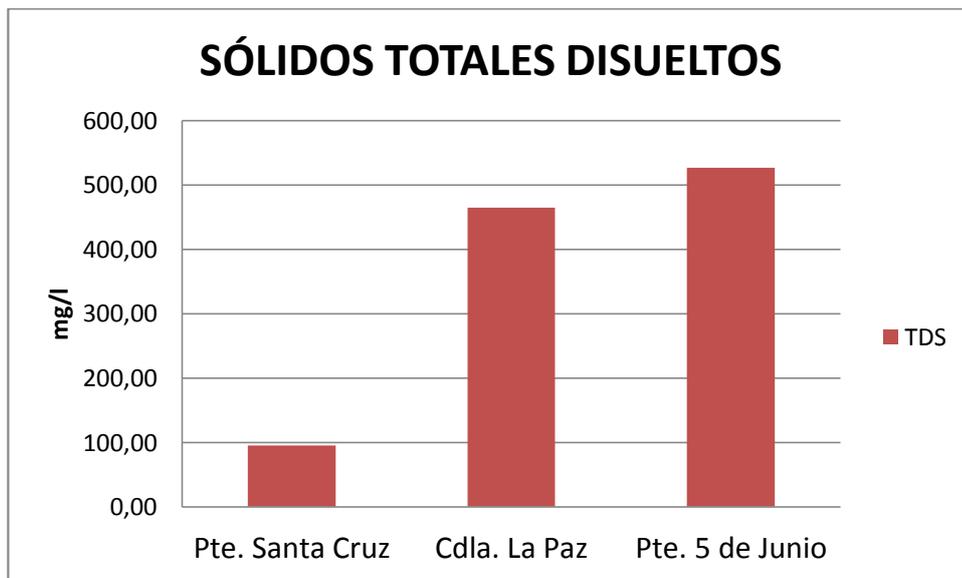
La temperatura registrada en los diferentes puntos no muestra una diferencia representativa importante para la preservación de especies.

² Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 2.

Medición de la Sólidos Totales Disueltos (TDS) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

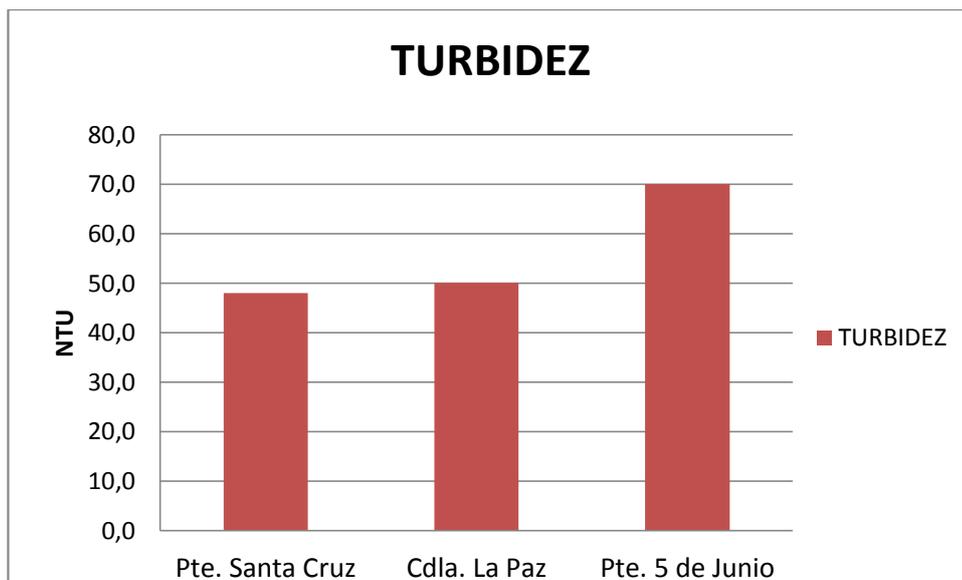
Análisis e interpretación

Este parámetro no muestra límites admisibles dentro de la Norma de Calidad de Ambiental y de Descarga de Efluentes (T.U.L.A.S, 2014), pero se puede notar que existe un nivel elevado de sólidos totales disueltos en los puntos de muestreo lo cual perjudica la calidad del agua en su sabor.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 3.

Medición de la Turbiedad en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

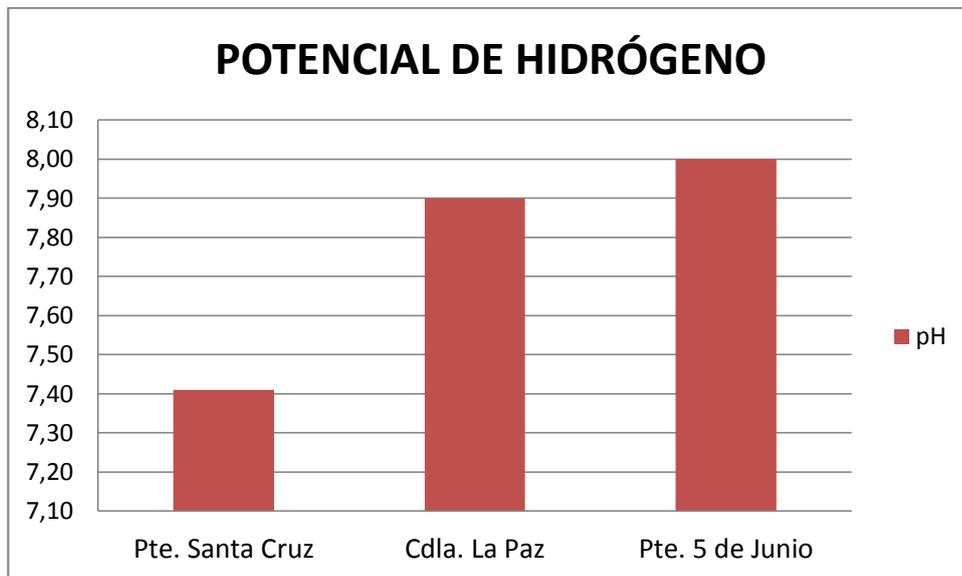
Según los criterios de calidad de las Normas de T.U.L.A.S, no existen límites aceptables estipulados.

El nivel de turbidez es elevado en el puente 5 de junio, en cuanto a presentación estética del agua, esto se debe a que existe un gran nivel de materia coloidal.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 4.

Medición del Potencial de Hidrógeno (pH) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

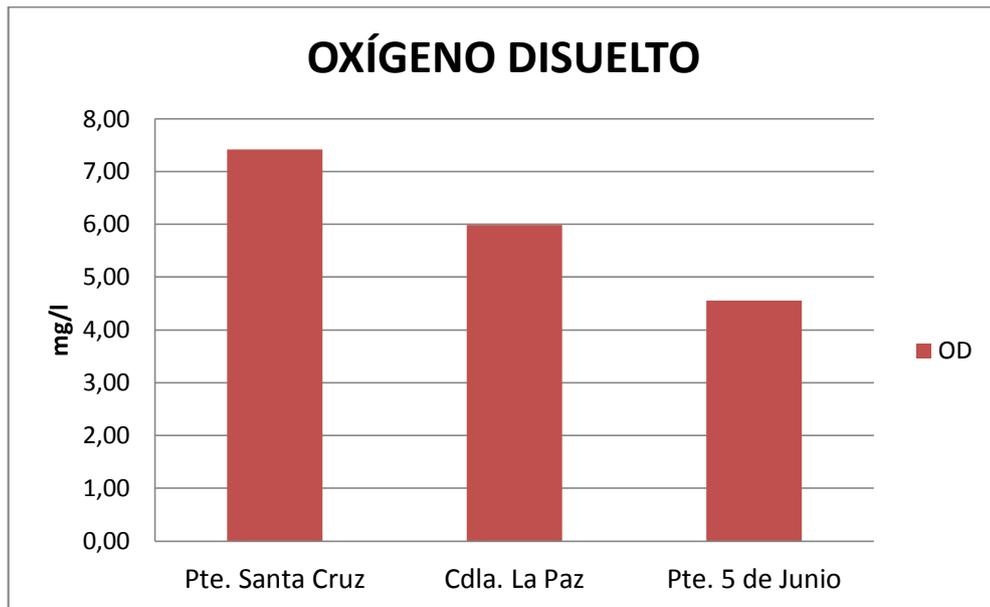
Este parámetro se encuentra dentro de los límites admisibles para la preservación de flora y fauna (T.U.L.A.S, 2014).

El pH en los 3 puntos se encuentra en un nivel un tanto alcalino, el nivel es más bajo en el puente Sta. Cruz, mientras que los otros dos puntos están un poco más elevados, pero no afecta a la calidad del agua.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 5.

Medición del Oxígeno (OD) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

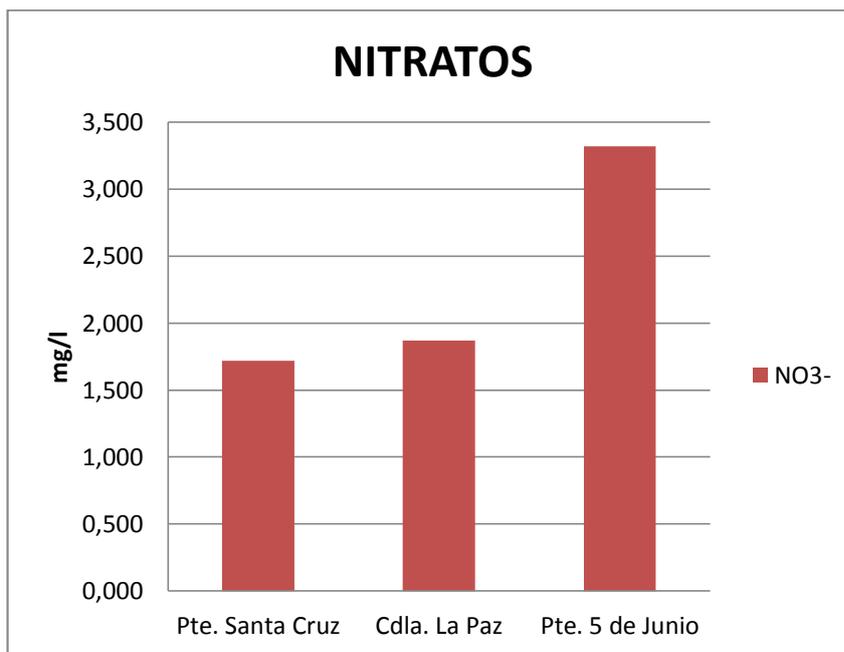
El Oxígeno Disuelto en 2 de los sectores de muestreo se encuentra en un nivel bastante aceptable por encima de 5 mg/l y no perjudica la calidad del agua, mientras que en el tercer punto el oxígeno disuelto se encuentra por debajo de 5 mg/l y no cumple con los límites permisibles de las Normas de T.U.L.A.S.

Con este nivel pueden desenvolverse la vida acuática y vegetal de forma natural en el sector del puente Santa Cruz y de la ciudadela La Paz.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 6.

Medición de Nitratos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

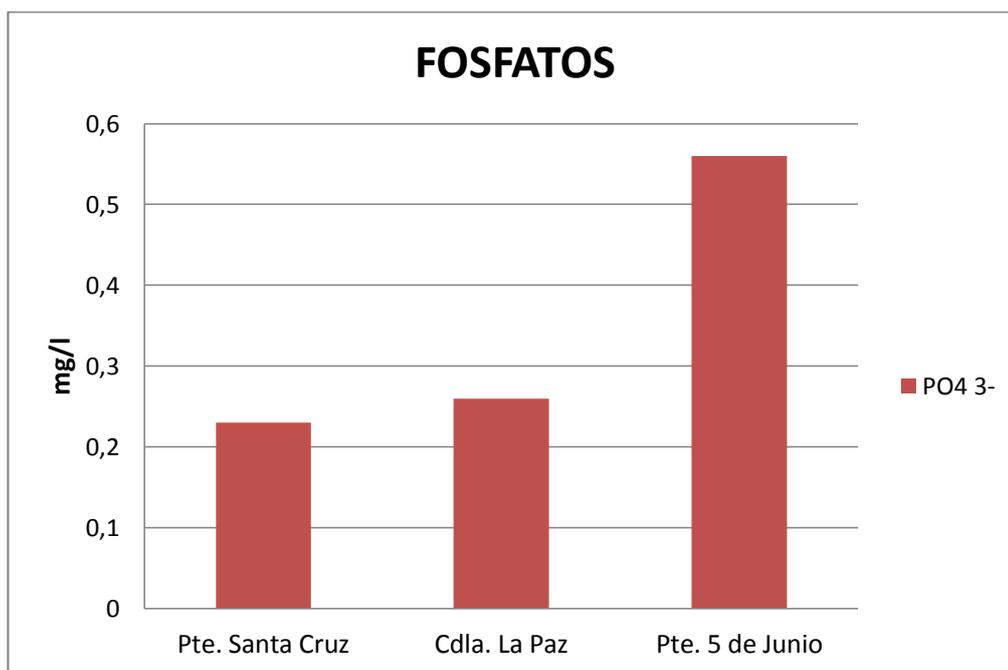
Según los criterios de calidad del para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, cálidas o marinas (T.U.L.A.S, 2014) no existen límites fijados para este parámetro.

El nivel de nitratos se encuentra un poco más elevado en el punto de muestreo del puente 5 de Junio, debido a las actividades desarrollas por el ser humano como el uso de agroquímicos o por las descargas de aguas residuales cercanas a la zona de muestreo.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 7.

Medición de Fosfatos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

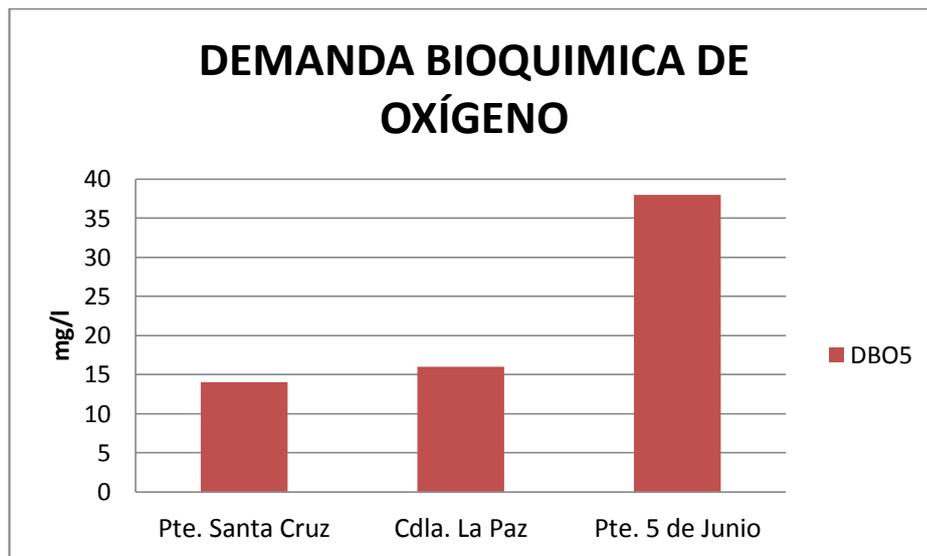
Para este parámetro no existen límites fijados en los criterios de calidad del agua para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, cálidas o marinas (T.U.L.A.S, 2014).

El nivel de fosfato se encuentra más elevado en el Puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, el nivel elevado en dicho punto puede ser atribuido a que existen zonas cercanas de descarga de aguas residuales.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 8.

Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

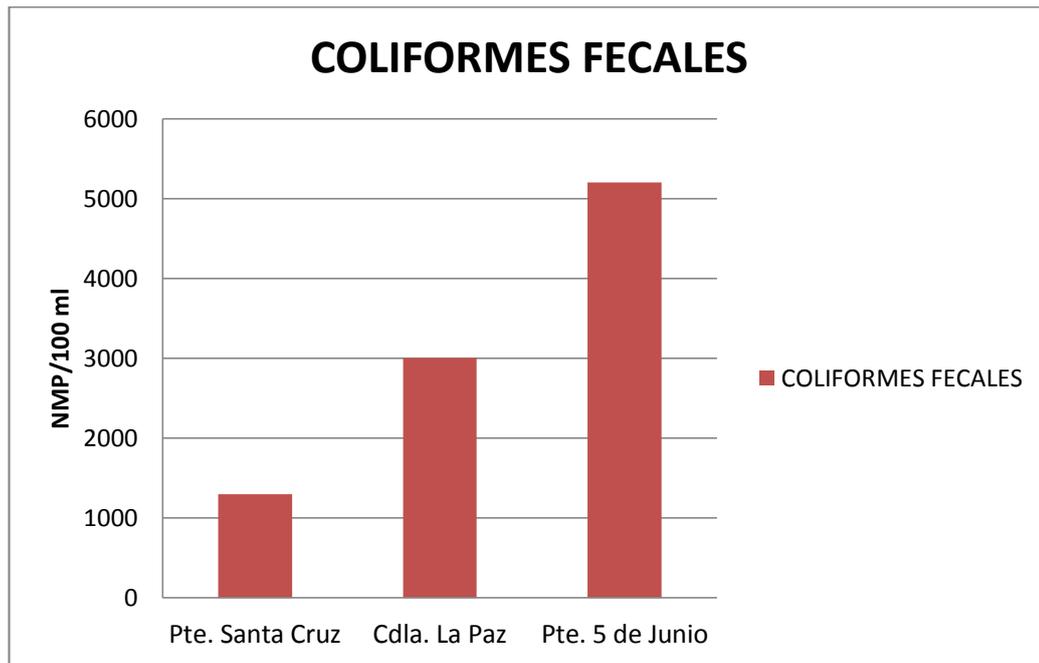
Análisis e interpretación

El nivel de DBO en el puente 5 de Junio es mayor lo cual significa que este punto requiere más oxígeno para mejorar la Calidad del Agua, debido a que existe una gran cantidad de materia orgánica presente en dicho punto, este parámetro no fija límites de calidad para el criterio relacionado con la protección de la flora y fauna.

Semana # 1 de muestreo

GRÁFICO 9.

Medición de Coliformes Fecales en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

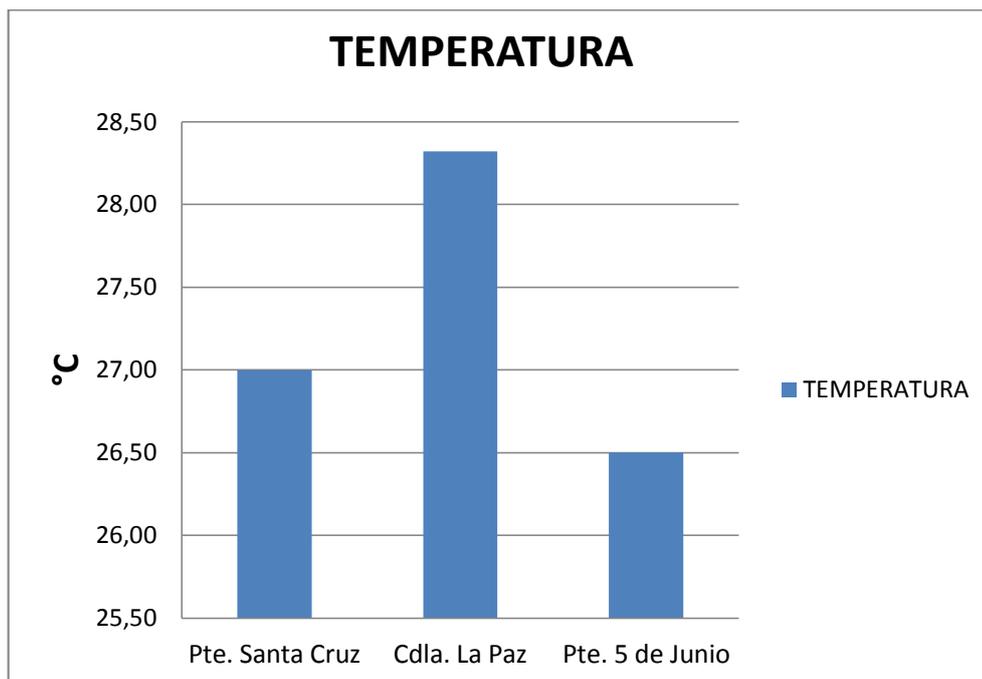
Análisis e interpretación

Este parámetro se encuentra fuera de rango en dos de los puntos de muestreo, pero el nivel más alto de coliformes fecales se encuentra en el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, este es un punto con alta contaminación fecal, según los criterios de calidad del agua (T.U.L.A.S, 2014), donde se menciona que el nivel máximo es de 200 NMP/ml y este punto tiene un nivel de 5200 NMP/ml; lo cual indica que no es apta para la vida acuática o silvestre.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 10.

