



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
NEGRAS CON TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE ACCIÓN ECOLÓGICA”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR
ENRIQUE RAMIRO LÓPEZ SUÁREZ**

Riobamba – Ecuador

2012

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. Hugo Estuardo Gavilanez Ramos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing M.C. Manuel Euclides Zurita León.
DIRECTOR DE TESIS

Ing M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
ASESOR DE TESIS

Riobamba, 17 de Mayo del 2012.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Mi gratitud muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Industrias Pecuarias por haberme abierto las puertas y permitirme adquirir sabios conocimientos para mi formación académica en especial a todo el cuerpo docente con el grupo comando a la cabeza.

Desde el fondo de mi corazón agradezco a todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo, porque cada una aportó con un granito de arena, para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Muchísimas gracias a todos.....

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre la Dra. Norma Suarez López, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi padre el Sr. Enrique López Meneses, que con su ejemplo supo guiarme por el camino del bien apoyándome de manera incondicional, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás presente cada día de mi vida.

A mi hermana Tatiana López por estar siempre presente, acompañándome para poderme realizar y a Eva Taquez la madre de mi hija quien en su momento me brindó su apoyo incondicional.

Y por último a mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

CONTENIDO

| | Pag. |
|--|----------|
| Resumen | v |
| Abstract | vi |
| Lista de Cuadros | vii |
| Lista de Gráficos | viii |
| Lista de Fotografías | ix |
| Lista de Anexos | x |
| I. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| II. <u>REVISION DE LITERATURA</u> | 3 |
| A. AGUA DEFINICIÓN E IMPORTANCIA | 3 |
| B. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS MÁS NOTABLES DEL AGUA | 4 |
| 1. <u>Color</u> | 4 |
| 2. <u>Bloqueo</u> | 4 |
| 3. <u>Interacción</u> | 4 |
| 4. <u>Capilaridad</u> | 5 |
| 5. <u>Punto de ebullición</u> | 5 |
| 6. <u>Disolvente</u> | 5 |
| 7. <u>Miscible</u> | 6 |
| 8. <u>Conducción</u> | 6 |
| 9. <u>Turbidez</u> | 6 |
| a. Efectos de una alta turbidez en el agua | 7 |
| 10. <u>Eutrofización</u> | 8 |
| C. PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA | 8 |
| 1. <u>Parámetros biológicos</u> | 8 |
| a. Presencia de organismos acuáticos no habituales | 8 |
| b. Ausencia de organismos acuáticos comunes | 9 |
| c. Diversidad de especies | 9 |
| d. Aspecto y tamaño de los organismos | 10 |
| 2. <u>Parámetros Físicos</u> | 11 |
| a. Sólidos en suspensión | 11 |
| b. Turbiedad | 11 |
| c. Color | 12 |

| | | |
|----|---|----|
| d. | Sabor y olor | 12 |
| e. | Temperatura | 12 |
| 3. | <u>Parámetros químicos de la calidad del agua</u> | 12 |
| a. | Sólidos disueltos | 12 |
| b. | Alcalinidad (pH) | 13 |
| c. | Dureza y fluoruros | 13 |
| e. | Metales | 14 |
| f. | Compuestos orgánicos | 14 |
| g. | DQO (Demanda Química de Oxígeno) | 14 |
| h. | DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) | 14 |
| D. | CLASES DE AGUA | 15 |
| E. | CLASES DE AGUAS CONTAMINADAS | 16 |
| 1. | <u>Aguas negras</u> | 16 |
| 2. | <u>Agua pesada</u> | 16 |
| 3. | <u>Aguas Residuales</u> | 17 |
| 4. | <u>Aguas duras</u> | 17 |
| F. | PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS | 17 |
| H. | TRATAMIENTO PARA AGUAS NEGRAS | 19 |
| 1. | <u>Tratamiento preliminar o primario</u> | 19 |
| 2. | <u>Remoción de sólidos</u> | 19 |
| 3. | <u>Remoción de arena</u> | 19 |
| 4. | <u>Oxidación Biológica</u> | 20 |
| 5. | <u>Sedimentación</u> | 20 |
| a. | Sedimento | 21 |
| 6. | <u>Floculación</u> | 21 |
| 7. | <u>Contacto de cloro</u> | 22 |
| I. | CAUDAL | 23 |
| J. | CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR POLICLORURO DE VINILO | 23 |
| K. | CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA | 26 |
| 1. | <u>Legislación sobre vertidos de aguas residuales</u> | 26 |
| 2. | <u>Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea</u> | 27 |

| | |
|---|-----------|
| III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 29 |
| A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN | 29 |
| B. UNIDADES EXPERIMENTALES | 29 |
| C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES | 30 |
| 1. <u>Materiales</u> | 30 |
| 2. <u>Equipos</u> | 30 |
| 3. <u>Reactivos</u> | 30 |
| D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL | 30 |
| E. MEDICIONES EXPERIMENTALES | 31 |
| F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SEPARACIÓN DE MEDIAS | 31 |
| G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL | 32 |
| H. METODOLOGIA DE EVALUACIÓN | 33 |
| 1. <u>Determinación del pH</u> | 33 |
| 2. <u>Sólidos totales</u> | 34 |
| 3. <u>Sólidos suspendidos</u> | 35 |
| 4. <u>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</u> | 35 |
| a. Procedimiento | 36 |
| 5. <u>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)</u> | 38 |
| a. Procedimiento | 39 |
| IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 40 |
| A. REVISION AMBIENTAL INICIAL DE LA “DISTRIBUIDORA JL”, EN LA QUE SE IMPLEMENTÓ UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS CON TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE ACCIÓN ECOLÓGICA | 40 |
| 1. <u>Descripción del entorno de la Distribuidora JL, antes de la Implementación del sistema de tratamiento de aguas negras</u> | 40 |
| a. Recomendaciones | 41 |
| 2. <u>Estero de agua</u> | 42 |
| 3. <u>Cauce de los residuos industriales líquidos (RILES), al río Baba</u> | 44 |
| a. Recomendaciones | 45 |
| 4. <u>Entorno de la quesera Santa Isabel</u> | 46 |
| 5. <u>Infraestructura de la Quesera Santa Isabel</u> | 48 |

| | | |
|-----|--|-----------|
| a. | Recomendaciones | 49 |
| 6. | <u>Construcción de los tanques de sedimentación</u> | 50 |
| a. | Recomendaciones | 51 |
| 7. | <u>Construcción de las canastas de filtración</u> | 52 |
| a. | Recomendaciones | 53 |
| 8. | <u>Sistema de sedimentación del agua negra</u> | 53 |
| a. | Recomendaciones | 54 |
| 9. | <u>Tanque recolector de residuos sólidos</u> | 55 |
| a. | Recomendaciones | 56 |
| 10. | <u>Primer tanque de sedimento</u> | 57 |
| a. | Recomendación | 58 |
| 11. | <u>Tanques segundo tanque de sedimentación</u> | 59 |
| a. | Recomendaciones | 60 |
| 12. | <u>Canasta de filtración</u> | 61 |
| a. | Recomendaciones | 62 |
| 13. | <u>Ecosistema de la zona después de la depuración del agua</u> | 62 |
| a. | Recomendaciones | 63 |
| B. | ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS CON TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE ACCIÓN ECOLÓGICA | 64 |
| 1. | <u>pH</u> | 64 |
| 2. | <u>Color</u> | 68 |
| 3. | <u>Conductibilidad</u> | 71 |
| 4. | <u>Grasa y aceite</u> | 73 |
| 5. | <u>Demanda Química de Oxígeno</u> | 75 |
| 6. | <u>Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO</u> | 78 |
| 7. | <u>Sólidos en suspensión</u> | 79 |
| 8. | <u>Sólidos totales</u> | 81 |
| C. | PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA "DISTRIBUIDORA JL" | 85 |
| 1. | <u>Plan de prevención y mitigación de impactos</u> | 86 |
| 2. | <u>Plan de Contingencia</u> | 87 |
| 3. | <u>Plan de manejo de desechos</u> | 88 |
| V. | <u>CONCLUSIONES</u> | 90 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| VI. <u>RECOMENDACIONES</u> | 92 |
| VII. <u>LITERATURA CITADA</u> | 93 |
| ANEXOS | |

RESUMEN

En el ecosistema que rodea a la fábrica de accesorios PVC (Clorhidrato de Polyvinyl), de la Distribuidora JL, que se encuentra ubicada en la Provincia de los Tsáchilas, se realizó la implementación de un sistema de tratamiento de aguas negras con tanques de sedimentación de acción ecológica, se valoró el grado de contaminación considerando un experimento de dos oportunidades de evaluación (antes vs. después), aplicando la estadística descriptiva. Cuando se trabajó en una revisión ambiental inicial se identificó la hidrografía contaminada, condiciones climáticas con una disminución en la fauna autóctona por actividad humana, además salidas del agua por tubos blancos sin ninguna clase de tratamiento y mucha turbidez. Durante la segunda etapa de este estudio en el análisis del agua negra después de la implementación se observó que en cuanto al pH existió un incremento significativo en relación al agua sin tratar ya que de 5,85 se eleva a 6.70 alcanzando la neutralidad. Otro factor que se consideró fue el color reportando una disminución notoria porque esta inició desde 1215,67 Pt-Co, descendió a 486,27 Pt-Co, considerando el contenido de grasas y aceites, los valores descendieron significativamente iniciando desde 28.78, disminuyeron a 11,96, lo mismo sucede con los sólidos en suspensión que de 103.19 ppm sufrieron un descenso a 39,55 ppm. Por esta razón se recomienda un mejor manejo y almacenamiento de los desechos sólidos; puesto que, se apreció una completa ineficacia al momento de acopiarlos para su posterior disposición final, esto acarrea que se desarrollen vectores de contaminación (mosquitos, roedores, etc.) y se genera un impacto visual negativo alrededor de la industria.

