

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS**

**APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO FÍSICO  
QUÍMICO PARA LA REDUCCIÓN DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES EN UNA  
EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS –  
HUACHO - 2013**

**PRESENTADO POR:**

**ING. GILBER TITO LOAYZA SOLIER**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN ECOLOGÍA Y  
GESTIÓN AMBIENTAL**

**ASESOR:**

**Dr. JOSÉ VICENTE NUNJA GARCIA**

**HUACHO - 2017**

**APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO FISICO QUIMICO PARA LA  
REDUCCION DE LA CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES EN  
UNA EMPRESA DE BEBIDAS CARBONATADAS – HUACHO - 2013**

**ING. GILBER TITO LOAYZA SOLIER**



**TESIS DE MAESTRÍA**

**ASESOR: Dr. JOSÉ VICENTE NUNJA GARCIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL**

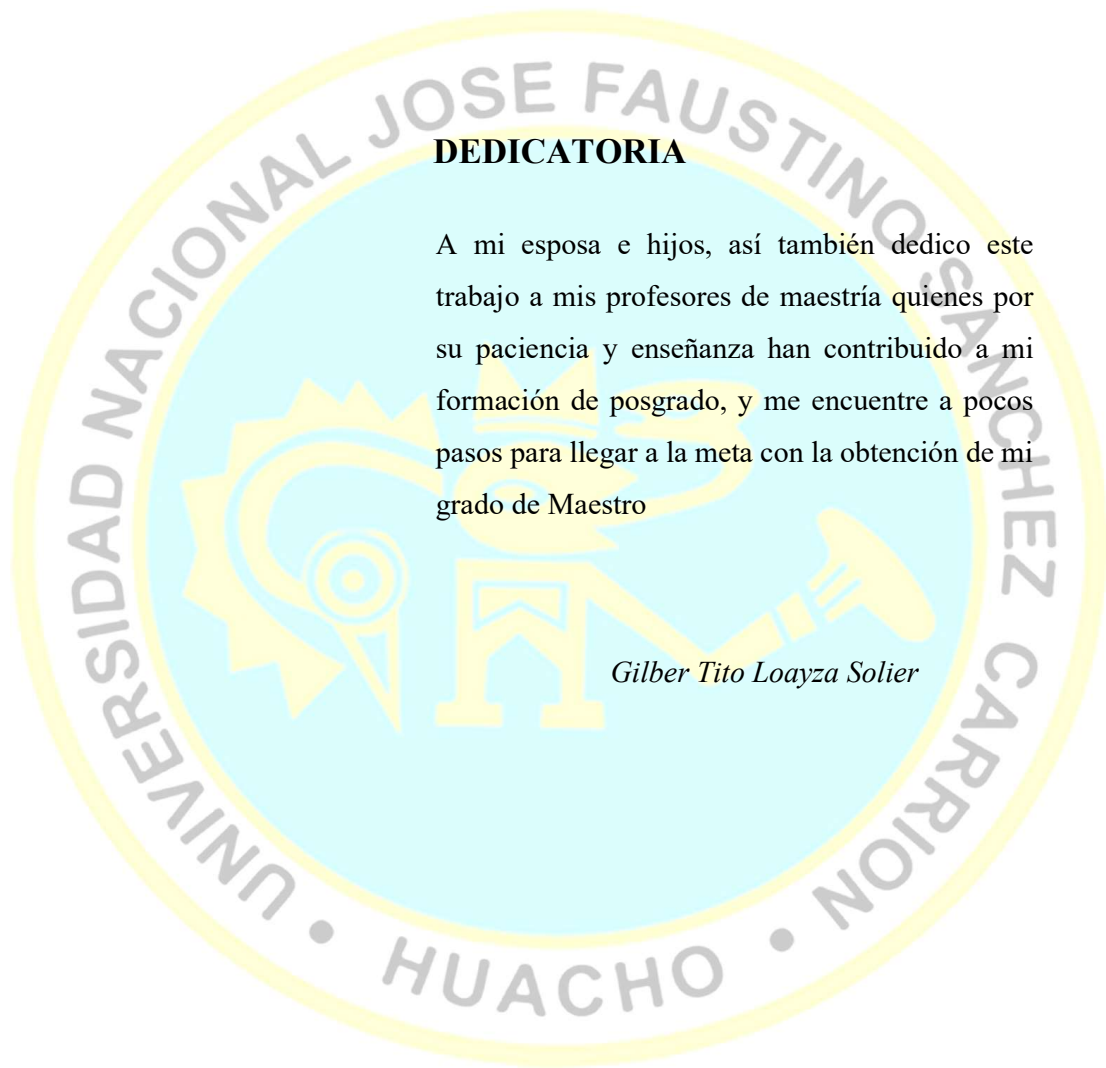
**JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRO EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**HUACHO**

**2017**



### **DEDICATORIA**

A mi esposa e hijos, así también dedico este trabajo a mis profesores de maestría quienes por su paciencia y enseñanza han contribuido a mi formación de posgrado, y me encuentre a pocos pasos para llegar a la meta con la obtención de mi grado de Maestro

*Gilber Tito Loayza Solier*

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento en primer lugar a Dios por haberme guiado el camino hacia la culminación de esta presente tesis, a mi familiar que adoro y son la razón de mi existencia, asimismo al Dr. José Nunja García por el apoyo y asesoramiento de la presente investigación.



# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xi</b>

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1 Problema general</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio</b>	<b>4</b>
<b>1.6 Viabilidad del estudio</b>	<b>4</b>

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 Investigaciones internacionales</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 Investigaciones nacionales</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Definición de términos básicos</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>2.4 Hipótesis de investigación</b>	<b>46</b>
<b>2.4.1 Hipótesis general</b>	<b>46</b>
<b>2.4.2 Hipótesis específicas</b>	<b>46</b>
<b>2.5 Operacionalización de las variables</b>	<b>47</b>

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

<b>3.1 Diseño metodológico</b>	<b>48</b>
<b>3.2 Población y muestra</b>	<b>49</b>

3.2.1 Población	49
3.2.2 Muestra	49
3.3 Técnicas de recolección de datos	49
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	50

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS**

4.1 Análisis de resultados	50
4.2 Contrastación de hipótesis	54

**CAPÍTULO V**

**DISCUSIÓN**

5.1 Discusión de resultados	57
-----------------------------	----

**CAPÍTULO VI**

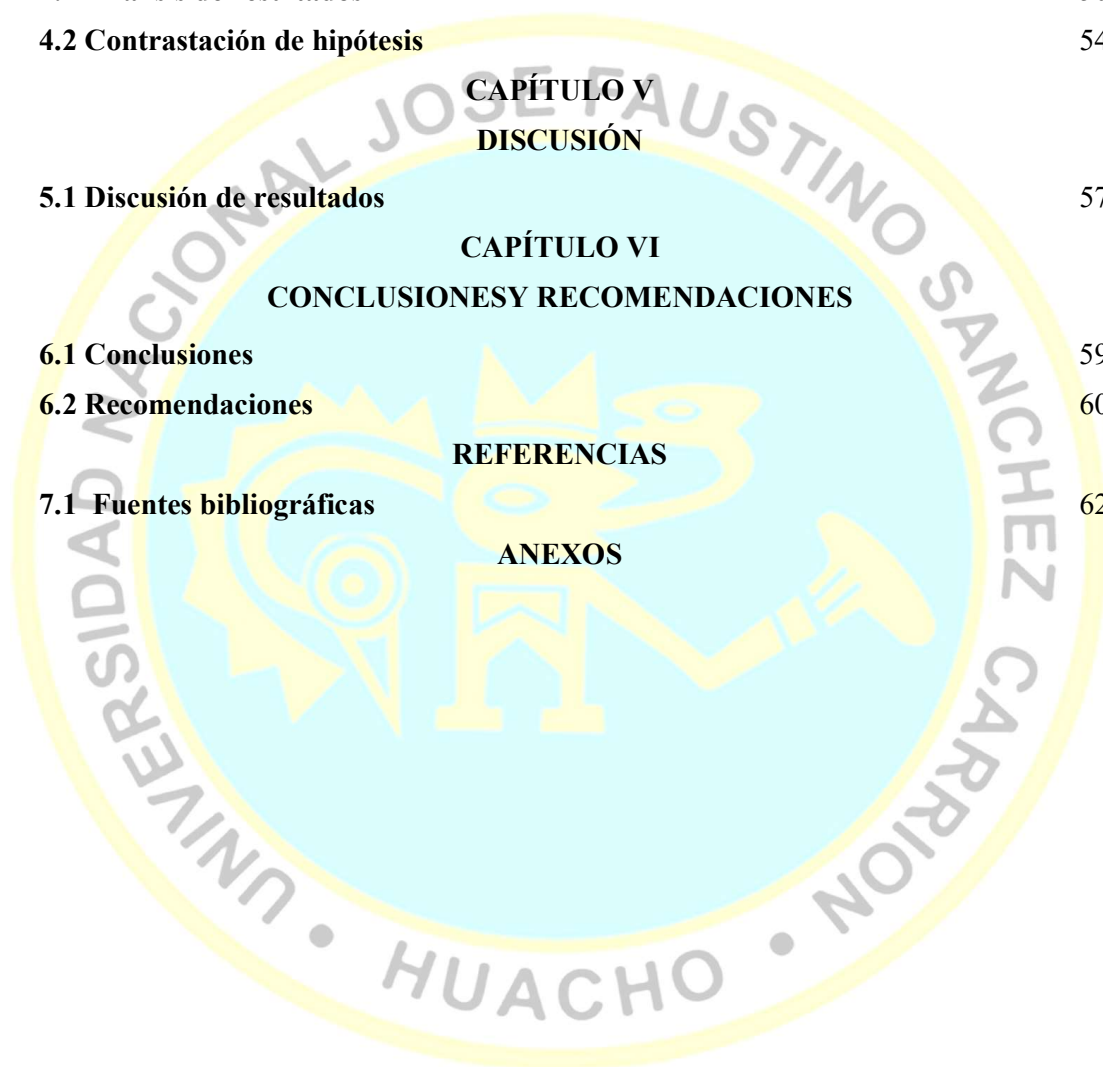
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones	59
6.2 Recomendaciones	60

**REFERENCIAS**

7.1 Fuentes bibliográficas	62
----------------------------	----

**ANEXOS**



## RESUMEN

En el caso del tratamiento primario, secundario y terciario de efluentes provenientes de actividades industriales que involucra la utilización de alimentos u otros productos de consumo humano como es el caso de las bebidas gaseosas el tratamiento es más factible y da la opción de dar un reciclaje de estas aguas industriales procedentes del proceso de bebidas de consumo humano, como es el caso de su utilización como aguas con propiedades fertilizantes.

En las fábricas de bebidas gaseosas se tiene el problema del vertimiento de sus efluentes que resultan en las diferentes etapas del proceso de elaboración de bebidas, tales como aguas usadas para limpieza y mantenimiento de equipamiento, derrames de jarabes y de producto terminado, productos intermedios que están fuera de algún parámetro de calidad por lo que hay la necesidad de vertirlo como un efluente, asimismo juntos a esas aguas también se mezcla material particulado que está en suspensión o sedimentado en los tanques de almacenamiento de efluentes.

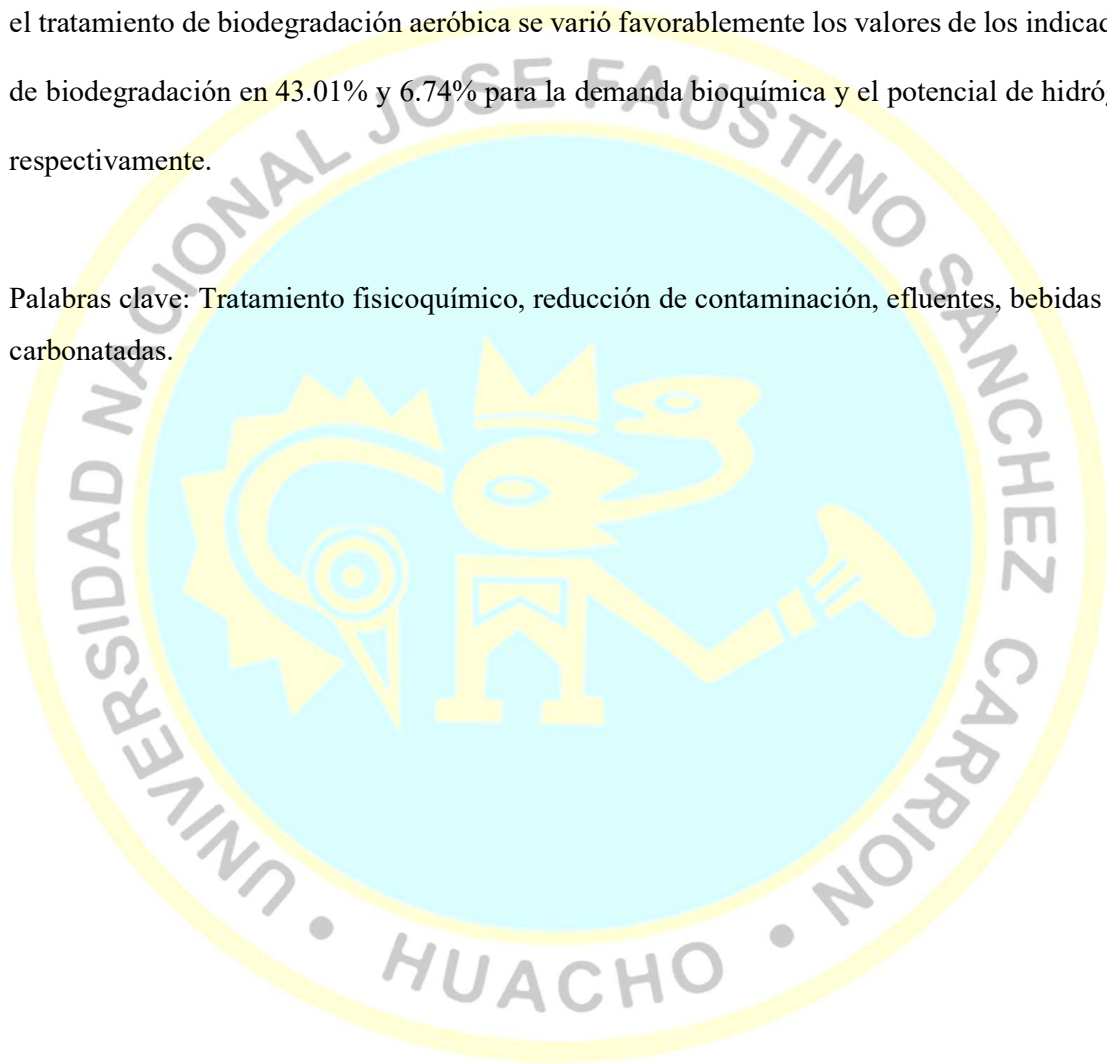
Se realizó una prueba experimental a fin de determinar la cantidad óptima de floculante Quitosan teniendo como indicadores el valor del índice de turbidez (NTU) se determinó que el mejor resultado en términos de formación mayor contenido de sólidos sedimentados y mejor solución clarificada final fue cuando se utilizó una concentración de 0.12% de floculante Quitosan en la Jarra N°4 a un pH de 6.23 a una temperatura de 25°C, esta diferenciación se hace evidente apreciando los Gráficos 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, en las otras Jarras se observó menos formación de floculos y un líquido menos clarificado al emplear otras concentraciones de % de floculante y utilizar otros valores del potencial de hidrógeno.