Medición de la Temperatura en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

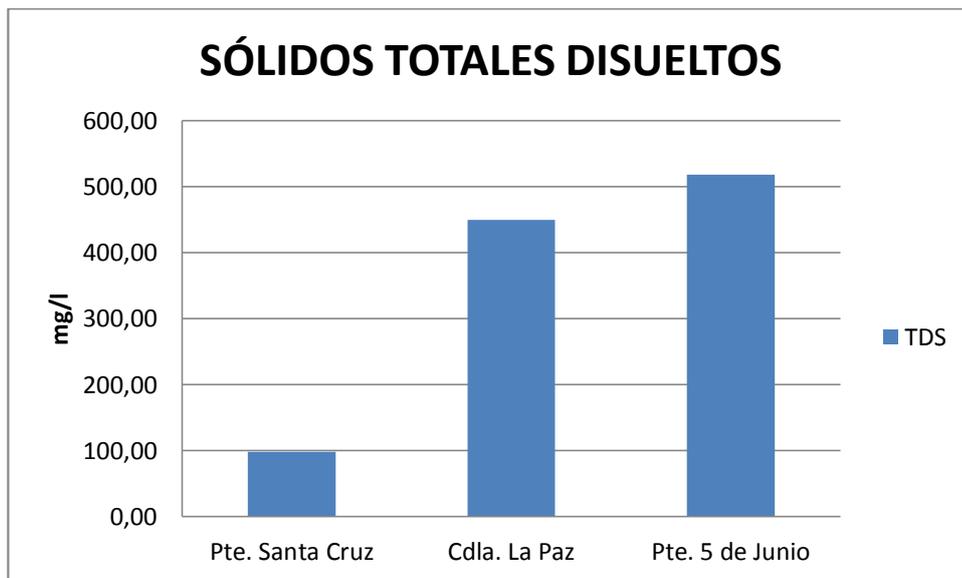
Este parámetro se encuentra dentro los límites admisibles para la calidad del agua y la preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, cálidas o marinas (T.U.L.A.S, 2014).

El nivel de temperatura se encuentra más elevado en el punto de muestreo de la ciudadela La Paz, pero no afecta en ningún aspecto a la calidad del agua.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 11.

Medición de la Sólidos Totales Disueltos (TDS) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

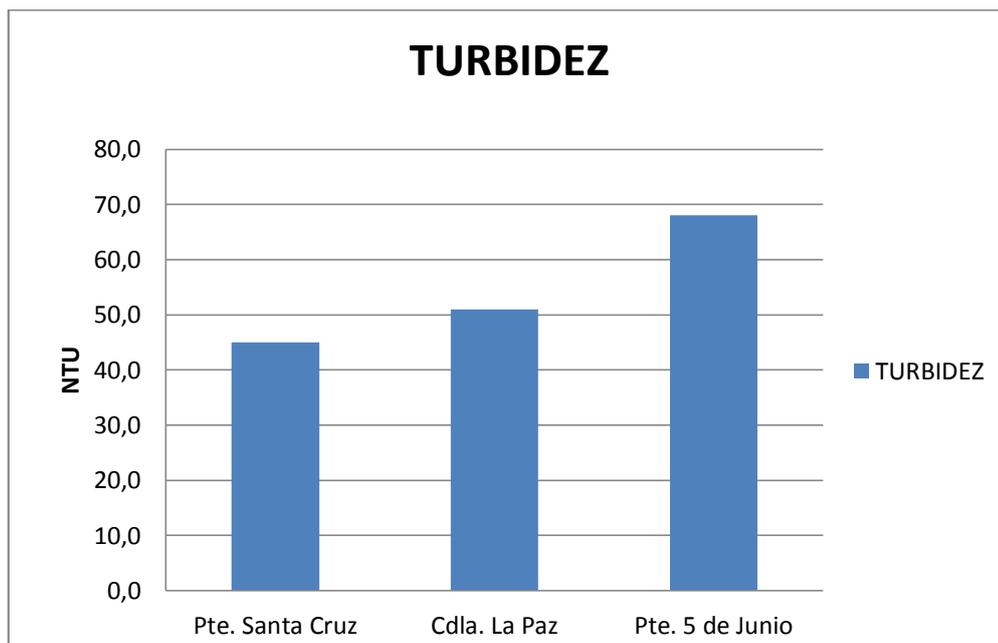
Análisis e interpretación

El nivel de los sólidos totales disueltos se ha mantenido elevado en los 3 puntos de muestreo y aunque no existen límites fijados según las normas de T.U.L.A.S, 2014), pero se puede notar que este nivel elevado afecta a la calidad del agua en su sabor. Los dos puntos más elevados son la ciudadela La Paz y el Puente 5 Junio.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 12.

Medición de la Turbidez en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

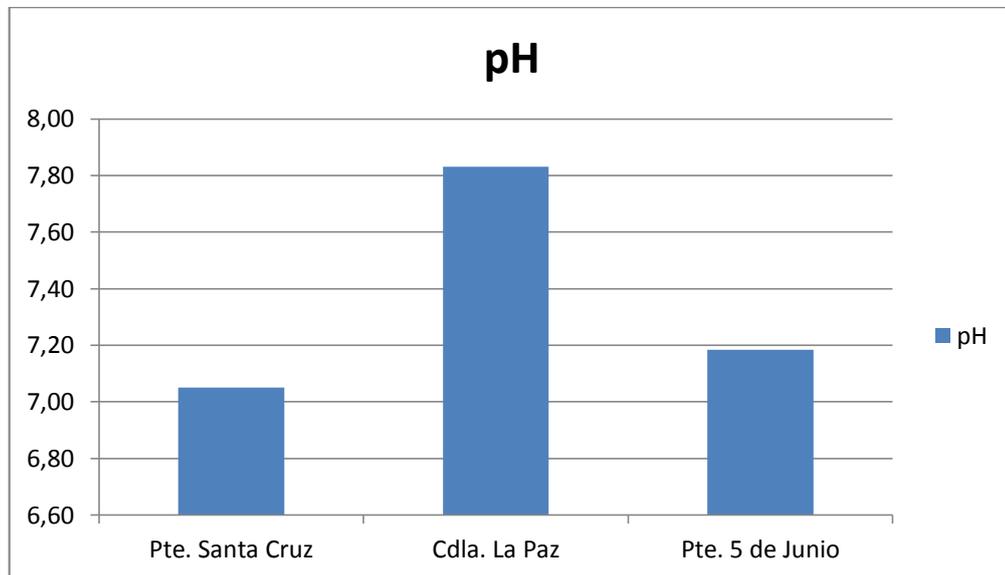
Análisis e interpretación

El nivel de turbidez elevado afecta a la calidad del agua en cuanto a la presentación estética del agua, el punto de muestreo que se encuentra mayormente afectado en comparación entre los otros dos puntos es el del puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, no hay límites fijados dentro de la Norma para este parámetro.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 13.

Medición del Potencial de Hidrógeno (pH) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

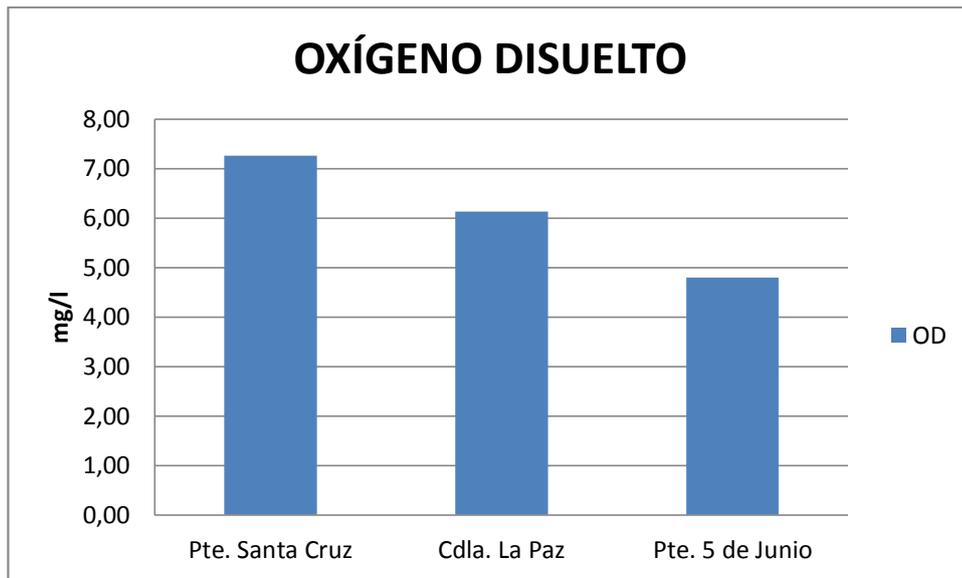
Este parámetro se encuentra dentro de los límites admisibles para la preservación de flora y fauna (T.U.L.A.S, 2014).

El pH en los 3 puntos se encuentra en un nivel un tanto alcalino pero no muestran una gran diferencia, por lo cual no afecta a la calidad del agua.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 14.

Medición del Oxígeno Disuelto (OD) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

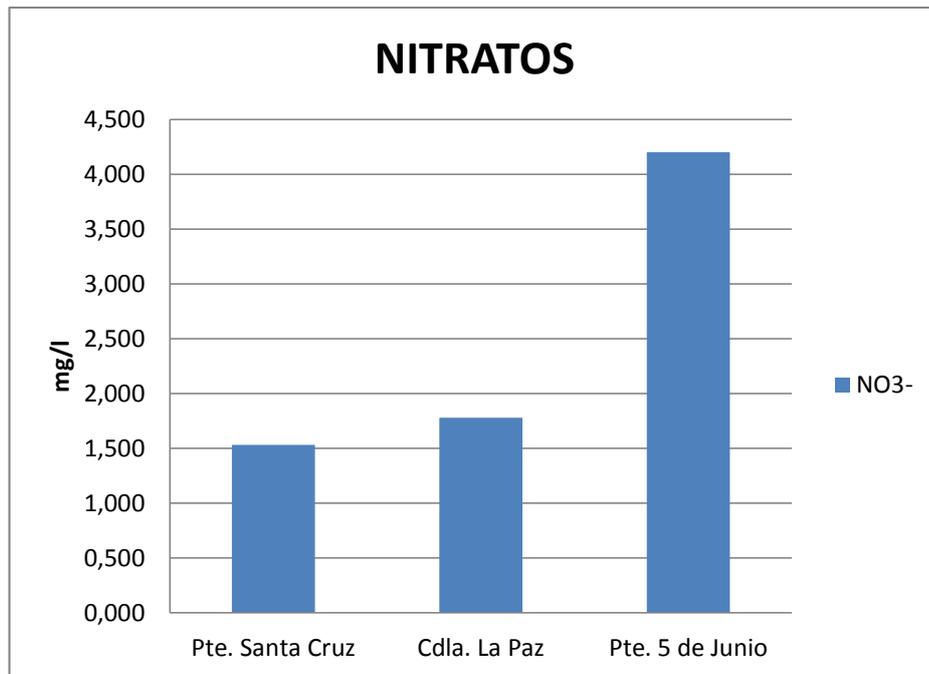
Análisis e interpretación

El Oxígeno Disuelto en dos de los puntos de muestreo se encuentra en un nivel bastante aceptable y no perjudica la calidad del agua, mientras que en el tercer punto de muestreo, puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, se encuentra en un nivel de riesgo para la calidad del agua, lo cual perjudica el desarrollo de la vida acuática y la vida silvestre según las normas de T.U.L.A.S (2014).

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 15.

Medición de Nitratos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

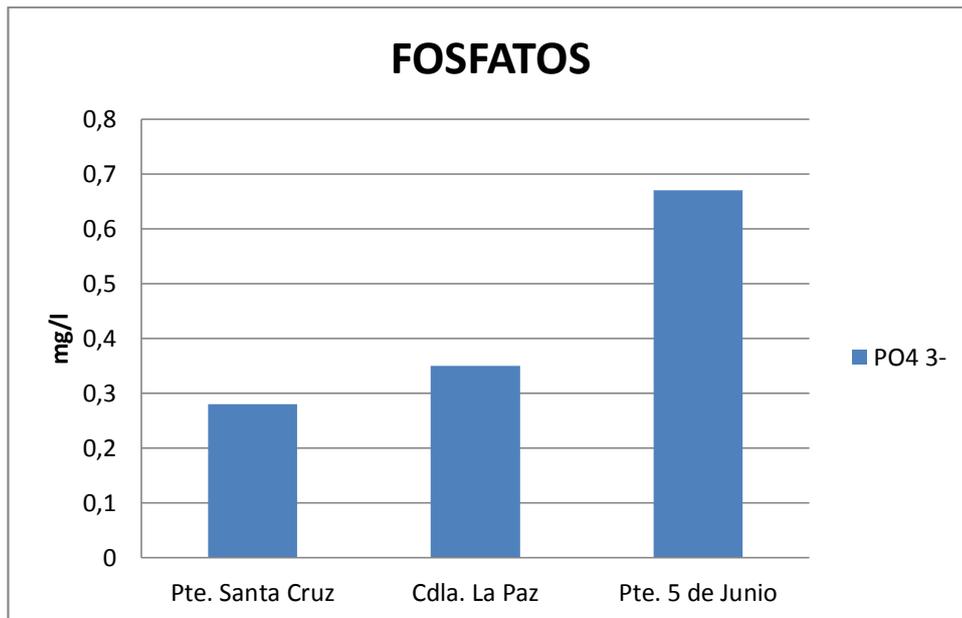
Según los criterios de calidad para la conservación de la vegetación y la vida animal (T.U.L.A.S, 2014), no existen límites fijados para este ensayo.

El nivel de nitratos se encuentra más elevado en el punto de muestreo del puente 5 de Junio.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 16.

Medición de Fosfatos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

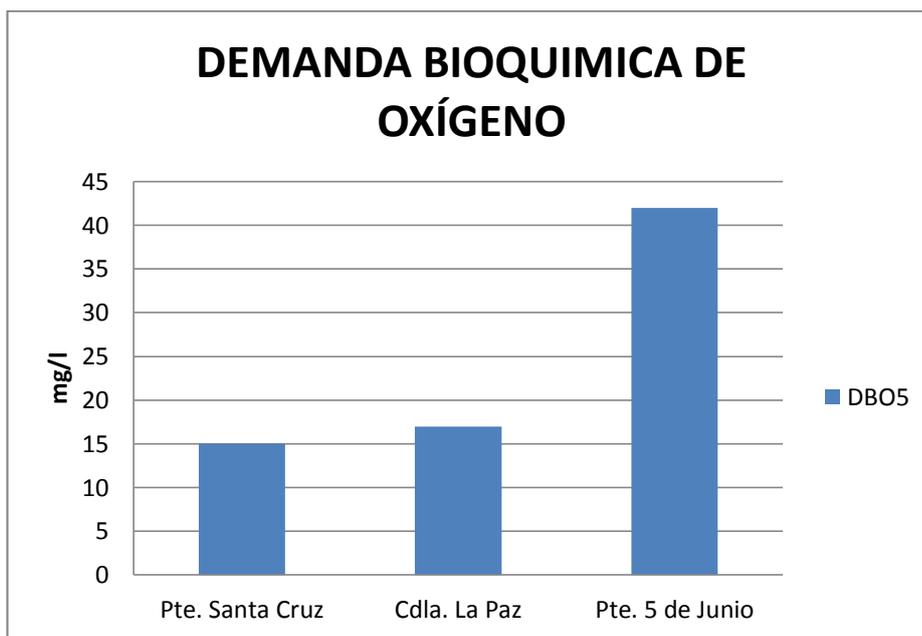
Análisis e interpretación

Este parámetro no muestra hay rangos fijados para la Norma T.U.L.A.S. El nivel de fosfato se encuentra más elevado en el Puesto 5 de Junio, los niveles elevados podrían originar un crecimiento excesivo de algas.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 17.

Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

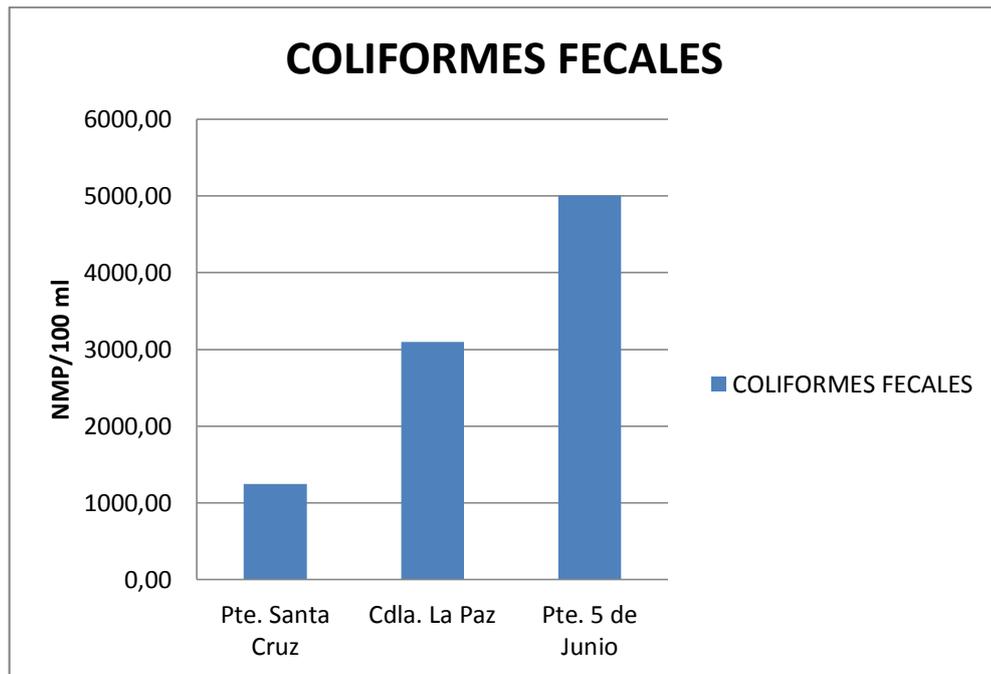
Análisis e interpretación

El nivel de DBO en el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá se encuentra en un nivel más elevado que en el puente Santa Cruz y la ciudadela La Paz lo cual significa que este punto requiere más oxígeno para mejorar la Calidad del Agua, debido a que en dicho punto existe la presencia de una mayor carga orgánica, este estudio no muestra límites dentro de la Norma de estudiada.

Semana # 2 de muestreo

GRÁFICO 18.

Medición de Coliformes Fecales en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

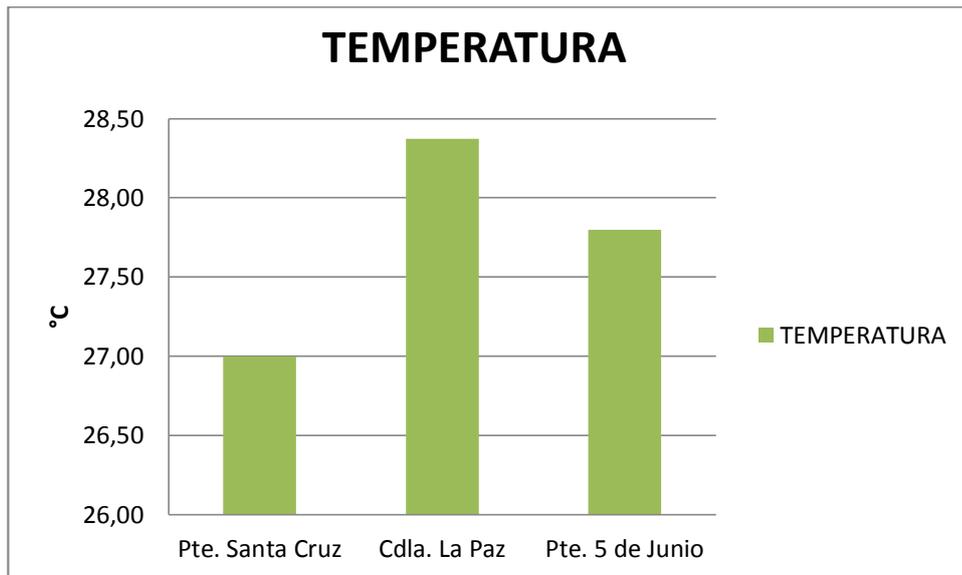
Los niveles de coliformes fecales se encuentran fuera de rango en los puntos de muestreo de la ciudadela La Paz y en el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, siendo el más afectado el sector del puente 5 de Junio con un nivel de 5000 NMP/ml, estos niveles altamente elevados no son admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, cálidas o marinas, según los criterios de calidad del agua (T.U.L.A.S, 2014).

El alto nivel de coliformes fecales en los puntos de muestreo indica un alto grado de contaminación proveniente de materia orgánica de desecho.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 19.

Medición de la Temperatura en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

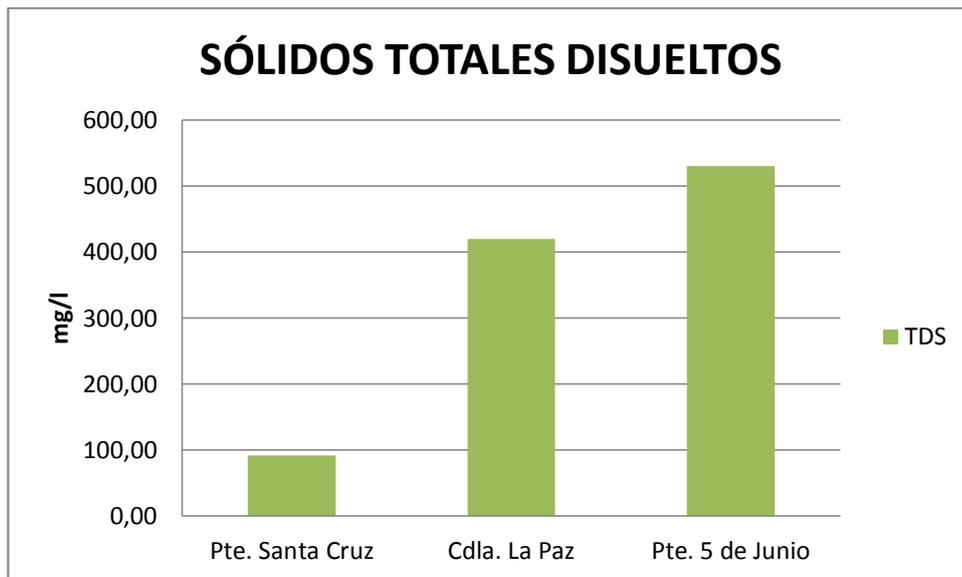
Se puede observar que los niveles de temperatura en los diferentes puntos de muestreo no sobrepasan los límites admisibles para la vida de la flora y fauna en agua dulce (T.U.L.A.S, 2014).