ABSTRACT

This research took place in the ecosystem surrounding the PVC (polyvinyl chloride), accessories factory belonging to JL distributor, which is located in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. It was conducted the implementation of a sewage treatment system by settling tanks of ecological action; it was measured the pollution rate considering an experiment during two stages of assessment (before vs, after), by following descriptive statistics. When working on an initial environmental survey it was noticed that the hydrography was contaminated while the climatic conditions showed a decrease in the native fauna due to human activity, furthermore, the waste water flow through white pipes without any treatment and high turbidity levels. During the second stage of this study; the analysis of sewage after the implementation of water treatment it was observed a noticeable change in its Ph whose rate reached a significant increase compared to untreated water since it rises from 5,85 to 6,70 reaching neutrality. Another factor that was considered was the color whose rate reported a considerable decrease because its initial rate 1215,67 Pt-Co, dropped to 486,27 Pt-Co. Regarding to the fats and oils content their rate decreased significantly since its initial rate of 28,78 dropped to 11,96 similarly, the suspended solids whose rate of 103,19 ppm suffered a decrease to 39,55 ppm. For this reason it is suggested a better handling and storage of solids waste since, it was noticed complete ineffectiveness when collect them for later disposal this leads to develop contamination vectors (mosquitoes, rodents, etc.), and generates a negative visual impact around the industry.

LISTA DE CUADROS

| Nº | Pág. |
|---|------|
| 1. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL DE LA FÁBRICA DE ACCESORIOS DE PVC DISTRIBUIDORA JL, ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS. | 66 |

LISTA DE GRÁFICOS

| Nº | Pág. |
|--|------|
| 1. Comportamiento del pH del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 67 |
| 2. Comportamiento del color del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 70 |
| 3. Comportamiento de la conductibilidad del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 72 |
| 4. Comportamiento del contenido de aceites y grasas en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 74 |
| 5. Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 77 |
| 6. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 80 |
| 7. Comportamiento del contenido de sólidos en suspensión, en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 82 |
| 8. Comportamiento del contenido de sólidos totales, en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas. | 84 |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| Nº | | Pág. |
|-----|---|------|
| 1. | Entorno de la Distribuidora JL. | 40 |
| 2. | Estero de agua de la parroquia San Gabriel de Baba. | 42 |
| 3. | Cauce de los residuos industriales líquidos (RILES), al río Baba. | 44 |
| 4. | Entorno de la quesera Santa Isabel. | 47 |
| 5. | Infraestructura de la Quesera Santa Isabel. | 49 |
| 6. | Construcción de los tanques de sedimentación. | 50 |
| 7. | Construcción de las canastas de filtración. | 52 |
| 8. | Canastas de filtración. | 54 |
| 9. | Tanque recolector de residuos sólidos. | 56 |
| 10 | Primer tanque de sedimento después del tanque recolector. | 58 |
| 11. | Tanques 2 de sedimentación. | 60 |
| 12. | Canastra de filtración. | 61 |
| 13. | Ecosistema de la zona después de la depuración del agua. | 63 |

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Base de datos del análisis de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
2. pH de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
3. Color de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
4. Contenido de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
5. DQO de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
6. DBO de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
7. Sólidos en suspensión de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
8. Sólidos disueltos de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
9. Sólidos sedimentables de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
10. Sólidos totales de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.
11. Análisis de Laboratorio de las aguas negras

I. INTRODUCCIÓN

Por impacto ambiental se comprende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base, debido a la acción antrópicas o a eventos naturales. Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; y la Declaración de Impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación. La calidad de las masas naturales de agua se está reduciendo debido al aumento de la contaminación y a los factores mencionados.

El tratamiento de aguas residuales se emplea en los residuos urbanos generados en la actividad humana y en los residuos provenientes de la industria. El agua residual, también llamada negra o fecal, es la que usada por el hombre ha quedado contaminada. Lleva en suspensión una combinación de heces fecales y orina, de las aguas procedentes del lavado con detergentes del cuerpo humano, de su vestimenta y de la limpieza, de desperdicios de cocina y domésticos, etc. También recibe ese nombre los residuos generados en la industria. En la depuración se realizan una serie de tratamientos en cadena. El primero denominado pretratamiento separa los sólidos gruesos mediante rejillas, desarenadores o separadores de grasas. Después un tratamiento denominado primario separa mediante una sedimentación física los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables.

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar. La mayor parte, después de su uso, se elimina devolviéndola

nuevamente a la naturaleza. Estos vertidos, a veces se tratan, pero otras el agua residual industrial vuelve al ciclo del agua sin tratarla adecuadamente. La calidad del agua de muchos ríos del mundo se está deteriorando y está afectando negativamente al medio ambiente acuático por los vertidos industriales de metales pesados, sustancias químicas o materia orgánica.

Las zonas rurales de Perú, Ecuador y Bolivia tienen menos del 40 por ciento de cobertura de agua para saneamiento, señalan los expertos en recursos hídricos. En el Ecuador las regiones de la costa y el oriente en el sector industrial no cuentan en su mayoría con sistemas de tratamientos de aguas lo que hace que los canales fluviales de parroquias y pueblos cercanos a grandes y pequeñas industrias de tipo alimenticio e industrial no dispongan de un tipo de agua idóneo para su naturaleza. Por lo anotado anteriormente se exponen los siguientes objetivos:

- Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales o negras con tanques de sedimentación de acción ecológica, para mitigar el impacto ambiental en canales fluviales de la zona de ubicación de la fábrica.
- Realizar la caracterización, físico-químicas de las aguas residuales antes y después de implementarse el sistema de tratamiento de aguas en la fábrica de la "Distribuidora JL".
- Disminuir el impacto ambiental que generan las aguas negras, mediante procesos de tratamientos físicos químicos para el agua a implementarse en la fábrica de accesorios de PVC con valoración del Antes vs Después
- Identificar parámetros que indiquen las variables de proceso para el diseño y el dimensionamiento del sistema de tratamiento.
- Cumplir con los requerimientos que exige el Departamento de Medio Ambiente del Municipio de Santo Domingo de los Tsachilas, en lo referente al tratamiento de aguas negras.

II. REVISION DE LITERATURA

A. AGUA DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

Ainia, A. (2005), expone que el agua (del latín aqua), es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; es química es notada como H_2O . Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En su uso más común, con agua nos referimos a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa que llamamos vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. En nuestro planeta, se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares tiene el 1,74%, los depósitos subterráneos en (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, la humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

Hyginov, C. (2001), señala que contrario a la creencia popular, el agua es un elemento bastante común en nuestro sistema solar y esto cada vez se confirma con nuevos descubrimientos. Podemos encontrar agua principalmente en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas, y el vapor compone la cola de ellos. Fue Henry Cavendish quien descubrió en 1781 que el agua es una sustancia compuesta y no un elemento, como se pensaba desde la antigüedad. Los resultados de dicho descubrimiento fueron desarrollados por Antoine Laurent de Lavoisier dando a conocer que el agua estaba formada por oxígeno e hidrógeno. En 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista y geógrafo alemán Alexander von Humboldt demostraron que el agua estaba formada por dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno (H_2O).

Según <http://wwwaguasnegras.com>.(2012), el concepto de huella hídrica ("waterfoot print"), fue creado para obtener un indicador que relacionara el agua con el consumo a todos los niveles de la población. La huella hídrica de un país (o industria, o persona), se define como el volumen de agua necesaria para la

producción de los productos y servicios consumidos por los habitantes de dicho país (o industria, o persona).

B. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS MÁS NOTABLES DEL AGUA

Omil, F. (1996), manifiesta que el agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura, cuando un compuesto soluble en agua es colocado en ésta, desaparece rápidamente en el líquido. Por el contrario, si no es soluble, entonces permanece donde se le coloca, si posee una solubilidad intermedia, entonces se puede dispersar sobre la superficie del agua hasta que se vuelve invisiblemente delgada, las características más relevantes del agua están.

1. Color

El mismo Omil, F. (1996), manifiesta que el color del agua varía según su estado: como líquido, puede parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul y en estado gaseoso (vapor de agua), es incolora.

2. Bloqueo

Puig, J. (1999), indica que el agua bloquea sólo ligeramente la radiación solar UV fuerte, permitiendo que las plantas acuáticas absorban su energía. Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. El oxígeno tiene una ligera carga negativa, mientras que los átomos de hidrógenos tienen una carga ligeramente positiva del que resulta un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre los diferentes dipolos eléctricos de una molécula causa una atracción en red que explica el elevado índice de tensión superficial del agua.

3. Interacción

Ángulo, A. (1997), señala que la fuerza de interacción de la tensión superficial

del agua es la fuerza de van Der Waals entre moléculas de agua. La aparente elasticidad causada por la tensión superficial explica la formación de ondas capilares. A presión constante, el índice de tensión superficial del agua disminuye al aumentar su temperatura. También tiene un alto valor adhesivo gracias a su naturaleza polar.

4. Capilaridad

Baird, C. (2005), alega que la capilaridad se refiere a la tendencia del agua de moverse por un tubo estrecho en contra de la fuerza de la gravedad. Esta propiedad es aprovechada por todas las plantas vasculares, como los árboles. Otra fuerza muy importante que refuerza la unión entre moléculas de agua es el enlace por puente de hidrógeno.