Con el efluente ya filtrado y floculado a un pH 6.23 se le llevó al equipo de Flotación de aire disuelto se observó que tanto el valor del pH y la demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo mejor valor a un tiempo de 36 horas verificándose en este tiempo un pH de 6.65 y una demanda

bioquímica de 457 mg O<sub>2</sub>/L, en estas condiciones se observó un óptimo resultado en la muestra 4 según se aprecia en la Tabla 4.4 y los Gráficos 4.6 y 4.7.

Entre las conclusiones más relevantes del trabajo puede indicarse que los valores finales de variación de las variables de control del efluente que se ilustra con el indicador que es el Índice de turbidez para el caso del tratamiento mediante una floculación optimizada es de 79.09% . Para el tratamiento de biodegradación aeróbica se varió favorablemente los valores de los indicadores de biodegradación en 43.01% y 6.74% para la demanda bioquímica y el potencial de hidrógeno respectivamente.

Palabras clave: Tratamiento fisicoquímico, reducción de contaminación, efluentes, bebidas carbonatadas.





## ABSTRACT

In the case of primary, secondary and tertiary treatment of effluents from industrial activities involving the use of food or other consumer products such as soft drinks treatment it is more feasible and given the option to give a recycle these industrial process water from beverages for human consumption, such as water for use as fertilizer properties.

In the soft drink plants you have the problem of the dumping of effluents that are in different stages of the manufacture of beverages, such as water used for cleaning and maintenance of equipment, spills syrups and finished goods, intermediate products they are out of a quality parameter so there is the need to wash as an effluent, also together these waters particulate mixture is also suspended or sedimented in storage tanks effluents. Experimental testing to determine the optimum amount of flocculant Chitosan having as indicators index value Turbidity (NTU) was determined that the best results in terms of increased formation solids sedimented and better final clarified solution was performed when used a concentration of 0.12% flocculant chitosan in Jarra No. 4 at pH 6.23 at a temperature of 25 ° C, this differentiation is evident appreciating Figures 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 and 3.5, on the other pitchers less formation was observed a liquid flowing and less clarified by using other concentrations of% flocculant and use other hydrogen potential values.

With the effluent already filtered and flocculated at pH 6.23 I will take the team Dissolved air flotation was observed that both the pH and biochemical oxygen demand got better value at a time of 36 hours being verified at this time, a pH 6.65 and a biochemical demand of 457 mg O<sub>2</sub> / L, under these conditions an optimum result was observed in sample 4 as shown in Table 4.4 and Figures 4.6 and 4.7.

Among the most important conclusions of the work can be noted that the final values of variation of the control variables of the effluent is illustrated by the indicator is the

turbidity index for the case of treatment through optimized flocculation is 79.09%. For treating aerobic biodegradation favorably varied values biodegradation indicators 43.01% and 6.74% for the biochemical demand and potential hydrogen respectively. Due to demographic growth, urban sprawl, the Pollution of our water resources, indiscriminate use and the climate changes of the last decade has caused the shortage of fresh water in the world, José Faustino Sánchez Carrión university, it is not outside this shortage and it suffers nowadays, which is produced by different circumstances, affecting the different services of the institution because only water is available only in the first few hours of the morning in some days.

Globally and for four decades ago, human beings have posed different ways of solving what was coming to the future, water scarcity, shaping it in different environmentalist currents, following this way of thinking and acting it is necessary to reuse water at all levels, in our country and in other countries through its authorities, is already used techniques for recycling water and its regulated use, in the case of Huacho university, seeks to reuse this resource.

At José Faustino Sánchez Carrión university, the payments for the service of drinking water every month approximately is fifty thousand nuevos soles (S/ 50,000) being these payments very expensive, considering that the service is only in the first hours of the morning.

Keywords: Physicochemical treatment, reduction of pollution, effluents, carbonated beverages.

## INTRODUCCIÓN

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo. En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km<sup>3</sup>/año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km<sup>3</sup>/año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos.

En el caso del tratamiento primario, secundario y terciario de efluentes provenientes de actividades industriales que involucra la utilización de alimentos u otros productos de consumo humano como es el caso de las bebidas gaseosas el tratamiento es más factible y da la opción de dar un reciclaje de estas aguas industriales procedentes del proceso de bebidas de consumo humano, como es el caso de su utilización como aguas con propiedades fertilizantes.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En las fábricas de bebidas gaseosas se tiene el problema del vertimiento de sus efluentes que resultan en las diferentes etapas del proceso de elaboración de bebidas, tales como aguas usadas para limpieza y mantenimiento de equipamiento, derrames de jarabes y de producto terminado, productos intermedios que están fuera de algún parámetro de calidad por lo que hay la necesidad de verterlo como un efluente, asimismo juntos a esas aguas también se mezcla material particulado que está en suspensión o sedimentado en los tanques de almacenamiento de efluentes. Se tiene la suficiente información aparte que no podemos estar al margen del avance de la tecnología. Las técnicas de tratamiento de aguas, que en el pasado eran complejas, dificultosas y onerosas, hoy en día son bastante rápidas y eficientes, por lo que se tendría que tratar los efluentes antes de verterlos a la alcantarilla pública, pues se estaría infringiendo la normativa legal, pues las características fisicoquímica y microbiológicas de este efluente está por encima de los que indica la legislación ambiental, por lo que se tendría que practicar un tratamiento de estas aguas usadas, un problema que se tiene es la carga orgánica derivada de los azúcares que tiene los jarabes y bebidas gaseosas, aparte de otros componente orgánicos que tienen esos productos, también se tiene el problema de la presencia de los detergentes, solución

de hidróxido de sodio y grasas que se utilizan para el lavado de botellas, mantenimiento y limpieza del equipamiento.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Es posible a partir de un tratamiento físico químico de los efluentes de una fábrica de gaseosas reducir la contaminación ambiental a los cuerpos de agua?

### **1.2.2 Problemas específicos**

a) ¿Cómo influye la separación de residuos sólidos flotantes mediante rejillas de los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua?

b) ¿Cómo influye la separación de lodo y arena mediante un desarenador de los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua?

c) ¿Cómo influye la dosificación de agentes neutralizantes a los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua?

d) ¿Cómo influye la dosificación de agentes floculantes y/o coagulantes a los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua mediante un tratamiento físico químico de los efluentes de una fábrica de gaseosas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

a) Separar los residuos sólidos flotantes mediante rejillas los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

b) Separar el lodo y arena mediante un desarenador de los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

c) Dosificar la solución de los agentes neutralizantes los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

d) Dosificar la solución de los agentes coagulantes y/o floculantes a los efluentes de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Aprovechar la tecnología disponible para tratar estas aguas residuales de una fábrica de gaseosas para la reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua, con posibilidad de dale uso como agua regadío para incentivar el crecimiento de plantas y árboles que mejoren el paisaje de la ciudad, con la ventaja adicional de convertirse en nuevos captadores de CO<sub>2</sub>.

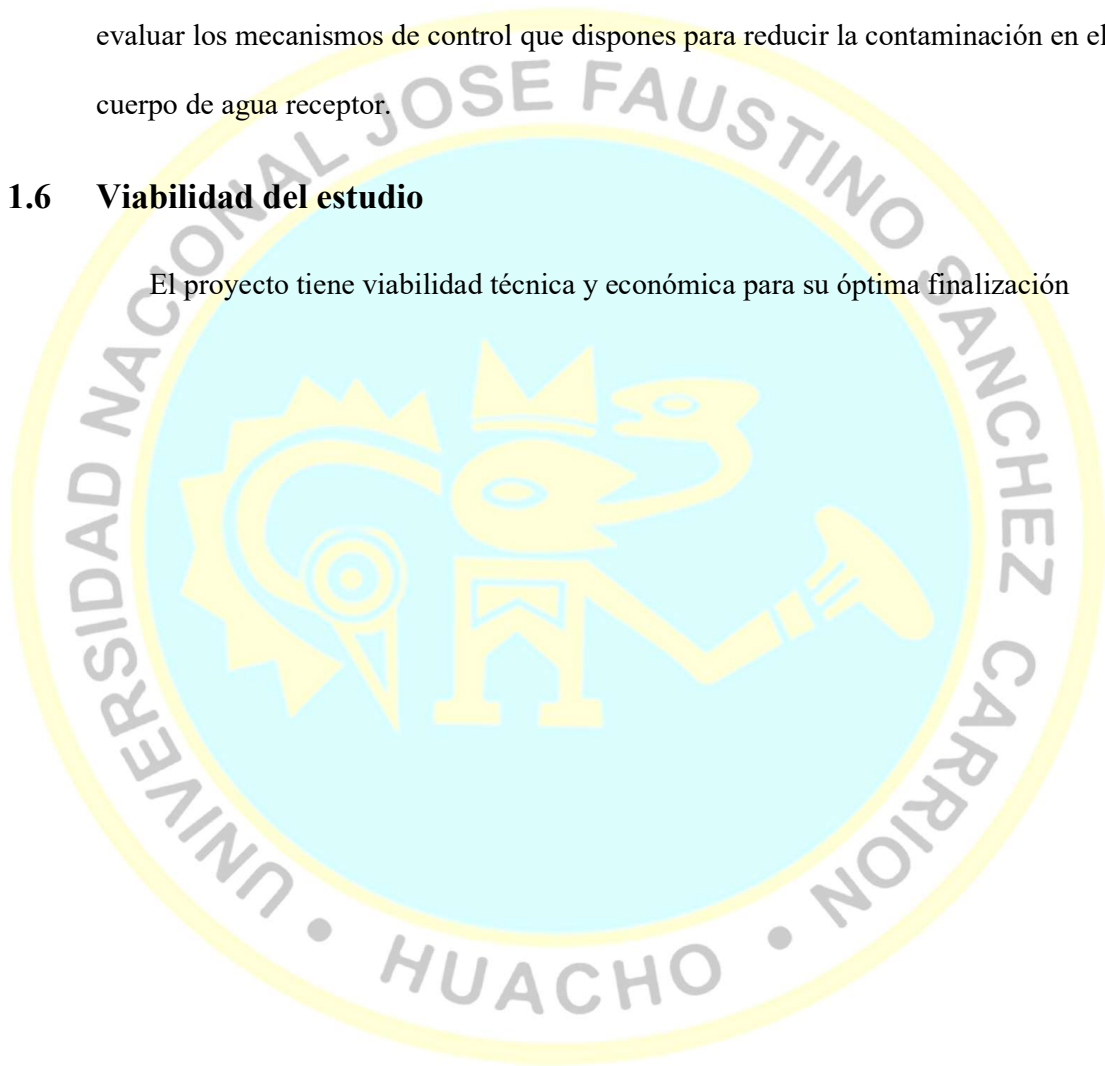
También se justifica el presente trabajo debido que las soluciones más concentradas de azúcares antes de derivarlas al tanque común que recepciona estas aguas residuales se separarían en otro tanque para su posterior tratamiento fermentativo y posterior destilación para la obtención de alcohol, que es oportunidad para otro trabajo de investigación, con métodos de tecnología limpia, con la ventaja de obtener un combustible no toxico como es el etanol. Esta separación anticipada de las soluciones concentradas en azúcares también facilita y baja costos en el tratamiento de los efluentes de la planta de bebidas gaseosas. En el supuesto caso que no se utilice como agua de regadío estas aguas retornaría a su cauce, pero con un mínimo contenido de contaminantes.

## **1.5 Delimitaciones del estudio**

La delimitación del estudio está dada por la gestión ambiental de los efluentes de la Fábrica de aguas gaseosas, que no nos da facilidades para desarrollar el presente trabajo de investigación, a fin de evaluar directamente con la toma de muestras de efluentes en sus puntos críticos de vertimientos de aguas residuales, asimismo evaluar los mecanismos de control que dispones para reducir la contaminación en el cuerpo de agua receptor.

## **1.6 Viabilidad del estudio**

El proyecto tiene viabilidad técnica y económica para su óptima finalización



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Oves *et al* (2013) sostienen que;

El estudio se realizó para examinar la capacidad biosorbente de metal de cepa bacteriana OSM29 recuperado de la rizosfera de la coliflor crecido en el suelo irrigado consistentemente con los efluentes industriales. La cepa bacteriana de metal tolerante OSM29 se identificó como *Bacillus thuringiensis* siguiente 16SRNA análisis de la secuencia de genes. En presencia de las concentraciones variables (25-150mg/l) de metales pesados, tales como cadmio, cromo, cobre, plomo y níquel, la cepa *B. thuringiensis* OSM29 mostró un metal obvia la eliminación de potencial. También se evaluó el efecto de ciertos factores físico-químicas tales como el pH, la concentración inicial del metal, y el tiempo de contacto en biosorción.

El pH óptimo para el níquel y el cromo de eliminación fue de 7, mientras que para el cadmio, cobre y plomo, fue 6. El tiempo de contacto óptimo fue de 30 minutos. para cada metal a  $32 \pm 2$  ° C por la cepa OSM29. La capacidad de biosorción de la OSM29 cepa para los iones metálicos fue mayor para Ni (94%) que fue seguido por Cu (91,8%), mientras que la sorción más bajo por la biomasa bacteriana se registró para Cd (87%) a 25mg/l de metal inicial concentración de iones. Los coeficientes de



regresión obtenidos para los metales pesados de los modelos de Freundlich y Langmuir fueron significativos.

Los grupos funcionales químicos superficie de *B. thuringiensis* identificado por la biomasa transformada de Fourier eran amino, carboxilo, hidroxilo, y grupos de infrarrojos (FTIR) carbonilo, que pueden estar implicados en la biosorción de metales pesados. La capacidad de biosorción de *B. thuringiensis* OSM29 varió con metales y era el pH y la concentración de metal dependiente. La biosorción de cada metal era bastante rápida, que podría ser una ventaja para el tratamiento a gran escala de los lugares contaminados.