La temperatura registrada en los diferentes puntos no afecta a la calidad del agua.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 20.

Medición de la Sólidos Totales Disueltos (TDS) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

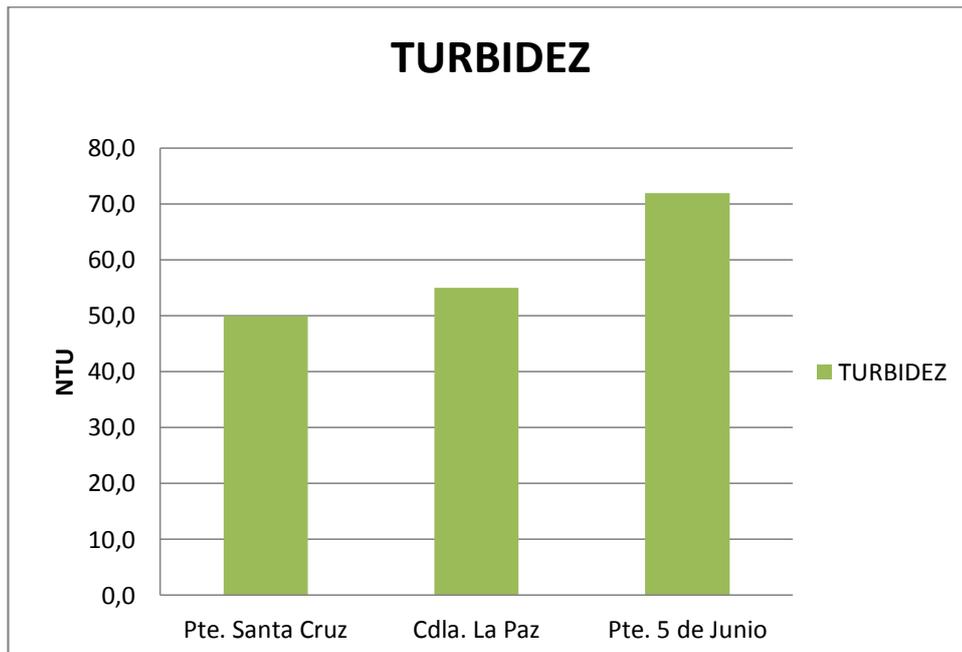
Análisis e interpretación

Este parámetro no muestra límites admisibles dentro de la Norma de Calidad de Ambiental y de Descarga de Efluentes (T.U.L.A.S, 2014), pero se puede notar que existe un nivel más elevado de sólidos totales disueltos en el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, lo cual perjudica a la calidad del agua otorgándole sabores no deseables al agua.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 21.

Medición de la Turbidez en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

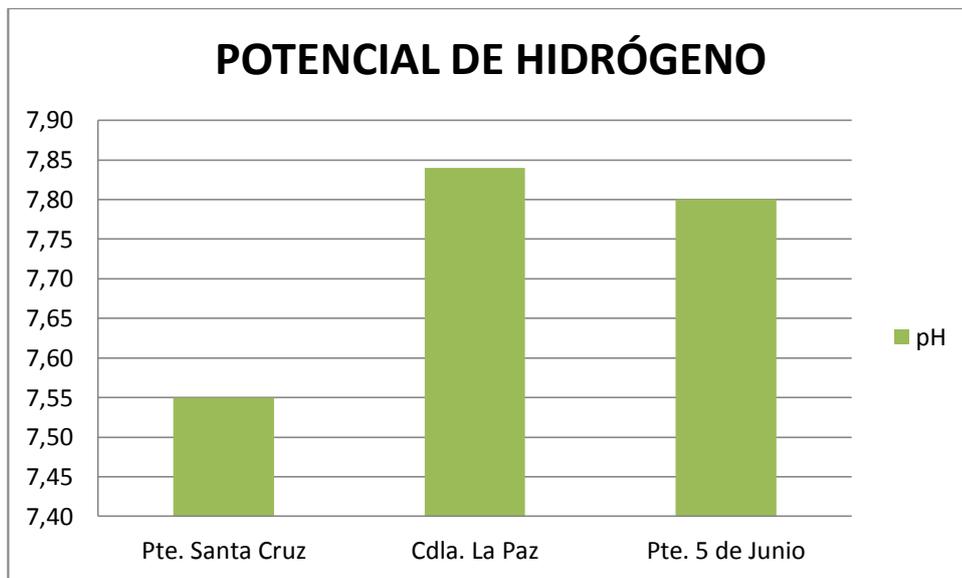
Análisis e interpretación

Según los criterios de calidad de agua en las Normas de T.U.L.A.S no se encuentran límites permisibles para este parámetro, pero se puede notar que el nivel elevado en el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá está afectado en su aspecto estético, debido a la acumulación de material en suspensión como minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 22.

Medición del Potencial de Hidrógeno (pH) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

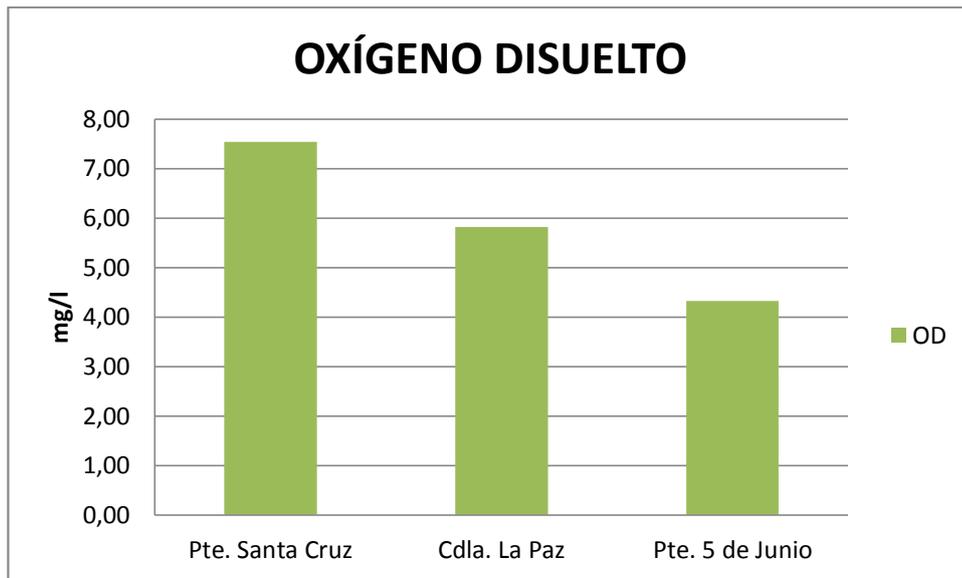
Este parámetro se encuentra dentro de los límites admisibles para la preservación de flora y fauna (T.U.L.A.S, 2014).

El pH en los 3 puntos se encuentra en un nivel un tanto alcalino pero no afectan a la calidad del agua.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 23.

Medición del Oxígeno Disuelto (OD) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

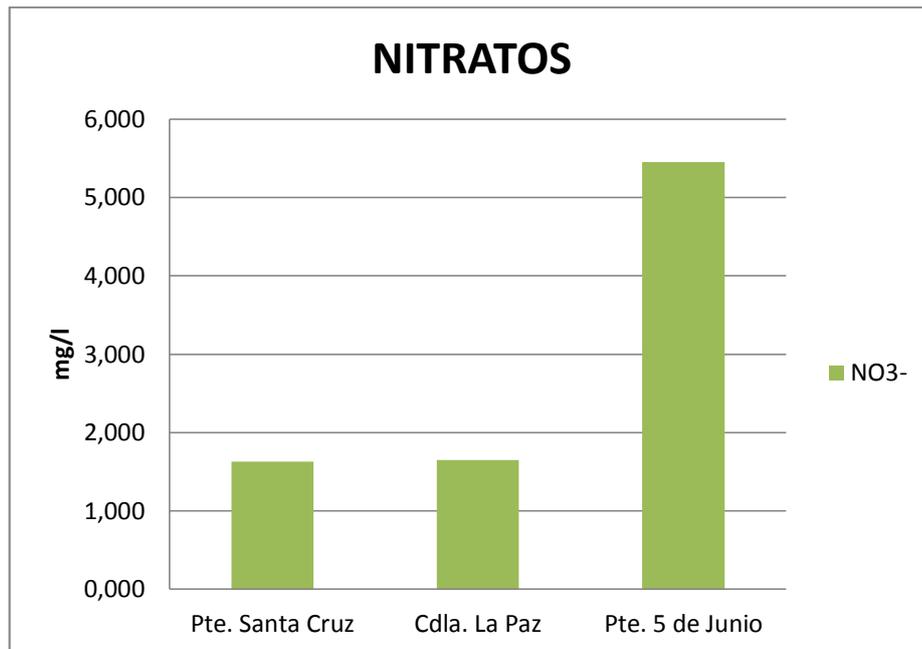
Análisis e interpretación

El Oxígeno Disuelto en el puente Santa Cruz y la ciudadela La Paz se encuentra en un nivel por encima de 5 mg/l, lo cual es aceptable para la preservación de la flora y fauna, mientras que en el tercer punto de muestreo, el puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, se encuentra en un nivel por debajo de los límites admisibles para la preservación de la flora y fauna según las Normas de T.U.L.A.S.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 24.

Medición de Nitratos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

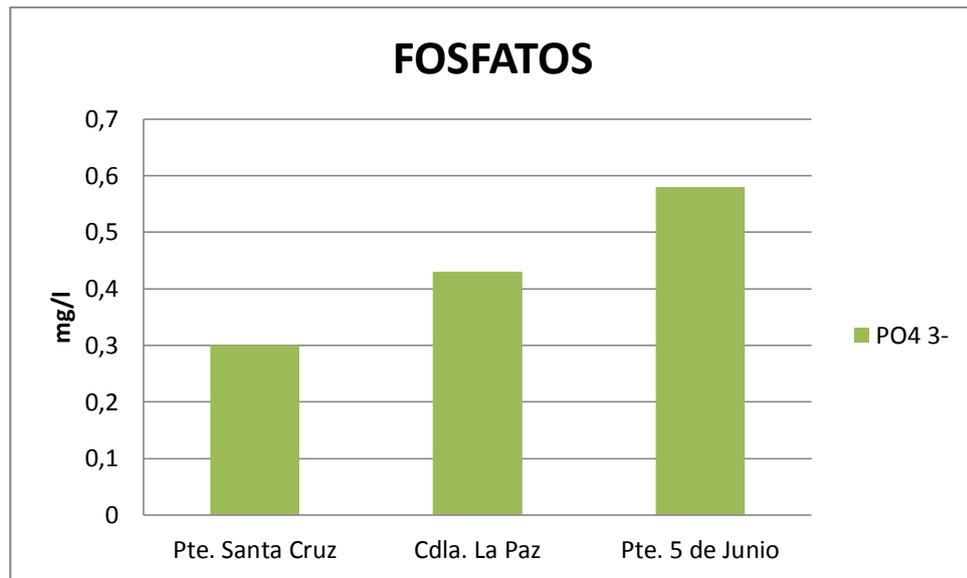
Según los criterios de calidad del para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías, cálidas o marinas (T.U.L.A.S, 2014) no existen límites fijados para esta prueba realizada.

El nivel de nitratos se encuentra más elevado en el puente 5 de Junio, lo cual indica en este punto puede existir el uso de agroquímicos, la descomposición de materia orgánica o la disolución de rocas y minerales en el agua, que dan origen a un alto nivel de nitratos.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 25.

Medición de Fosfatos en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

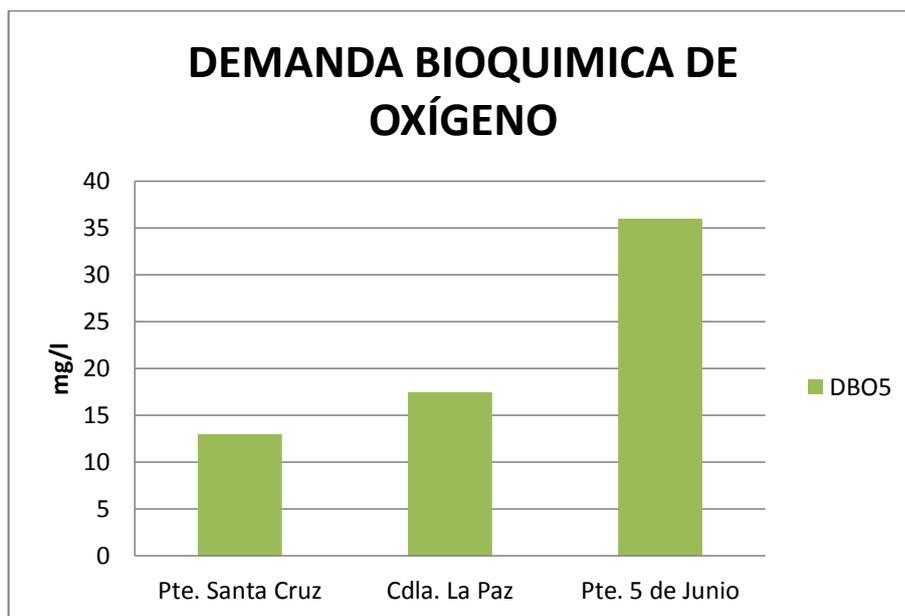
Según los criterios de calidad del agua para la preservación de las especies vegetales y silvestres no hay un nivel máximo tolerable determinado.

El nivel de fosfato se encuentra más elevado en el Puente 5 de Junio a diferencia de los otros dos puntos de muestreo, esto se puede atribuir a que en el sector de muestreo existen zonas cercanas de descargas de agua residual.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 26.

Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅) en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

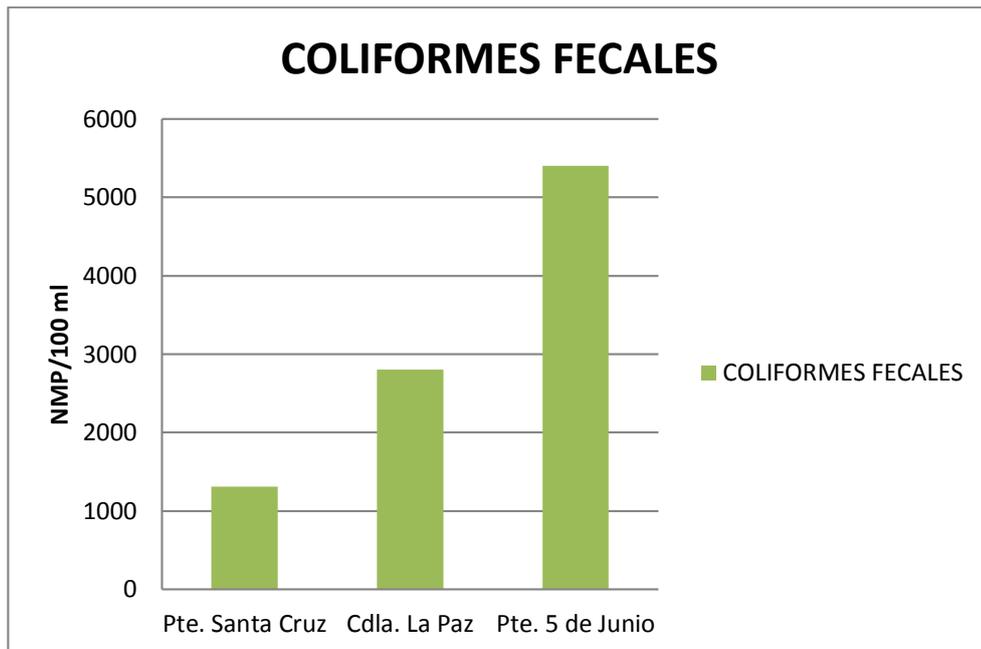
El nivel de DBO en el puente 5 de Junio se encuentra en un nivel más elevado que en los otros dos puntos de muestreo, lo cual indica que este punto contiene una mayor carga de materia orgánica.

Este ensayo no muestra un nivel fijado establecido en la Norma de T.U.L.A.S. según el criterio de calidad estudiado.

Semana # 3 de muestreo

GRÁFICO 27.

Medición de Coliformes Fecales en los diferentes puntos de muestreo



Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Análisis e interpretación

Este parámetro durante los días de muestreo se ha mantenido fuera de rango en los dos de los puntos de muestreo debido a que sobrepasan los 200 NMP de coliformes fecales, siendo el más elevado el del puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá, estos niveles elevados afectan la preservación de la flora y fauna en dichos puntos debido a la contaminación por material fecal, según los criterios de calidad del agua de las Normas de T.U.L.A.S.

9.3. Resultados de los Índices de Calidad del Agua de los puntos de muestreo del río Portoviejo

Para obtener el Índice de Calidad de Agua (ICA) en cada punto muestreado, fue necesario obtener valores de muestras compuestas durante las 3 semanas de muestreo, con el fin de poder analizar la variabilidad del ICA entre los 3 puntos analizados del Río Portoviejo.

CÁLCULO DEL "ICA_m" EN EL PUENTE SANTA CRUZ

Semana # 1

Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1 Coliformes fecales	1300	NMP/100 mL	20	0,15	1,57
2 pH	7,41	unidades de pH	87	0,12	1,71
3 DBO5	14	mg/ L	22	0,1	1,36
4 Nitratos	1,72	mg/ L	89,5	0,1	1,57
5 Fosfatos	0,23	mg/ L	87	0,1	1,56
6 Cambio de la Temperatura	1,7	°C	79,8	0,1	1,55
7 Turbidez	48	NTU	50	0,08	1,37
8 Sólidos disueltos totales	95	mg/ L	87	0,08	1,43
9 Oxígeno Disuelto	97,29	% saturación	99	0,17	2,18
Valor del "ICA"				∏	59,13

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 2

Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1 Coliformes fecales	1250	NMP/100 mL	20,3	0,15	1,57
2 pH	7,35	unidades de pH	88	0,12	1,71
3 DBO5	15	mg/ L	20	0,1	1,35
4 Nitratos	1,53	mg/ L	95	0,1	1,58
5 Fosfatos	0,28	mg/ L	83	0,1	1,56
6 Cambio de la Temperatura	2	°C	78	0,1	1,55
7 Turbidez	45	NTU	51	0,08	1,37
8 Sólidos disueltos totales	98	mg/ L	86,5	0,08	1,43
9 Oxígeno Disuelto	95,2	% saturación	97,5	0,17	2,18
Valor del "ICA"				II	58,63

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 3

Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1 Coliformes fecales	1310	NMP/100 mL	19,9	0,15	1,57
2 pH	7,55	unidades de pH	86,5	0,12	1,71
3 DBO5	13	mg/ L	28	0,1	1,40
4 Nitratos	1,63	mg/ L	90,5	0,1	1,57
5 Fosfatos	0,3	mg/ L	81	0,1	1,55
6 Cambio de la Temperatura	2	°C	78	0,1	1,55
7 Turbidez	50	NTU	38	0,08	1,34
8 Sólidos disueltos totales	92	mg/ L	87,5	0,08	1,43
9 Oxígeno Disuelto	98,87	% saturación	99	0,17	2,18
Valor del "ICA"				II	58,71

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

CÁLCULO DEL "ICA_m" EN LA CDLA. LA PAZ

Semana # 1

Parámetro	Valor	Unidades	Subi (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1 Coliformes fecales	3000	NMP/100 mL	19	0,15	1,56
2 pH	7	unidades de pH	89	0,12	1,71
3 DBO5	16	mg/ L	19,5	0,1	1,35
4 Nitratos	1,87	mg/ L	89,7	0,1	1,57
5 Fosfatos	0,26	mg/ L	85	0,1	1,56
6 Cambio de la Temperatura	3,4	°C	64	0,1	1,52
7 Turbidez	50	NTU	38	0,08	1,34
8 Sólidos disueltos totales	465	mg/ L	38,9	0,08	1,34
9 Oxígeno Disuelto	76,37	% saturación	83	0,17	2,12
Valor del "ICA"				II	50,51

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 2

Parámetro	Valor	Unidades	Subi (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1 Coliformes fecales	3100	NMP/100 mL	18,8	0,15	1,55
2 pH	7,68	unidades de pH	85,5	0,12	1,71
3 DBO5	17	mg/ L	18	0,1	1,34
4 Nitratos	1,78	mg/ L	93	0,1	1,57
5 Fosfatos	0,35	mg/ L	88	0,1	1,56
6 Cambio de la Temperatura	3,32	°C	64,5	0,1	1,52
7 Turbidez	51	NTU	39	0,08	1,34
8 Sólidos disueltos totales	450	mg/ L	39	0,08	1,34
9 Oxígeno Disuelto	75,86	% saturación	81	0,17	2,11
Valor del "ICA"				II	50,09

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 3

	Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1	Coliformes fecales	2800	NMP/100 mL	19,5	0,15	1,56
2	pH	7,84	unidades de pH	85,3	0,12	1,70
3	DBO5	17,5	mg/ L	18	0,1	1,34
4	Nitratos	1,65	mg/ L	90,5	0,1	1,57
5	Fosfatos	0,43	mg/ L	77	0,1	1,54
6	Cambio de la Temperatura	3,37	°C	66,5	0,1	1,52
7	Turbidez	55	NTU	38	0,08	1,34
8	Sólidos disueltos totales	420	mg/ L	48	0,08	1,36
9	Oxígeno Disuelto	72,02	% saturación	77	0,17	2,09
Valor del "ICA"					II	50,00