5. Punto de ebullición

Ángulo, A. (1997), induce que el punto de ebullición del agua (y de cualquier otro líquido) está directamente relacionado con la presión atmosférica. Por ejemplo, en la cima del Everest, el agua hierve a unos 68° C, mientras que al nivel del mar este valor sube hasta 100°. Del mismo modo, el agua cercana a fuentes geotérmicas puede alcanzar temperaturas de cientos de grados centígrados y seguir siendo líquida. Su temperatura crítica es de 373.85 °C (647,14° K), su valor específico de fusión es de 0,334 kJ/g y su índice específico de vaporización es de 2,23 kJ/g.

6. Disolvente

Según <http://www.cilecuador.org.com>.(2012), el agua es un disolvente muy potente, al que se ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas. Las sustancias que se mezclan y se disuelven bien en agua -como las sales, azúcares, ácidos, álcalis, y algunos gases (como el oxígeno o el dióxido de carbono, mediante carbonización), son llamadas hidrófilas, mientras que las que no combinan bien con el agua -como lípidos y grasas- se denominan sustancias hidrofóbicas. Todos los componentes

principales de las células de proteínas, ADN y polisacáridos se disuelven en agua. Puede formar un azeótropo con muchos otros disolventes.

7. Miscible

Marriot, G. (2009), reporta que “El agua es miscible con muchos líquidos, como el etanol, y en cualquier proporción, formando un líquido homogéneo. Por otra parte, los aceites son inmiscibles con el agua, y forman capas de variable densidad sobre la superficie del agua. Como cualquier gas, el vapor de agua es miscible completamente con el aire.

8. Conducción

Romero, P. (2002), menciona que el agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja, pero ese valor se incrementa significativamente con la disolución de una pequeña cantidad de material iónico, como el cloruro de sodio. El agua tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica -sólo por detrás del amoníaco- así como una elevada entalpía de vaporización ($40.65 \text{ kJ mol}^{-1}$); ambos factores se deben al enlace de hidrógeno entre moléculas. Estas dos inusuales propiedades son las que hacen que el agua "modere" las temperaturas terrestres, reconduciendo grandes variaciones de energía.

9. Turbidez

Ponce, P. (1999), indica que la turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbiedad, en una

manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida. La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

- Estética: Cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.
- Filtrabilidad: La filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.
- Desinfección: Un valor alto de la turbidez, es una indicación de la probable presencia de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable.

a. Efectos de una alta turbidez en el agua

Creus, A. (2001), señala que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente, mientras que se favorece la multiplicación de otros. Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún. Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas de los peces se tupen o dañan. El principal impacto de una alta turbidez es meramente estético: a nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Pero además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que desea ser bebida. Esto añade costes extra para el tratamiento de las aguas superficiales. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

10. Eutrofización

Santelesis, M. (1999), afirma que la eutrofización es el enriquecimiento excesivo en nutrientes de las aguas, lo que produce un gran crecimiento de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, embalses o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora. El crecimiento de algas puede afectar también al uso recreativo de embalses y lagos, a la circulación del agua en ríos y canales y obturar los filtros de estaciones de tratamiento del agua.

C. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Dubach. J, (1988), concluye que una de las clasificaciones que se pueden utilizar para el estudio de los diferentes parámetros de contaminación o calidad de las aguas, las industrias incorporan al agua productos y subproductos de proceso así como del mismo tratamiento o acondicionamiento de la mismos según la naturaleza de la propiedad o especie que se determina, por lo general, las normas o directrices sobre la calidad de las aguas residuales que se pretende emplear para riego de cultivos sin restricciones, o para ser ingerida por animales contienen reglas explícitas, son muchos los parámetros que evalúan la calidad del agua, a continuación se definen los más importantes.

1. Parámetros biológicos

a. Presencia de organismos acuáticos no habituales

Este tipo de afectación suele estar provocada por la presencia de bacterias de los tipos *Aeromonas* y *Mycobacterium*. Este último tipo de bacteria comprende a las causantes de la denominada Septicemia Hemorrágica producida por infección interna. Tanto en la generada por virus como por bacterias se pueden observar sintomatologías similares a los de la Hidropesía (Dubach. J, 1988).

b. Ausencia de organismos acuáticos comunes

Según [\(2012\)](http://wwwhtml.rincondelvago.com), los organismos son sistemas acuáticos, el agua provee un ambiente más amable que la tierra (y el aire sobre ella), otro medio principal del mundo vivo. Aún los problemas existen, lo que debe ser vencido. El mantenimiento de la concentración apropiada interna del agua puede costar organismos en ambientes salados. Un organismo que vive en un lago de desierto concentrado o la laguna costera puede ser afrontado con los problemas del equilibrio de agua similar a aquellos de sus vecinos terrestres. A otro final de la escala de salinidad, en ambientes de agua dulce, organismos deben trabajar para mantener un exceso del agua acelerando e interrumpiendo su metabolismo. En general, aunque los problemas de acelerar y frenar un suministro adecuado del agua son muchísimo menos en ecosistemas acuáticos que ellos que están en sistemas terrestres.

c. Diversidad de especies

Para [\(2012\)](http://wwwcontaminaciongua.com), existe una interdependencia muy estrecha entre todos los seres vivos y entre los factores de su hábitat, por lo tanto, una alteración entre unos seres vivos modifica también a su hábitat y a otros habitantes de ahí. La pérdida de la biodiversidad puede acarrear nuestra desaparición como especie. La pérdida de la biodiversidad equivale a la pérdida de la calidad de nuestra vida como especie y, en caso extremo, nuestra propia extinción. Las condiciones físicas y químicas dominantes en los medios acuáticos determinan el tipo de organismos que viven en ese medio. Se han propuesto varias clasificaciones ecológicas de los organismos acuáticos; la más aceptada hoy día es la que presentamos a continuación:

- **Plancton.** Comprende los organismos que viven suspendidos en las aguas y que, por carecer de medios de locomoción o ser estos muy débiles, se mueven o se trasladan a merced de los movimientos de las masas de agua o de las corrientes. Generalmente son organismos pequeños, la mayoría microscópicos.

- Necton. Son organismos capaces de nadar libremente y, por tanto, de trasladarse de un lugar a otro recorriendo a veces grandes distancias (migraciones). En las aguas dulces, los peces son los principales representantes de esta clase, aunque también encontramos algunas especies de anfibios y otros grupos.
- Bentos. Comprende los organismos que viven en el fondo o fijos a él y por tanto dependen de éste para su existencia. La mayoría de los organismos que forman el bentos son invertebrados.
- Neuston. A este grupo pertenecen los organismos que nada o "caminan" sobre la superficie del agua. La mayoría son insectos.
- Seston. Es un término adoptado recientemente y se aplica a la mezcla heterogénea de organismos vivos y no vivos que flotan sobre las aguas.
- Perifiton. Organismos vegetales y animales que se adhieren a los tallos y hojas de plantas con raíces fijas en los fondos.

d. Aspecto y tamaño de los organismos

Según <http://www.rincondelvagoalgas.com>(2012), se puede decir que las algas son un grupo de organismos de estructura simple que producen oxígeno al realizar el proceso de la fotosíntesis, proceso en el cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química. Aunque la mayoría de las algas son microscópicas como las diatomeas también las hay que son visibles a simple vista como las algas marinas y las no marinas. Las algas pueden estar tanto en el agua como en el exterior que pueden vivir en simbiosis con hongos creando los líquenes. La simbiosis es un proceso en el que dos organismos cooperan para obtener un beneficio mutuo. Ciertas algas han evolucionado hacia la pérdida de su capacidad fotosintética. Las algas se diferencian de los briofitos

(musgos y hepáticas), que también carecen de tejidos complejos, en que sus células reproductoras se originan en estructuras unicelulares y no pluricelulares

2. Parámetros Físicos

a. Sólidos en suspensión

Según <http://wwwes.wikipedia.org>.(2012), dice que los sólidos en suspensión son partículas sólidas pequeñas, inmersas en un fluido en flujo turbulento que actúa sobre la partícula con fuerzas en direcciones aleatorias, que contrarrestan la fuerza de la gravedad, impidiendo así que el sólido se deposite en el fondo. La materia en suspensión se separa por tratamientos físico químicos, variantes de la sedimentación y filtración. En el caso de la materia suspendida sólida se trata de separaciones sólido - líquido por gravedad o medios filtrantes y, en el caso de la materia aceitosa, se emplea la separación L-L, habitualmente por flotación. Los factores que influyen para que una partícula no se decante en el fondo son:

- Tamaño, densidad y forma de la partícula.
- Velocidad del agua.

b. Turbiedad

Para <http://wwwes.wikipedia.org>.(2012), la turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbiedad, en una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida.

c. Color

Según <http://www.turobola.tripod.com/color.htm>.(2012), el color que en el agua se produce es por la materia suspendida y disuelta, y se le denomina "Color aparente", una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como "Color verdadero" siendo este último el se mide en esta determinación. En vertimientos industriales o en cuerpos de agua afectados o contaminados por estos, el color se asocia necesariamente al tipo particular de actividad asociada al vertimiento.

d. Sabor y olor

Romero, P.(2002), menciona que compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.

e. Temperatura

Según <http://www.jmarcano.com>.(2012), la temperatura es tal vez el factor que más influencia tiene en los lagos, pues determina la densidad, viscosidad y movimiento del agua. La temperatura juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos. Esto se debe a que el agua presenta ciertas propiedades térmicas que son: Calor específico. Calor latente de fusión Conductividad térmica El calor latente de evaporación Densidad del agua