Robles-González (2013) afirman que;

Las destilerías mexicanas producen cerca de ocho millones de litros de mezcal al año, y generan unos 90 millones de litros de vinazas de mezcal (MV). Estos residuos líquido ácido es muy agresivo para el medio ambiente debido a su alto contenido de materia orgánica tóxicos y recalcitrantes.

Como resultado de ello, es necesario un tratamiento antes de su vertido a los cuerpos de agua. Es interesante, sin embargo, inquietante; verificar que existe una brecha importante en el tratamiento de la MV. Sin embargo, existe una abundante investigación sobre el tratamiento de otros efluentes tóxicos recalcitrantes que guardan cierta similitud con MV, por ejemplo, la vinaza de vino, vinazas de la industria del azúcar, aceite de oliva, y las aguas residuales de pulpa y papel industriales.

El objetivo de esta revisión es organizar críticamente las alternativas de tratamiento de MV, evaluar sus ventajas y desventajas relativas, y finalmente detectar las tendencias de investigación y desarrollo futuros. La experiencia con el tratamiento de este conjunto de residuos, indica las siguientes tendencias: (i) la digestión anaerobia, complementado por tratamientos químicos oxidantes (por ejemplo

ozonización) por lo general se colocan como pretratamientos, (ii) de tratamiento aeróbico solo y en combinación con la capa de ozono que han sido dirigidos a separar compuestos fenólicos y el color se han aplicado con éxito, (iii) los tratamientos físico-químicos tales como Fenton, electro-oxidación, oxidantes y así sucesivamente., que son ahora sobre todo en la etapa a escala de laboratorio, han demostrado una importante eliminación de compuestos orgánicos recalcitrantes, (iv) el tratamiento previo de hongos con el tratamiento químico seguido de oxidación (o 3) o la digestión anaeróbica, esta combinación parece dar resultados atractivos, (v) vinazas pueden compostarse con residuos orgánicos sólidos, en particular con los de las actividades agrícolas y agro- Industrias; Además de amenders suelo con valor fertilizante para mejorar la calidad del suelo en terrenos típicos áridos en las que se cultiva el agave, que parece ser una tecnología de bajo costo muy adecuada para las regiones rurales de los países subdesarrollados donde las tecnologías más sofisticadas son difíciles de adoptar, debido a los altos costos y requerimientos de personal calificado.

Acharya (2008) afirma que;

La digestión anaerobia de aguas residuales de una industria de la destilería que tiene muy alta DQO fue estudiada (1,10,000-1,90,000 mg / L) y DBO (50.000-60.000 mg / l) en un reactor de columna alimentada continuamente, hasta flujo fijo película utilizando el soporte diferente materiales tales como carbón, fibra de coco y fibras de nylon bajo variando el tiempo de retención hidráulica y velocidades de carga orgánica. El consorcio de semillas fue preparado por el enriquecimiento con destilería de lavado gastada en un reactor de tipo convencional que tiene la capacidad de trabajo de 3 L y se utiliza para cargar el reactor de columna anaeróbica. Entre los diversos materiales de apoyo estudiaron el reactor que tiene la fibra de coco podría tratar la destilería de lavado gastada a las 8 d tiempo de retención hidráulica con velocidad de carga orgánica

de 23.25 kg DQO m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> que conduce a la reducción de DQO de 64% con la producción de biogás de 7,2 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>, que tiene un alto rendimiento de metano sin ningún tratamiento previo o neutralización de la destilería de lavado gastado. Este estudio indica biometanización película fija de destilería de lavado dedicado al uso de fibra de coco como material de soporte parece ser una tecnología eficaz y prometedora de costos para mitigar los problemas causados por los efluentes destilería.

Shariatpanahi (1986) indica que;

En muchas regiones de Irán, los cultivos se riegan con aguas residuales municipales e industriales que contienen una variedad de metales. El propósito de este estudio fue para simular el nivel de metales que se pueden presentar a las plantas a través de una estación de crecimiento en un entorno de laboratorio controlado.

El cadmio, plomo, arsénico, cromo, mercurio, níquel, cobre, zinc, selenio y se aplicaron a las plantas por la alta tasa de 200 g de metal / ha / sem. Las siguientes plantas se examinaron para la acumulación de metales y efectos en el rendimiento: mastuerzo (*Lipidium sativum*), el puerro (*Allium porrum* L.), la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), menta (*Mentha arvensis* L.), cebolla (*Allium CAPA* L.), el rábano (*Raphanus sativus* L.), y el estragón (*Artemisia draculus* L.). Todas las plantas mostraron una absorción importante de todos los metales en comparación con el control ( $p = 0,05$ ), y el crecimiento se redujo significativamente ( $p = 0,05$ ). Cadmio y cromo niveles de  $85 \pm 7,4$  y  $47,6 \pm 8,9$  mg / g); los niveles de selenio fueron más altas en el estragón ( $16,5 \pm 5,8$  mg / g). Los niveles de zinc fueron similares ( $p = 0,05$ ) en todas las especies probadas, al igual que el mercurio y el plomo. Los metales restantes (níquel y cobre) mostraron diferencias significativas en la absorción, dependiendo de las especies de plantas.

Dritsa y Rigas (2011) sostienen que;

La industrialización intensiva genera subproductos o residuos, que suelen ser peligrosos (tóxicos y / o persistente) para el medio ambiente y para los seres humanos. Los contaminantes más peligrosos incluyen metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenilos policlorados (PCB), pesticidas y colorantes sintéticos. Para los países industrializados más de un siglo contaminar sistemáticamente suelo, agua y aire con tales materiales. Sin embargo, fue sólo después de la década de 1980 que las acciones correctivas se llevaron a cabo y el enfoque de dejar hacer fue dejada de lado. Con respecto a la contaminación del suelo y del agua, la "remediación" in situ término general, se utiliza por lo general.

Este término no se limita a la limpieza de contaminantes en ya sea una matriz sólida (principalmente tierra) o en medios líquidos (agua subterránea o de la superficie de agua), ya que en algunos casos no hay limpieza en absoluto, y, de hecho, los contaminantes están contenidos o inmovilizado en su lugar. Por lo tanto, el término "remediación" debe ser visto como teniendo significado más amplio que el de "limpieza". Tecnologías de tratamiento biológicos han jugado un papel importante en la degradación de contaminantes ambientales peligrosas. La biorremediación es una diversa tecnología de limpieza, rentable y respetuosa del medio ambiente en comparación con las técnicas fisico-químicas tradicionales que se utilizan comúnmente.

El término "tecnología blanda" a veces se utiliza para la biotecnología de distinguir de las técnicas fisico-químicas más drásticas y que afectan el medio ambiente. La biorremediación implica el uso de varios organismos microbianos para la eliminación de contaminantes del medio ambiente. Puede ser una solución permanente y puede incluso conducir a la completa mineralización de contaminantes

orgánicos, dejando intacto el ecosistema. Los factores más importantes para el éxito de esta tecnología son la disponibilidad de los microbios adecuados en el medio contaminado, el tipo y concentración de los contaminantes y las condiciones ambientales.

En esta parte del estudio se revisa la investigación reciente de biorremediación en una gama de contaminantes en las aguas residuales producidas por industrias como destilerías de alcohol, almazaras y las industrias de papel y plantas de celulosa. Tratamiento y reutilización de efluentes presentan retos significativos debido a las características de las aguas residuales, como la demanda de oxígeno de alta química (COD), alto contenido de contaminantes persistentes y de color oscuro. Muchas especies se han aislado y caracterizado como microorganismos degradantes de la contaminación. La biodegradación y biosorción han sido ampliamente estudiados usando cultivos puros o mixtos de hongos y bacterias. La evaluación del microorganismo (s) adecuada es normalmente el primer paso para un tratamiento biológico de contaminantes.

Jamil *et al* (1987) señala que;

Las malas hierbas acuáticas - jacinto de agua [*Eichhornia crassipes* (Mart) Soims] mostraron una notable capacidad para resistir los efectos de los cambios de pH que varían de 5 a 8 en el medio ambiente acuático. El crecimiento siguió siendo normal, excepto cuando se coloca por períodos más largos en medio que contiene iones de hierro a pH 3.3. La capacidad de esta planta para neutralizar algunas soluciones muy ácidas de metales pesados tales como sales de cobre, cadmio y zinc individualmente y en combinaciones, se está informando. Plantas colocadas en soluciones de ácido y alcalinos puros también fueron capaces de neutralizar el medio.

El calcio parece jugar un papel importante en el mecanismo implicado en la capacidad de adaptación de estas plantas a tales ambientes.

Ramasubramanian y Jeyaprakash (2007) afirman que;

La remediación basada en plantas es una herramienta biotecnológica bajo coste eficaz para limpiar el medio ambiente contaminado. En el presente estudio, el efluente de la industria partido fue tratado con hojas secas y pulverizadas de Eichornia, Azadiracta y calotropis sps. Después del tratamiento, se analizaron los caracteres físico-químicos y se comparan con los parámetros del efluente sin tratar. Se mostró cambios sustanciales en las características físico-químicas más el efluente sin tratar y también se encontró que los metales pesados para ser absorbido del efluente por los materiales de la hoja, lo que demuestra el hecho de que es un buen costo bio adsorbente bajo para el tratamiento de efluentes industriales.

Bajpai y Bajpai (1994) indican que;

La principal contribución al color en el efluente proviene de los compuestos de lignina de cloro que son descargados desde la etapa de blanqueo del proceso de fabricación. Estos compuestos son no degradables, por métodos biológicos convencionales químicos y, plantean problemas en la eliminación de color. Varios métodos físicos, químicos y biológicos, se han intentado para la eliminación del color de la pulpa y fábricas de papel efluentes. Los métodos físicos y químicos de la eliminación del color, como por la tecnología disponible hasta el momento, son bastante caros y menos eficientes y ninguna es viable en la práctica.

El proceso de eliminación del color parece ser atractiva ya que, además del color y la demanda química de oxígeno, sino que también reduce la demanda biológica de oxígeno y chlorolignins de bajo peso molecular. Este artículo revisa la investigación

actual sobre el uso de métodos biotecnológicos para eliminar el color de las aguas residuales de pulpa y papel.

### 2.1.2 Investigaciones nacionales

Llagas y Guadalupe (2006) concluyen;

En su tesis que las constantes cinéticas obtenidas en esta investigación usando aguas residuales sintéticas fueron:

a:0.8763 (Parámetro de utilización de oxígeno para la oxidación de sustrato).

b: 0.0744 (Parámetro de utilización de oxígeno utilizado en la respiración endógena).

Y: 0.0494 (Coeficiente de producción de biomasa por consumo de sustrato).

Kd:0.00048 d<sup>-1</sup> (Coeficiente de consumo de biomasa por respiración endógena).

k:0.0025 h<sup>-1</sup>.L /mg (Constante de velocidad de consumo de sustrato).

En el estudio se logró comparar la operación convencional de lodos activados con aeración extendida.

El IVL del sistema alimentado con aguas residuales sintéticas varía entre 58,6 y 336,0 mL/g, mientras que el de alimentado con aguas residuales crudas está en el rango de 95,7 a 339,7 mL/g.

Se concluye que la separación de los lodos biológicos de un sistema alimentado con agua residual sintética de baja carga (146 mg/L DBO<sub>5</sub>) es más fácil que el alimentado con aguas residuales crudas tiene mayor tendencia al problema denominado «lodo voluminoso», el cual conlleva a una inadecuada compactación de lodos. Esto es atribuible al crecimiento excesivo de organismos filamentosos.

Méndez, Miyashiro, Rojas, Cotrado y Carrasco( 2004)en su tesis presentada da a conocer las siguientes conclusiones:

- La dimensión de las celdas para el diseño del humedal en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos está en la relación largo: ancho (4:1);

relación influenciada fuertemente por el régimen hidráulico y la resistencia al flujo dentro del sistema. El flujo a través del humedal tiene que vencer la resistencia a la fricción impuesta por la vegetación y la capa de residuos, la energía para superar esta resistencia es suministrada por el caudal calculado entre la entrada y la salida del humedal. Relaciones desde 1:1 hasta 3:1 son también aceptables.

- Los modelos matemáticos analizados para los sistemas de agua superficial libre (SASL) requieren ser comprobados con datos de campo ya que son sensibles a los cambios de temperatura en los lugares donde se van a llevar a cabo.
- El agua proveniente de este humedal será usada en los servicios de riego de las áreas verdes como: jardines, Estadio Universitario, áreas externas y áreas destinadas al servicio de limpieza de la Ciudad Universitaria, como uno de los objetivos de este proyecto.

## 2.2 Bases teóricas

### Fuentes de agua

La principal materia prima utilizada en la empresa en sus procesos productivos, es el agua para lo cual la empresa cuenta con pozos artesianos que son fuente de agua mineral de dos tipos: con gas y sin gas. Estas fuentes de agua son alimentadas por aguas que provienen de los deshielos de los nevados. Estas aguas atraviesan diferentes capas profundas de minerales y van solubilizando e incorporando a su composición minerales y gases (gas carbónico).

Los principales minerales que contiene esta agua son: calcio, magnesio, bicarbonato de sodio y las principales vertientes de agua natural son: agua mineral carbonatada; agua dura que reciben un proceso de ablandamiento para ser destinadas al uso industrial en el lavado de botellas y limpieza de equipos, así como para uso doméstico: cocina y baños; agua ablandada y las fuentes de agua mineral.



El proceso de fabricación de bebidas utiliza como elemento principal, el agua, para lo cual la empresa cuenta con una serie de vertientes naturales de agua mineral y agua mineral con gas, las que son sometidas a un proceso de purificación y desinfección antes de ser utilizada como materia prima. En el caso del agua utilizada para los baños, equipos como calderos, equipos de refrigeración, entre otros, se dispone de vertientes naturales de agua dura a la cual se le somete a un proceso de ablandamiento antes de su utilización. Una vez que el agua ha sido sometida a su tratamiento respectivo ingresa al proceso de producción de bebidas.

#### Lavado de botellas

Las botellas deben estar completamente limpias y esterilizadas, para lo cual existe un procedimiento previo de lavado de botellas, antes del envasado del producto. Principalmente se manejan dos tipos de envases: retornables y no retornables; en el primer caso se incluyen las botellas de vidrio de diferente capacidad y las bidoneras de 20 litros, en el segundo comprenden aquellas botellas PET de distinto volumen provenientes directamente de la fabricación.