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

CÁLCULO DEL "ICA_m" EN EL PUENTE 5 DE JUNIO DE LA PARROQUIA PICOAZÁ

Semana # 1

	Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1	Coliformes fecales	5200	NMP/100 mL	18	0,15	1,54
2	pH	8	unidades de pH	85	0,12	1,70
3	DBO5	38	mg/ L	2	0,1	1,07
4	Nitratos	3,32	mg/ L	84	0,1	1,56
5	Fosfatos	0,56	mg/ L	66	0,1	1,52
6	Cambio de la Temperatura	2,3	°C	79	0,1	1,55
7	Turbidez	70	NTU	29	0,08	1,31
8	Sólidos disueltos totales	527	mg/ L	20	0,08	1,27
9	Oxígeno Disuelto	56,43	% saturación	55	0,17	1,98
Valor del "ICA"					II	33,96

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 2

	Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1	Coliformes fecales	5000	NMP/100 mL	18,5	0,15	1,55
2	pH	8,4	unidades de pH	68	0,12	1,66
3	DBO5	42	mg/ L	2	0,1	1,07
4	Nitratos	4,2	mg/ L	81	0,1	1,55
5	Fosfatos	0,67	mg/ L	60	0,1	1,51
6	Cambio de la Temperatura	1,5	°C	82	0,1	1,55
7	Turbidez	68	NTU	30	0,08	1,31
8	Sólidos disueltos totales	518	mg/ L	20	0,08	1,27
9	Oxígeno Disuelto	59,4	% saturación	58	0,17	1,99
Valor del "ICA"					II	33,28

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Semana # 3

	Parámetro	Valor	Unidades	Sub _i (Subíndice)	W _i (Peso relativo)	Total
1	Coliformes fecales	5400	NMP/100 mL	18,7	0,15	1,55
2	pH	7,8	unidades de pH	86	0,12	1,71
3	DBO5	46	mg/ L	2	0,1	1,07
4	Nitratos	5,45	mg/ L	75	0,1	1,54
5	Fosfatos	0,58	mg/ L	69,5	0,1	1,53
6	Cambio de la Temperatura	2,8	°C	72	0,1	1,53
7	Turbidez	72	NTU	29	0,08	1,31
8	Sólidos disueltos totales	530	mg/ L	20	0,08	1,27
9	Oxígeno Disuelto	53,46	% saturación	49,5	0,17	1,94
Valor del "ICA"					II	33,08

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

9.4. Análisis e interpretación de los resultados del ICA en los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO					
SANTA CRUZ		CIUDADELA LA PAZ		PUENTE 5 DE JUNIO (PICOAZÁ)	
<i>Valores del ICA por semana</i>	<i>Calidad del agua</i>	<i>Valores del ICA por semana</i>	<i>Calidad del agua</i>	<i>Valores del ICA por semana</i>	<i>Calidad del agua</i>
59,13	Regular	50,51	Mala	33,96	Mala
58,63	Regular	50,09	Mala	33,28	Mala
58,71	Regular	50,00	Mala	33,08	Mala

Elaborado por: Carranza Katherine, Pico Jefferson

Los Índices de Calidad de Agua para los tres puntos analizados, se encuentran en la clasificación de agua con Calidad Regular y con Calidad Mala, siendo la ciudadela La Paz y el puente 5 de Junio los sectores con clasificación de agua con Calidad Mala, esto se debe a diferentes factores, como el vertido de sustancias químicas en el agua, materia orgánica en descomposición, desechos inorgánicos y descargas de aguas residuales clandestinas, entre otros, mientras que el ICA en el puente Santa Cruz se encuentra en la clasificación de agua con Calidad Regular, lo cual hace mención a que en este punto del río la contaminación es menor a diferencia de los otros 2 puntos antes mencionado.

Entre los Índices de Calidad de Agua definidos en los distintos puntos de muestreo se puede notar que los coliformes fecales en 2 puntos de muestreo se encuentran fuera de rango, ciudadela La Paz y puente 5 de Junio, debido a que el límite permisible es de 200NMP/ml para la preservación de la flora y fauna, respecto a la Norma de Calidad Ambiental, y los puntos de muestreo sobrepasan los 5.000 NMP, se puede notar que hay una gran descarga de agua negras lo cual hace que los coliformes en el agua sean de un nivel elevado.

10. CONCLUSIONES

Los parámetros que se utilizaron para definir el Índice de Calidad del Agua (ICA) del Río Portoviejo fueron nueve, cada uno de los parámetros utilizados cumplen una función importante dentro de la determinación del ICA, debido a que estos evalúan diferentes aspectos del agua como: la carga orgánica, el efecto recuperador, entre otros.

El parámetro microbiológico, coliformes fecales, en dos de los puntos de muestreo se encuentra fuera de los límites permisibles según las Normas de T.U.L.A.S para el criterio de la preservación de la flora y fauna en cuerpos de agua dulce, mientras que el resto de parámetros que fijan límites permisibles dentro de las Normas se encuentran dentro de los rangos admisible para dicho criterio. Aunque algunos de los parámetros no muestran límites permisibles en las Normas de T.U.L.A.S se ha podido comprobar que afectan a la calidad del agua obteniendo como resultado agua con calidad de Regular y Mala, originando menos diversidad de organismos acuáticos e incremento frecuente de algas con la clasificación de agua con Calidad Regular y una diversidad baja de especies acuáticas con la clasificación de agua con Calidad Mala lo cual indica que el cuerpo de agua sufre problemas de contaminación.

Se realizaron diferentes ensayos para realizar el análisis de los diferentes parámetros utilizados en la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA), para el desarrollo de dichos ensayos se utilizaron varios equipos, materiales y reactivos, partiendo de la toma de muestras compuestas las cuales fueron tomadas durante tres semanas consecutivas con la finalidad de obtener muestras representativas y de que a dichas muestras se les pueda analizar la variabilidad de las características. El desarrollo adecuado de los ensayos para la determinación de los distintos parámetros son los que nos permitieron establecer de manera confiable un Índice de Calidad de Agua en cada punto muestreado.

El Índice de Calidad de Agua en los tres puntos de muestreo se mantiene en un rango entre 33 y 60, lo cual significa que los resultados obtenidos se encuentran dentro de la clasificación de agua con calidad de Regular y Mala. La ciudadela La Paz y el Puente 5 de Junio de la parroquia Picoazá son los puntos que poseen el ICA más bajo, lo cual significa que son los sectores de mayor contaminación, siendo estos los puntos con clasificación de agua con calidad Mala. Al haber analizado los tres puntos de muestreo del río Portoviejo durante tres semanas consecutivas se ha podido notar que la variabilidad de los Índices de Calidad de Agua no han tenido mayor variación entre cada semana de muestreo del río.

11. RECOMENDACIONES

Realizar una toma de muestras apropiadas siguiendo las técnicas adecuadas según el caso. Esto permitirá la obtención de un resultado confiable al momento de analizarlas.

Portar todos los instrumentos necesarios al lugar de muestreo, de manera que se puedan resolver los imprevistos de forma inmediata, así no se verán afectados los resultados esperados.

Realizar de manera precisa los cálculos que determinarán el Índice de Calidad de Agua de cada punto de muestreo, para poder comprobar la hipótesis planteada.

Si las características en cada punto de muestreo del río son muy variables se recomienda realizar toma de muestras individuales en intervalos de tiempo muy corto, entre 1 o 2 horas, durante 24 horas para formar muestras compuestas que sean representativas.

Conservar las muestras eficazmente de manera que no pierdan sus características iniciales al momento de analizarlas, esto ayuda a obtener un análisis óptimo.

Concientizar y fomentar en la población la importancia que tiene el proteger el recurso hídrico que representa el río Portoviejo y las consecuencias que conlleva la contaminación de este recurso.

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Sustancias y reactivos				
Kit para prueba de DBO	Paquete	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Nitrogen, Nitrite HR, NitriVer® 5	Unidades	27	\$ 6.00	\$ 162.00
Agar lactosa	Gramos	225	Donado	-
Agar verde bilis brillante	Gramos	38,7	Donado	-
Phosphate, PhosVer® 3 Reagent	Unidades	27	\$ 2.60	\$ 70.20
Materiales de laboratorio				
Guantes, mascarillas	Unidades	18	\$ 0.25	\$ 4.50
Gorros	Unidades	10	\$ 0.15	\$ 1.50
Recipientes plásticos	Unidades	10	\$ 0.50	\$ 5.00
Transporte				
Transporte urbano	-		\$ 0.30	\$ 40.00
Combustible para Transporte particular	-		\$ 20.00	\$ 20.00
Material de oficina				
Papel Bond A4	Resma	1	\$ 5.0	\$ 5.00
Impresiones	-			\$ 25.00
Cd	-			\$ 12.00
Anillado	-			\$ 3.00
Gastos varios (cinta, jabón, recipientes, cero copias)				\$ 25.00
Imprevistos				\$ 15.00
Total				\$ 773.20

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Ítems	ACTIVIDADES	Agosto	Septiembre					Octubre					Noviembre				Diciembre			Enero	Febrero		Marzo
		Plazo por semanas																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	Propuesta del tema y planteamiento del problema	x																					
2	Recopilación de información	x	x																				
3	Delimitación del problema, justificación y objetivos a alcanzar	x	x																				
4	Elaboración de hipótesis y definiciones de variables		x																				
5	Selección del nivel de investigación, métodos y técnicas		x																				
6	Presentación del anteproyecto ante la Comisión Especial de Titulación y aprobación del mismo			x																			
7	Definición de los puntos de recolección y número de muestra				x	x																	
8	Investigación y Desarrollo del marco teórico						x	x	x	x	x												
9	Obtención de materiales y reactivos para los análisis									x	x	x											
10	Desarrollo de recolección de datos												x	x	x								
11	Procesamiento de datos y análisis de resultados															x	x	x	x	x	x		
12	Sustentación del trabajo de titulación ante el Tribunal de Evaluación y Revisión.																				x		

BIBLIOGRAFÍA

- Miliarium (2005), portal para Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Obtenido de Índices Calidad de Agua: <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>
- INEC (2010). Obtenido de: Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo
- Gobierno de la Provincia de Manabí (2004); “Programa de Gestión Ambiental de la provincia de Manabí (PROGRESAM)”;
- Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno de la provincia de Manabí; página: 47
- EL Diario, (16 de Julio de 2012). Obtenido de La contaminación de las aguas del río Portoviejo
- La Hora (26 de Octubre de 2009). Obtenido de Sigue la contaminación en el río Portoviejo
- Blog Agua Ecuador (Abril de 2012). Obtenido de Contaminación de la contaminación del agua en Ecuador: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/la-contaminacion-del-agua-en-ecuador.html>
- Inspiration (Extraído el 19 de Julio de 2015). Obtenido de Contaminación del agua: <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-agua>
- Luz Edith Barba Ho (2002). Obtenido de: Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición, Universidad del Valle, página: 6
- SEMARNAT, México (Marzo de 2000). Obtenido de Dirección General de Estadística e Información Ambiental: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm
- Ball y Church (1980). Obtenido de: Wather Quality Indexing, American Society of Civil Engineers, páginas: 757-771
- Brown (1970). Obtenido de: “A Wather Quality Index – Do We Dare?” Wather And Sewage Works, páginas: 339-343
- Blog Contaminación de ríos y arroyos (Agosto de 2010). Obtenido de principales contaminantes:

<http://contaminacionderiosyarroyos.blogspot.com/2010/08/principales-contaminantes.html>

Revista CENIC, Ciencias Biológicas (Vol.41, 2010). Obtenido de Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509053>

Aurora Adame Romero (2010). Obtenido de Contaminación Ambiental y Calentamiento Global, páginas: 73-76

Artículo del Blog verde. Obtenido de Contaminación de los ríos:
<http://elblogverde.com/contaminacion-de-los-rios/>

Revista Ecología & Medio Ambiente (2011). Obtenido de: La situación actual, página: 66

Ecuador inmediato (Extraído el 17 de Enero de 2016). Obtenido de:
http://www.ecuadorinmediato.com/Noticias/news_user_view/ecuadorinmediato_noticias--110291

Diario El Universo, (10 de Abril de 2014). Obtenido de: Por contaminación en río que da agua al 70% de Manabí, se pide emergencia

Diario El Universo, (4 de Enero de 2003). Obtenido de: Río Portoviejo con alta contaminación.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales, San Salvador. Obtenido de Cálculo del ICA: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

Carlos Alberto Sierra Ramírez (1era edición, 2011). Obtenido de Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico, páginas: 47, 218 - 221.

Metcalf & Eddy (5ta edición, 2013). Obtenido de Wastewater Engineering, páginas: 73-75.

NMX-AA-034-2001 (2001), Secretaria de Comercio y Fomento industrial, Norma Mexicana. Obtenido de: Análisis de Agua -Determinación de Sólidos y Sales en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas – Método de Prueba.

NMX-AA-008-2000 (2000), Secretaria de Comercio y Fomento industrial, Norma Mexicana. Obtenido de: Análisis de Agua -Determinación del pH - Método de prueba.

- Swingle (1961) & Calabrese (1969), Obtenido de concepto de Variaciones de pH trae consecuencias dañinas para las moléculas.
- Snieszko (1973). Obtenido de Exposiciones continuas a bajos índices de Oxígeno Disuelto son consideradas motivadoras de infecciones en peces.
- Carmen González Toro (Octubre de 2011). Obtenido de Monitoreo de la Calidad del Agua: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-861/maguaoxigenodisuelto.pdf>
- NMX-AA-079-2001 (2001), Secretaria de Comercio y Fomento industrial, Norma Mexicana. Obtenido de: Análisis de aguas - Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba
- Zou Hua; Du, Guo-Cheng; Ruan, Wen-Quan and Chen, Jian. (Julio de 2006). Obtenido de: Role of nitrate in biological phosphorus removal in a sequencing batch reactor. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, páginas 701-706.
- Carvalho, G.; Lemos, P. C.; Oehmen A. and Reis, M. A. M. (Noviembre de 2007). Obtenido de: Denitrifying phosphorus removal: Linking the process performance with the microbial community structure. *Water Research*, páginas: 4383-4396.
- Pai, T. Y.; Ouyang C. F.; Su, J. L. and Leu, H. G. (Diciembre de 2001). Obtenido de: Modelling the steady-state effluent characteristics of the TNCU process under different return mixed liquid. *Applied Mathematical Modelling*, páginas: 1025-1038.
- You, S. J.; Hsu, C. L.; Chuang, S. H. and Ouyang, C. F. (Mayo de 2003). Obtenido de: Nitrification efficiency and nitrifying bacteria abundance in combined AS-RBC and A2O systems. *Water Research*, páginas: 2281-2290
- James R. Mihelcic & Julie Beth Zimmerman, (Octubre de 2011). Obtenido de *Ingeniería Ambiental, Fundamentos – Sustentabilidad - Diseño*, páginas: 66 - 69.
- NMX-AA-029-2001 (2001), Secretaria de Comercio y Fomento industrial, Norma Mexicana. Obtenido de: Análisis de Aguas - Determinación de Fósforo

total en Aguas naturales, Residuales y Residuales tratadas - Método de prueba

Whang, Liang-Ming y Park Jae Kwang. (vol. 78, Enero de 2006). Obtenido de: “Competition between polyphosphate- and glycogenaccumulating organisms in enhanced-biologicalphosphorus-removal systems: Effect of temperature and sludge age. Water Environmental Research, páginas: 4-11.

NMX-AA-028-2001 (2001), Secretaria de Comercio y Fomento industrial, Norma Mexicana. Obtenido de: Análisis de Agua - Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas naturales, Residuales (DBO5) y Residuales tratadas - Método de prueba

CCAYAC-M-004 (2006). Obtenido de: “Estimación de la densidad microbiana por la técnica del número más probable, detección de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli por el número más probable”

Jean Rodier (1981). Obtenido de Análisis de Agua, páginas: 663-666

T.U.L.A.S (28 de Febrero de 2014). Obtenido de: Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

Manual para Análisis de Agua HACH Company (APHA-AWWA-WEF) (2002), DR/2700, Estados Unidos.

Universidad de Ingeniería (Febrero de 2010). Obtenido de: <http://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/practica-de-laboratorio-2.pdf>

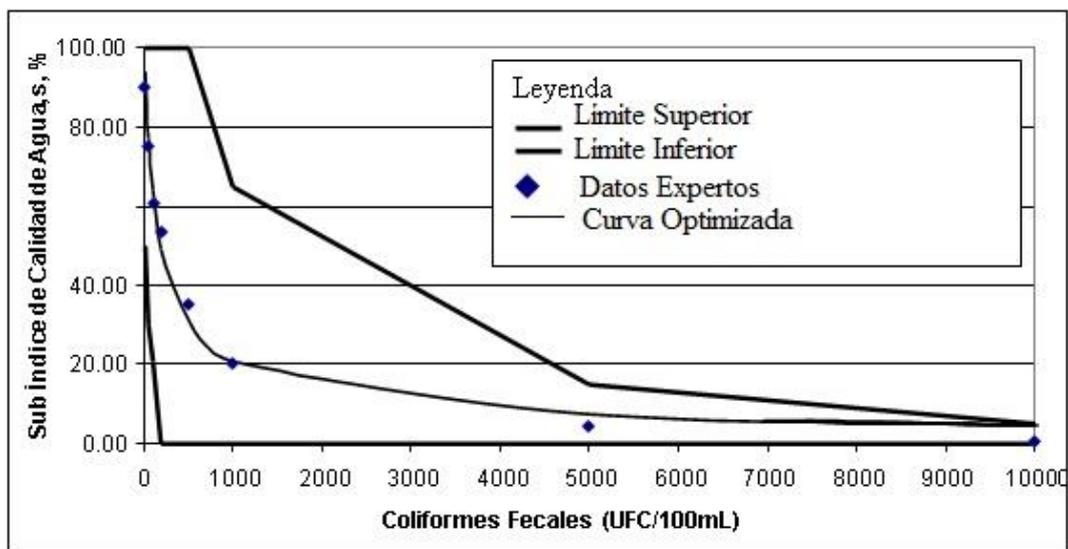
ANEXOS

ANEXO 1

**GRÁFICAS DE LAS CURVAS ESPECÍFICAS DE
CADA PARÁMETRO DEL ICA PARA LA
DETERMINACIÓN DE LOS SUBÍNDICES**

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (Sub₁) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₁) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w_1 .

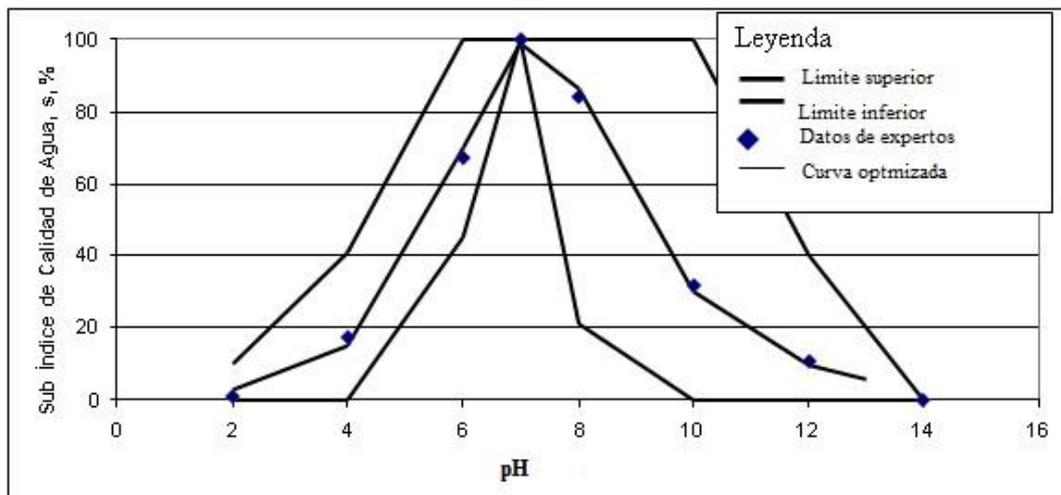


Nota: Si $C.F > 10^5$, $Sub_1 = 3$

Figura 1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub₂) es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub₂) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₂) de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .

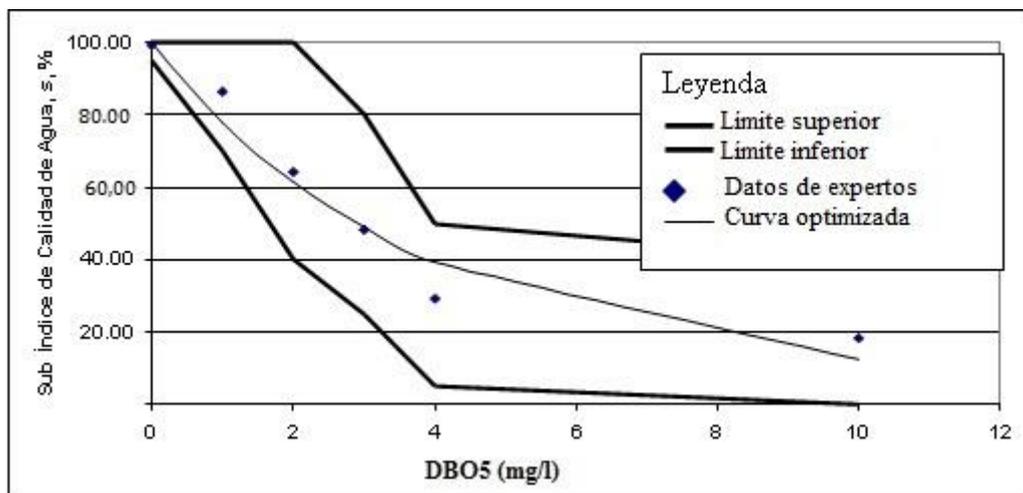


Nota: Si $\text{pH} < 2$, $\text{Sub}_2 = 2$ ó Si $\text{pH} > 12$, $\text{Sub}_2 = 3$

Figura 2 Valoración de la calidad de agua en función del pH

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el (Sub₃) es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 3 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₃) de DBO5 y se procede a elevarlo al peso w_3 .