3. Parámetros químicos de la calidad del agua

a. Sólidos disueltos

Según <http://www.hidritec.com/doc-parametros2.htm> dice que, los sólidos disueltos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son

iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso. Están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva. Un tratamiento prolongado con compuestos del cloro en una piscina por ejemplo aumenta la cantidad de sólidos disueltos y la conductividad en el tiempo

b. Alcalinidad (pH)

Según <http://www.jmarcano.com>.(2012), el agua está disociada en iones H^+ y OH^- . Las sales minerales disueltas en el agua se disocian en iones positivos y esta ionización varía de unos compuestos a otros. El pH se expresa en la práctica como una escala que va de 1 a 14 y representa el inverso del logaritmo 10^{-14} . Si por ejemplo, decimos que el pH de una solución o del suelo es 7, existe un equilibrio entre los iones; por tanto este valor constituye el punto neutro, el cual corresponde al agua pura (agua destilada). Por debajo de este valor, el pH es ácido y lo será tanto más, cuanto más se aproxime a 0. Así por ejemplo una solución de pH 3.5 es más ácida que una de pH 5. Por encima del punto neutro (7), los valores expresan alcalinidad y ésta será más alta cuanto más se aproxime a 14. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración.

c. Dureza y fluoruros

Según <http://www.warturobola.tripod.com/dureza.htm>.(2012), es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además le da un sabor indeseable al agua potable. Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias de bebidas, lavanderías,

acabados metálicos, teñido y textiles. Los fluoruros en algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida

e. Metales

Según [\(2012\)](http://www.sagan-geahojared.org), las aguas procedentes de las industrias como la minera, la de recubrimientos metálicos, las fundidoras y otras más contaminan el agua con diversos metales. Por ejemplo, las sales de metales como el plomo, el zinc, el mercurio, la plata, el níquel, el cadmio y el arsénico son muy tóxicas para la flora y la fauna terrestres y acuáticas.

f. Compuestos orgánicos

Según [\(2012\)](http://www.Tecnun.es/assignaturas/Ecologia/Hiperttm), los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.), son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman cloro fenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor. La contaminación con pesticidas, petróleo y otros hidrocarburos se estudia con detalle en los capítulos correspondientes.

g. DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Romero. P, (2002), menciona que es una medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, mediante el uso de un fuerte oxidante en una muestra de agua. Sus unidades son mg O₂/L. Su valor siempre será mayor o igual al obtenido en los ensayos de DBO.

h. DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

Según [\(2012\)](http://www.usaid.gov/normasaguasresiduales.pdf), es una medida indirecta del contenido de materia orgánica (M.O.), biodegradable, expresada

mediante la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua, a una temperatura estandarizada de 20°C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO5, mientras que si esta es tomada luego de que la muestra se ha estabilizado, el valor obtenido se conoce como DBO. Sus unidades son mg O2/L.

D. CLASES DE AGUA

Para <http://www.monografias.com>.(2012), debido al siglo hidrológico, el agua no se encuentra en un solo lugar de la tierra sino están en constante movimiento por esta razón hay una serie de criterios para clasificar las aguas, nosotros tomaremos dos criterios. Según su ubicación en la tierra y según la cantidad de sales disueltas su ubicación en la tierra pueden ser: aguas lentitas, aguas lóaticas, aguas atmosféricas y aguas freáticas.

- Aguas Loticas: Se encuentra en las superficies de la litosfera, en reposo. Ejemplos: Lagos, estanques, pantanos, charcos, etc.
- Aguas atmosféricas: Se encuentran en continuo desplazamiento, ya sea lentamente o en forma torrente ejemplos. Los ríos; esta aguas tienen mayor oxígeno que las anteriores debido al movimiento constante.
- Dulce: Contiene mayor cantidad de sales disueltas que las anteriores, está formando los Ríos, y lagos.
- Saladas: Contiene abundante cantidad de diversas sales (mares: 3,5% de sales disueltas).
- Agua Subterránea: Se encuentra bajo la superficie terrestre. Se encuentra en el interior de poros entre partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. En las regiones árticas el agua subterránea puede helarse. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona. La movilidad del agua subterránea depende del tipo de rocas subterráneas en

cada lugar dado. Las capas permeables saturadas capaces de aportar un suministro útil de agua son conocidas como acuíferos. Suelen estar formadas por arenas, gravas, calizas o basaltos. Otras capas, como las arcillas, pizarras, morrenas glaciares y limos tienden a reducir el flujo del agua subterránea.

E. CLASES DE AGUAS CONTAMINADAS

1. Aguas negras

Según <http://www.wikipedia.aguasnegras.com>.(2012), también se les llama aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales, o aguas cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

2. Agua pesada

Para <http://www.monografias.com>.(2012), Isótopo de hidrógeno, estable y no radiactivo, con una masa atómica de 2,01363, y de símbolo D o ^2H . Se conoce también como hidrógeno pesado, al ser su masa atómica aproximadamente el doble de la del hidrógeno normal, aunque ambos tienen las mismas propiedades químicas. El hidrógeno, tal como se da en la naturaleza, contiene un 0,02% de deuterio. Este isótopo tiene un punto de ebullición de $-249,49\text{ }^\circ\text{C}$, $3,28\text{ }^\circ\text{C}$ más alto que el del hidrógeno. El agua pesada (óxido de deuterio, D_2O), tiene un punto de ebullición de $101,42\text{ }^\circ\text{C}$ (en el agua normal es de $100\text{ }^\circ\text{C}$), tiene un punto de congelación de $3,81\text{ }^\circ\text{C}$ (en el agua normal es de $0\text{ }^\circ\text{C}$), y a temperatura ambiente su densidad es un 10,79% mayor que la del agua normal.

3. Aguas Residuales

Creus, A. (2001), señala que las aguas cuya composición y calidad original han sido afectadas como resultado de su utilización. Estas aguas provienen de uso municipal, industrial, agropecuario y otros. El uso al que han sido sometidas ha degradado su calidad original al cambiar su contenido en materiales disueltos y/o suspendidos. Sinónimos de aguas residuales son aguas negras, aguas cloacales y aguas servidas.

4. Aguas duras

Según <http://www.piscinasagua.com>.(2012), agua que contiene más minerales que agua normal, en especial minerales de calcio y magnesio. El grado de dureza del agua será mayor cuanto más magnesio y calcio hay disuelto; ambos son iones positivamente cargados y debido a su presencia, otros iones con las mismas características se disolverán de forma menos sencilla en el agua, un ejemplo claro es el jabón, éste no puede disolverse en agua dura. Y aunque este tipo de agua puede ser muy importante en varios procesos industriales, es altamente perjudicial para nuestra salud y la de la piscina.

F. PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LAS AGUAS

Según <http://www.wikipediacontaminantes.com>.(2012), el agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nociva, las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas, como fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos, etc. los principales contaminantes de las aguas son:

- Compuestos orgánicos biodegradables.
- Sustancias peligrosas.
- Contaminación térmica.
- Agentes tenso activos.

- Partículas sólidas en suspensión.
- Nutrientes en exceso: eutrofización.
- Gérmenes patógenos.
- Sustancias radioactivas.

Para <http://www.peperodriguez.com>.(2012), los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), son sustancias químicas extraordinariamente tóxicas y duraderas. Las emisiones actuales causarán cáncer y alteraciones hormonales en los próximos 1.000 años. Es necesario y posible dejar de producir este tipo de sustancias. Entre los COP están las dioxinas y furanos, el DDT y numerosos plaguicidas y sustancias químicas de uso corriente. Los COP son sustancias tóxicas y persistentes, conocidas como COP, siglas de los contaminantes orgánicos persistentes. La definición plena de un COP, sin embargo, es algo más compleja de lo que la sigla implica. Además de ser persistentes (es decir, no se descomponen rápidamente), orgánicos (con una estructura molecular basada en el carbono), y contaminantes (en el sentido de ser muy tóxicos), los COP tienen otras dos propiedades. Son solubles en grasas y por consiguiente se acumulan en los tejidos vivos; y pueden viajar grandes distancias. Estas cinco propiedades juntas los hacen muy peligrosos. La aleatoriedad aparente de la amenaza se agrava por el hecho de que la lesión a menudo tarda en aparecer o es indirecta, los productos químicos sumamente tóxicos pueden esperar su tiempo, envenenando a sus víctimas de maneras tales que son muy difíciles de ver.

Bustos, F. (2005), indica que las aguas negras que no son tratadas y fluyen libremente a los ríos y mares, utilizan el oxígeno que se encuentra en estos cuerpos de agua. Esto contribuye a que no llegue a haber suficiente oxígeno para las especies animales y vegetales que habitan en los ríos y mares y que éstas comiencen a morir. Las aguas negras son recolectadas por medio de la infraestructura sanitaria, es decir, el drenaje y llevadas a plantas de tratamiento para ser limpiarlas y tratarlas de manera que al ser devueltas al ciclo hidrológico no causen daños al medio ambiente.

H. TRATAMIENTO PARA AGUAS NEGRAS

1. Tratamiento preliminar o primario

Romero, P. (2002), menciona que la separación de sólidos tanto orgánicos como inorgánicos como plásticos, papeles, madera, arena, etc. que en ocasiones por inconsciencia de los usuarios son arrojados al drenaje. Para lograr la separación de estos, existen dispositivos mecánicos ó manuales como rejillas de retención de sólidos, canales de desarenado, calculados para lograr la sedimentación de las arenas, antes de que pasen al proceso secundario, y puedan ser eliminados.