El lavado de las botellas PET consiste en un proceso que utiliza un rinse con agua clorada, para lo cual se cuenta en la línea con duchas que rocían completamente la botella, luego son volteadas para permitir su escurrimiento antes del envasado.

Finalmente, las botellas se enjuagan en un tanque que contiene agua tratada y clorada. Se determina la presencia de sosa con fenolftaleína, si existiera residuo de sosa la botella es separada y retornada al proceso de lavado. Como resultado de estas operaciones se genera un efluente líquido que se descarga continuamente a través del sistema de drenaje interno de la planta hasta su descarga final al Río Huaura.

## Llenado

La empresa elabora bebidas que tienen diferentes presentaciones desde 300 ml hasta 20.000 ml, y en envases de vidrio o PET.

Con este propósito cuenta con las siguientes líneas de producción: Bidonera, Carvallo, Galonera, KHS, Kompass; cada una de las cuales está en la capacidad de procesar productos en diferentes presentaciones.

Previo al llenado en cada una de las líneas anteriormente indicadas, el envase debe someterse a un proceso de lavado, y luego pasa al llenado, tapado y demás operaciones complementarias.

## Encajonado y paletizado

Una vez llenas las botellas pasan a través de las bandas transportadoras hacia la máquina que coloca las fajillas, luego hacia la codificadora, que imprime en la tapa el lote, precio y fecha de caducidad, finalmente pasan a una inspección electrónica que separa aquellas botellas que pudieran presentar defectos en tapas, volumen del líquido durante el llenado, etc. Las botellas son entonces transportadas hacia el encajonado, en el caso de las presentaciones en vidrio, o bien son recubiertas con un plástico termo encogible, llevadas al sitio de almacenamiento en pallets con ayuda del montacargas.

## Sanitización de equipos y planta industrial

El proceso de sanitización requiere una especial atención por cuanto se requiere una rigurosa asepsia para garantizar un producto de calidad y apto para el consumo humano.

Para este objetivo se cuenta con un personal capacitado que se encarga de la tarea de limpieza de pisos y equipos de toda la planta, esta se realiza al inicio de la jornada y cuando se cambia de sabor de la bebida. Los equipos principales a los que se aplica este proceso son los tanques de preparación de jarabe y líneas de envasado. Para esto se utilizan los siguientes productos: base de fosfato, jabón clorado, detergente, hipoclorito de sodio, detergente ácido y jabón lubricante.

La sanitización de la planta comprende la limpieza de cada área de producción constantemente durante el tiempo que toma la jornada de producción, para lo cual se utiliza agua proveniente de las mangueras distribuidas en cada área; para ello se procede a la aplicación de agentes sanitizantes sobre el piso y las superficies que lo requieran, se deja un tiempo a que los productos cumplan su función y se procede al enjuague con agua. La limpieza de la sección de elaboración de jarabes se realiza con la utilización de agua limpia, detergente o cloro. La frecuencia de esta operación depende del programa de producción que se desarrolle, siendo lo habitual realizar la limpieza después de la producción de cada lote y tipo de gaseosa. El agua de desecho es eliminada directamente a través de los canales internos de la planta hacia la descarga final en el Río San Pedro.

#### Producto Terminado

Las gaseosas son bebidas refrescantes carbonatadas que sin ofrecer nutricionalmente aportes significativos, se consumen en forma considerable y la mayor preocupación de los fabricantes radica en producir jarabes, con bajos niveles de color y turbiedad, obteniendo así un producto bastante atractivo sensorialmente para el consumidor, pero sacrificando nutrientes de gran importancia para el metabolismo humano.

### Elaboración de Agua Mineral

El agua proveniente de fuentes naturales se almacena en un tanque desde donde se bombea hacia las líneas de producción, ahí sufre un tratamiento de purificación y desinfección. El proceso de purificación consiste en hacer pasar el agua a través de microfiltros en donde se retienen impurezas que pudieren encontrarse. Luego pasa al proceso de desinfección para lo cual, el agua pasa a través de dispositivos de luz ultravioleta y ozonización. Esta agua es embotellada directamente o bien se utiliza en la preparación de bebidas saborizadas.

### Elaboración de Agua Mineral Carbonatada

Se usa agua carbonatada de fuentes naturales, las cuales se someten a un proceso de microfiltración y desinfección con luz ultravioleta, luego pasa al proceso de enfriamiento y carbonatación en el carbocooler para lo cual utiliza el gas carbónico purificado de las fuentes naturales o de proveedores externos, se procede entonces al llenado y tapado.

### Elaboración de Bebidas Saborizadas

En este proceso, conjuntamente al tratamiento realizado al agua especificado en la sección anterior, debe realizarse la preparación del jarabe simple, para lo cual se utiliza agua tratada, material filtrante, azúcar y carbón activado que son mezclados en una marmita provista con un agitador, en donde se cocinan a una temperatura entre 70°C y 80°C con recirculación durante veinte minutos; se utiliza vapor para el calentamiento de la marmita. El jarabe pasa a través de un filtro prensa con el propósito de retirar el carbón activado, tierra filtrante e impurezas, luego el jarabe es enfriado con un intercambiador de placas hasta 18°C.

Seguidamente pasa al proceso de preparación de jarabe terminado, para lo cual es transferido hacia tanques de almacenamiento donde se adiciona el concentrado de aroma, sabor, color, ácido cítrico y preservantes según el tipo de bebida que se va a preparar. Luego se procede a completar el volumen con agua tratada, se mezcla durante una hora. En el producto terminado se realiza el control de acidez, °Brix y pH.

El jarabe terminado es enviado a un equipo enfriador, donde es enfriado y carbonatado, es aquí donde se mezcla y dosifica el jarabe con el agua tratada, para luego pasar a la llenadora para el llenado y tapado del producto.

#### Efluentes Industriales

La denominación de efluentes industriales se aplica a un conjunto muy variado de residuos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial.

Deben considerarse como tal, todas las descargas residuales derivadas de los procesos industriales, como así también los vertidos originados por distintos usos del agua industrial, como ser los provenientes de las purgas de circuitos cerrados o semicerrados de la refrigeración, de producción de vapor, de recirculación de aguas de proceso, de limpieza de equipos, evacuados a cualquier destino fuera de la industria. El problema de los efluentes industriales está íntimamente relacionado con la contaminación ambiental, ya que constituye una de sus causas.

A la hora de conocer la carga contaminante de los efluentes industriales es necesario recurrir al análisis físico-químico, los contaminantes en las aguas industriales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos.

La disponibilidad de agua para el proceso, las regulaciones gubernamentales relativas a condiciones de descarga, son algunas razones que dependiendo de la

localización de la industria, demandan en un momento determinado el acondicionamiento previo de los desechos líquidos en su descarga.

En algunos casos, la disponibilidad del agua en estado natural disminuye por efectos estacionales o por contaminación del recurso. Esto plantea la conveniencia a las industrias de reciclar el agua hacia sus procesos industriales, para cuyo efecto es preciso tratarlas. Esta acción a menudo va acompañada de la recuperación de subproductos de la actividad, lo que puede resultar ahorros considerables.

Por último, si bien la producción de desechos a partir de procesos específicos puede afectar a los ecosistemas acuáticos y demandar modificaciones en los procesos productivos o la disposición de estanques de homogeneización previos a la descarga y disposición final.

Esta exposición de motivos destaca la importancia de caracterizar las aguas residuales, entendiéndose como tal un orden concatenado de acciones que van desde la recolección detallada de información, la cuantificación y proyecciones futuras de cargas contaminantes, el desarrollo de criterios de control interno y bases de diseño de las alternativas de tratamiento de las aguas residuales.

#### Índices del Agua

Existe en bibliografía una serie de metodologías establecidas para medir parámetros de los diferentes tipos de aguas. Unas están orientadas a las características físico-químicas y otras a sus características biológicas.

Así, en general, los métodos basados en parámetros físicos y químicos suelen permitir unos métodos de muestreo, análisis más rápidos y monitorizados frente a la mayor parte de los métodos biológicos, basados en la observación y medida de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; por otra parte, puede ocurrir que la medida,

incluso de un único parámetro, lleve a unos valores del agua anormalmente bajos, por lo que la elección de los parámetros significativos debe ser cuidadosamente realizada y en muchos casos solo es válida para un uso determinado.

Los índices biológicos, que como se ha comentado tienen en general una metodología analítica más dificultosa, permiten sin embargo, un estudio de la influencia real de la contaminación de las aguas sobre el ecosistema acuático.

En resumen, la diferencia más representativa entre ambos tipos de índices es que, mientras los métodos físico-químicos dan una información que puede ser exhaustiva de la naturaleza de las especies químicas del agua y de sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática, los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables.

Por todo ello, se comprenderá que el ideal será el estudio conjunto de indicadores de uno y otro tipo, por lo que este aspecto de la calidad de las aguas y su forma de medida es un buen ejemplo de la interdisciplinariedad del estudio de la contaminación y de cómo unas y otras materias pueden complementarse.

#### a. Índices Físico-Químicos

Los índices son valores numéricos que tratan de englobar las magnitudes de varios parámetros, en su mayor parte físico y químico, aunque en algunos casos incluyen también alguna medida microbiológica, considerados como los más importantes para definir la calidad de un agua. El número y tipo de parámetros varía en los diferentes índices existentes. Cada uno de estos parámetros tiene un grado de participación según el uso posterior del agua.

La finalidad que persigue la mayoría de los casos, es deducir un número adimensional, como combinación o función de los datos analíticos de una muestra de agua, que refleje su calidad ecológica en general o en orden a su utilización posterior (abastecimiento, baño, riego, vida piscícola, etc.). A su vez, estos índices permiten la comparación, si son obtenidos por el mismo método matemático analítico, entre diferentes muestras de aguas tomadas en distintos lugares y épocas. También consiguen de forma rápida y resumida obtener otros resultados, tales como realizar el estudio de la evolución del estado de una determinada agua a lo largo del tiempo, y comprobar la adecuada o no política de gestión ambiental de dicha agua, o por ejemplo, hacer un seguimiento de la evolución de la calidad de las aguas de un río a lo largo de su recorrido. En detrimento de estos índices numéricos está dada la complejidad del problema de la contaminación, el resumir el estado de las aguas a un único valor.

El aprovechamiento más adecuado de estos índices obliga, por lo tanto, a manejar de forma conjunta el índice de calidad y la información global del análisis físico y químico de todos los parámetros.

#### b. Índices Biológicos

De forma paralela al estudio de índices físico-químicos para valorar la contaminación de un agua, se ha desarrollado una metodología basada en el factor biológico de las aguas, que tiene el gran interés de ser un factor integrador de todos los restantes que afectan a la calidad.

Esta metodología complementa la química clásica, puesto que pretende conocer el efecto biológico ocasionado por los diferentes contaminantes a lo largo del tiempo. Se basa en determinar la influencia de la contaminación en la composición y estructura



de las comunidades biológicas que viven en las aguas y los cambios que se producen en las mismas.

Los cambios en la calidad de un agua a lo largo de un cierto tiempo se relacionan con las comunidades presentes en la misma, unos organismos pueden desaparecer con la pérdida de calidad del agua a la vez que otra, más resistentes a la contaminación, se hacen más abundantes. La sucesión y abundancia de especies a lo largo del tiempo o a lo largo del recorrido de un agua permiten tener una información sobre el grado de contaminación que experimenta de forma continua.

#### Características

La expresión de las características de las aguas residuales puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico, sin embargo, vale la pena anotar que toda característica de agua residual implica un programa de muestreo apropiado para asegurar la representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de las agua, supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se van a analizar.

Se entiende por aguas residuales, en general, aquellas aguas alteradas en su composición por el uso al que han sido sometidas, que conlleva una pérdida de calidad y una necesidad de tratamiento o depuración. Cualquiera que sea su procedencia, los vertidos de aguas residuales presentan una amenaza para los seres vivos y para el Ambiente ya que producen una alteración de las características del medio natural donde se produce la descarga. La importancia de esta amenaza va en función de las

características, cantidad y composición del agua residual, así como de la capacidad de autodepuración del medio frente al vertido al que es sometido.

Es sabido que los efectos de la contaminación de las aguas sobrepasan los límites individuales de una industria en particular, de un municipio de una provincia, afectando cuencas hidrográficas, siendo un dilema de orden nacional e incluso internacional.

El cambio dañino de la calidad de las aguas naturales evidentemente es responsabilidad de la actividad del hombre y una de las causas, (no la única) es la correspondiente a la actividad industrial. En la mayoría de los casos, la falta de una eficiente depuración de los efluentes de origen industrial se debe a razones de orden económico, lo que impide que se cumplan con límites de volcamiento impuestos por las legislaciones vigentes, que son valores fijos independientes de la importancia, característica y/o uso del curso receptor final.

Hay que considerar que los efluentes industriales son portadores de materia orgánica, inorgánica y microbiana, y que una vez en el cuerpo receptor, estas sustancias pueden sedimentar en las proximidades del punto de vertido, si son sustancias orgánicas y dependiendo de la concentración de oxígeno disuelto en la profundidad del lecho, pueden dar lugar a putrefacciones de importancia y aumentar la demanda de oxígeno del agua, degradando la zona, y si son sustancias inorgánicas se pueden ir acumulando y elevar la concentración de metales pesados que podrían inhibir los procesos de autodepuración del curso. En el caso de un río muy caudaloso, los sólidos no llegan a acumularse y son arrastrados por el agua.

Las sustancias que permanecen en suspensión o flotación, provocan una disminución en la capacidad de absorción de oxígeno del aire disminuyendo la re aireación del curso.

Las sustancias coloidales o disueltas pueden aumentar la toxicidad de las aguas como su carga orgánica degradando el hábitat de las especies existentes, además del aumento del consumo de oxígeno disuelto. Cuando el curso posee una buena autodepuración, los microorganismos en presencia de oxígeno metabolizan las sustancias orgánicas transformándolas en materia viva y sedimentan parte de los sólidos en suspensión o disueltos, clarificando sus aguas. Dependiendo de la disponibilidad de oxígeno y la ausencia de inhibidores de la actividad biológica en concentraciones importantes, los microorganismos siempre estarán presentes, siendo aeróbicos, facultativos o anaeróbicos, y son los responsables de los procesos de autodepuración biológica.