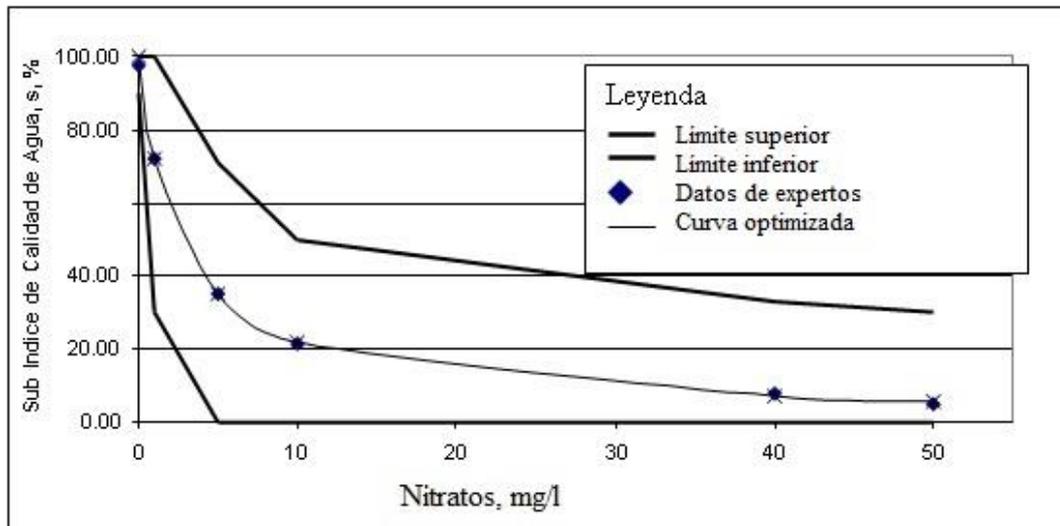


Nota: Si $DBO_5 > 30$, $Sub_3 = 2$

Figura 3 Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5

DETERMINACIÓN DE NITRATOS

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub₄) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₄) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w₄.

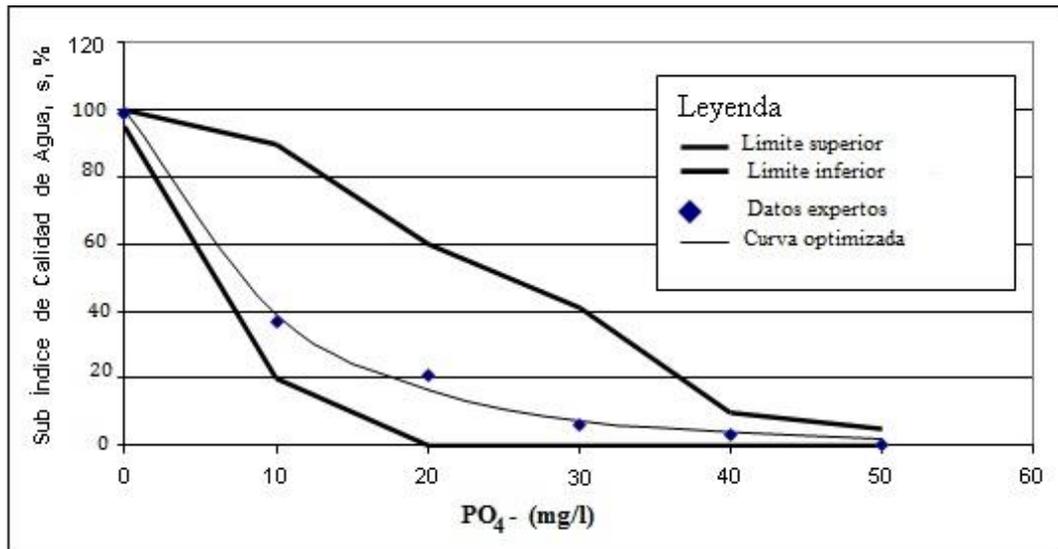


Nota: Si N.T.>100, Sub₄ = 1

Figura 4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

DETERMINACIÓN DE FOSFATOS

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub_5) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_5) y se procede a elevarlo al peso w_5 .

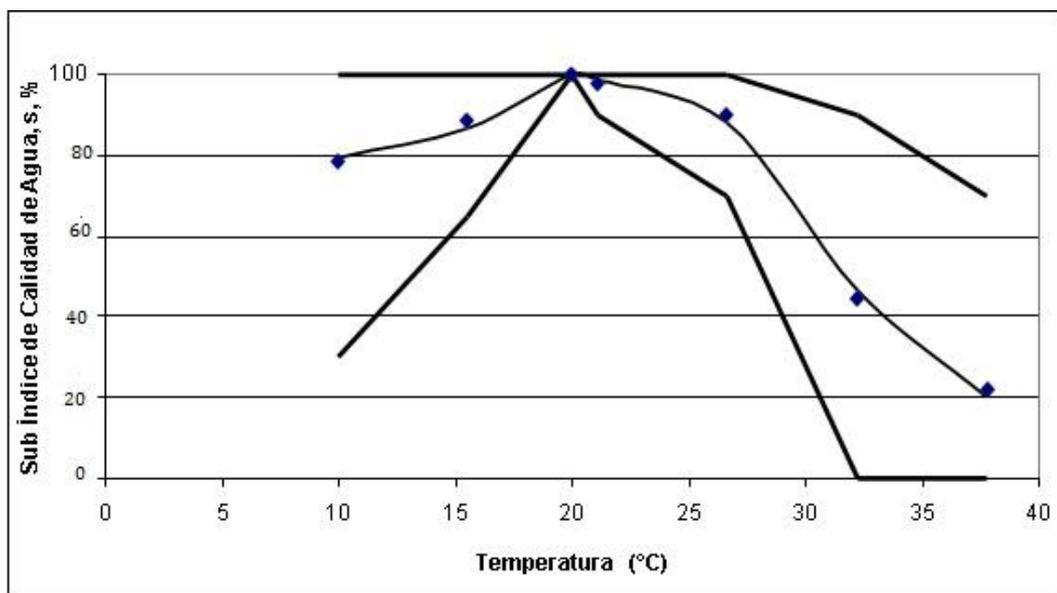


Nota: Si $PO_4-T > 10$, $Sub_5 = 1$

Figura 5 Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo

DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA

Para el parámetro de Temperatura (Sub_5) primero hay que calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de $15^\circ C$ el (Sub_5) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de $15^\circ C$, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_6) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6 .

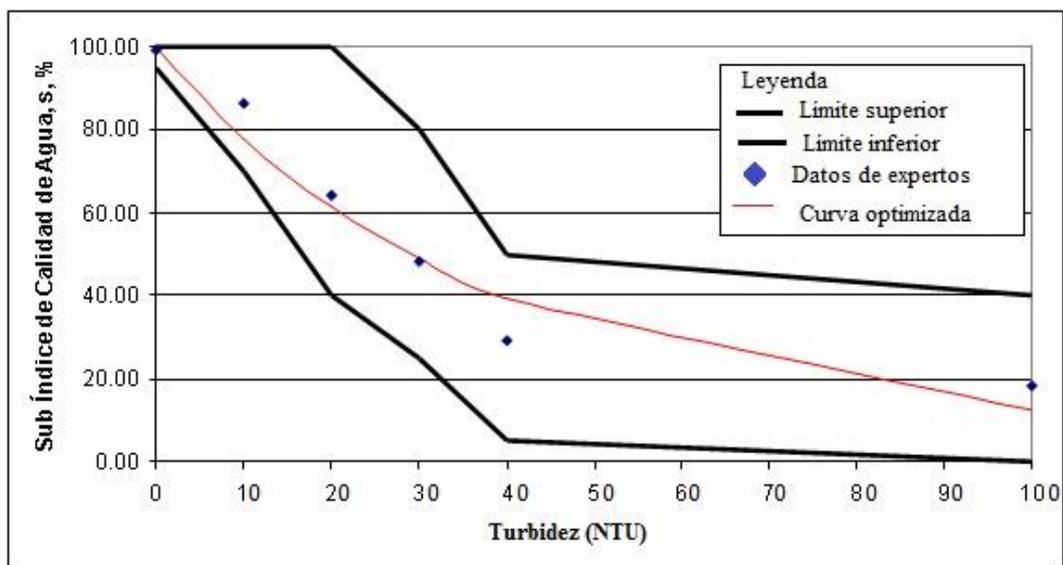


Nota: Si $\Delta T < -5$, $Sub_6 = \Delta T > 15$, $Sub_6 = 9$

Figura 6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ

Si la Turbidez es mayor de 100 NTU el (Sub₇) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 NTU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₇) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w_7 .

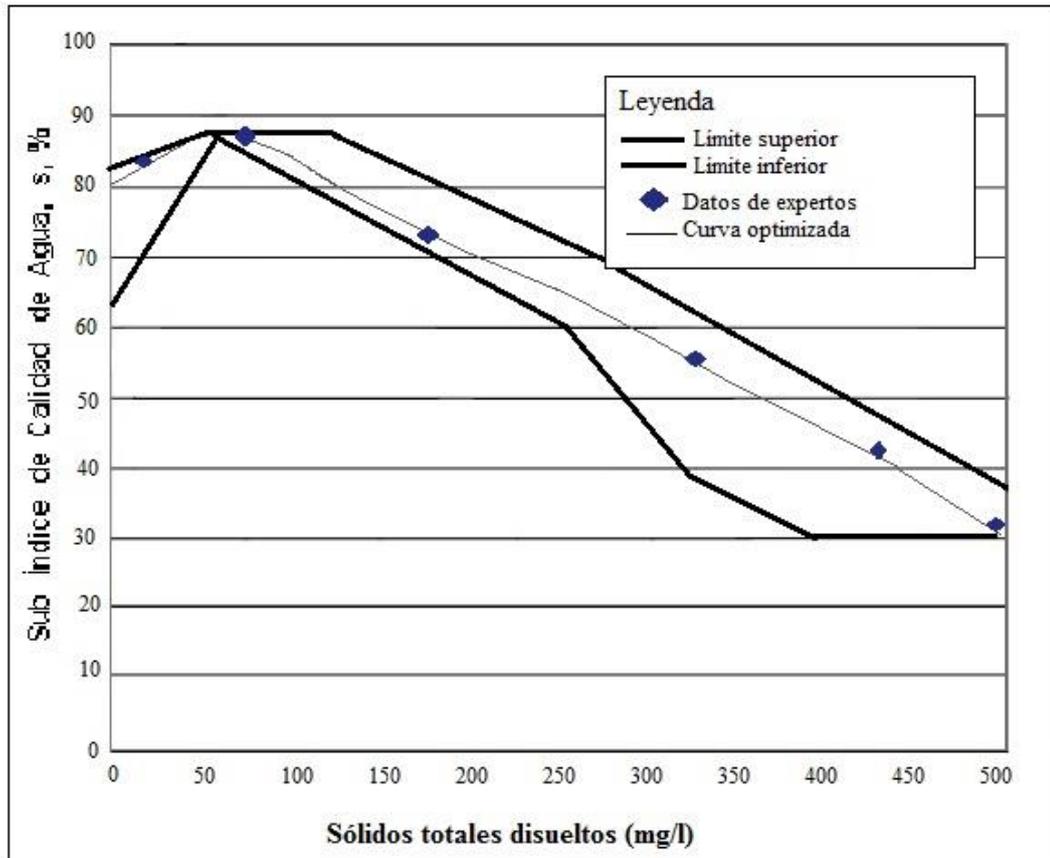


Nota: Si Turbidez > 100, Sub₇ =5

Figura 7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub_8) es igual a 32, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_8 .



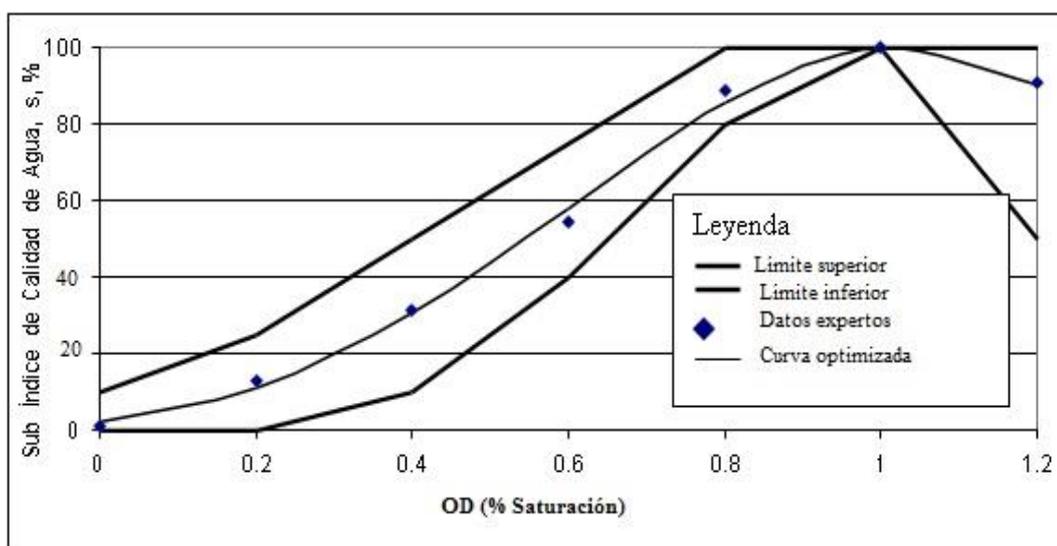
Nota: Si TDS > 500, Sub_8 =20

Figura 8 Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total

DETERMINACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua.

Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el (Sub_9) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_9) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w_9 .



Nota: Si O.D % Sat > 140, $Sub_9 = 50$

Figura 9 Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto

Los datos obtenidos se incorporan en la tabla 5 para obtener el valor del “ICA” en el punto de muestreo deseado.

Tabla 5. Hoja para el cálculo del “ICA_m”

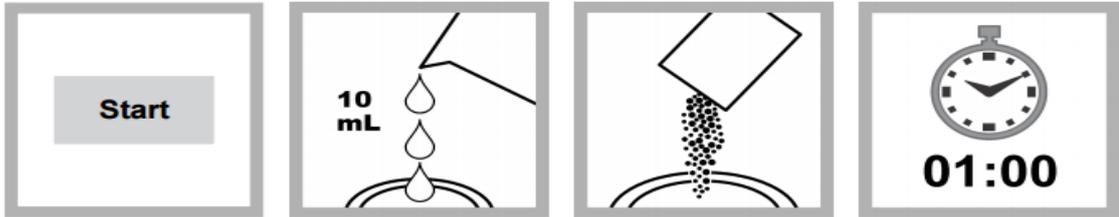
	Parámetro	Valor	Unidades	Sub_i	w_i	Total
1	Coliformes fecales		NMP/100 mL		0,15	
2	pH		unidades de pH		0,12	
3	DBO5		mg/ L		0,10	
4	Nitratos		mg/ L		0,10	
5	Fosfatos		mg/ L		0,10	
6	Cambio de la Temperatura		°C		0,10	
7	Turbidez		NTU		0,08	
8	Sólidos disueltos totales		mg/ L		0,08	
9	Oxígeno Disuelto		% saturación		0,17	
Valor del "ICA"					Σ	

ANEXO 2

TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

NITRATE (NITRATO)

Método 8039

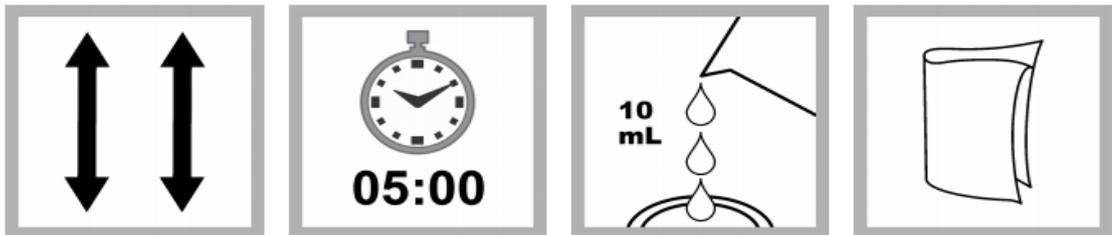


1. Inicie el programa 355 N, PP HR nitrato.

2. Prepare la muestra: Llene una celda de muestra con 10 ml de muestra.

3. Añadir el contenido de un NitraVer 5 Nitrato Reactivo Powder Pillow. Pon el tapar en la celda de muestra.

4. Inicie el instrumento minuterio. Una reacción de 1 – minuto comienza.

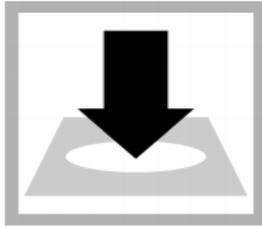


5. Ponga el tapón en la celda de muestra. Agitar la célula vigorosamente hasta que el temporizador expira. Algunos polvo puede no se disuelven.

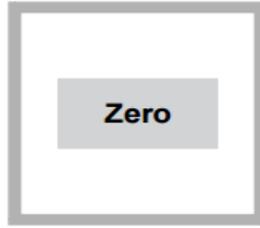
6. Inicie el instrumento minuterio. Una reacción de 5 minutos - comienza.

7. Preparar el espacio en blanco: Cuando el segundo temporizador expira, llenar una segunda muestra de células con 10 ml de muestra.

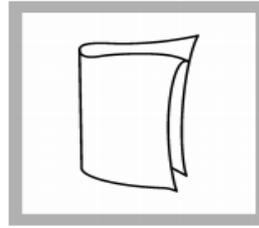
8. Clean the blank sample cell.



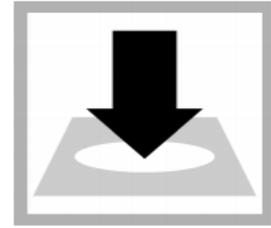
9. Inserte el blanco en la soporte de la celda.



10. Pulse ZERO. Los pantalla muestra 0,0 mg/L NUMERO NO₃--N.



11. Limpie el preparado. Celda de muestra.



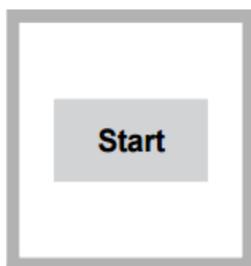
12. Dentro de 1 minuto después el temporizador expira, inserte la muestra preparada en el soporte de la celda.



13. Pulse READ. Resultados mostrar en mg / l de NO₃--N. Procedimiento ampolla AccuVac

PHOSPHORUS TOTAL (FOSFATO)

Método 10127

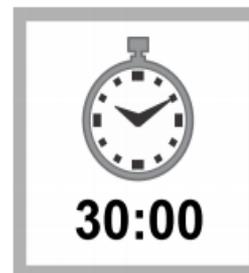
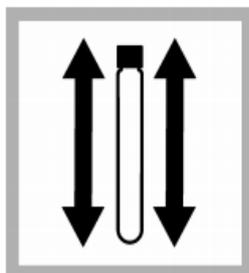
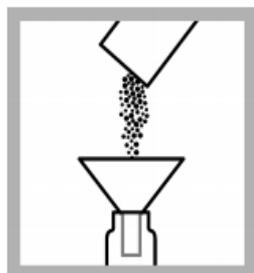


1. Inicie el DRB2500 Reactor. Precalear a 150 ° C. Consulte la DRB2500 manual

2. Programa de Inicio 541 P Total HR TNT.

3. Prepare el espacio en blanco: Añadir 5,0 ml de agua desionizada a una prueba de fósforo total Frasco.

4. Preparar la muestra: Añadir 5,0 ml de la muestra a un Fósforo Total prueba Vial.

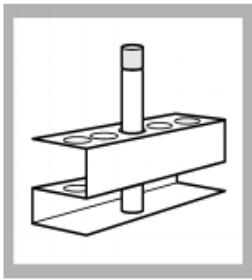


5. Añadir el contenido de un potasio persulfato Powder Pillow a cada vial.

6. Coloque la tapa en el frasco. Agitar para disolver el polvo.

7. Inserte el vial en el reactor. Cierre el reactor.

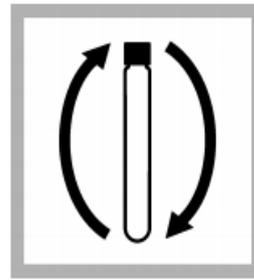
8. Inicie el instrumento minuterio. Una reacción de 30 minutos comienza.



9. Cuando el tiempo se agota, retirar con cuidado el calor viales del reactor. Conjunto los viales en un bastidor de tubo de ensayo. Deje que los viales se enfríen a la habitación la temperatura.



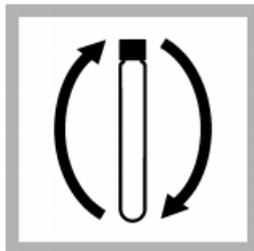
10. Añadir 2 ml de 1,54 N Hidróxido de sodio Standard Solución a cada vial.



11. Ponga el tapón en el frasco. Invertir para mezclar.



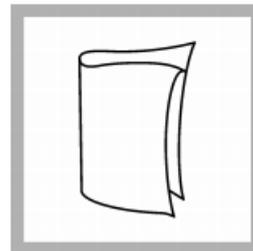
12. Utilice un polietileno cuenta gotas añadir 0,5 ml de vanadomolibdico Reactivo a cada vial.



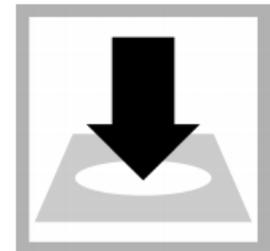
13. Ponga el tapón en el frasco. Invertir para mezclar.