2. Remoción de sólidos

Ponce, P. (1999), afirma que en el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, condones, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

3. Remoción de arena

Bustos, F. (2005), que esta etapa (también conocida como escaneo o maceración), típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del

colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

4. Oxidación Biológica

Según <http://www.ambiente.gov.ve> (2012), después del tratamiento primario, preliminar, el agua residual pasa a la etapa de tratamiento secundario que parte de la oxidación biológica a las etapas subsecuentes. La oxidación biológica consiste en suministrar oxígeno al agua residual en unos tanques cuyo volumen está previamente calculado para mantener el agua durante un tiempo de cuando menos ocho horas, regulando el oxígeno disuelto entre 1 a 3 Mg/Lt. Para que las bacterias de tipo aerobio se reproduzcan por división binaria, en el fundamento de que si a éstas bacterias se les proporcionan los medios de reproducción adecuados como son nutrientes, temperatura y oxígeno, de una célula bacteriana, a los 20 minutos, se obtienen dos células, de estas dos, cuatro y así sucesivamente de tal forma que en 24 horas se obtienen millones de bacterias vivas y activas que se encargarán de degradar la materia orgánica, reduciendo los niveles de contaminación. En éste tanque se debe mantener en equilibrio la biomasa (bacterias y materia orgánica) para que se lleve a cabo el proceso de degradación y a la vez exista la formación de floculos.

5. Sedimentación

Marriot, G. (2009), señala que los floculos formados en el tanque de oxidación biológica, no son otra cosa más que millones de bacterias que se unen para digerir la materia orgánica, de tal forma que se pueden observar a simple vista como pequeñas esferas, que éstos al pasar a los tanques de sedimentación, debido a que adquieren mayor peso, por gravedad precipitan al fondo del tanque de sedimentación, dado a que éste recipiente está calculado para mantener una zona de quietud y el agua se clarifica por flujo ascendente, recolectándose el agua clara en una canaleta que se encuentra en la superficie de dicho tanque, mientras que los floculos que pasaron al fondo, conocidos ahora como lodos, (la agrupación de estos se conoce como lodos), como ya se adaptaron a las condiciones del agua, una parte se recircula nuevamente a los tanques de

oxidación biológica para que digieran nuevamente a la materia orgánica. Para mantener en equipo la biomasa, (microorganismos y nutrientes), otra parte de lodos se elimina del proceso, lo que comúnmente se conoce como “Lodos Excedentes”. Éstos lodos excedentes son los subproductos que se obtienen de una planta de tratamiento, los cuales pasan posteriormente a un proceso de digestión y secado para mantenerlos inocuos. Éstos lodos ya secos pueden utilizarse como regeneradores de suelos agrícolas dado su potencial de nutrientes y micronutrientes.

a. Sedimento

La Agencia de Protección del Ambiente, EPA. (2000), afirma que el sedimento es un material sólido, acumulado sobre la superficie terrestre (litosfera), derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos). Puesto que la mayor parte de los procesos de sedimentación se producen bajo la acción de la gravedad, las áreas elevadas de la litosfera terrestre tienden a ser sujetas prevalentemente a fenómenos erosivos, mientras que las zonas deprimidas están sujetas prevalentemente a la sedimentación. Las depresiones de la litosfera en la que se acumulan sedimentos, son llamadas cuencas sedimentarias.

6. Floculación

Según <http://es.wikipedia.org>.(2012), la floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería. El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso se suele hablar de los procesos de coagulación-floculación.

Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales.

Dubach, J. (1988), concluye que la coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí; La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en micro lóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores. Los factores que pueden promover la coagulación-floculación son el gradiente de la velocidad, el tiempo y el pH.

Marriot, G. (1989), asevera que el tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan y da más tiempo para que las partículas desciendan, por efecto de la gravedad, y así se acumulen en el fondo. Por otra parte el pH es un factor prominente en acción desestabilizadora de las sustancias coagulantes y floculantes. La solución floculante más adaptada a la naturaleza de las materias en suspensión con el fin de conseguir aguas decantadas limpias y la formación de lodos espesos se determina por pruebas, ya sea en laboratorio o en el campo. En la minería, los floculantes utilizados son polímeros sintéticos de alto peso molecular, cuyas moléculas son de cadena larga y con gran afinidad por las superficies sólidas. Estas macromoléculas se fijan por adsorción a las partículas y provocan así la floculación por formación de puentes interpartículas.

7. Contacto de cloro

El Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia. (2005), señala que el agua clara que se obtiene de la superficie de los tanques de sedimentación o clarificación, pasa a un tanque cuyo diseño es en forma de serpentín y el volumen de dicho tanque está calculado para que el agua tratada en éste tanque dure entre 20 a 40 minutos. Éste tanque se conoce como tanque de contacto de cloro, cuyo objetivo es clorar el agua para desinfectarla, manteniendo siempre una cantidad adecuada de cloro residual para asegurar que el agua limpia ó tratada

esté completamente libre de bacterias patógenas. Esta agua ya tratada, puede ser utilizada para riego de áreas verdes, lavar pisos, carros, ó bien descargase a cualquier cuerpo receptor, cómo un río, sin que esta contamine.

I. CAUDAL

Según [\(2012\), en dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo. Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente. Se denomina también "Caudal volumétrico" o "Índice de flujo fluido". En ecología, se denomina caudal al volumen de agua que arrastra un río, o cualquier otra corriente de agua para preservar los valores ecológicos en el cauce de la misma. Se mide en metros cúbicos por segundo. Otros términos que tienen que ver con caudal son:](http://www.es.wikipedia.org/wiki)

- Caudal sólido: Denominación para el material arrastrado por la corriente de agua.
- Caudal regularizado: Determinación de la capacidad reguladora de un embalse.
- Caudal de diseño de control; Caudal específico seleccionado en un curso de agua para servir de base al diseño de control de la contaminación del mismo y, por lo tanto, de control de los vertidos o efluentes líquidos contaminantes que sean descargados en él. La estipulación del caudal de diseño de control fija las condiciones hidrológicas para las cuales se aplican las normas de calidad de aguas y la capacidad de asimilación de contaminantes del curso de agua receptor, a los fines de control de vertidos o efluentes.
- Tasa de dilución: Es la relación entre el caudal del cuerpo receptor y el caudal del efluente

J. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR POLICLORURO DE VINILO

Ainia, A. (2005), expone que los residuos tóxicos son los materiales sólidos, líquidos o gaseosos que contienen sustancias dañinas para el medio ambiente,

para el ser humano y para los recursos naturales. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor. Pueden estar contenidos en recipientes que son destinados al abandono o se utiliza la eliminación mediante vertido controlado que es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. En cuanto al reciclado, se prevee que para el año 2000 se reciclará la mitad de los residuos domésticos. Los residuos peligrosos no se eliminan, se almacena dentro de contenedores en lugares protegidos. Se han estado almacenando en fosas marinas, pero este método no permite recuperar lo depositado ni controlar el estado de los contenedores.

Hyginov, C. (2001), señala que otros métodos más adecuados son su almacenamiento en silos de hormigón o en formaciones geológicas profundas, aunque ninguno es del todo fiable a largo plazo. Los residuos más peligrosos son las sustancias biológicas, los compuestos químicos tóxicos e inflamables y los residuos radiactivos. Las sustancias radiactivas son peligrosas porque una exposición prolongada a su radiación daña a los organismos vivos, y porque las sustancias retienen la radiactividad durante mucho tiempo. Algunos de los peores tóxicos de nuestros tiempos: POP el tóxico peor de nuestro ambiente se conocen hoy como POP, o agentes contaminadores orgánicos persistentes. Estas sustancias son generalmente extremadamente tóxicas en cantidades pequeñas, y porque viajan las largas distancias vía corrientes de aire, ponen en peligro la gente y la fauna todo concluido el mundo. Ahora también sabemos que POP son llevados por la atmósfera hacia los ambientes polares donde, en las condiciones frías, condensan y se depositan. Este mecanismo ahora se cree para explicar las concentraciones asombrosamente altas de POP presente en ambientes árticos, y en la gente indígena que vive allí.

Omil, F. (1996), manifiesta que la preocupación, característica de POP es que no pueden ser analizados fácilmente por procesos naturales - en otras palabras son persistentes. En algunos casos, cuando ocurre la ruptura, crea los productos químicos que son aún más peligrosos que las sustancias originales. Dioxin, un

subproducto de la combustión procesa la participación de la clorina, es uno del POP más venenoso sabido a la ciencia. El PVC (suave y duro) es uno de los tipos lo más extensamente posible usados de plásticos. **time-out** él ser utilizar para empaquetar adentro aferrar película y botella, para consumo producto tal como crédito tarjeta y audio registrar, para construcción en marco y cable, para imitación piel, y alrededor del hogar en tubo, suelo, papel y en persiana. Es utilizado por los fabricantes para los interiores del coche, en los hospitales para los materiales desechables médicos y muchas más cosas. Durante la producción del PVC, se crean la dioxina, algunos de los productos químicos más tóxicos sabidos. Concluido su curso de la vida, los productos del PVC pueden escaparse los añadidos dañosos. Además, en el final de su curso de la vida, los productos del PVC deben ser quemados o ser enterrados. El quemarse crea y más dioxina y otros compuestos con clorina que contaminen nuestra pista y los canales.