#### Parámetros Generales - Indicadores de Contaminación

Puede hacerse el estudio de los diferentes parámetros indicadores de contaminación clasificándolos según la naturaleza de la propiedad o especie que se determina. Así, los podemos dividir en:

Parámetros de carácter físico: Color Temperatura Sólidos sedimentables

Parámetros de carácter químico: pH, DBO5, DQO, Detergentes, Nitrógeno Total

Parámetros de carácter microbiológico: Coliformes Totales, Coliformes Fecales

Estos parámetros, que van a ser estudiados a continuación, comprenden tanto medidas específicas o individuales, como puede ser el oxígeno disuelto, como parámetros sustitutos, que engloban una serie de compuestos de similares

características, podríamos citar como ejemplo de éstos la DBO o la DQO. También se habla de parámetros indicadores de contaminación, para referirse a aquellos que dan información de la presencia o ausencia de determinadas especies contaminantes, el color o los coliformes fecales y totales serían un buen ejemplo de los mismos.

a. Parámetros de Carácter Físico:

a.1 Color

Hay que distinguir lo que se llama color aparente, que es el que presenta el agua bruta, del denominado color verdadero, que es el que se presenta cuando se ha eliminado la materia en suspensión.

El origen del color puede ser de tipo interno debido a los materiales disueltos o suspendidos y de tipo externo por la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda. Los colores de las aguas residuales pueden ser debidos a multitud de compuestos orgánicos e inorgánicos, que pueden estar en elevadas concentraciones como sales de cromo, colorantes industriales, aceites, etc.

a.2 Temperatura

La temperatura es una variable física muy importante, su medición es necesaria para un análisis de aguas puesto que influye sobre varios parámetros como el pH, concentración de oxígeno disuelto, reacciones químicas y velocidades de reacción, para el desarrollo de la vida acuática, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

La temperatura de las aguas residuales suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedentes de procesos industriales.

La temperatura afecta a parámetros o características tales como: Solubilidad de gases y sales. (Ley de Henry y Curvas de solubilidad) Cinética de las reacciones químicas y bioquímicas, aumento de la velocidad de reacción con la temperatura. (Ley de Vant“Hoff) Desplazamientos de equilibrios químicos, un aumento de la temperatura los desplaza en el sentido en que son endotérmicos. (Principio de Le Chatelier). Tensión superficial. Desarrollo de organismos presentes en el agua. La influencia más interesante va a ser la disminución de la solubilidad del oxígeno al aumentar la temperatura, y la aceleración de los procesos de putrefacción.

### a.3 Sólidos Sedimentables

Los sólidos sedimentables están formados por partículas más densas que el agua, que se mantienen dispersas dentro de ella en virtud de la fuerza de arrastre causada por el movimiento o turbulencia de la corriente. Pero se sedimentan rápidamente por acción de la gravedad cuando la masa del agua se mantiene en reposo.

Cuando mayor es la turbulencia del agua, menor es su contenido de sólidos sedimentables, siendo una medida indirecta de la turbulencia del cuerpo de aguas de donde proceden las muestras. Los ríos y canales corrientosos a diferencia de los cuerpos de agua relativamente estáticos como los lagos y estanques tienden a dar valores altos de sólidos sedimentables. Las pruebas en laboratorio permiten estimar, para una determinada fuente o cuerpo de aguas, los volúmenes de lodos que deberán ser removidos en las unidades de sedimentación de una planta de tratamiento o purificación de aguas. En general los sólidos sedimentables están formados por sólidos inorgánicos de tamaño de las arenas y/o por agregados orgánicos de mayor tamaño.

### b. Parámetros de Carácter Químico

#### b.1 pH

La concentración del ión hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto para aguas naturales como aguas residuales. Indica el comportamiento ácido o básico de la misma, es decir su tendencia para aceptar o dar  $H^+$ .

Es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, y el potencial redox del agua.

Destrucción de la vida acuática a niveles de  $pH < 4$  de todos los vertebrados, muchos invertebrados y microorganismos, así como la mayoría de las plantas superiores. Corrosión, las aguas con  $pH < 6$  pueden causar graves corrosiones en cañerías, buques, embarcaderos y otras estructuras. Daños a las cosechas, si el agua rebasa los límites de  $pH$  entre 4,5 y 9 causa problemas al suelo. Un agua ácida ( $pH < 4,5$ ) aumenta la solubilidad de sales de hierro, aluminio, magnesio y otros metales que pueden resultar tóxicos para las plantas. Un  $pH$  muy básico puede inmovilizar algunos oligoelementos esenciales.

#### b.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias.

Los microorganismos tales como las bacterias son responsables de descomponer los desechos orgánicos. Cuando materia orgánica tal como planta muertas, hojas, recortes de pasto, boñiga, aguas negras o incluso desechos de comida están presentes en el suministro de agua, las bacterias iniciarán el proceso de descomposición de estos desechos. Cuando esto sucede, mucho del oxígeno disuelto disponible lo consumen

las bacterias aeróbicas, robándoles el oxígeno a otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir.

La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO<sub>5</sub>, con valores numéricos expresados en mg/lO<sub>2</sub>.

### b.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

Se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. Para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes se requiere la ayuda de un catalizador como el sulfato de plata. Compuestos inorgánicos que interfieren con el ensayo, como los cloruros, pueden causar resultados erróneos de DQO. La interferencia por cloruros se elimina agregando sulfato mercuríco para formar cloruro mercuríco y prevenir el consumo de dicromato por el ión cloruro.

La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales tóxicas a la vida biológica.

La interpretación correcta de los resultados de demanda química de oxígeno, para la oxidación de la materia orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos. En general, se espera que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO última; pero, especialmente en aguas residuales industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla. Estos factores son: Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente. Ciertos compuestos inorgánicos como los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos y hierro ferroso son oxidados por dicromato e introducen una DQO inorgánica en el resultado del ensayo.

La DBO está sujeta a error cuando se usan simientes bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo.

Ciertos compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos y la piridina no son oxidados por el dicromato.

Para concentraciones de cloruros mayores de 1 g/L se debe ejecutar el ensayo con un testigo de concentración de cloruros igual a la de la muestra.

El tiempo de reflujo debe ser siempre dos horas, puesto que el resultado de la DQO es función del tiempo de digestión.

La relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO nos da una idea de la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en el agua. Así, los valores: DBO<sub>5</sub> / DQO < 0,2 indican la presencia predominante de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.

DBO<sub>5</sub> / DQO > 0,6 señalan la presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza biodegradable.



#### b.4 Detergentes

Para comprender los problemas medioambientales ocasionados por la utilización de detergentes, debemos en primer lugar, analizar brevemente su composición y la naturaleza de las diversas sustancias que la constituyen.

La Organización Internacional de Normalización define al detergente como un producto cuya composición ha sido establecida especialmente para una operación de limpieza mediante el fenómeno de detergencia.

Se entiende por detergencia el proceso por el cual la suciedad son separadas del sustrato sobre el que estaban retenidas, y puestas en estado de disolución o dispersión.

Las funciones de un detergente son desprender la suciedad de la superficie a limpiar y dispersar o disolver la suciedad en el líquido de lavado sin que la suciedad vuelva a depositarse sobre él.

#### b.5 Nitrógeno Total

Las formas de interés en aguas residuales son las del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Todas son formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Los datos del nitrógeno son necesarios para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual con contenido insuficiente de nitrógeno puede requerir la adición de nitrógeno para la adecuada biodescomposición. En otros casos, cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno, en el agua residual, puede ser una condición del tratamiento.

La forma predominante de nitrógeno en aguas residuales domesticas frescas es el nitrógeno orgánico; las bacterias rápidamente descomponen el nitrógeno orgánico

en nitrógeno amoniacal y, si el medio es aerobio, en nitritos y nitratos. El predominio de los nitratos indica que el residuo se ha estabilizado con respecto a su demanda de oxígeno. Los nitratos, sin embargo, utilizados por las algas y otros organismos acuáticos para formar proteínas y, por ello, puede necesitarse la remoción del nitrógeno para prevenir dichos crecimientos.

En los intestinos humanos el nitrato es reducido a nitrito, absorbido por el torrente sanguíneo y causante de la metahemoglobina infantil o de la formación de nitrosaminas, las cuales son cancerígenas.

Se considera nitrógeno amoniacal todo el nitrógeno existente en solución como amoníaco o como ion amonio, dependiendo del pH de la solución. Por el amoníaco produce una solución básica cuando se disuelve en agua; sin embargo, a pH menor a 9 predomina el ion amonio. La forma tóxica del nitrógeno amoniacal es la no ionizada ( $\text{NH}_3$ ); la forma iónica ( $\text{NH}_4^+$ ) no es tóxica.

#### c. Parámetros de Carácter Microbiológico

Los microorganismos más importantes que podemos encontrar en las aguas son: bacterias, virus y distintos tipos de algas. La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos, bacterias y virus se encuentran en las heces, orina y sangre, y son origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación. Se utilizan unos organismos indicadores junto a algunos análisis específicos como base para determinar la contaminación bacteriológica, los más

conocidos son las bacterias coliformes, que viven en el intestino grueso y no son patógenos, pueden ser coliformes totales y fecales.

### c.1 Coliformes

Los coliformes son un grupo de bacterias que incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Por constituir un grupo muy numeroso,  $2 \times 10^{11}$  organismos por persona por día, en los excrementos humanos, se usan como indicadores de contaminación, por organismos patógenos, en el agua. El hecho de que los *Aerobacter* y ciertos *Escherichia* pueden crecer en el suelo, no permiten afirmar siempre que la presencia de los coliformes la cause la contaminación fecal. Sin embargo, en aguas de consumo humano la presencia de coliformes se usa como indicador de contaminación, puesto que el agua no debe tener contacto en el suelo. En aguas residuales se usa el ensayo de coliformes fecales como indicador de contaminación, los cuales constituyen los mejores indicadores de la presencia posible de patógenos. Dentro del grupo de coliformes se considera a *Escherichia coli* de origen fecal exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal.

Un indicador más secundario, que se determine habitualmente, son los estreptococos fecales, cuya presencia es fácil de detectar (aunque en menor número que los coliformes) en aguas recientemente contaminadas y están ausentes en aguas que están fuera de sospecha de contaminación. También es bastante frecuente la determinación de los *Clostridium* sulfitorreductores. Las bacterias responsables de la descomposición de la materia orgánica no tienen importancia desde el punto de vista sanitario, ya que no son patógenas y no se hallan en el tracto intestinal de hombres y animales.

## Contaminantes

La contaminación consiste en una modificación de la calidad del agua generalmente provocada por el hombre, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. Un agua está contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana e industrial, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural. De estas dos definiciones de contaminación, o cualquier otra que pudiéramos escoger, merecen la pena destacarse tres aspectos fundamentales: Se parte de la calidad o composición natural del agua, no de agua pura. Se mide la contaminación en función del uso al que el agua está destinada. Se considera contaminación la provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana.

El caudal del agua residual procedente de diferentes industrias, como también las fluctuaciones diarias y horarias, tienen variadas causas que son: Diferentes tipos de industrias Diferentes procesos de fabricación Tamaño de la planta Modo de operación (Un turno de trabajo o varios) Actividades temporales (Industrias que tienen mayor producción en tiempo de cosecha) Variación de producción.

La contaminación del agua puede estar producida por:

a. Contaminantes Físicos: Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor.

b. Contaminantes Químicos: Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos, también desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro, y ácido sulfhídrico. Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia.

c. Contaminantes Orgánicos: También son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, e industriales como productos químicos de origen natural así aceites, grasas, breas, tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática.

d. Contaminantes Biológicos: Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

#### Aguas Residuales.

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en los cuerpos de agua. Los materiales inorgánico como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo si el material que debe ser eliminado es naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia

orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que nos los tratamientos de las aguas residuales son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.

Los procedimientos actuales de protección ambiental en la industria están orientados hacia la minimización de los residuos generados en los procesos internos, reduciendo las inversiones como tratamiento de efluentes.

Los diseños requeridos se ajustan entonces a las características particulares de cada descarga, tanto en caudal como en composición (contenido de material inorgánica u orgánico, disuelto o suspendido).

#### Tratamiento de Aguas Residuales

1.-El Tratamiento Primario consiste en hacer pasar aguas residuales por cribas de barras, para separar los objetos grandes y el material particulado sólido de mayor tamaño en suspensión. Después se pasan lentamente las aguas a un tanque de asentamiento, donde los lodos se separan por sedimentación, y las grasas y aceites flotan en la parte superior en forma de espuma. Este tratamiento elimina alrededor del 60% de sólidos suspendidos y el 35% de las sustancias biodegradables disueltas de las aguas residuales. Si el agua no recibe tratamiento secundario con frecuencia se trata con cloro antes de liberarlo de regreso al ambiente.

#### Sedimentación de contaminantes del agua.

El tratamiento de agua puede subdividirse en cuatro etapas: clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y condicionamiento organoléptico. En este caso se explica la etapa de clarificación, la cual consiste en la eliminación de partículas finas. Se subdivide en coagulación, floculación y sedimentación y/o filtración.

El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas.

Desde el punto de vista físico se puede hablar que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides. En general los coloides no tienen un límite fijo de tamaño y se suelen estudiar bajo un enfoque fisicoquímico desde el punto de vista de sus propiedades. Un material coloidal puede tardar 755 días en sedimentar por tanto es importante cambiar esta condición.

Para comprender mejor el estudio del proceso de clarificación del agua se introduce el concepto de turbiedad. Se entiende por turbiedad a la propiedad óptica de una muestra de diseminar y absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta. Existen dos tipos de equipos para medir turbiedad. En la primera clase de equipos están el turbidímetro de aguja de platino y la bujía de Jackson, los cuales son aptos para medir turbiedades altas. En la segunda clase de equipos está el turbidímetro Hach, que se utiliza para medir turbiedades bajas (nefelometría). Además de turbiedad es posible también definir color. Se habla de color aparente si no se ha removido la turbiedad y de color verdadero del agua en caso contrario. En general el color se determina con tubos Nessler. El color del agua se debe principalmente a materia orgánica o minerales en suspensión o en estado coloidal. En general las sustancias liofílicas son responsables de la coloración del agua.

En cuanto a los coloides, se pueden clasificar en el rango de tamaño entre 1 mm a 1000 mm mediante un microscopio electrónico. Los coloides se pueden clasificar según varios aspectos. Pueden considerarse liofílicos si se estabilizan con

capas de hidratación o bien liofóbicos si presentan repulsión por el solvente y por tanto son más inestables.

Otra clasificación que puede hacerse según sea su duración en Caduco (cambian rápidamente) o Diuturno (larga duración). Del punto de vista de la química hay dos clases: orgánicos o inorgánicos. Según sea el tipo de aglomerado que conforman se clasifican en moleculares y en miscelares. Por último bajo un punto de vista de su forma, se puede decir que los cilíndricos son más propensos a aglutinarse que los esféricos o poliedricos.