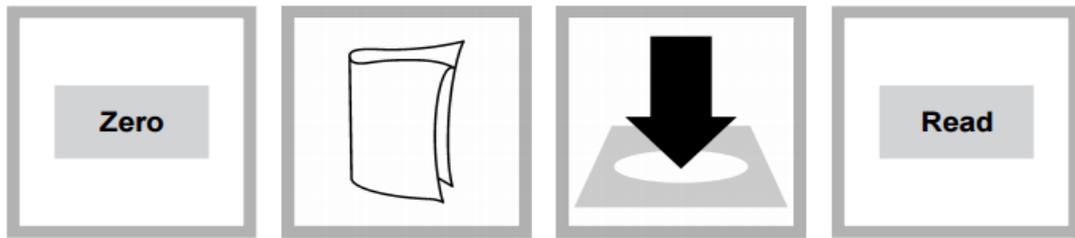
14. Inicie el instrumento minuterio. Una reacción 7 minutos comienza. Medir la muestra entre siete y nueve minutos después de la adición del vanadomolibdico Reactivo.



15. Limpie el vial blanco



16. Inserte la copa por el Soporte de cubetas de 16 mm.



17. Presione ZERO. La pantalla muestra 0,0 mg / L PO4 -3

18. Limpie el vial de la muestra.

19. Inserte la copa por el Soporte de cubetas de 16 mm. Leer

20. Pulse READ. Resultados mostrar en mg / L PO4-3

TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE DBO%

TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras para determinación de la DBO se deben analizar con prontitud; si no es posible, refrigerarlas a una temperatura cercana al punto de congelación, ya que se pueden degradar durante el almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Sin embargo, es necesario mantenerlas el mínimo tiempo posible en almacenamiento, incluso si se llevan a bajas temperaturas. Antes del análisis calentarlas a 20°C.

Muestras simples. Si el análisis se emprende en el intervalo de 2 h después de la recolección no es necesario refrigerarlas; de lo contrario, guardar la muestra a 4°C o menos; reportar junto con los resultados el tiempo y la temperatura de almacenamiento. Bajo ningún concepto iniciar el análisis después de 24 h de haber tomado la muestra; las muestras empleadas en la evaluación de las tasas retributivas o en otros instrumentos normativos, deben ser analizadas antes de que transcurran 6 h a partir del momento de la toma.

Muestras compuestas. Mantener las muestras a 4°C o menos durante el proceso de composición, que se debe limitar a 24 h. Aplicar los mismos criterios que para las muestras sencillas, contando el tiempo transcurrido desde el final del período de composición. Especificar el tiempo y las condiciones de almacenamiento como parte de los resultados.

APARATOS

Botellas de incubación para la DBO, de 250 a 300 mL de capacidad. Lavarlas con detergente, enjuagarlas varias veces, y escurrirlas antes de su uso. Para evitar la entrada de aire en la botella de dilución durante la incubación, se debe utilizar un sello de agua, que se puede lograr satisfactoriamente invirtiendo las botellas en un baño de agua o adicionando agua en el reborde cóncavo de la boca de las botellas especiales para la DBO. Colocar una copa de papel o plástica o un capuchón metálico sobre la boca de la botella para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación.

Incubadora de aire o baño de agua, controlada termostáticamente a $20 \pm 1^\circ\text{C}$; excluir cualquier fuente luminosa para eliminar el proceso de producción fotosintética de OD.

REACTIVOS

Solución tampón de fosfato: Disolver 8,5 g de KH_2PO_4 , 21,75 g de K_2HPO_4 , 33,4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, y 1,7 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 mL de agua destilada y diluir a 1 L. El pH debe ser 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descartar este o cualquiera de los otros reactivos.

Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir a 1 L.

Solución de cloruro de calcio: Disolver 27,5 g de CaCl_2 en agua destilada y diluir a 1L.

Solución de cloruro férrico: Disolver 0,25g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, diluir a 1L

Soluciones ácida y alcalina, 1 N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas.

1) Acido. A un volumen apropiado de agua destilada agregar muy lentamente y mientras se agita, 28 mL de ácido sulfúrico concentrado; diluir a 1 L.

2) Alcali. Disolver 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada y diluir a 1 L.

Solución de sulfito de sodio: Disolver 1,575 g de Na_2SO_3 en 1000 mL de agua destilada. Esta solución no es estable y se debe preparar diariamente.

Inhibidor de nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina.

Solución de glucosa-ácido glutámico: Secar a 103°C por 1 h glucosa y ácido glutámico grado reactivo. Disolver 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluir a 1 L. Preparar inmediatamente antes de su uso.

Solución de cloruro de amonio: Disolver 1,15 g de NH_4Cl en 500 mL de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de NaOH , y diluir a 1 L. La solución contiene 0,3 mg de N/mL.

PROCEDIMIENTO

Preparación del agua de dilución. Colocar la cantidad de agua necesaria en una botella y agregar por cada litro, 1 mL de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato, MgSO_4 , CaCl_2 , y FeCl_3 . El agua de dilución se puede inocular como se describe en 6.4; chequear y guardar como se describe en 6.2 y 6.3, de tal manera que siempre se tenga disponible.

Llevar el agua de dilución a una temperatura de 20°C antes de su uso; saturarla con OD por agitación en una botella parcialmente llena, por burbujeo de aire filtrado libre de materia orgánica, o guardarla en botellas lo suficientemente grandes con tapón de algodón, para permitir su saturación. Emplear material de vidrio bien limpio para proteger la calidad del agua.

Verificación del agua de dilución. Aplicar este procedimiento como una forma de verificación básica de la calidad del agua de dilución.

Si el agua consume más de 0,2 mg de oxígeno/L se debe mejorar su purificación o emplear agua de otra fuente; si se usa el procedimiento de inhibición de la nitrificación, el agua de dilución inoculada, se debe guardar en un sitio oscuro a temperatura ambiente hasta que el consumo de oxígeno se reduzca lo suficiente para cumplir el criterio de verificación. Confirmar la calidad del agua de dilución almacenada que está en uso, pero no agregar semilla para mejorar su calidad. El almacenamiento no es recomendable cuando se va a determinar la DBO sin inhibición de nitrificación, ya que los organismos nitrificantes se pueden desarrollar en este período. Revisar el agua de dilución para determinar la concentración de amonio, y si es suficiente después del almacenamiento; de lo contrario, agregar solución de cloruro de amonio para asegurar un total de 0,45 mg de amonio como nitrógeno/L. Si el agua de dilución no ha sido almacenada para mejorar su calidad, agregar la cantidad suficiente de semilla para producir un consumo de OD de 0,05 a 0,1 mg/L en cinco días a 20°C . Llenar una botella de

DBO con agua de dilución, determinar el OD inicial, incubar a 20°C por 5 días y determinar el OD final como se describe en 6.8 y 6.10. El OD consumido en este lapso no debe ser mayor de 0,2 mg/L y preferiblemente menor de 0,1 mg/L.

Chequeo con glucosa-ácido glutámico. Debido a que la prueba de la DBO es un bioensayo, sus resultados pueden estar muy influenciados por la presencia de sustancias tóxicas o por el uso de semillas de mala calidad. Muchas veces el agua destilada puede estar contaminada con cobre, o algunos inóculos de aguas residuales pueden ser relativamente inactivos, y si se emplean tales aguas o inóculos siempre se van a obtener bajos resultados. Controlar periódicamente la calidad del agua de dilución, la efectividad de las semillas y la técnica analítica, por mediciones de la DBO para compuestos orgánicos puros y muestras con adiciones conocidas. En general, para determinaciones de la DBO que no requieran una semilla adaptada, usar como solución estándar de chequeo una mezcla de 150 mg de glucosa/L y 150 mg de ácido glutámico/L. La glucosa tiene una velocidad de oxidación excepcionalmente alta y variable, pero cuando es empleada con ácido glutámico se estabiliza, y es similar a la obtenida con aguas residuales municipales. Si un agua residual contiene un constituyente mayoritario identificable, que contribuye a la DBO, usar este compuesto en remplazo de la mezcla de glucosa-ácido glutámico.

Determinar la DBO₅ a 20°C de una dilución al 2% de la solución estándar de chequeo glucosa-ácido glutámico mediante las técnicas descritas en los numerales 6.4 a 6.10. Evaluar los datos como se describe en la sección de Precisión.

Inoculación.

Origen de las semillas o inóculo. Es necesario que en la muestra esté presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable. Las aguas residuales domésticas no cloradas, los efluentes no desinfectados de plantas de tratamiento biológico, y las aguas superficiales que reciben descargas residuales contienen poblaciones satisfactorias de microorganismos. Algunas muestras no contienen una población microbiana suficiente (por ejemplo, efluentes industriales sin tratamiento, aguas

desinfectadas, efluentes con elevada temperatura o con valores extremos de pH), por tanto deben inocularse por adición de una población adecuada de microorganismos. La semilla o inóculo preferible es el efluente de un sistema de tratamiento biológico, en su defecto, el sobrenadante de aguas residuales domésticas después de dejarlas decantar a temperatura ambiente por lo menos 1 h pero no más de 36 h. Cuando se emplee el efluente de un proceso de tratamiento biológico, se recomienda aplicar el procedimiento de inhibición de la nitrificación.

Algunas muestras pueden contener materiales no degradables a las tasas normales de trabajo de los microorganismos; inocular tales muestras con una población microbiana adaptada, obtenida a partir de efluentes sin desinfectar de un proceso de tratamiento biológico de aguas residuales. También se puede obtener la semilla en el cuerpo de agua receptor del vertimiento, preferiblemente de 3 a 8 Km después del punto de descarga. Cuando no se disponga de ninguna de dichas fuentes del inóculo, desarrollar en el laboratorio una semilla adaptada, por aireamiento continuo de una muestra clarificada de agua residual doméstica y adición de pequeños incrementos diarios de aguas residuales. Para obtener la población microbiana inicial, usar una suspensión de suelo, un lodo activado, o una preparación a partir de semilla comercial. Ensayar el rendimiento de la semilla haciendo pruebas de la DBO en las muestras hasta obtener una población satisfactoria. Si los valores de la DBO aumentan con el tiempo hasta un valor constante, se consideran como un indicio de la adaptación sucesiva de la semilla o inóculo.

Control de inóculos. Determinar la DBO del material inoculante como si se tratara de una muestra. De este valor y del conocimiento del dato del agua de dilución determinar el OD consumido. Hacer las diluciones necesarias hasta obtener una disminución de por lo menos el 50% del OD. La gráfica de la disminución de OD expresada en miligramos por litro contra los mililitros de inóculo, origina una recta cuya pendiente debe interpretarse como la disminución de OD por mililitro de inóculo. La intercepción de la recta con el eje de los valores de reducción del OD representa la disminución del oxígeno provocada por el agua de dilución, valor que debe ser inferior a 0,1 mg/L (ver 6.8). Con el objeto de corregir el valor

de OD consumido por una muestra, se debe restar a éste el consumido por el inóculo. El consumo de OD del agua de dilución más el inóculo puede estar en el intervalo de 0,6 a 1,0 mg/L. En el numeral 6.6 se describen las técnicas para adición de material inoculante al agua de dilución, para dos métodos de dilución de muestras.

Blanco de agua de dilución. Con el objeto de verificar la calidad del agua de dilución sin inóculo y la limpieza de los materiales, usar una porción de la misma y llevarla junto con las muestras a través de todo el procedimiento. El OD consumido por el agua de dilución debe ser menor de 0,2 mg/L y preferiblemente no mayor de 0,1 mg/L.

Pretratamiento de la muestra.

Muestras con alcalinidad cáustica o acidez. Neutralizar las muestras a pH entre 6,5 y 7,5 con una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) o hidróxido de sodio (NaOH) de concentración tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más de 0,5%. La menor dilución de muestra no debe afectar el pH dado por el agua de dilución inoculada.

Muestras con compuestos residuales de cloro. Evitar las muestras que contengan cloro residual; tomarlas antes del proceso de cloración; si la muestra ha sido clorada pero no presenta cloro residual detectable, inocular el agua de dilución; si hay cloro residual, declorar la muestra e inocular el agua de dilución (ver 6.7). No ensayar las muestras que han sido decloradas, sin inocular el agua de dilución. En algunas muestras, el cloro se elimina si se dejan 1 o 2 h a la luz, lo cual puede suceder durante el transporte y manejo de la muestra. Para muestras en las cuales el cloro residual no se disipa en un tiempo razonablemente corto, eliminar el cloro residual por adición de solución de Na_2SO_3 . El volumen de Na_2SO_3 requerido se determina en una porción de 100 a 1 000 mL de la muestra, previamente neutralizada, por la adición de 10 mL de ácido acético 1 + 1 o H_2SO_4 1 + 50, 10 mL de solución de yoduro de potasio (10 g KI/100 mL), por cada 1000 mL de muestra; el volumen resultante se titula con solución de Na_2SO_3 hasta su punto final, determinado por el indicador almidón-yodo. Se agrega a la muestra

neutralizada, el volumen relativo de solución de Na₂SO₃ determinado, se mezcla bien y se deja en reposo cerca de 10 a 20 minutos. Ensayar la muestra para determinar el cloro residual. (NOTA: Un exceso de Na₂SO₃ en la muestra, consume oxígeno y reacciona con ciertas cloraminas orgánicas que pueden estar presentes en muestras tratadas).

Muestras contaminadas con sustancias tóxicas. Las muestras de aguas residuales provenientes de industrias, por ejemplo electroquímicas, contienen metales tóxicos. Estas muestras requieren de estudios especiales y deben ser tratadas antes de medirles la DBO.

Muestras sobresaturadas con OD. En muestras procedentes de aguas muy frías o de aguas en que la producción primaria es alta, los valores de OD a 20°C suelen ser mayores de 9 mg de OD/L. Para prevenir pérdidas de oxígeno durante la incubación, llevar la temperatura de la muestra a 20°C en una botella parcialmente llena, mientras se sacude fuertemente o se burbujea aire comprimido filtrado y limpio.

Ajuste de temperatura de la muestra. Llevar las muestras a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ antes de hacer las diluciones.

Inhibición de la nitrificación. A las muestras contenidas en botellas de 300 mL se agregan 3 mg de 2-cloro-6-(triclorometil)-piridina (TCMP) o se puede agregar directamente al agua de dilución para lograr una concentración final de aproximadamente 10 mg de TCMP/L. (NOTA: Es posible que la TCMP se disuelva lentamente y permanezca flotando en la superficie de la muestra; algunas formulaciones comerciales se disuelven más fácilmente pero no son 100% puras, por lo que se debe ajustar la dosificación). Las muestras que requieren el procedimiento de inhibición de la nitrificación incluyen: efluentes tratados biológicamente, muestras inoculadas con efluentes tratados biológicamente, y aguas de río, pero no se limitan necesariamente a estas. En el reporte de los resultados registrar el uso del procedimiento de inhibición de la nitrificación.

Técnica de dilución. Los resultados más acertados se obtienen con diluciones de muestra en las que los valores de OD residual son por lo menos 1 mg/L y un

consumo de OD de por lo menos 2 mg/L después de los 5 días de incubación. La experiencia con muestras de diferente origen permiten optimizar el número de diluciones requeridas; la correlación de la DQO con la DBO puede constituir una guía efectiva para la selección de las diluciones más convenientes. Si no se dispone de esta metodología, se pueden emplear las diluciones de 0,0 a 1,0 % para efluentes líquidos industriales, 1 a 5 % para efluentes industriales no tratados y decantados, 5 a 25 % para efluentes con tratamiento secundario o biológico, y 25 a 100 % para corrientes contaminadas.

Las diluciones se efectúan en probetas y luego se transfieren a las botellas de DBO, o se preparan directamente en las botellas. Cualquiera de los dos métodos de dilución puede combinarse con cualquier técnica para medición de OD. El número de botellas a ser preparadas para cada dilución depende de la técnica de análisis del OD y del número de réplicas deseadas. Cuando sea necesaria la inoculación, agregar la semilla directamente al agua de dilución o a cada probeta o botella de DBO antes de la dilución. La inoculación en las probetas evita la disminución de la relación semilla: muestra cuando se hace un incremento en las diluciones.

Diluciones preparadas en probeta. Si se emplea el método modificado de la asida para la medición de OD, transvasar cuidadosamente el agua de dilución - inoculada si es necesario-, hasta llenar la mitad de una probeta de 1 a 2 L de capacidad por medio de sifón para evitar la entrada de aire. Agregar la cantidad deseada de muestra cuidadosamente mezclada y diluir al nivel apropiado con agua de dilución; mezclar bien con una varilla tipo émbolo y evitar la entrada de aire. Trasvasar la dilución a dos botellas de DBO por medio de sifón. Determinar el OD inicial en una de estas botellas. Tapar herméticamente la segunda botella, con sello de agua, e incubar por 5 d a 20°C. Si se determina el OD por el método de electrodo de membrana, transvasar la mezcla de dilución a una botella DBO por medio de sifón. Determinar el OD inicial en esta botella, descartar el residuo y llenar nuevamente la botella con la muestra diluida. Tapar herméticamente la botella, con sello de agua, e incubar por 5 d a 20°C.

Diluciones preparadas directamente en botellas DBO. Con una pipeta de boca ancha agregar el volumen de muestra deseado a diferentes botellas para DBO de volumen conocido. Agregar, a cada botella o al agua de dilución, las cantidades apropiadas de semilla; llenar las botellas con suficiente agua de dilución, inoculada si es necesario, de tal manera que al insertar el tapón se desplace todo el aire, sin dejar burbujas. Para diluciones mayores de 1:100 hacer una dilución preliminar en una probeta antes de hacer la dilución final. Preparar dos botellas de cada dilución cuando se empleen los métodos yodométricos de volumetría para la medición del OD; determinar el OD inicial en una de las dos botellas, tapar herméticamente la segunda botella, con sello de agua, e incubar por 5 d a 20°C. Si se emplea el método de electrodo de membrana para la medición de OD, preparar solamente una botella de DBO por cada dilución; determinar el OD inicial en esta botella y reemplazar cualquier contenido desplazado con agua de dilución para llenar la botella. Tapar herméticamente, con sello de agua, e incubar por 5 d a 20°C. Enjuagar el electrodo de OD entre determinaciones para prevenir la contaminación cruzada de las muestras.

Determinación del OD inicial. Si la muestra contiene sustancias que reaccionan fácilmente con el OD, es necesario determinar el OD antes de llenar la botella de DBO con la muestra diluida. Si el consumo de OD inicial es insignificante, el período entre la preparación de la dilución y la medida del OD inicial no es crítico. Emplear el método modificado de la asida (método yodométrico) o el método de electrodo de membrana, para determinar el OD inicial en todas las muestras diluidas, testigos y, si se considera necesario, en los controles de semilla.

Incubación. Incubar a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ las botellas que contienen las diluciones, los controles de semilla, los blancos de agua de dilución y los patrones de glucosa-ácido glutámico. Hacer un sello de agua como se describe en 6.7.

Determinación del OD final. Determinar el OD en las muestras diluidas, los blancos y los patrones después de 5 días de incubación como se describe en 6.8.

CÁLCULOS

Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada:

$$\text{DBO}_5, \text{ mg/l} = (\text{D1}-\text{D2})/\text{P}$$

Cuando el agua de dilución ha sido inoculada:

$$\text{DB}_5, \text{ mg/l} = \{(\text{D1}-\text{D2})-(\text{B1}-\text{B2})\cdot f\}/\text{P}$$

Donde:

D1 = OD de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación, mg/L,

D2 = OD de la muestra diluida después de 5 d de incubación a 20°C, mg/L,

P = fracción volumétrica decimal de la muestra empleada,

B1 = OD del control de semilla antes de la incubación, mg/L (sección 6.1.4),

B2 = OD del control de semilla después de la incubación, mg/L (sección 6.1.4), y

f= proporción de semilla en la muestra diluida a la semilla en el control de semilla

= (% de semilla en la muestra diluida)/ (% de semilla en el control de semilla).

Si el material inoculante se agrega directamente a la muestra o a las botellas de control:

f= (volumen de semilla en la muestra diluida)/ (volumen de semilla en el control de semilla)

Si se ha inhibido la nitrificación, reportar los resultados como DBO₅.

Los resultados obtenidos para las diferentes diluciones pueden ser promediados si se cumple con los requisitos de valores de OD residual de mínimo 1 mg/L y un consumo de OD de por lo menos 2 mg/L. Este promedio se puede hacer si no hay evidencia de toxicidad en las muestras menos diluidas o de alguna alteración detectable.

En estos cálculos no se hace corrección por el OD consumido por el blanco de agua de dilución durante la incubación. Esta corrección no es necesaria si el agua de dilución cumple el criterio de blanco estipulado en el procedimiento. Si el agua

de dilución no cumple este criterio, la corrección es difícil y los resultados serán cuestionables.

PRECISIÓN

No existe un procedimiento aceptable para establecer la precisión y exactitud de la prueba de la DBO. El control de glucosa-ácido glutámico prescrito está proyectado como un punto de referencia para la evaluación de la calidad del agua de dilución, la efectividad de la semilla, y la técnica analítica.

Ochenta y seis analistas, pertenecientes a 58 laboratorios analizaron muestras de aguas naturales dosificadas con incrementos exactos de compuestos orgánicos, con valores promedios de DBO de 2,1 y 175 mg/L; su desviación estándar fue de $\pm 0,7$ y ± 26 mg/L, respectivamente.