Puig, J. (1999), indica que las tentativas de reciclar el PVC han probado difícil, tanto de él terminan para arriba en terraplenes. Los productos químicos, tales como phthalates, se agregan al PVC para hacerlo suave y flexible. Los estudios del laboratorio en animales muestran que algunos de estos productos químicos están conectados al daño del cáncer y del riñón y pueden interferir con el sistema y el desarrollo reproductivos. Más bien que la recepción de las tecnologías limpias, industrializando demasiado a menudo nuevamente países recibe la basura tóxica, productos tóxicos y tecnologías tóxicas. **time-out** no solamente ser este tipo comercial inmoral y ambiental destructivo país y su gente, pero él también prevenir desarrollar país invertir en verdadero solución contaminación, y desarrollar futuro mercado en más apropiado tecnología o producto.

Según <http://wwwcontaminacioagua.com>.(2012), al reducirse el consumo de cloro para la producción de productos peligrosos como el DDT, el lindano, los PCBs y los CFCs que destruyen la capa de ozono, el PVC se convirtió en el sumidero para los excedentes de cloro. El PVC no se biodegrada y su reciclaje es un mito sin base real, por la gran variedad de productos con muchos aditivos diferentes.

K. CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Para <http://www.contaminacionlecheraa.com>.(2012), en las centrales lecheras se producen diariamente una considerable cantidad de aguas residuales, que suele oscilar entre 4 y 10 l de agua por cada 1 de leche tratada, según el tipo de planta. La mayor parte de estas aguas proceden fundamentalmente de la limpieza de aparatos, máquinas y salas de tratamiento, por lo que contienen restos de productos lácteos y productos químicos (ácidos, álcalis, detergentes, desinfectantes, etc.), aunque también se vierten aguas de refrigeración que, si no se recuperan de forma adecuada, pueden suponer hasta 2-3 veces la cantidad de leche que entra en la central. En estos residuos también quedan englobados los generados por los locales sociales, baños, lavabos, etc. La composición de los efluentes líquidos es muy variable dependiendo del tipo de proceso y de producto fabricado.

1. Legislación sobre vertidos de aguas residuales

Centro Ecuatoriano de Producción más limpia. (2005), afirma que la ley de aguas (Ley 29/1985 de 2 de agosto), junto con el reglamento del dominio público hidráulico (Real Decreto 849/1986), desarrollan las condiciones que deben de cumplir los vertidos directos a los cauces públicos. La legislación clasifica a las industrias lácteas como de Clase i. es decir, dentro de la clase de industrias menos potencialmente contaminadoras de los cauces públicos y, por tanto, de las que tienen que pagar un canon de vertido menor. Dentro de ella se estipulan 3 niveles permitidos de emisión de contaminantes, que quedan reflejados en las denominadas tablas 1, 2 y 3 de la ley de aguas. Como puede observarse, los efluentes habituales de las industrias lácteas no cumplen ni siquiera con la tabla de vertido menos exigente, por lo que para aquellas industrias que viertan a los cauces públicos es imprescindible realizar algún tipo de tratamiento a sus aguas residuales. Un caso particular lo representan aquellas empresas que viertan a la red pública de alcantarillado y cuyos efluentes sean tratados posteriormente en una planta depuradora municipal. En estos casos, la Ley de Aguas no es de

aplicación, debiendo cumplir estas empresas con la legislación propia del municipio en materia de aguas residuales.

2. Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea

Metcalf, F. (2001), reporta que las tecnologías existentes para el tratamiento de este tipo de efluentes son muy amplias, por lo que es difícil precisar un tratamiento standard. No obstante, si podemos exponer de forma general los tratamientos habitualmente empleados. Pre tratamientos, los más habitualmente empleados son los siguientes:

- Tamizado: elimina los sólidos gruesos antes de la entrada a la planta depuradora.
- Tanques de sedimentación: Se suelen emplear para aquellas industrias lácteas que generen una gran cantidad de sólidos en suspensión.
- Homogeneización y neutralización, este proceso suele ser imprescindible en la industria láctea, ya que al generarse durante los lavados aguas muy acidas o muy alcalinas, podría provocar un vertido que impidiese cualquier tratamiento biológico posterior, además de incumplir los valores legales. Por ello se suelen instalar tanques de tiempo de retención grande en los cuales se mezclan las aguas acidas y alcalinas procedentes de la factoría, produciéndose una neutralización natural. En ocasiones esto no es suficiente para neutralizarlos vertidos, por lo que se suelen emplear sistemas automáticos de adición de ácido o álcali en función del pH del efluente
- Desengrasado: este proceso es también muy importante en la industria láctea, la cual genera gran cantidad de grasas difíciles de desenmulsionar para ello se suelen instalar tanques en los cuales se introduce aire en forma de burbujas finas por el fondo para ayudada a desenmulsionar la grasa. La grasa formada en la superficie se suele empujar a una zona de remanso donde una rasqueta la retira a una canaleta y a un contenedor para retirarla a vertedero.

- Tratamiento biológico: Para reducir la DBO a los valores legalmente admisibles no basta con los pretratamientos, es necesario recurrir a los tratamientos biológicos. Estos pueden ser anaeróbicos y aeróbicos.
- Aeróbicos: Son los tratamientos habitualmente empleados, siendo el proceso de fangos activados el utilizado normalmente. Se basan en la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos en presencia de oxígeno. Son sistemas adaptables a una gran variedad de vertidos y bastantes flexibles, obteniéndose, si la explotación es adecuada, muy buenos resultados. No obstante, tienen esencialmente dos inconvenientes importantes, como es la generación de una gran cantidad de lodos y el importante gasto energético para proporcionar el oxígeno necesario para la fermentación. Los lodos generados suponen un residuo sólido de grandes dimensiones. Normalmente suele ser retirado por las empresas municipales de residuos y van a vertedero, aunque en la actualidad se está estudiando su uso como abono después de diversos tipos de tratamiento. El oxígeno se suele aportar mediante turbinas aireadoras en superficie o mediante difusores de oxígeno situados en el fondo del reactor biológico y alimentados con aire mediante soplantes.
- Anaeróbicos: Se basa en la degradación de la materia orgánica por bacterias anaeróbicas formándose metano y CO₂. Como ventajas tiene esencialmente la posibilidad de aprovechar el valor calorífico del gas en la explotación de la propia planta, la baja producción de lodos, así como el valor de los mismos que pueden ser empleados como abono por su alto valor fertilizante. No obstante, pese a ser un procedimiento muy estudiado y con numerosa bibliografía, en la actualidad tan sólo existen 6 plantas depuradoras de industrias lácteas que utilicen este sistema, ello es debido a que es un proceso que requiere un tiempo de retención muy alto, es muy sensible a cualquier cambio de pH o de temperatura, necesita ser calentado para que la temperatura de fermentación sea la adecuada y además existen ciertos riesgos asociados al manejo del biogás, razones que impiden el mayor desarrollo de estos procesos y que hacen que en numerosas ocasiones no sea rentable la instalación de este tipo de plantas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN

La presente Investigación se realizó en el ecosistema que rodea a la fábrica de accesorios PVC, de la Distribuidora JL, que se encuentra ubicada en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo, Parroquia San Gabriel del Baba, baipás Quevedo-Santo Domingo, en la vía Julio Moreno-San Gabriel km 9. El tiempo de duración fue de 120 días.

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

En la presente investigación se realizó un diagnóstico físico-químico de las aguas producto de la utilización en la fabricación de accesorios PVC antes y después de la fabricación de sistema de tratamiento de aguas negras, antes de la implementación de este sistema de tratamiento de aguas se tomó 6 muestras seriadas en tres días en la primera semana y en la mañana, medio día y tarde de cada muestreo, para ser analizadas en el laboratorio las características físico-químicas, y después de la puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas se analizaron 3 muestras por semana durante 6 semanas consecutivas dando un total de 18 observaciones antes y 18 observaciones después. El cálculo del tamaño muestral, considerando que se pretendió investigar la presencia o ausencia de los contaminantes en las aguas residuales y para población desconocida, mediante la siguiente fórmula:

$$n = Z_{\alpha}^2 \frac{p \cdot q}{i^2} \text{ Donde:}$$

n: Tamaño muestral.

Z: Valor correspondiente a la Distribución de Gauss = 1.96 para α 0.05.

p: Prevalencia esperada del parámetro a evaluar (variable positiva) = p 0.5.

q: 1-p (variable negativa) = (1-0.5).

i: Error que se prevé cometer (Precisión) = 0.2.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

1. Materiales

- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Vasos de precipitación.
- Termómetro.
- Pipetas.
- Buretas.
- Erlenmeyer.
- Paletas de acero inoxidable.
- Probeta.

2. Equipos

- Tanques.
- Peachimetro.
- Balanza analítica.
- Balanza electrónica.
- Jarras.

3. Reactivos

- Aguas residuales.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluó el grado de contaminación de las aguas negras provenientes de los procesos de fabricación de accesorios PVC, considerando un experimento en dos oportunidades de evaluación (antes vs después), aplicando una Estadística descriptiva. Se utilizó la prueba “t-Student” con desigual número de observaciones

por periodo (antes vs después), con la finalidad de analizar la efectividad del sistema.

$$t_{cal} = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \frac{\bar{X}_{RA} - \bar{X}_{RD}}{S(\bar{X}_{RA} - \bar{X}_{RD})}$$

$$S_{\bar{d}}^2 = \frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} \quad S_{\bar{d}} = \sqrt{S^2 \bar{d}} \quad S.C. = \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}$$

Donde:

t_{cal} : Valor calculado de "t - student"

\bar{d} : Diferencia entre medias.