2.-El Tratamiento Secundario se fundamenta en la biodegradación aerobia del material orgánico. El tratamiento más común secundario es con lodos activados. Las aguas negras son impelidas por una bomba, después de un tratamiento primario, hacia un tanque de aireación, donde se mezclan durante unas horas con aire y con lodos cargados de bacterias. Las bacterias de lodo metabolizan los nutrientes orgánicos; los protozoarios son consumidores secundarios que se alimentan de la bacteria. En seguida las aguas tratadas pasan a un tanque de sedimentación donde los sólidos cargados de bacterias se depositan y son devueltos al aireador. Una parte del lodo debe quitarse para mantener condiciones constantes. El efluente en la actividad biológica sigue cargado con bacterias de modo que no está en condiciones de ser vertido a una corriente de agua abierta. Puesto que los microorganismos han realizado su cometido que se puede destruir. Por consiguiente el paso final consiste en un proceso de desinfección, generalmente es por clorinación. El gas cloro inyectado en el efluente de 15 a 30 minutos antes de su carga final, puede destruir más del 99% de las bacterias nocivas.

3.-El tratamiento terciario es costoso y su propósito es eliminar por ejemplo, metales pesados como  $Cd^{2+}$  y  $Pb^{2+}$ , los nutrientes como iones fosfatos y nitrato,



exceso de sales y contaminantes orgánicos. Su objetivo primordial es que el agua de desecho sea lo más pura antes de devolverla al ambiente. Existen varias clases de tratamiento terciario: de precipitación, sedimentación y filtración para eliminar los nutrientes, la absorción del carbono para eliminar compuestos orgánicos y las técnicas de osmosis inversa, intercambio iónico, electrodiálisis para desmineralizar las aguas, etc.

Los aumentos de temperatura aceleran la digestión de los lodos hasta un límite que coinciden con el punto en el que las bacterias activas mueren por efecto del calor, los primarios se digieren 1.5 veces más rápidamente a 40°C que a 25°C. Los lodos activados lo hacen 2.2 veces mas rápidamente a 40°C que a 25°C. A 40°C se produce un cambio con una reducción en la velocidad de los organismos que actúan bastante bien desde los 15°C hasta los 37°C. Este es el intervalo mesofilico de los organismos acomodados a temperaturas moderadas. Por encima de los 40°C hay otro aumento hasta casi los 55°C que describe la gama termofílica, organismos que resisten el calor.

Los vertimientos industriales líquidos se distinguen de las aguas domesticas en que usualmente contienen muy pocos microorganismos y un número limitado de sustratos o a veces uno solo. Las diferencias de poder contaminante entre un efluente industrial y una agua cloacal, que están directamente relacionadas con el contenido de materia orgánica que es medido generalmente en términos de demanda de oxígeno biológica (DBO) o química (DQO), pueden ser muy considerables. Si comparamos valores conocidos de algunos efluentes de fábrica que pueden presentan valores de DQO de 70.000, 35.000 y 150.000 mg/L respectivamente, con las aguas cloacales que suelen tener valores de 120 a 300 mg/ L puede visualizarse la magnitud del problema que presentan algunos efluentes de la industria para su tratamiento.

El problema de los efluentes industriales y cloacales está íntimamente relacionado con la contaminación ambiental, ya que constituye una de sus causas. La denominación de efluentes industriales se aplica a un conjunto muy variado de residuos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial.

Con el aumento de la población y las necesidades creadas se fueron multiplicando los problemas que ocasionan los residuos generales, que lógicamente van en aumento con aquella. No solo es el incremento lógico de las aguas cloacales sino también de los residuos industriales, que puede decirse son el castigo pagado por una nación industrializada y la consecuencia de la civilización y su demanda por un alto standard de vida. Esto no es, por supuesto, un argumento contra la industrialización, sino una consecuencia obligada de ella que hay que reconocer, y que fundamentalmente proviene de la falta de previsión al no incluir en las inversiones iniciales la planta de tratamiento de efluentes.

Las industrias pueden generar residuos líquidos, sólidos o gaseosos. Aunque estos últimos ocasionan problemas graves como es el caso de gases muy tóxicos como el anhídrido sulfuroso o el ácido cianhídrico, los efluentes líquidos y sólidos son los que tienen mayor interés para la Microbiología Industrial, dadas las posibilidades que ofrecen los métodos biológicos para el tratamiento o aprovechamiento de los mismos.

Aunque existe una diferencia importante entre las aguas cloacales y los efluentes líquidos de la industria, el enfoque del problema es similar, ya que es necesario en ambos casos reducir a límites bien determinados el contenido de materia orgánica de los mismos antes de que esos líquidos puedan ser arrojados a una corriente de agua.

Las aguas cloacales o efluentes domiciliarios están constituidos por una mezcla muy variada de sustancias y de microorganismos.

Los efluentes industriales líquidos difieren de las aguas cloacales en que generalmente contienen muy pocos microorganismos y un número limitado de sustratos o a veces uno solo.

Las diferencias de poder contaminante entre un efluente industrial y una agua cloacal, que están directamente relacionadas con el contenido de materia orgánica que es medido generalmente en términos de demanda de oxígeno biológica (DBO) o química (DQO), pueden ser muy considerables. Si comparamos valores conocidos de algunos efluentes, como una vinaza de destilería, suero de queserías o alpechín (un residuo de la industria del aceite de oliva) que presentan valores de DQO de 70,000, 35,000 y 150,000 mg l<sup>-1</sup> respectivamente, con las aguas cloacales que suelen tener valores de 120 a 300 mg l<sup>-1</sup> puede visualizarse la magnitud del problema que presentan algunos efluentes de la industria para su tratamiento.

En base a la cantidad de materia orgánica que se desecha, es interesante comparar el poder contaminante de una industria con el de una población en valores de número de habitantes equivalentes. Considerando que el poder contaminante de un habitante es de 70 g por día de DBO, y tomando como ejemplo un efluente que tenga 35 g l<sup>-1</sup> de DBO como el suero de queso, con un volumen diario de ese efluente en una fábrica de queso de 1,000.000 litros, decimos que el grado de contaminación equivale a una población de 500,000 habitantes, lo que da una idea muy clara de la magnitud de la contaminación ambiental que puede producir una sola fábrica si no se utiliza ese efluente.

Las soluciones que pueden aplicarse para resolver el problema de la contaminación ambiental derivados de los efluentes industriales, que son los más

perjudiciales, pueden ser: 1) Modificación de operaciones y procesos en las plantas industriales, compatibles con la producción y calidad de los productos a obtener, con el objeto de disminuir o minimizar los volúmenes de los efluentes o la concentración de materia orgánica en las descargas. 2) Tratamiento de los efluentes por métodos físicos, químicos y biológicos, con el fin de reducir la DBO de los mismos hasta los límites fijados por las reglamentaciones vigentes. 3) Aprovechamiento integral o parcial de los efluentes para recuperar productos valiosos, que ofrezcan alguna rentabilidad interesante. Como la primera solución no corresponde por lo general al campo de la Microbiología Industrial, trataremos solamente los aspectos relacionados con las otras dos en relación con los métodos biológicos.

Para tal fin, es conveniente considerar primero los aspectos fundamentales del tema para desarrollar después los métodos de tratamiento, la metodología para determinar la calidad del efluente, los métodos de aprovechamiento, y finalmente la estrategia general para encarar el problema de la contaminación.

#### Aspectos fundamentales del tratamiento de efluentes

Dada la complejidad que presentan muchos efluentes por su composición química y la presencia de organismos diversos en la mayor parte de los casos, es conveniente para el estudio racional del tratamiento considerar varios aspectos fundamentales como ser: a) Interacciones microbianas; b) Reacciones biológicas fundamentales; c) Estequiometría; y d) Relaciones cinéticas básicas. Los conocimientos de estos aspectos en conjunto con la naturaleza de los sustratos presentes en los efluentes contribuyen en forma integrada al mejor diseño del proceso y operación de los distintos tipos de tratamiento.

#### **2.4 Definición de términos básicos:**

Agua residual: es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.

Aguas residuales de tipo especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.

Aguas residuales de tipo ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

Aceite y grasa: sustancia química no miscible en el agua pero soluble en ciertos solventes.

Compuestos fenólicos sintéticos: son compuestos orgánicos que se clasifican como: mono di o polihídricos dependiendo del número de grupos hidróxilos unidos al anillo aromático del benceno.

Contaminación: es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.

Cuerpo de agua superficial: masa de agua estática o en movimiento permanente o intermitente, como ríos, lagos, lagunas, fuentes, mares y embalses.

Cuerpo receptor: se refiere al cuerpo de agua superficial expuesto a recibir descargas.

Descarga: agua residual vertida a un cuerpo receptor.

Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO5) a 20 °C: cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días a 20 °C.

Demanda química de oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.

Dilución: es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

Grupo coliforme total: bacterias coliformes de bacilos cortos gram-negativos que fermentan lactosa y forman ácido y gas son anaerobios facultativos y se multiplican con mayor rapidez a temperaturas de 30 a 37°C

Grupo coliforme fecal: Son aquellos microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes, incubados a temperaturas de 44 a 45,5°C.

Industria: se considera la instalación industrial y sus anexos y dependencias, ya sean cubiertas o descubiertas, que se dediquen a la manipulación, elaboración o transformación de productos naturales o artificiales mediante tratamiento físico, químico, biológico y otros, utilizando o no maquinaria.

Material flotante: sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.

Parámetro: aquella característica que puede ser sometida a medición.

Sólidos sedimentables: materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.

Sólidos totales: cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.

Sólidos totales disueltos: cantidad de materia que permanece como residuo, posterior a la evaporación total de agua en una muestra a la cual se le ha realizado separación de sólidos.

Sólidos suspendidos totales o en suspensión: son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.

Tratamiento de aguas residuales: es la utilización de procesos físicos, químicos y/o biológicos, definidos para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones y procesos unitarios: preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas vigentes.

Turbiedad (Turbidez): es la medida de la transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, expresada en NTU.

Vertido: sinónimo de descarga.

Contaminación.- Es todo cambio indeseable en las características del aire, el agua, el suelo o los alimentos, afectando nocivamente la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos.

Contaminación Ambiental.- El impacto producido por el crecimiento poblacional y el incremento del desarrollo tecnológico, es complejo, pero en un análisis somero se demuestra que las actividades humanas afectan nuestro ambiente contaminando: aire, agua, suelo y la vida de los animales y las plantas afectando nuestra propia existencia.

La mayoría de los contaminantes son sustancias químicas, sólidas o gaseosas producidas como subproductos o desechos. La contaminación también puede ser física como las emisiones de energía indeseable y perjudicial, como el calor excesivo, ruido o radiación.

Contaminante Ambiental.- Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada su calidad original a un nivel perjudicial para la salud, el bienestar humano o los ecosistemas.

Existen procesos generadores de residuos aun después de haber tratado de reducir su fuente y reciclarlos. En estos casos el control de los mismos es la alternativa más viable, reduciendo así el impacto de estos con el medio ambiente

Desarrollo Sostenible.- El concepto de desarrollo sostenible responde a la necesidad de encontrar un nuevo modelo de progreso humano con dos objetivos: crecimiento económico mejorando el nivel de vida, y uso eficiente de recursos para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer el patrimonio de las futuras generaciones.

Poner este modelo en práctica llevara tiempo y requerirá un cambio de valores, prioridades y la manera de producir y consumir bienes y servicios, para empresas, gobiernos y la sociedad en general.

Estándar de Calidad Ambiental.-Dentro de las definiciones que comúnmente encontramos sobre los estándares de calidad ambiental podemos destacar los siguientes:

Son las concentraciones o grados de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no presentan riesgos significativos para la salud de las personas y del ambiente.



Concentraciones máximas permisibles en el cuerpo receptor afectado por la descarga de residuos o desechos, fijados específicamente para cada sustancia o variable ambiental.

La Aireación Modificada.-Disminuye el periodo de aireación a tres horas o menos, y mantienen el lodo retornado a una baja proporción. Los resultados son intermedios entre la sedimentación primaria y un tratamiento secundario completo.

La Aireación Activada.-Los tanques de aireación se colocan en paralelo. El lodo activado, procedente de un tanque de sedimentación final o grupo de dichos tanques, se añade al influente de los tanques de aireación. El resto del lodo se concentra y se quita. Los resultados son mejores que con la aireación modificada y con menos aire.

Monitoreo.-Es un instrumento para mantener un diagnóstico actualizado de una situación ambiental específica. En este sentido, es sumamente importante asegurar la obtención de muestras representativas, seleccionando adecuadamente las estaciones de muestreo, el tipo de muestras y la frecuencia de recolección.

## **2.3 Hipótesis de investigación**

### **2.3.1 Hipótesis general**

A partir de un tratamiento físico químico de los efluentes de una fábrica de gaseosas permitirá reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

### **2.3.2 Hipótesis específicas**

a) A partir de la separación de residuos sólidos flotantes mediante rejillas de los efluentes de una fábrica de gaseosas es posible reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

b) Mediante la separación de lodo y arena mediante un desarenador de los efluentes de una fábrica de gaseosas es posible reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

c) Mediante la aplicación de agentes neutralizantes a los efluentes de una fábrica de gaseosas es posible reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

d) Mediante la aplicación de agentes floculantes y/o coagulantes a los efluentes de una fábrica de gaseosas es posible reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

## 2.4 Operacionalización de las variables

a) Variable Independiente: Tratamiento físico químico de efluentes de una fábrica de gaseosas.

b) Variable Dependiente: Reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua.

c) Variable Interviniente: Método experimental, materiales.

Operacionalización de las Variables

<b>Variables</b>	<b>Dimensión de Indicadores la Variable</b>
<b>Independiente:</b> Tratamiento físico químico de los efluentes.	Características -DBO <sub>5</sub> del efluente al inicio Físico -Ph,TDS. Químicas del -Conductividad, salinidad efluente. -Densidad, y pH promedio

		del agua residual.
	Dosificación de insumos químicos	-Dosis de agente neutralizante, coagulante (floculante) desinfectante.
<b>Dependiente:</b>	Características	.DBO <sub>5</sub> .
Reducir el impacto ambiental a los cuerpos de agua	Físico del efluente tratado	.Ph. TDS .Conductividad, salinidad. .Concentración de macro y micronutrientes.
	Evaluación de Mitigación del Impacto Ambiental	.Reducción de enfermedades por contaminación por bacterias y otros microorganismos debido al tratamiento de los efluentes. .Cantidad de Hectáreas recuperadas o mejoradas por riego adecuado con estas aguas tratadas.

Fuente: Propia

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Diseño metodológico

#### 3.1.1 Tipo de Investigación.

Descriptivo y Experimental.