Las pruebas realizadas en un laboratorio con una solución de glucosa-ácido glutámico de 300 mg/L, produjeron los siguientes resultados:

Número de meses: 14

Número de triplicados: 421

Promedio recuperado mensualmente: 204 mg/L

Desviación estándar promedio mensual: 10,4 mg/L

Los estudios estadísticos de precisión y exactitud de las determinaciones de la DBO, realizados en ejercicios de intercalibración que involucraron de 2 a 112 laboratorios, con diferentes analistas y semillas, en muestras sintéticas que contenían glucosa y ácido glutámico en proporción 1:1 en el intervalo de concentraciones de 3,3 a 231 mg/L, proporcionaron el promedio, X, y la desviación estándar, S, a través de las ecuaciones de regresión correspondientes:

$$X = 0,658 (\text{nivel agregado, mg/l}) + 0,280 \text{ mg/L}$$

$$S = 0,100 (\text{nivel agregado, mg/l}) + 0,547 \text{ mg/L}$$

Para el estándar primario de 300 mg/L, el promedio de DBO 5-d fue de 198 mg/L con una desviación estándar de 30,5 mg/L.

Valores límites de control: Debido a la gran variedad de factores que afectan las pruebas de la DBO en los estudios multilaboratorios y la consecuente disparidad en los resultados, se recomienda como valor límite de control para laboratorios individuales una desviación estándar ($\pm 1S$), la determinada en las pruebas interlaboratorios. Para cada laboratorio, establecer los valores límites de control efectuando un mínimo de 25 análisis de glucosa-ácido glutámico (ver 6.3) en un período de algunas semanas o meses y calcular la media y la desviación estándar. Emplear como valor límite de control para futuros chequeos de glucosa-ácido glutámico la media ± 3 desviaciones estándar; comparar los valores calculados para los ensayos de un solo laboratorio, presentados anteriormente, con los resultados interlaboratorios. Reevaluar los valores límites de control si estos se ubican fuera del intervalo de $198 \pm 30,5$ e investigar el origen del problema. Si la DBO medida para un patrón de glucosa-ácido glutámico está fuera del intervalo aceptado, rechazar las pruebas hechas con tales semilla y agua de dilución.

Intervalo de trabajo: es igual a la diferencia entre el máximo OD inicial (7 a 9 mg/L) y el mínimo OD residual de 1 mg/L multiplicado por el factor de dilución. Un límite de detección más bajo de 2 mg/L se establece para una disminución del OD mínima de 2 mg/L.

ANEXO 3

TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO

TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA LA DETERMINACION DE COLIFORMES FECALES

El método del NPM es un método robusto por lo que puede aplicarse en cualquier tipo de agua, aún aquellos que contienen gran cantidad de materia orgánica.

Para la determinación del NMP de Coliformes Totales y Fecales en este tipo de aguas, es necesario proceder a preparar diluciones decimales de la muestra, debido a que se espera que la concentración de coliformes sea superior en éstas que en un agua potable.

El número de diluciones varía mucho, dependiendo del origen de la muestra a tratar. Por lo demás, para su análisis se procede en la misma forma que para una muestra de agua potable.

Prueba presuntiva y prueba confirmatoria.

Prueba presuntiva

Todas las operaciones deberán efectuarse en absolutas condiciones de asepsia.

1. Agitar vigorosamente la muestra por lo menos 20 veces para lograr una distribución uniforme de los microorganismos.
2. Dependiendo del origen de la muestra y el contenido bacteriano esperado preparar diluciones.
3. Para preparar las diluciones, con una pipeta estéril tomar una alícuota de 1 mL de la muestra original y llevarlo a uno de los tubos conteniendo 9 mL de agua de dilución estéril, obteniendo de esta manera una dilución de 10⁻¹. Tal como se observa en la figura:
4. Agitar el tubo de la dilución 10⁻¹ y con otra pipeta estéril tomar una alícuota de 1 mL y llevarlo a otro tubo con 9 mL de agua de dilución estéril para obtener una dilución de 10⁻².
5. Proceder de la misma manera hasta obtener una dilución de 10⁻³ o hasta donde sea necesario.

6. Inocular asépticamente con 1 mL de muestra por triplicado, tubos de fermentación conteniendo caldo lactosado o caldo lauril triptosa, a partir de las últimas 3 diluciones y conservar todas las anteriores en refrigeración por si se requiere su utilización posterior.

7. Incubar todos los tubos a una temperatura de 35 °C durante 24 horas.

8. Después de 24 horas de incubación efectuar una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, con producción de ácido, si el medio contiene un indicador de pH, turbidez y producción de gas en el interior de la campana Durham.

9. Al hacer esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea resultado de la fermentación de la lactosa, en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo, y no confundir con burbujas de aire.

10. Para evitar este tipo de confusiones es recomendable revisar las campanas Durham antes de proceder a la inoculación y desechar aquellos tubos cuyas campanas contengan burbujas de aire o de alguna manera eliminar éstas y así poder utilizarlos.

11. De los tubos que en la primera lectura den positivos, ya se pueden hacer las pruebas confirmatorias para coliformes totales y coliformes fecales.

12. En caso de no apreciarse crecimiento en el resto de los tubos, continuarán en incubación 24 horas más.

13. Después de 48 horas (\pm 2h) a partir de la inoculación, se hace la lectura final.

14. Si pasadas 48 h tampoco se aprecia crecimiento ni producción de gas, los tubos se toman como negativos.

INTERPRETACIÓN:

- Si el total de tubos son NEGATIVOS: El examen se da por terminado, reportando la AUSENCIA DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES en la muestra analizada.

- Todos aquellos tubos que den POSITIVOS para prueba presuntiva se anotarán convenientemente y se procederá a realizar la PRUEBA CONFIRMATORIA para Coliformes Totales y Fecales.

Prueba confirmativa de microorganismos coliformes totales

- Transferir de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva, a tubos que contiene caldo de bilis verde brillante (brila), con campana de Durham.
- Agitar suavemente los tubos para su homogeneización.
- Incubar a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 48 h.
- Registrar como positivos aquellos tubos en donde se observe turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 h.
- Consultar la tabla 6 de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes totales/100 mL.

Prueba confirmativa de microorganismos coliformes fecales.

- Transferir de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva a tubos con caldo EC.
- Agitar suavemente los tubos para su homogeneización.
- Incubar a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ en incubadora o un baño de agua con circulación durante 24 a 48 h.
- Registrar como positivos todos los tubos en donde se observe crecimiento y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 h.
- Consultar la tabla 6 de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes fecales/ 100 mL.

La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h.

Los resultados se elaboran de la siguiente manera:

Si se han realizado diluciones, se ha de obtener una serie final con valor cero.

A continuación se establece el triplete de valores correspondiente a las tres series anteriores a la del valor cero que podrá ser leída en la tabla del NMP.

Para efectos de expresar el valor obtenido basándose en 100 mL de muestra habrá de dividirse el resultado de la tabla por el volumen real de muestra inoculada en cada tubo de la serie central de cada triplete escogido.

En general se tiene:

$$NMP/C = \frac{NMP \text{ leído en la tabla}}{\text{Volumen real de la muestra inoculada en cada tubo de serie central}(ml)}$$

Los resultados obtenidos se expresarán de la siguiente manera:

NMP DE COLIFORMES TOTALES: _____ / 100 mL

NMP DE COLIFORMES FECALES: _____ / 100 mL

Tabla 6, Índice de NMP y límite de confianza del 95% para varias combinaciones de resultados positivos para una serie de 3 tubos cada uno con 0,1, 0,01 y 0,001 g o ml de muestra.

Combinación de tubos positivos	NMP/g ó ml	Límites de confianza del 95%		Combinación de tubos positivos	NMP/g ó ml	Límites de confianza del 95%	
		Inferior	Superior			Inferior	Superior
0-0-0	<3	-	-	3-0-0	23	4	120
0-0-1	3	< 0,5	9	3-0-1	39	7	130
0-1-0	3	< 0,5	13	3-0-2	64	15	380
1-0-0	4	< 0,5	20	3-1-0	43	7	210
1-0-1	7	1	21	3-1-1	75	14	230
1-1-0	7	1	23	3-1-2	120	30	380
1-1-1	11	3	36	3-2-0	93	15	380
1-2-0	11	3	36	3-2-1	150	30	440
2-0-0	9	1	36	3-2-2	210	35	470
2-0-1	14	3	37	3-3-0	240	36	1300
2-1-0	15	3	44	3-3-1	460	71	2400
2-1-1	20	7	89	3-3-2	1100	150	4800
2-2-0	21	4	47	3-3-3	≥2400	-	-
2-2-1	28	10	150				

Fuente: Universidad de Ingeniería, 2010

ANEXO 4

**NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE
DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA**

**NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE
EFLUENTES AL RECURSO AGUA**

TABLA I. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas de estuario.

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
Clorofenoles	Concentración total de PCBs. O.D.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto		mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoníaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3

TABLA I. (Continuación de la tabla anterior)

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3 Máxima 20	Condiciones naturales + 3 Máxima 32	Condiciones naturales + 3 Máxima 32
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

ANEXO 5

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO



PUENTE 5 DE JUNIO DE LA PARROQUIA PICOAZÁ



CIUDADELA LA PAZ

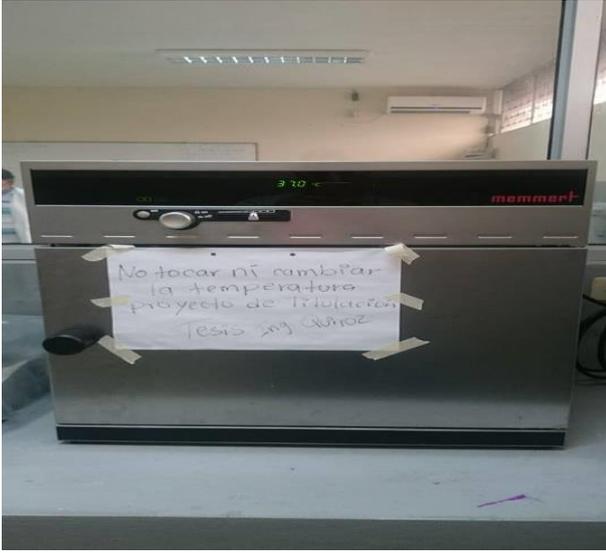


PUENTE SANTA CRUZ

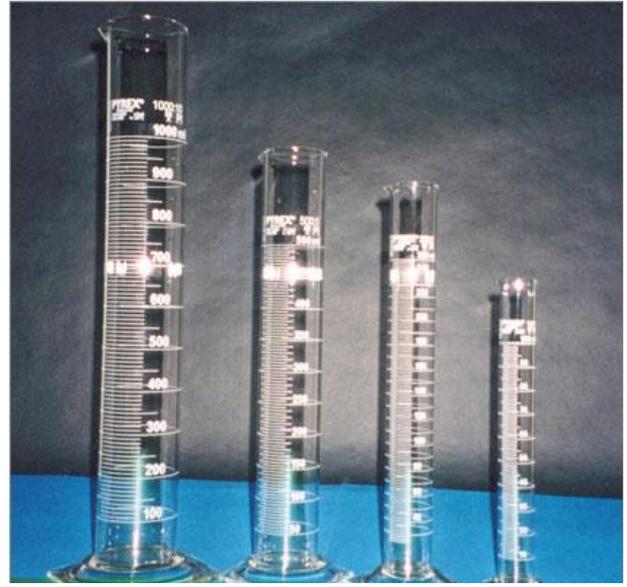
ANEXO 6

MATERIALES Y EQUIPOS

Incubadora



Probetas



Turbidimetro



Cubetos



Balanza



Multiparámetro HQ40



ANEXO 7

**ANÁLISIS IN SITU Y EN LABORATORIO DE LAS
MUESTRAS TOMADAS**

Prueba de nitratos



Autoclavado de los agares lactosa y bilis verde brillante



Prueba de fosfatos



Verificación de los resultados de la prueba de coliformes



Muestreo in situ de parámetros físicos



Medición de los parámetros físicos en las instalaciones de la PTAR



ANEXO 8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANOVA SIMPLE

Definición de la varianza entre las semanas de muestreo de cada sector del río Portoviejo.

Para la determinación de la varianza existente durante las 3 semanas de muestreo en cada sector del río Portoviejo se hizo uso del método de Análisis de varianza de un factor, los resultados se obtuvieron mediante el uso del software de Excel y los datos que se obtuvieron después de haber ingresado los valores de los parámetros agrupados por tablas son los siguientes:

Análisis de varianza para la temperatura

TEMPERATURA (°C)			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	26,7	28,4	27,3
Semana 2	27	28,32	26,5
Semana 3	27	28,37	27,8

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	80,7	26,9	0,03
Columna 2	3	85,09	28,3633333	0,00163333
Columna 3	3	81,6	27,2	0,43

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3,58468889	2	1,79234444	11,6478446	0,00859098	5,14325285
Dentro de los grupos	0,92326667	6	0,15387778			
Total	4,50795556	8				

Análisis de varianza para los sólidos totales disueltos (TDS)

TDS			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	95	465	527
Semana 2	98	450	518
Semana 3	92	420	530

RESUMEN DE LOS DATOS

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	285	95	9
Columna 2	3	1335	445	525
Columna 3	3	1575	525	39

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	313800	2	156900	821,465969	4,8178E-08	5,14325285
Dentro de los grupos	1146	6	191			
Total	314946	8				

Análisis de varianza para la turbidez

TURBIDEZ			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	48	50	70
Semana 2	45	51	68
Semana 3	50	55	72

RESUMEN DE LOS DATOS

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	143	47,66666667	6,333333333
Columna 2	3	156	52	7
Columna 3	3	210	70	4

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	841,555556	2	420,777778	72,8269231	6,1929E-05	5,14325285
Dentro de los grupos	34,6666667	6	5,77777778			
Total	876,222222	8				

Análisis de varianza para el pH

SEMANA DE MUESTREO	pH		
	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	7,41	7,9	8
Semana 2	7,35	7,68	8,4
Semana 3	7,55	7,84	7,8

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	22,31	7,43666667	0,01053333
Columna 2	3	23,42	7,80666667	0,01293333
Columna 3	3	24,2	8,06666667	0,09333333

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,6014	2	0,3007	7,7234589	0,02189571	5,14325285
Dentro de los grupos	0,2336	6	0,03893333			
Total	0,835	8				

Análisis de varianza para el oxígeno disuelto

OXÍGENO DISUETO			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	7,42	5,99	4,56
Semana 2	7,26	6,13	4,8
Semana 3	7,54	5,82	4,32

RESUMEN DE LOS DATOS

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	22,22	7,40666667	0,01973333
Columna 2	3	17,94	5,98	0,0241
Columna 3	3	13,68	4,56	0,0576

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12,1552889	2	6,07764444	179,752875	4,4236E-06	5,14325285
Dentro de los grupos	0,20286667	6	0,03381111			
Total	12,3581556	8				

Análisis de varianza para Nitratos

NITRATOS			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	1,72	1,87	3,32
Semana 2	1,53	1,78	4,2
Semana 3	1,63	1,65	5,45

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	4,88	1,62666667	0,00903333
Columna 2	3	5,3	1,76666667	0,01223333
Columna 3	3	12,97	4,32333333	1,14563333

TABLA ANOVA**ANÁLISIS DE VARIANZA**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	13,8281556	2	6,91407778	17,775502	0,00301099	5,14325285
Dentro de los grupos	2,3338	6	0,38896667			
Total	16,1619556	8				

Análisis de varianza para Fosfatos

FOSFATOS			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	0,23	0,26	0,56
Semana 2	0,28	0,35	0,67
Semana 3	0,3	0,43	0,58

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	0,81	0,27	0,0013
Columna 2	3	1,04	0,34666667	0,00723333
Columna 3	3	1,81	0,60333333	0,00343333

TABLA ANOVA**ANÁLISIS DE VARIANZA**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,18286667	2	0,09143333	22,9220056	0,00155009	5,14325285
Dentro de los grupos	0,02393333	6	0,00398889			
Total	0,2068	8				

Análisis de varianza para la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

DBO			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	14	16	38
Semana 2	15	17	42
Semana 3	13	17,5	36

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	42	14	1
Columna 2	3	50,5	16,83333333	0,583333333
Columna 3	3	116	38,6666667	9,33333333

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1093,16667	2	546,5833333	150,206107	7,5082E-06	5,14325285
Dentro de los grupos	21,83333333	6	3,63888889			
Total	1115	8				

Análisis de varianza para coliformes fecales

COLIFORMES FECALES			
SEMANA DE MUESTREO	SECTORES DE MUESTREO		
	Puente Santa Cruz	Ciudadela La Paz	Puente 5 de Junio (Picoazá)
Semana 1	1300	3000	5200
Semana 2	1250	3100	5000
Semana 3	1310	2800	5400

RESUMEN DE LOS DATOS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	3	3860	1286,66667	1033,33333
Columna 2	3	8900	2966,66667	23333,3333
Columna 3	3	15600	5200	40000

TABLA ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	23124355,6	2	11562177,8	538,889694	1,6968E-07	5,14325285
Dentro de los grupos	128733,333	6	21455,5556			
Total	23253088,9	8				

La tabla de ANOVA ayuda a visualizar de manera más precisa la dispersión de los datos obtenidos mediante el cálculo de la varianza, mediante el uso de este estadígrafo se estima la varianza de cada parámetro analizado durante las 3 semanas de muestreo.

La razón-F es calculada como el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor crítico para F (valor P TABLAS) de la prueba-F es mayor que 0,05 (5 % área de rechazo= 0,05) en todos los casos analizados, no existe una diferencia significativa entre la media de una columna con otra, con un nivel del 95% de confianza.

Este tipo de análisis pretende demostrar que los resultados obtenidos durante los días de muestreo no varían entre muestra de una semana con otra.

Cada una de las columnas representa un sector diferente de muestreo y cada una de las filas de las columnas representa a los valores de cada parámetro analizado entre las 3 semanas de muestreo, es decir al ingresar los datos en Excel se tiene una tabla de 3x3, donde:

Columna 1 = sector de muestreo Puente Santa Cruz

Columna 2 = sector de muestreo Ciudadela La Paz

Columna 3 = sector de muestreo Puente 5 de Junio

ANEXO 9

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

ESPECTOFOTÒMETRO ODYSSEY DR/2500

Especificaciones

Rango de longitud de onda	365 a 880 nm
Ancho de banda	4 nm \pm 1 nm
Precisión de longitud de onda	\pm 1 nm
Resolución de longitud de onda	1 nm
Selección de longitud de onda	Automática, basada en el método de selección
Sistema óptico	Espectrometro concéntrico para espectroscopia de canales múltiples
Calibración de longitud de onda	Automática, mediante línea de emisión
Rango fotométrico	\pm 0,001 a 3,2 Abs
Precisión fotométrica	\pm 0,005 Abs desde 0,0 a 0,5 Abs; \pm 1% desde 0,5 a 2,0 Abs.
Intervalo de recertificación recomendado	Un año (Vea la Sección 12.6 para obtener más detalles)
Luz dispersa	>2,5 A, <0,3%T a 400 nm
Modalidades de operación	Seleccionables: momentáneo (Traba pant. activada) o constante (Traba pant. desactivada)
Modalidades de lectura	Transmitancia, absorbancia, concentración y pH, exploración de longitud de onda y gráficos de lectura durante período
Entrada de pH	Conector de 5 pines sensio n
Puerto serial RS232	Estándar, de 9 pines, bidireccional
Puerto paralelo para la impresora	Estándar, de 25 pines
Fuente de corriente eléctrica	Corriente continua de 9 voltios a 1 amperio; corriente alterna de 95 a 240 voltios; 50/60 Hz; selección automática
Batería de respaldo	Se recarga automáticamente para una operación de respaldo de 15 minutos
Compartimiento de la muestra y Compatibilidad de la celda	<p>Nota: Para los programas Hach, asegúrese de utilizar el tipo de celda especificado para cada programa en el Manual de procedimientos del Odyssey DR/2500.</p> <p>Soporte de celda redondo</p> <p>Celdas/frascos redondos de 9 mm a 25,4 mm, incluyendo los frascos AccuVac, para inmunoensayo y COD (demanda química de oxígeno)/Test 'N Tube</p> <p>Soporte de celda métrico rectangular (opcional)</p> <p>Celdas rectangulares de 1, 2 y 5 cm</p> <p>Soporte de celda cuadrado de 1 pulgada (opcional)</p> <p>Celda de flujo cuadrada de 1 pulgada</p>
Interfase	Imagen gráfica de 320 x 240 pixels de la interfase para el usuario con pantalla de activación al tacto
Almacenamiento de datos	1000 puntos de datos (fecha, hora, resultados, identificación de la muestra, identificación del usuario), 10 gráficos de exploración de longitud de onda, 10 gráficos de lecturas durante período, 50 calibraciones del usuario
Dimensiones	19 x 38 x 13,5 cm nominales
Peso	1,95 kg
Teclado	5 teclas para encender/apagar la alimentación, encender/apagar la luz posterior, disminuir o aumentar el contraste y pH
Impresora	Externas, serial o paralelas (opcional)
Celda de flujo	1 pulgada (opcional)
Elaboración de informes	Baje la información almacenada en un formato de informe estándar. Cumple con los lineamientos para GLP, incluyendo un mínimo de: fecha, hora, etiqueta de identificación de la muestra, iniciales (3) del analista, resultados y número de serie del instrumento.

Reloj en tiempo real	Sí
Calendario en tiempo real	Sí
Ambiente de operación	10 a 40° C (50 a 104° F); 90% de humedad relativa, sin condensación
Ambiente de almacenamiento	-10 a 60° C (14 a 140° F); 85% de humedad relativa, sin condensación
Rango de pH	-2,00 a 19,99
Resolución de pH (seleccionable)	0.001/0.01/0.1
Pendiente de pH (puede usarse medidor)	48–65 mV/ década
Rango de mV	-2000 a 2000 mV
Resolución de mV	0,1 mV
Precisión (medidor únicamente)	± 1 mV o ± 0,05% de la lectura de mV, el valor que sea mayor
Rango de lectura de sonda de temperatura	-10,0 a 110° C (también puede verse en °F)
Resolución de lectura de sonda de temperatura	0,1° C
Precisión de lectura de sonda de temperatura	± 1,0° C

Menú principal del espectrofotómetro Odyssey DR/2500

El menú principal aparece al encender el instrumento. La Figura 1 muestra el menú principal en el paquete de software estándar. La Figura 2 muestra el menú principal en el paquete de software avanzado.