$S_{\bar{d}}$: Desviación típica de la diferencia entre medias

RA: Respuestas de ANTES

RD : Respuestas de DESPUÉS

D: Diferencia entre Valores

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

- pH.
- Color.
- Contenido de grasas y aceites.
- Conductibilidad.
- Demanda química de oxígeno (DQO).
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- Sólidos en suspensión.
- Sólidos totales.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SEPARACIÓN DE MEDIAS

El procesamiento de la información, se realizó en el utilitario Excel de MS- Office según los siguientes análisis estadísticos:

- Se realizó un análisis de varianza.
- El modelo de evaluación fue “t-Student” con desigual número de observaciones por periodo (antes VS después).
- Se utilizó estadísticas descriptivas.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Al cumplir con el levantamiento de la línea base, se inició con el diagnóstico del proceso de producción de la empresa fabricante de artículos de PVC “Distribuidora JL”, cuyas aguas industriales residuales son evacuadas al riachuelo que recorre la parte posterior de la fábrica; las mismas que, son consumidas por explotaciones pecuarias cercanas; en especial, la quesera Santa Isabel productora de lácteos, la misma que consume el agua para el consumo humano, elaboración y limpieza de equipos, y que se encuentra afectada directamente por los desechos líquidos presentes en el río. Se identificó que la empresa es fabricante de tubos curvos para conexiones de alcantarillas y plomería domiciliaria en PVC. Para lo cual, el proceso inicia con la recepción de materia prima (tubos de PVC), los mismos que son cortados, de acuerdo al tamaño deseado, con cierras de acero inoxidable que provocan la presencia de viruta de PVC.

Una vez divididos los tubos de PVC, se procede a calentar los cortes de tubo con aceite a 90°C de temperatura durante aproximadamente 3 minutos, con la finalidad, una vez que han sido calentados, lograr ensanchar los bordes del tubo, para conseguir ser conectados fácilmente; así como también, facilitar la curvatura del tubo y formar un codo. Una vez moldeado el tubo a la forma deseada, este es enfriado en agua a temperatura ambiente y luego lavado con detergente y agua; originándose una mezcla de las virutas de PVC con aceite, detergente y agua, cuya mezcla es eliminada de la planta de producción a través de un desagüe a cielo abierto y que atraviesa aproximadamente unos 1000 m, hasta llegar a la corriente de agua, que inmediatamente llega a los pastizales y a la planta procesadora de lácteos, Santa Isabel, que adyacente tiene una explotación de ganado, causando probablemente problemas en los productos finales de dicha planta.

Una vez identificado el sistema de producción, se continuó con la toma de muestras de agua procedente del proceso de enfriamiento y lavado de los materiales de PVC, antes de que se ubiquen en la alcantarilla de cielo abierto, en algunos días para conocer el nivel de contaminación. Desde luego se realizó dos muestreos; el primero, sin la utilización ni construcción del sistema de tratamiento de aguas; es decir, el agua que en esos momentos llegaba al río y estaba siendo utilizada en la planta procesadora de lácteos; el segundo, después de la utilización y construcción del sistema de tratamiento de aguas.

Las pruebas químicas que se realizaron fueron pH, temperatura, sólidos totales, sólidos suspendidos, DBO y DQO. Los resultados de las mencionadas pruebas se utilizaron para la toma de decisiones en la construcción del sistema de tratamiento de aguas; y así, precautelar que el agua residual de la fábrica de productos de PVC, una vez tratada, no afecte en los procesos de producción de la planta de lácteos vecina.

H. METODOLOGIA DE EVALUACIÓN

1. Determinación del pH

La determinación del pH del agua se basó en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H^+ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH. Los reactivos utilizados fueron:

- Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9), para la calibración del equipo.
- pH-metro.

El procedimiento a seguir fue:

- Se calibró el electrodo con disoluciones patrón (tampones) de pH conocido, luego se colocó la muestra, en la que se ha introducido una varilla agitadora teflonada (imán), en un agitador magnético, y se agitó.
- Se procedió a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en pH-metro con compensación de temperatura.

2. Sólidos totales

Para la determinación de los sólidos totales se filtró una muestra de agua previamente homogeneizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio (Whatman 934-AH; tamaño de retención de partículas de 1.5 µm), previamente tarado en seco. El residuo retenido en el mismo se secó a peso constante a 103 - 105° C. El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión, el procedimiento a seguir fue:

- Se taran individualmente en placas de vidrio los filtros estándar necesarios y se anota el peso inicial seco, determinado a 103-105°C.
- Se filtra un volumen determinado de muestra homogeneizada a través de un filtro tarado, con una bomba de vacío.
- Se seca en estufa a 103- 105° C hasta peso constante. Los cálculos que se realizaron fueron:

$$\text{SolidosTotales (mg/l)} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{Volumendelamuestraenml.}}$$

Donde:

A: peso de residuo seco + filtro (mg)

B: tara del filtro (mg)

3. Sólidos suspendidos

Para la determinación de los sólidos suspendidos se efectuó el siguiente procedimiento:

- Se llenó un cono de Imhoff con la muestra bien homogeneizada, hasta la marca de 1 litro.
- Se dejó sedimentar durante 45 minutos, removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación. Posteriormente se mantuvo en reposo durante 15 minutos más.
- Se registró el volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono. La determinación se expresó en mililitros de partículas sedimentadas por litro de muestra.

4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico. La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural. En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta $\text{pH} = 2-3$. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros. El Principio del método del dicromato potásico se basa en que en condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio. Los reactivos empleados fueron:

- Sulfato de mercurio (Hg_2SO_4), para evitar interferencias de los haluros.

- Dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N:
- Disolver 12,2588 g de $K_2Cr_2O_7$, previamente secado 24h en estufa a $105^\circ C$, en 1 litro de agua destilada.
- Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico: Disolver 5 g de Ag_2SO_4 en 540 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), concentrado (densidad 1.84).
- Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25 N $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ o sal de mohr: Disolver 98,04 g de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ en agua destilada. Añadir 20 ml de H_2SO_4 concentrado, enfriar y enrasar a 1 litro con agua destilada. La solución debe estandarizarse diariamente, para determinar exactamente su normalidad, frente a la solución de $K_2Cr_2O_7$ 0.25N.
- Indicador de DQO o solución de ferroína: Disolver 1,485 g de 1,10 fenantrolina ($C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) y 0,695 g de sulfato de hierro heptahidrato en agua destilada, y llevar a volumen de 100 ml.
- Valoración de la sal de MOHR: Diluir en un matraz erlenmeyer de 100 ml de capacidad, 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 0,25N con agua destilada, hasta aproximadamente 100 ml. Añadir 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y enfriar. Añadir unas 5 gotas del indicador ferroína y valorar hasta viraje a rojo violáceo con sal de MOHR. Para la determinación de la sal de Mohr los cálculos empleados fueron:

$$f = \frac{\text{Volumen de } Cr_2O_7 \text{ k}_2 \text{ 0,25 Neutralizado por 0,25}}{\text{Volumen de sal de Mohr consumido en la valoración}}$$

a. Procedimiento

- Se encendió la placa calefactora, luego se pesó 0,44 g de $HgSO_4$ en matraz para reflujo de 100 ml. La cantidad propuesta de $HgSO_4$ es suficiente en la

mayoría de los casos, para eliminar las posibles interferencias por Cl en la muestra.

- Se colocó unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición y posteriormente se añadió 20 ml de muestra.
- Se añadió lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO_4 , y se enfrió.
- Se adicionó 12,5 ml de solución de dicromato potásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos. Sobre el matraz se dispone el elemento refrigerante (condensador del reflujo), y se somete a reflujo durante 2 horas.
- El conjunto se dejó enfriar; el condensador del reflujo se lavó con agua destilada, y después se separó el matraz del refrigerante. La muestra oxidada se diluyó hasta 75 ml con agua destilada y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se añadió unas 5 gotas del indicador ferroína y se procedió a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr.
- El punto final de análisis se tomó cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo. Este método resulta eficaz para muestras que tengan una DQO entre 50 y 800 mg/l. Para niveles superiores diluir el agua problema y para contenidos menores aplicar otro método. Los cálculos realizados fueron:

$$DQO \text{ (mg de oxígeno/l)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{Volumen (ml) de la muestra}}$$

A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco.

B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra.

N= Normalidad de la sal de Mohr.

5. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Esta prueba determinó los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas, para su degradación biológica. Expresa el grado de contaminación de un agua residual por materia orgánica degradable por oxidación biológica, el principio del proceso consideró que el agua residual contiene una cierta flora bacteriana, que tras un tiempo de incubación, actúa degradando la materia orgánica contenida en el agua residual. Si cierta cantidad del agua a analizar se introduce en un recipiente, y éste se cierra herméticamente, se crea un sistema que contiene el agua a analizar, con su flora bacteriana y aire, el cual contiene un 21% de oxígeno.

En un tiempo determinado, los microorganismos consumen todo o parte del oxígeno contenido en el sistema al degradar la materia orgánica, liberando una cierta cantidad de anhídrido carbónico gaseoso. Suponiendo que se inhibe la nitrificación y que se retira del sistema el CO₂ gaseoso producido, la depresión que se registra en el sistema se deberá exclusivamente al descenso de la presión parcial del oxígeno, como consecuencia del consumo de oxígeno en la oxidación biológica de la materia orgánica. A continuación se describe la determinación de DBO con un periodo de incubación de cinco días (DBO₅) en biómetros diseñados a tal efecto (WTW- Oxitop). Estos biómetros están dotados de tapones con dispositivos de lectura de la presión parcial de los frascos. La captación del CO₂ gaseoso producido se efectúa por reacción con OHNa, que ha de disponerse al comienzo del ensayo en una cápsula diseñada a tal efecto, en el sistema. Los reactivos empleados fueron:

- Disolución de allitiourea: Disolver 5 g de allitiourea reactivo en un litro de agua destilada.
- Manual de fito depuración.
- Filtros de macrofitas en flotación.
- Biómetros para la determinación de DBO dispuestos en cámara de incubación.