#### 3.1.2 Diseño de Investigación.

El estudio se ha aplicado a una fábrica de gaseosa, específicamente a sus efluentes que vierte a las líneas de desagüe de la red pública, los cuales tienen un elevado

contenido de contaminantes de naturaleza orgánica, azúcares, colorantes, material particulado etc. Comprende las siguientes etapas:

Primera Etapa: A nivel laboratorio se inició el tratamiento primario del efluente utilizando la filtración mediante un filtro prensa.

Segunda Etapa: Se continuó el tratamiento primario utilizando la floculación a fin de separar las partículas mayores a 1 micra.

Tercera etapa: Tratamiento secundario mediante el tratamiento de biodegradación aeróbica.

### **3.2 Población y muestra**

#### **3.2.1 Población**

La población está compuesta por las aguas de regadío del Canal de la Av. Baltazar La Rosa próxima con la UNJFSC.

#### **3.2.2 Muestra**

La muestra representativa de la población referida está compuesta por una cantidad de 105 L de agua residual para hacer los análisis necesarios y las corridas experimentales con el equipo de filtración que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

### **3.3 Técnicas de recolección de datos**

La técnica de recolección de información serán la observación, y el registro de la información en USB, Laptop y correo electrónicos.

Los instrumentos para la investigación son: Cámara fotográfica, fotocopidora, y la información de las bases bibliográficas virtuales, tales como Science Direct, Scopus y Google Scholar

### 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Los análisis físicos y químicos básicos que se evaluarán en campo y otros en laboratorio utilizando el kit de laboratorio se tabularán a fin organizar los resultados y procesarlos, en el caso de la información de análisis microbiológica se evaluará en laboratorios certificados, cuyos resultados se tabularán para su análisis y discusión.

Los resultados obtenidos se contrastarán antes y después del tratamiento aplicado para luego continuar con la evaluación estadística, en este caso se aplica la técnica estadística del Minitab Anova.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de resultados

Al aplicar los procedimientos experimentales validados por la AOCS secuencialmente según el requerimiento de los objetivos en el presente proyecto se lograron los siguientes resultados, que luego se llevaron a análisis estadístico para medir la confiabilidad de su repetencia y aceptabilidad estadística.

Tabla 1: Prueba de contrastación entre el % de floculante y el índice de turbidez para un pH = 6.23

Numero de Jarra	% de Floculante	Índice de Turbidez NTU a un tiempo de:
-----------------	-----------------	--

		1min	2 min	5min	10 min	Observaciones
1	0,06	1100	890	350	345	Formación de flóculos pequeños que demoran en sedimentar
2	0,08	1100	830	310	309	Formación de floculos que caen más rápido que la prueba anterior
3	0,10	1100	710	270	265	Formación de floculos medianos
4	0,12	1100	735	230	225	Formación de floculos grandes
5	0,14	1100	734	229	225	Formación de núcleos de floculación

Fuente: Propia

Tabla 2: Prueba de contrastación entre el % de floculante y el índice de turbidez para un pH = 7.0

Numero de Jarra	% de Floculante	Índice de Turbidez NTU a un tiempo de:				Observaciones
		1min	2 min	5min	10 min	
1	0,06	1100	910	451	442	Formación de flóculos muy pequeños que demoran en nuclearse y sedimentar
2	0,08	1100	895	442	437	Formación de floculos

							pequeños que caen mas rápido que la prueba anterior
3	0,10	1100	810	520	515	Formación de floculos pequeños y medianos	
4	0,12	1100	780	278	277	Formación de floculos grandes que tardan en flocular	
5	0,14	1100	778	280	270	Formación de núcleos de floculación	

Fuente: Propia

Tabla 3: Prueba de contrastación entre el % de floculante y el índice de turbidez para un pH = 8.0

Numero de Jarra	% de Floculante	Índice de Turbidez NTU a un tiempo de:				Observaciones
		0 min	2 min	5min	10 min	
1	0,06	1100	990	513	490	Formación de flóculos muy pequeñitos que demoran en nuclearse y caer.
2	0,08	1100	923	520	512	Formación de núcleos pequeños que caen lentamente

3	0,10	1100	890	502	495	Formación de floculos pequeños y medianos
4	0,12	1100	780	278	277	Formación de floculos medianos que tardan en flocular
5	0,14	1100	770	268	275	Formación de núcleos de floculación

Fuente: Propia

Tabla 4: Tratamiento de biodegradación aeróbica

Indicadores de biodegradación a una temperatura de 25°C	Tiempo de biodegradación aeróbica para cinco muestras a diferentes tiempos t:				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
	t =0 h	t = 12 h	t=24 h	t=36 h	t =48 h
Demanda bioquímica de oxígeno(ppm de O <sub>2</sub> )	802	732	590	457	395
pH	6.23	6.35	6.47	6.65	6.72

Fuente: Propia



Tabla 5

Caracterización físico química de filtrado

<b>Parámetro evaluado al efluente filtrado</b>	<b>Valor</b>
pH	5.5
Temperatura °C	25
TDS (ppm)	915
DBO <sub>5</sub> mg/L	502
Índice de turbidez (NTU)	1100

Fuente: Propia

#### 4.2 Contrastación de hipótesis

Para contrastar la hipótesis se recurrió al análisis estadístico donde se utilizó el Software MINITAB 1 MTW, ANOVA unidireccional, para tal propósito se evaluó y analizó las Tablas de resultados que se presentaron en el capítulo III, en el ítem 4.1.

En el tratamiento de Floculación donde se utilizó el floculante Quitosan aplicando el método de Jarras, la optimización de la cantidad a utilizar de floculante se determinó utilizando el índice de turbidez medido a diferentes tiempos, los resultados se ilustran en tabla 1, los cuales sirven de base para el estudio estadístico, observándose una significancia al 5% de acuerdo a la evaluación estadística aplicando el MINITAB ANOVA (que se explica en el Anexo E) unidireccional y la Distribución

“F” para el nivel de significancia del 5%, para la correlación entre la demanda bioquímica de oxígeno y el tiempo de biodegradación aeróbica, se encontraron los siguientes valores para “p” y “F”

Para la correlación de las variables de entrada y salida,  $C_1$ = Tiempo de biodegradación aeróbica,  $C_2$ =Demanda bioquímica de oxígeno, se utilizó los datos de la Tabla 4 y el Anexo A, los resultados son los siguientes:

$$P = 0,00 < 0,05$$

$$F = 53.43 > 5.11$$

En este caso según los resultados de los valores estadísticos de P y F se observa una significancia en la contratación de las variables de  $C_1$  y  $C_2$ .

Cuando se plotea los variables  $C_1$ = Tiempo de biodegradación aeróbica y  $C_2$ =pH del efluente tratado, se tienen los siguientes resultados en este caso se aprecia una no significancia cuando se contrasta estas variables, sin embargo se observa una tendencia de optimizar un valor de pH en la muestra 4 a las 36 horas de tiempo de biodegradación aeróbica.

$$P = 0,073 > 0,05$$

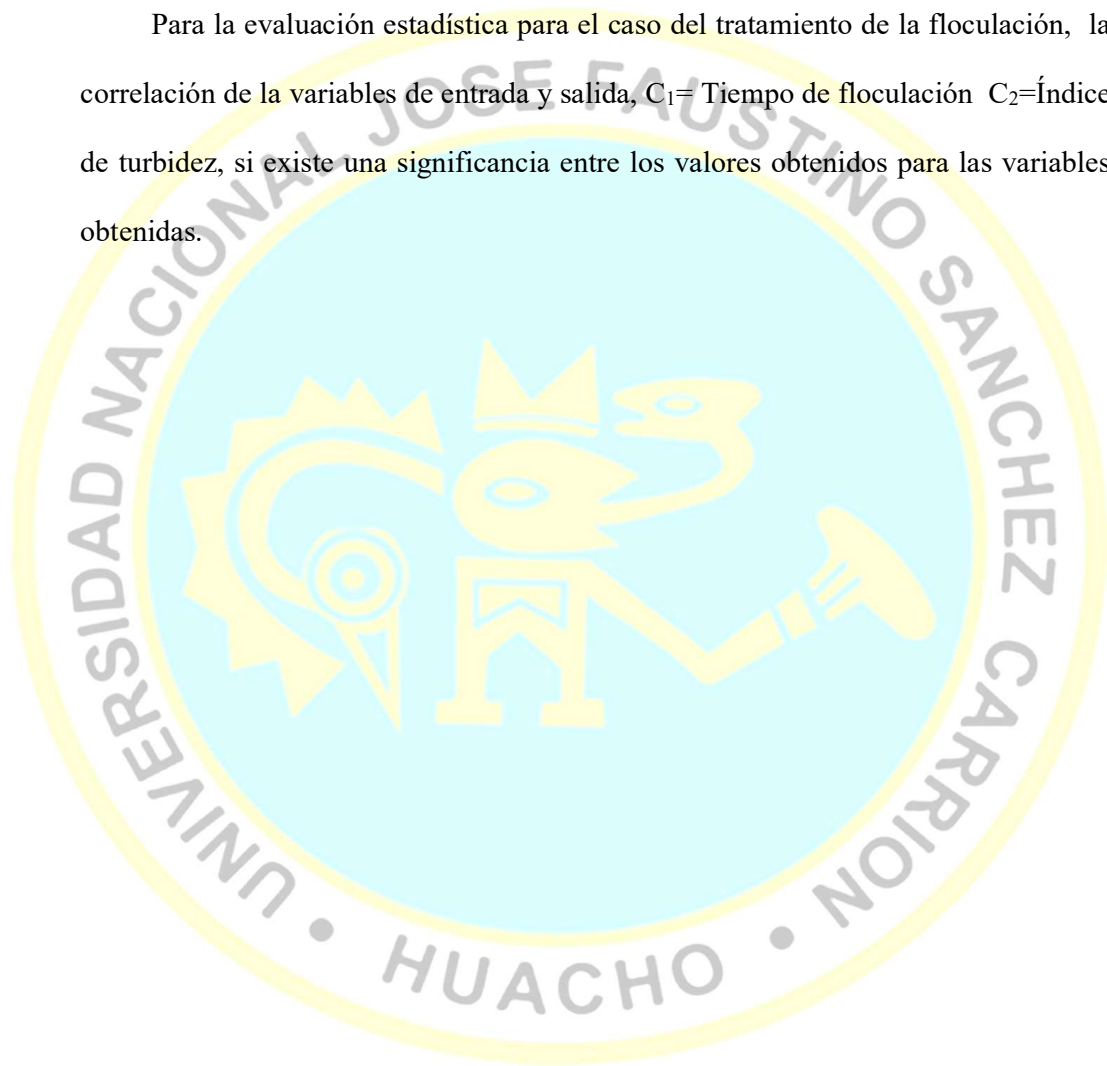
$$F = 4.26 < 5.11$$

De igual forma se hizo el análisis estadístico para evaluar la significancia de la correlación entre el tiempo de floculación y el valor del índice de turbidez .En este caso también se utilizó la Tabla 1 y el Anexo C, los resultados son los siguientes:

$$P = 0,037 < 0,05$$

$$F = 7.13 > 5.11$$

Para la evaluación estadística para el caso del tratamiento de la floculación, la correlación de la variables de entrada y salida,  $C_1$ = Tiempo de floculación  $C_2$ =Índice de turbidez, si existe una significancia entre los valores obtenidos para las variables obtenidas.



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

##### Caracterización fisicoquímica del efluente

La muestra de efluente se tomó en un recipiente de plástico con tapa hermética con capacidad de 20 L(bidón) en diferentes tiempos de operación de la actividad de la empresa, de tal forma que se obtuvo una muestra promedio a fin de tomar los diferentes contaminantes que tiene el efluente de la fábrica de gaseosas. Con la ayuda del equipo Ph metro multiparámetro y los Kit de laboratorio se procedió a caracterizar al efluente por duplicado, encontrando los siguientes resultados en promedio que se muestran en la Tabla 5

El efluente ya filtrado presenta aun una carga orgánica e inorgánica muy importante no cumpliendo aun las características físicas químicas para su descarga los cuerpos de agua por lo que se requiere aun de tratamiento físico químico y microbiológico para su degradación orgánica.

##### Tratamiento por floculación

Para esta prueba correspondiente al tratamiento primario se utilizó un floculante químico denominado Quitosan para aplicar el método de Jarras, la optimización de la

cantidad eficaz se determinó utilizando el índice de turbidez medido a diferentes tiempos.

Previamente la muestra ya filtrada se preparó a diferentes pH con la adición de hidróxido de amonio, a fin de tener tres grupos de muestras de cinco Lt cada grupo de Ph=6.23, pH=7.0 y pH=8.0, se neutralizó con hidróxido de amonio, a fin de llevarla a un ph neutro. Luego de realizar las diferentes pruebas como se ilustra en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se determinó que el mejor resultado en términos de formación mayor contenido de sólidos sedimentados y mejor solución clarificada final fue cuando se utilizó una concentración de 0.12% de floculante Quitosan en la Jarra N°4 a un pH de 6.23 a una temperatura de 25°C, en las otra Jarras se observó menos formación de floculos y un líquido menos clarificado al emplear otras concentraciones de % de floculante y utilizar

#### **Tratamiento por biodegradación**

A partir de la muestra filtrada y floculada a un pH 6.23 se le llevo al equipo de Flotación de aire disuelto se observó que tanto el valor del pH y la demanda bioquímica de oxígeno obtuvo se mejor valor a un tiempo de 36 horas verificándose en este tiempo un pH de 6.65 y una demanda bioquímica de 457 mg O<sub>2</sub>/L, en estas condiciones se observó un óptimo resultado en la muestra 4 según se aprecia en la Tabla 4.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

1. Se alcanzó a caracterizar fisicoquímicamente al efluente procedente de la empresa de gaseosas según se muestra en la Tabla 3.1.
2. Se requirió practicar al efluente un filtrado a fin de separar el material en suspensión y de tamaño de partícula grande de naturaleza orgánica e inorgánica.
3. Se realizó una prueba experimental a fin determinar la cantidad óptima de floculante Quitosan teniendo como indicadores el valor del índice de turbidez (NTU) se determinó que el mejor resultado en términos de formación mayor contenido de sólidos sedimentados y mejor solución clarificada final fue cuando se utilizó una concentración de 0.12% de floculante Quitosan en la Jarra N°4 a un pH de 6.23 a una temperatura de 25°C, en las otra Jarras se observó menos formación de floculos y un líquido menos clarificado al emplear otras concentraciones de % de floculante y utilizar otros valores del potencial de hidrógeno.
4. Con el efluente ya filtrado y floculado a un pH 6.23 se le llevo al equipo de Flotación de aire disuelto se observó que tanto el valor del pH y la demanda bioquímica de oxígeno obtuvo se mejor valor a un tiempo de 36 horas

verificándose en este tiempo un pH de 6.65 y una demanda bioquímica de 457 mg O<sub>2</sub>/L, en estas condiciones se observó un óptimo resultado en la muestra 4 según se aprecia en la Tabla 3.4 y los Gráficos 3.6 y 3.7.