Menú principal		
Programas Hach		
Programas de usuario		
Programas favoritos		
Longitud de onda única		
Verificación del sistema	Recuper. Datos	Config. del instrumento

Figura 1

Menú principal		
Programas Hach		
Programas de usuario	Programas favoritos	
Longitud de onda única	Longitud de onda múltiple	
Explorar longitud de onda	Lectura durante período	
Verificación del sistema	Recuper. Datos	Config. del instrumento

Figura 2

MEDIDOR MULTIPARÀMETRO HQ40D

Multimedidor portátil de dos canales de pH, ORP, conductividad, TDS, resistividad, salinidad, LDO e ISE. Instrumento básico sin electrodos.

El sistema digital de electrodos/medidores combina fiabilidad, flexibilidad y facilidad de uso. Los electrodos INTELLICAL intercambiables se reconocen automáticamente y almacenan todos los datos relevantes. Las versiones para exterior resistentes y prácticamente indestructibles, con varias longitudes de cable, permiten realizar mediciones incluso en ubicaciones que antes resultaban inaccesibles.

Rendimiento de medición certificado conforme a la normativa MCERT

- Fiabilidad excepcional y manejo sencillo
- Electrodos versátiles para todas las aplicaciones (p. ej.: aguas residuales, agua potable y aguas de procesos)
- Resultados fiables desde ubicaciones de medición inaccesibles y a larga distancia, incluso del pH
- Resultados de O₂ sin errores, sin calibración ni reemplazo del electrolito
- Gestión total de datos GLP

Especificaciones

Almacenamiento de datos:	500 resultados GLP/ISO compliant reading data stored with calibration details. Calibration details and check standard readings documented in data log. Automatically store in "press to read" mode and interval measurement mode. Manually store in "continuous read" mode.
Calibración de Conductividad:	Demal (1 D/0,1 D/0,01 D); molar (0,1 M/0,01 M/0,001 M); NaCl (0,05%; 25 µS/cm; 1000 µS/cm; 18 mS/cm); agua de mar estándar; definida por el cliente
Calibración de electrodo ISE:	específico del electrodo

Calibración electrodo de pH:	5 point calibración
Calibración electrodo ORP:	varios estándares ORP predefinidos (p. ej.: Zobell)
Calibración sensor OD:	0 % y 100 % Calibración de DO
Capacidad de almacenamiento de resultados interna:	500 resultados
Certificaciones de conformidad:	Marcación CE
Compatibilidad con impresoras:	como accesorio opcional
Compensación de la temperatura:	Compensación automática de temperatura para pH
Condiciones ambientales:	humedad relativa:90 % (sin condensación)
Condiciones ambientales:	temperatura:0 - 60 °C
Corrección de resistencia de cable:	digital: innecesario
Curvas de calibración en display:	Visión general de la calibración
Dimensiones (A x A x P):	36 mm x 95 mm x 197 mm
Entradas:	M12 digital (2) para sondas INTELLICAL
Entradas electrodos digitales (inteligentes):	2 canal
Estándares de calibración personalizados:	Posibilidad de estándares definidos por el cliente
Exactitud de la Conductividad:	± 0.5 % dentro del rango (de 1 µS/cm a 200 mS/cm)
Exactitud de la temperatura:	± 0.3 °C
Exactitud de pH:	± 0.002 pH
Exactitud mV:	± 0.1 mV
Garantía:	3 años
Grado de protección IP de la carcasa:	IP67
Idiomas interfaz:	13
Idiomas interfaz de usuario:	Inglés, alemán, francés, italiano, español, danés, neerlandés, polaco, portugués, turco, finlandés, checo y ruso
ID resultado:	registro de hora, identificador de usuario, identificador de muestra, etc.
Interfaz de operación:	Teclado
Intervalos/alertas/recordatorios de Calibración:	2 horas - 7 días
Medición de la Conductividad en una lectura estable:	Cinco modos de estabilidad diferentes
Medición de pH:	0 - 14 pH
Medición de pH con lectura estable:	Cinco modos de estabilidad diferentes
Medición de presión barométrica:	para la compensación automática de DO
Medición de resistividad:	2.5 Ωcm - 49 MΩcm

Medición directa ISE:	según el electrodo
Mediciones simultáneas:	2 channels
Medición mV con lectura estable:	Cinco modos de estabilidad diferentes
Mensajes de error de operación:	Mensajes de texto completos
Pantalla:	<p>Display readings from one or two probes</p> <p>Simultaneous readings from two probes (HQ440d only)</p> <p>pH: pH, mV, temperature</p> <p>Conductivity: Conductivity, TDS, salinity, resistivity, temperature</p> <p>LDO: dissolved oxygen, pressure, temperature</p> <p>LBOD: dissolved oxygen, pressure, temperature</p> <p>ORP/Redox: mV, temperature</p> <p>Sodium: Sodium, mV, temperature</p>
Parámetro:	pH, mV, ISE, DO, Conductivity, TDS, Salinity, Resistivity, ORP, Temp
Peso:	0.323 kg sin pilas
Pilas/baterías requeridas:	4 AA
Rango de medición:	-1500 - 1500 mV
Rango de medición de la Conductividad:	0.01 μ S/cm to 200 mS/cm
Rango de medición de la temperatura:	-10 - 110 °C
Rango de medición de salinidad:	0 - 42 g/kg
Rango de medición de TDS:	0.0 - 50.0 mg/L
Rango de Medición mV:	-1500 - 1500 mV
Rango medición OD:	0.00 - 20.0 mg/L DO luminiscente
Reconocimiento automático del Buffer:	Estándares de la IUPAC (DIN 19266), solución tampón técnica (DIN 19267), series 4-7-10 o definidos por el cliente
Requisitos de alimentación (voltaje):	6 V
Resolución:	\pm 0.5 % dentro del rango (de 1 μ S/cm a 200 mS/cm) 0.1/ 0.01/ 0.001
Resolución DBO5/CDBO:	Available when used with HACH

	WIMS BOD Manager software
Resolución de la Conductividad:	Cinco dígitos con dos dígitos después de la coma decimal
Resolución de la salinidad:	0.01 ppt
Resolución de pH:	Puede seleccionarse entre 0.001 y 0.1 pH
Resolución de temperatura:	0.1 °C
Resolución mV:	0.1 mV
Resolución OD:	0.01 mg/L o 0.1 % Saturación de DO
Salida:	De USB a PC/tarjeta de memoria De USB a PC/tarjeta de memoria
Sodium resolution:	0.001 mg/L (ppm)
Sondas incluidas:	Standard
Tipo de pantalla:	240 x 160 pixel LCD con retroiluminación

INCUBADOR, DBO, COMPACTO, MODEL 205

Especificaciones

- Precisión: $\pm 0,5$ ° C a 20 ° C de Temperatura Uniforme
- Capacidad: 59 Botellas de DBO
- Dimensiones (H x W x D) : 965,2 mm x 469,9 mm x 482,6 mm
- Especificaciones eléctricas : 110 Volt , 60 Hz
- Manual Idiomas : Inglés
- Método: 8043
- Cantidad : 1 cada uno
- Rango de Temperatura: 5 a 45 ° C
- Unidad : 1 cada
- Peso: 86,2 kg Peso/ 27.67 kg Peso neto

Parámetro/Rango/Información de Reactivo

Bacterias	Método	Rango
	8242 Filtración de membrana de caldo m-TGE, bacterias heterotróficas Membrane Filtration m-TGE Broth	8242 Filtración de membrana m-TGE, bacterias heterotróficas-recuento
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Método	Rango
	8043	Demanda bioquímica de oxígeno 8043 mg/L DBO
Demanda/requerimiento de cloro	Método	Rango
	10223	Demanda/requerimiento de cloro 10223 varía
Potencial formación de trihalometano	Método	Rango
	10224	1,190 - 1,310 mg/L como Cl ₂

TURBIDÍMETRO DE LABORATORIO 2100N, EPA 180.1, 0-4.000 NTU

Detalles:

- Con luz blanca conforme a EPA
- Amplio rango de medición gracias al sistema óptico RATIO
- Fácil calibración
- Manejo intuitivo
- Para opalescencia de acuerdo con Farmacopea Europea 5.0

Especificaciones:

- Accesorios: Kit de cubeta de flujo (flow cell), adaptadores de cubetas, kit de desgasificación de muestras
- Certificaciones de conformidad: UL/CSA
- Compatibilidad de cubetas: redonda; 12, 13, 16 y 19 mm redonda con kit de adaptadores opcional
- Condiciones de almacenamiento: -40 °C - 60 °C
- Conexión a red: 115 - 230 VAC; 50 to 60 Hz; 60 VA maximum
- Dimensiones (A x A x P): 156 mm x 400 mm x 305 mm
- Exactitud: $\pm 2\%$ de la lectura más 0.01 NTU de 0 a 1000 NTU
 $\pm 5\%$ de la lectura de 1000 a 4000 NTU
- Fuente de luz: Lámpara de tungsteno
- Garantía: 2 años
- Humedad operativa máx.: 90 %
- Idiomas del manual: inglés, Español, Francés
- Interfaz: RS232 serial (bi-directional)
- Interfaz de usuario: Botón Inglés
- Modo de medición: NTU, EBC, Nephelo
- Peso: 3.77 kg
- Purga de aire: 0.1 scfm a 69 kPa , conexión de espiga a tubo de 1/8" , máximo 138 KPa. Nitrógeno seco o aire de grado instrumental.

- Rango de medición:
 - 0 - 4000 FNU
 - 0 - 4000 NTU Modo NTU, ratio on: auto, auto decimal
 - 0 - 4000 NTU Modo NTU, ratio on: manual
 - 0 - 9.99 NTU Modo NTU, ratio on: manual
 - 0 - 99.9 NTU Modo NTU, ratio on: manual
- Ratio On: Manual 0 - 10000 ; Auto 0 - 10,000 auto decimal; Ratio Off: 0 - 40.0
- Rango de medición (2): con el ratio on
- Rango de Temperatura de operación: 0 - 40 °C
- Reglamentación: Método USEPA 180.1
- Repetibilidad: ± 1 % de la lectura o $\pm 0,01$ NTU, lo que sea mayor
- Resolución: 0.001 en el rango más bajo
- Estabilización time: 30 min con el ratio on
60 min con el ratio off
- Tiempo de respuesta: 6.8 s con el promedio (signal average) off; 14 s con el promedio (signal average) on
- Tipo de pantalla: Display LED de 8 dígitos
- Volumen de muestra: 30 mL con cubetas de 25 mm

CABINA DE FLUJO LAMINAR BIOBASE

Especificaciones

- Descripción del Producto
- Flujo Laminar horizontal. Marca Biobase, modelo BBS-H1300 (ex BBS-1300HGS) – (Mesada 120 cm)
- El gabinete de flujo laminar es un banco de trabajo con su propio suministro de aire filtrado. Proporciona protección al producto, garantizando que el trabajo en el banco sólo se expone al aire filtrado por el filtro HEPA.
- El gabinete de flujo laminar es ampliamente utilizado en los laboratorios de investigación médica, hospitales, instalaciones de fabricación y entornos de investigación y ambientes de producción.
- Ventajas:
 - 1 Utiliza filtros HEPA, rendimiento: 99.999% a 0,3 μm
 - 2 Control microprocesado con pantalla LCD
 - 3 Velocidad del aire ajustable
 - 4 Puerta guillotina frontal motorizada
- Dimensiones externas: 1300 x 825 x 2000 mm (ancho x profundidad x altura)
- Dimensiones de la zona de trabajo: 1200 x 500 x 570 mm (ancho x profundidad x altura)
- Altura de la mesada de trabajo con respecto al piso: 720 mm
- Pantalla: LCD digital
- Velocidad del flujo del aire: promedio de 0.3 a 0.5 m/s
- Material:
 - + Cuerpo principal: acero laminado en frío con capa de pintura anti-bacterial.
 - + Mesada de trabajo: acero inoxidable 304
 - + Ventana frontal y lateral: vidrio templado de 5 mm, con protección anti-UV
- Prefiltro: lavable, en fibra de poliéster.

- Eficiencia del filtro HEPA: 99.999% a 0,3 µm
- Nivel de ruido: <60 dB
- Puerta frontal: control motorizado
- Apertura máxima: 520 mm
- Lámpara fluorescente : 28 W
- Lámpara UV: 30 W
- Consumo: 400 W
- Base: con rueda universal y pie elevador.
- Alimentación: 220 V/ 50-60 Hz

Base Soporte para la cabina (Opcional)	Altura x 650 mm
Cumplimiento de Normativas	Diseñada y fabricada para cumplir los requisitos de: ASHRAE 110, NSF 49, ISO 9001:2008, ISO 1401:2004, ISO 13485:2003
Velocidad del aire, ingreso por ventana	0.3 A 0.50 m/s ó 60 A 100 fpm
Filtros	Filtro HEPA de eficiencia del 99,995%, retiene partículas desde 03 micras
Nivel de ruido	Típicamente <60 dBA al inicio del arranque del ventilador, sujeto a condiciones acústicas del entorno.
Pre-filtros	En fibra de poliéster, fácilmente cambiables.
Motor	Ventilador centrífugo, de velocidad ajustable, ubicado en el interior de la cabina
Ventana de la cabina	Vidrio templado con un espesor de 5mm. Y con una capa de protección contra la luz UV.
Ventana Frontal	Vidrio templado con altura ajustable de manera eléctrica.
Superficie de trabajo	En acero inoxidable.
Construcción	Acero de cold-roll, con pintura epoxica de alta resistencia físico química

Consumo de energía y fuente de alimentación.	340 W Fuente de alimentación AC110 ~ 240V, 50/60 Hz
Peso	110kg

- Accesorios estándar: base, lámpara fluorescente, lámpara UV, pico de gas y enchufes a prueba de salpicaduras.
- Peso neto: 125 kg
- Peso con embalaje: 165 Kg
- Medidas con embalaje: 1470 x 1060 x 1600 mm (ancho x profundidad x altura)

Especificaciones Generales	MODELO BBS -DDC
Dimensiones Ext. (L x P x A) La altura incluye la base soporte	1040 x 600 x 1030 mm
Dimensiones Int. (L x P x A)	940 x 580 x 540 mm

BALANZA ANALÍTICA CPA CPA224S

Compactas, precisas y de fácil manejo

Pesa de calibración integrada accionada por motor. La mayor precisión en la pesada pulsando simplemente una tecla

Función de calibrado y ajuste isoCAL. Calibrado/ajuste totalmente automático a intervalos periódicos gracias a esta función, lo que garantiza siempre una gran exactitud en la balanza.

"Pantalla retroiluminada (excepto modelo CPA225D); tamaño dígitos: 16 mm; lectura sin errores de los valores de pesada en cualquier situación de iluminación"

"Protector contra corrientes de aire de grandes dimensiones; fácil de limpiar. "

Célula de pesaje monolítico, innovadora y patentada para extraordinario rendimiento

Descripción

La combinación de características de alto rendimiento tecnológico en cada balanza analítica CPA con un diseño resistente de vida útil prolongada garantiza la mejor precisión posible en su uso continuo en el laboratorio. Cada balanza analítica CPA ofrece exactamente las características de rendimiento que son requeridas para el procesamiento profesional y rápido de las tareas de pesaje. Esto incluye, por ejemplo, grabación según ISO/GLP, impresión con la impresora de datos YDP03-0CE de Sartorius o un ordenador. La interfaz de datos bidireccional RS-232C proporciona la base de la comunicación con otro equipo como por ejemplo un ordenador. Las aplicaciones integradas y fáciles de usar ofrecen un valioso apoyo para todas las tareas avanzadas como el pesaje en porcentajes, formulación total-neto, pesaje de animales, conversión de unidades de masa y conteo.

Propiedades del producto

Capacidad de pesaje	220 g
Ajuste	Interno, isoCAL
Legibilidad	0,1 mg
Peso mínimo de la muestra acorde con USP (típico)	120 mg
Protección contra corrientes de aire	manual
Verificación legal	no
Pantalla	LCD retroiluminado
Nivelado	manual
Modelo	CPA

Características técnicas

Impresión conforme a ISO/GLP	Sí, en combinación con la impresora de Sartorius opcional o un PC
Pantalla	Pantalla LCD retroiluminada (excepto CPA225D)
Calibrado/ajuste	Interno, automático (isoCAL)
Ionizador	Externo (Opcional)
Interfaz de datos	RS232C bidireccional
Tamaño del plato de pesada	Ø 80 mm
Repetibilidad	$\leq \pm 0,1$ mg
Linealidad	$\leq \pm 0,2$ mg
Normativas	ISO, GxP

AGITADOR CALENTADOR CIMAREC. 2881600

Accesorios opcionales, instrumental diverso

Este modelo tiene control de realimentación con microprocesador y proporciona una velocidad constante independientemente de los cambios en la viscosidad y evita el desacoplamiento fuera de control y magnética. Es De transmisión directa del motor y del sistema de imán permitiendo una agitación tranquila con sello hermético y abrevadero de seguridad aseguran que los derrames accidentales no penetran en la carcasa. Luz de encendido e Integrado soporte del anillo del stand para dar cabida a 1,3 cm (0,5 ") de diámetro. Varilla de soporte.

Su base de aluminio fundido desvía derrames en el sistema eléctrico interno. Cuenta con un diseño de perfil bajo y base estable base, robusto evitar volcarse y derrames

El modelo de cerámica permite que se Limpie fácilmente y es resistente a los álcalis y ácidos, además su superficie blanca permite mayor visibilidad.

- Área de la superficie de agitación: 18.4 × 18.4cm (7.25 × 7.25in.)
- Material de la superficie: cerámica
- Velocidad de agitación: 60 to 1200rpm
- Rango de temperatura: 5° to 540°C (41° to 1004°F)
- Dimensiones generales: 33 × 21 × 10cm (13× 8.25 × 3.88in.)
- Sistema eléctrico: 120V 60Hz

Especificaciones	
Capacidad máxima de carga (lb)	25
Velocidad (rpm) (baja)	60
Velocidad (rpm) (alta)	1200
Temperatura máxima (° C)	540
Material de la placa superior	Cerámica
Top dimensiones de los platos (in.)	7x7
Dimensiones	8.25 in x 3.75 in de alto x 13 in D
Volumen de agitación máximo (Litros)	4
Tipo de enchufe	EE.UU. 3-clavijas
Modelo	SP131325Q
CE Cumplimiento	Si
Número de fabricante	SP131325Q
Energía	120 V, 60 Hz, 8.9 Amps, 1070 Watts
Tipo de producto	Plato caliente agitación

INB 500 INCUBADORA DE PRECISIÓN MICROPROCESADA MARCA: MEMMERT

DETALLES:

Convección natural

Ajuste de la mezcla de precalentamiento de aire fresco

Controlador por microprocesador integrado PID con sistema de autodiagnóstico con indicación de fallo

Rango de temperatura: Ambiente a 70°C

Función "Loop" para repetir el perfil de 1-99 veces o infinitas
1 sensor de temperatura de platino de alta calidad PT 100 en un circuito con 4 cables para proporcionar una transmisión estable a largo plazo de las señales de medición

Registro a largo plazo de todos los datos relevantes mediante una lista circular de 1.024 kB

Interfaz en serie RS232 con programación "Celsius" y software de registro
Adaptación de potencia de calentamiento eficaz según el punto de ajuste
2 bandejas de acero inoxidable

Volumen interno: 108 litros

Características Técnicas:

- Volumen cámara interior 108 L
- Dimensiones interiores: Ancho 560 mm (A en dibujo)
- Altura 480 mm (B en dibujo)
- Fondo 400 mm (C en dibujo)
- Material Acero inoxidable, 1.4301 (ASTM 304)
- Dimensiones exteriores: Ancho 710 mm (D) Altura 760 mm (E) Fondo 550 mm (F) sin manilla puerta Manilla de puerta 38 mm
- Consumo eléctrico 900 W (en función caldeo)
- Conexión eléctrica 230 V ($\pm 10\%$), 50/60 Hz
- Peso neto 50 kg
- Cantidad bandejas incluidas 2 (acero inoxidable perforada)

- Ancho de bandeja 556 mm Fondo de bandeja 361 mm Posibilidad de colocar bandejas adicionales 3 no incluidas, 5 en total
- Carga max por bandeja 30 kg
- Carga total max en cámara 60 kg

AUTOCLAVE VERTICAL LDZX-30FB

Tipo vertical de acero inoxidable esterilizador de presión de vapor (Tipo de Autocontrol)

Especificación: 30Liter

Calidad: cámara de esterilización de acero inoxidable

Descripción: Control automático de programa cíclico antiséptico

- Pantalla LCD indica el estado de trabajo
- Alcance la temperatura 50 ~ 126°C
- Tiempo alcance 0-99h
- Sobrepresión de auto -descarga 0.145 ~ 0.165MPa
- Desconexión automática con recordando pitido después de la esterilización con el equipo de protección de descanso de agua

Parámetros técnicos:

Tipo	Volumen	Fuente de alimentación	Energía consumida	Dimensión de la cámara de esterilización	Peso	Dimensión (mm)
LDZX-30FB	30L	220V	3Kw	(ϕ)350x330mm	60kg	580x580x1000mm