5. Entre las conclusiones mas relevantes del trabajo puede indicarse que los valores finales de variación de las variables de control del efluente que se ilustra con el indicador que es el Índice de turbidez para el caso del tratamiento mediante una floculación optimizada es de 79.09% . Para el tratamiento de biodegradación aeróbica se varió favorablemente los valores de los indicadores de biodegradación en 43.01% y 6.74% para la demanda bioquímica y el potencial de hidrógeno respectivamente.
6. De acuerdo a los finales de DBO<sub>5</sub> y ph, después del tratamiento filtración, floculación y biodegradación orgánica, estaría cumpliendo con los valores admisibles normados por la legislación ambiental.

## 6.2 Recomendaciones

1. Repetir esta investigación con mayor disponibilidad de volumen de efluente a fin de realizar más experimentos para, a fin de utilizar otros agentes de floculación y condiciones de pH inicial.
2. Ampliar la investigación utilizando otros parámetros de operación como son el nivel de aireación al efluente, utilización de agentes coagulantes.
3. Hacer una evaluación respecto al contenido de microorganismos espontáneos que se dispone en el efluente cuando se realiza la biodegradación aeróbica.
4. Involucrar en el estudio respecto a la actuación del contenido de DQO y aceites y grasas, estudiar respecto a la evolución de su concentración en la etapa de biodegradación aeróbica.
5. Ensayar otros diseños de sistemas de aireación al equipo reactor y evaluar sus efectos respecto a la biodegradación del efluente y rendimiento en la remoción de materia orgánica del efluente, teniendo como indicadores el DBO<sub>5</sub> y el pH.





## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes bibliográficas

- Acharya, B. (2008). Anaerobic treatment of distillery spent wash - A study on upflow anaerobic fixed film bioreactor. *Bioresource Technology*, 99(11), 4621-4626.
- Bajpai P. & Bajpai, P. (1994). Biological colour removal of pulp and paper mill wastewaters. *Journal of Biotechnology*, 33(3), 211-220.
- Dritsa, V. y Rigas (2011). Bioremediation of industrial wastewaters contaminated with hazardous compounds. *Bioremediation: Biotechnology, Engineering and Environmental Management.*, 2095-334.
- Jamil, K. et al (1987). Studies on water hyacinth as a biological filter for treating contaminants from agricultural wastes and industrial effluents. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 22(1), 103-112.
- Méndez, L. Miyashiro. Rojas, Cotrado y Carrasco (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geogr*, 7-14.
- Oves et al (2013). Chemical characteristics of match industry effluent. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and environmental Sciences*, 9(3), 619-620.
- Ramasubramanian, V. y Jeyaprakash (2007). Efficacy of plant based remediation in some physico - Chemical characteristics of match industry effluent Volume 9, Issue 3, Pages 619-62. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 9(3), 619-62.
- Robles-González, V. a. (2013). Treatment of mezcal vinasses. *Journal of Biotechnology*, 157(4), 524-546.
- Shariatpanahi, M. (1986). Trace metal uptake by garden herbs and vegetables. *Biological Trace Element Research*, 11(1), 177-183.

## ANEXO A

### RESULTADOS DE LA TABLA 3

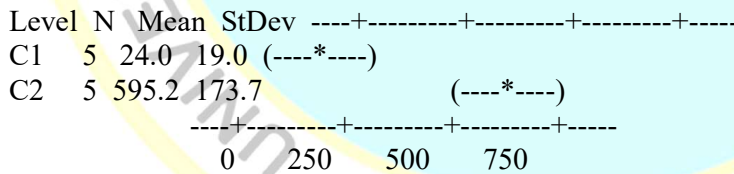
#### One-way ANOVA: C1; C2

C1	C2	RESI1	RESI2	FITS1	FITS2	RESI3	RESI4	FITS3	FITS4
0	802	-24	206.8	24	595.2	-24	206.8	24	595.2
12	732	-12	136.8	24	595.2	-12	136.8	24	595.2
24	590	0	-5.2	24	595.2	0	-5.2	24	595.2
36	457	12	-138.2	24	595.2	12	-138.2	24	595.2
48	395	24	-200.2	24	595.2	24	-200.2	24	595.2

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	815674	815674	53.43	0.000
Error	8	122127	15266		
Total	9	937800			

S = 123.6 R-Sq = 86.98% R-Sq(adj) = 85.35%

Individual 95% CIs For Mean Based on  
Pooled StDev



Pooled StDev = 123.6

#### Grouping Information Using Fisher Method

N	Mean	Grouping
C2 5	595.2	A
C1 5	24.0	B

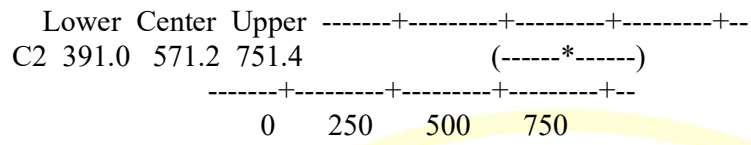
Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 95.00%

C1 subtracted from:



ANEXO B

RESULTADOS DE LA TABLA 2

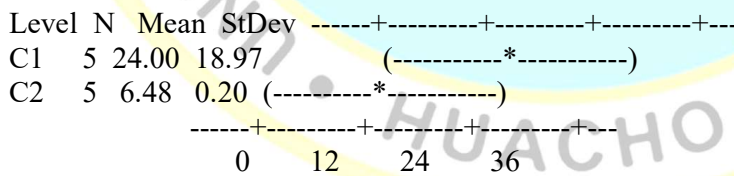
One-way ANOVA: C1; C2

C1	C2	RESI1	RESI2	FITS1	FITS2
0	6.23	-24	-0.254	24	6.484
12	6.35	-12	-0.134	24	6.484
24	6.47	0	-0.014	24	6.484
36	6.65	12	0.166	24	6.484
48	6.72	24	0.236	24	6.484

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	767	767	4.26	0.073
Error	8	1440	180		
Total	9	2207			

S = 13.42 R-Sq = 34.75% R-Sq(adj) = 26.60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Pooled StDev = 13.42

Grouping Information Using Fisher Method

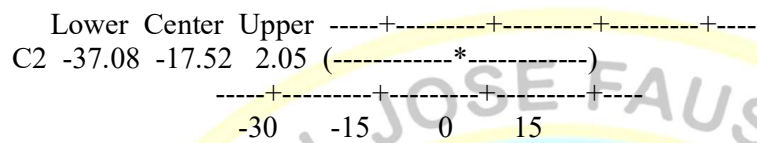
N	Mean	Grouping
C1	5 24.00	A
C2	5 6.48	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 95.00%

C1 subtracted from:



ANEXO C

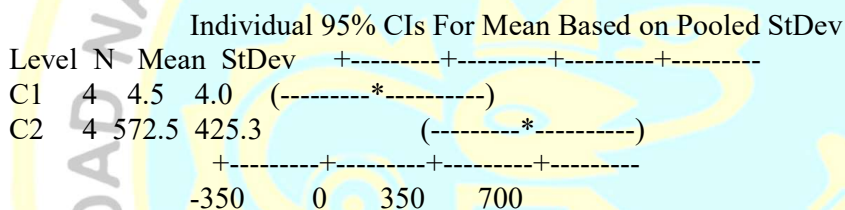
RESULTADOS DE LA TABLA 1

One-way ANOVA: C1; C2

C1	C2	RESI1	RESI2	FITS1	FITS2
1	1100	-3.5	527.5	4.5	572.5
2	735	-2.5	162.5	4.5	572.5
5	230	0.5	-342.5	4.5	572.5
10	225	5.5	-347.5	4.5	572.5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	645248	645248	7.13	0.037
Error	6	542774	90462		
Total	7	1188022			

S = 300.8 R-Sq = 54.31% R-Sq(adj) = 46.70%



Pooled StDev = 300.8

Grouping Information Using Fisher Method

N	Mean	Grouping
C2	4 572.5	A
C1	4 4.5	B

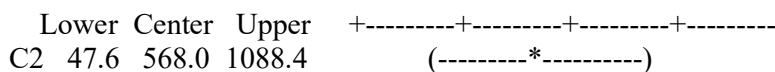
Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 95.00%

C1 subtracted from:



+-----+-----+-----+-----  
 -500      0      500      1000

## ANEXO D

### Distribución F para el nivel de significancia del 5%

alfa =	grados de libertad del numerador														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	60	100	10000	
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	248.02	252.2	253.04	254.3	
2	18.513	19	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.446	19.479	19.486	19.496	
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0134	8.9407	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.6602	8.572	8.5539	8.5267	
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.041	5.9988	5.9644	5.8025	5.6878	5.664	5.6284	
5	6.6079	5.7861	5.4094	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.5581	4.4314	4.4051	4.3654	
6	5.9874	5.1432	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.099	4.06	3.8742	3.7398	3.7117	3.6693	
7	5.5915	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.866	3.7871	3.7257	3.6767	3.6365	3.4445	3.3043	3.2749	3.2302	
8	5.3176	4.459	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472	3.1503	3.0053	2.9747	2.9281	
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373	2.9365	2.7872	2.7556	2.7072	
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.478	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.774	2.6211	2.5884	2.5384	
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.948	2.8962	2.8536	2.6464	2.4901	2.4566	2.405	
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.5436	2.3842	2.3498	2.2967	
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.671	2.4589	2.2966	2.2614	2.207	
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.3879	2.2229	2.187	2.1313	
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.3275	2.1601	2.1234	2.0664	
16	4.494	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935	2.2756	2.1058	2.0685	2.0102	
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.81	2.6987	2.6143	2.548	2.4943	2.4499	2.2304	2.0584	2.0204	1.961	
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117	2.1906	2.0166	1.978	1.9175	
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779	2.1555	1.9795	1.9403	1.8787	
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.599	2.514	2.4471	2.3928	2.3479	2.1242	1.9464	1.9066	1.8438	
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661	2.321	2.096	1.9165	1.8761	1.8124	
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967	2.0707	1.8894	1.8486	1.7838	

23	4.2793	3.4221	3.028	2.7955	2.64	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201	2.2747	2.0476	1.8648	1.8234	1.7577
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547	2.0267	1.8424	1.8005	1.7338
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.603	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365	2.0075	1.8217	1.7794	1.7117
26	4.2252	3.369	2.9752	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197	1.9898	1.8027	1.7599	1.6913
27	4.21	3.3541	2.9603	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043	1.9736	1.7851	1.7419	1.6724
28	4.196	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.236	2.19	1.9586	1.7689	1.7251	1.6548
29	4.183	3.3277	2.934	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229	2.1768	1.9446	1.7537	1.7096	1.6384
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107	2.1646	1.9317	1.7396	1.695	1.623
40	4.0847	3.2317	2.8387	2.606	2.4495	2.3359	2.249	2.1802	2.124	2.0773	1.8389	1.6373	1.5892	1.5098
50	4.0343	3.1826	2.79	2.5572	2.4004	2.2864	2.1992	2.1299	2.0733	2.0261	1.7841	1.5757	1.5249	1.4392
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2541	2.1665	2.097	2.0401	1.9926	1.748	1.5343	1.4814	1.3903
70	3.9778	3.1277	2.7355	2.5027	2.3456	2.2312	2.1435	2.0737	2.0166	1.9689	1.7223	1.5046	1.4498	1.354
80	3.9604	3.1108	2.7188	2.4859	2.3287	2.2142	2.1263	2.0564	1.9991	1.9512	1.7032	1.4821	1.4259	1.3259
90	3.9469	3.0977	2.7058	2.4729	2.3157	2.2011	2.1131	2.043	1.9856	1.9376	1.6883	1.4645	1.407	1.3032
100	3.9362	3.0873	2.6955	2.4626	2.3053	2.1906	2.1025	2.0323	1.9748	1.9267	1.6764	1.4504	1.3917	1.2845
200	3.8884	3.0411	2.6498	2.4168	2.2592	2.1441	2.0556	1.9849	1.9269	1.8783	1.6233	1.3856	1.3206	1.1903
300	3.8726	3.0258	2.6347	2.4017	2.2441	2.1288	2.0402	1.9693	1.9112	1.8623	1.6057	1.3634	1.2958	1.1521
400	3.8648	3.0183	2.6272	2.3943	2.2366	2.1212	2.0325	1.9616	1.9033	1.8544	1.5969	1.3522	1.2831	1.1303
500	3.8601	3.0138	2.6227	2.3898	2.232	2.1167	2.0279	1.9569	1.8986	1.8496	1.5916	1.3455	1.2753	1.1159
600	3.857	3.0107	2.6198	2.3868	2.229	2.1137	2.0248	1.9538	1.8955	1.8465	1.5881	1.341	1.2701	1.1055
700	3.8548	3.0086	2.6176	2.3847	2.2269	2.1115	2.0226	1.9516	1.8932	1.8442	1.5856	1.3377	1.2664	1.0976
800	3.8531	3.007	2.616	2.3831	2.2253	2.1099	2.021	1.95	1.8916	1.8425	1.5837	1.3353	1.2635	1.0912
900	3.8518	3.0057	2.6148	2.3818	2.224	2.1086	2.0197	1.9487	1.8903	1.8412	1.5822	1.3334	1.2613	1.0861
1000	3.8508	3.0047	2.6138	2.3808	2.2231	2.1076	2.0187	1.9476	1.8892	1.8402	1.5811	1.3318	1.2596	1.0818
1500	3.8477	3.0017	2.6108	2.3779	2.2201	2.1046	2.0157	1.9446	1.8861	1.837	1.5775	1.3273	1.2542	1.0675
2000	3.8461	3.0002	2.6094	2.3764	2.2186	2.1031	2.0142	1.943	1.8846	1.8354	1.5758	1.325	1.2516	1.0593
10000	3.8424	2.9966	2.6058	2.3728	2.215	2.0995	2.0105	1.9393	1.8808	1.8316	1.5716	1.3194	1.2451	1.0334





---

**Dr. José Vicente Nunja Garcia**  
**ASESOR**

---

**Dr. Berardo Beder Ruiz Sánchez**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. José Antonio Legua Cárdenas**  
**MIEMBRO**



---

**Dr. Luis Alberto Cárdenas Saldaña**  
**MIEMBRO**