- M.D. Curt: Esta disolución se utilizó como inhibidor de la nitrificación.
- Sosa cáustica (OHNa) en perlas.

a. Procedimiento

- Se introdujo una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro, y se añadió el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de alliltiourea por litro de muestra.
- Se ponen dos perlititas de OHNa en la cápsula diseñada a tal efecto, y se agregó un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.
- Se colocó la cápsula conteniendo OHNa sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.
- Se cerró el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se pone la lectura a cero, luego se introdujo el biómetro en cámara a 25°C y se encendió el agitador magnético. Se mantuvo agitación suave constante durante todo el ensayo.
- Se realizó la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro. La DBO_5 final del agua analizada, expresada en mg de O_2 por litro de muestra, será la lectura obtenida en el biómetro multiplicada por el factor de dilución del ensayo. La correspondencia: factor de dilución a volumen de muestra introducido en el biómetro se indica en las instrucciones de uso del biómetro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. REVISION AMBIENTAL INICIAL DE LA “DISTRIBUIDORA JL”, EN LA QUE SE IMPLEMENTÓ UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS CON TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE ACCIÓN ECOLÓGICA

1. Descripción del entorno de la Distribuidora JL, antes de la Implementación del sistema de tratamiento de aguas negras

En la ilustración de la fotografía 1, se muestra el estado en el que se encontró el ecosistema que rodea a la “Distribuidora JL”, identificándose las salidas del agua por los tubos blancos sin ninguna clase de tratamiento; es decir, antes de la implementación del sistema de tanques de sedimentación. En ese instante se observó el estado de agua con mucha turbidez, puesto que se encontró mezclada con sólidos gruesos; como es el caso de, limallas de pvc, pedazos de tubos plásticos y una densa capa de manteca o masa grasosa, proveniente del procesamiento en el interior de la fábrica cuya materia prima es la grasa vegetal; proveniente de la limpieza de los equipos, que al ser vertida al ambiente se constituía en un impacto muy grave, tanto para las explotaciones ganaderas vecinas; así como también, para la planta de procesamiento de quesos que se ubican a unos pocos metros y utilizan este líquido vital diariamente en sus actividades, y al estar contaminada era imposible su utilización.



Fotografía 1. Entorno de la Distribuidora JL.

a. Recomendaciones

La revisión ambiental inicial del ecosistema que rodea la “Distribuidora JL”, se utilizó de referente para la toma de las siguientes decisiones ambientales:

- Se recomienda un mejor manejo y almacenamiento de los desechos sólidos; puesto que, se apreció una total ineficacia al momento de acopiarlos para su posterior disposición final, esto acarrea que se desarrollen vectores de contaminación (mosquitos, roedores, etc.), y se genere un impacto visual negativo alrededor de la industria, para esto valerse de contenedores, como son los tanques de sedimentación aislados que recepten los desechos sólidos según su naturaleza o su disposición final, diseñados de tal manera que atenúen los problemas ya expuestos.
- Se recomienda que las instalaciones de recepción de los desechos sólidos este cubierto en su totalidad; ya que, estos desechos contienen residuos solubles en agua y que podrían ser arrastrados al estar bajo lluvia, las corrientes que se formen, se acumularán y por lixiviación serán arrastrados al interior del suelo, contaminantes que afectaran las características físicas, químicas y biológicas naturales del suelo.
- El área donde se desarrolla la investigación, es una zona que utiliza los vertidos líquidos del río Baba, para las múltiples actividades agrícolas y pecuarias; como también, en la fábrica “Distribuidora JL”, que utiliza un caudal significativo del mencionado río y, que al existir problemas de contaminación no es posible reutilizar este tipo de agua; puesto que, al ser enviada a la corriente del río y utilizada en las explotaciones vecinas, provoca la muerte de los cultivos tanto nativos como de la pradera establecida, utilizada para la alimentación del ganado.
- Los pobladores de la Comunidad San Gabriel, al ser diagnosticados por referencias verbales identifican malestar, ya que visualmente observan que el agua que proviene de la Distribuidora JL, es un alto foco de contaminación para el río de uso de toda la población, por lo que de acuerdo a la Legislación

Ambiental que los ampara exigían que se paralicen las actividades de la empresa, por lo que fue necesario la implementación del sistema de tratamiento de aguas negras con tanques de sedimentación de acción ecológica.

2. Estero de agua

En la fotografía 2, se identifica, como la totalidad del caudal de residuos líquidos son vertidos hacia un estero del río Baba que rodea la parroquia San Gabriel de Baba, reportándose que en su camino es utilizado para actividades como; el riego de pastizales, agua de bebida para animales, en procesos industriales de las pequeñas y medianas empresas pecuarias como son lecherías, queseras, planteles avícolas, entre otras que forman el ecosistema de la zona y que son los directamente afectados, al no poder consumir este líquido; así como también, al ser el destino final el estero se pierde un recurso de recreación natural.



Fotografía 2. Estero de agua de la parroquia San Gabriel de Baba.

En esos momentos en este reservorio de agua natural se observó, la presencia de derramamientos grasos evidentes; puesto que, los vertidos líquidos, antes de utilizar un sistema de tratamiento de agua, se mostró a simple vista muy turbia, con presencia de restos de sólidos gruesos nocivos que producen la difusión de diferentes enfermedades, tanto en humanos como en animales. Por lo que el ambiente del estero San Gabriel de Baba, comprometió a ser cuidado tanto por

los pobladores como por organismos gubernamentales en la necesidad de exigir medidas de mitigación a corto plazo que solucionen este problema.

a. Recomendaciones

- De acuerdo a la revisión ambiental inicial de la zona de investigación, se recomienda la construcción y mejoramiento de las canaletas de recolección de vertidos (aguas negras), las mismas que deben estar diseñadas con materiales impermeables, como pvc, concreto, etc., esto evitaría que se filtren los efluentes cargados con contaminantes, que al ser derramados al suelo de los alrededores producen grandes daños ambientales.
- Se recomienda que el sistema de recolección de vertidos líquidos este cubierto; ya que, como se apreció esta completamente descubierto, lo cual provoca que al llover aumente el caudal de los efluentes y tratar una cantidad innecesaria de flujo en los tanques de sedimentación, acarreando gastos económicos injustificados.
- Se recomienda una correcta disposición de los recipientes y embases no utilizados; los cuales, podrían contener residuos de las sustancias que contenían, las cuales podrían colarse por hendiduras y filtrarse por lixiviación hacia el subsuelo al estar expuestas a la lluvia, para esto es necesario construir una bodega tapada y con un piso hecho de un material impermeable, para evitar el impacto a corrientes freáticas.
- La implementación de un sistema de tanques de sedimentación de aguas negras es una prioridad, ubicado antes del vertedero de las riles en el estero del río Baba de la parroquia de San Gabriel, al observar que las aguas presentaron una alta carga contaminante de aceites que es la sustancia que mayor problema ocasiona al ambiente; de efecto irreversible y no mitigable, al ocasionar daños de un amplio espectro de acción; por lo que, es necesario aplicar un sistema de mitigación end of pipe, y si existe la responsabilidad de los propietarios de la empresa se solucionaría, no solo el problema de una

explotación ganadera vecina, si no de todas las empresas pecuarias que funcionan en los alrededores.

3. Cauce de los residuos industriales líquidos (RILES), al río Baba

En la ilustración de la fotografía 3, se observa el lugar en el que desembocan las aguas negras proveniente de los procesos industriales de la Distribuidora JL, en el estero del río Baba, como se observó antes de la implementación de un sistema de tanques de sedimentación, el color es negruzco pues contiene elevada cantidad de sólidos gruesos, con una capa densa de grasa que se adhiere las plantaciones que se produce en las riberas del río; es decir, tiene una alta carga contaminante de productos que afectan a la salud del hombre, de los animales y vegetales; así como también, la economía de la comunidad y el funcionamiento natural de los ecosistemas.



Fotografía 3. Cauce de los residuos industriales líquidos (RILES), al río Baba.

La contaminación con aceite representa un grave problema ambiental; al ya haberse producido, es casi imposible eliminarlo o contenerlo por completo. Dado que el agua y la grasa no se mezclan, éste flota sobre el agua y acaba contaminando las riberas de ríos. El intento de tratar químicamente o hundir la grasa puede alterar aún más los ecosistemas marinos y costeros. Para evitar los problemas que puede causar los contaminantes de aguas negras vertidas hacia el río Baba, existen sistemas de depuración que sirven para devolverles las

características físicas y químicas originales y que se los considera ecológicos pues no interviene ningún tratamiento químico, únicamente se emplean tanques que por gravedad permiten que las grasas floten y que los sólidos pesados se incrusten en el fondo de los tanques.

a. Recomendaciones

- Para evitar la contaminación del estero del Río Baba se recomienda la implementación de un sistema de depuración, en el que se utilice tanques de sedimentación de acción ecológica, en el cual se recolecte sobre todo los restos de grasa que se encuentran en los vertidos, el cual facilitará la homogenización de los efluentes; además, se tendrá un sistema que facilite el muestreo para caracterizar los vertidos y de esta forma sea más eficaz su depuración.
- Se recomienda la construcción de una planta depuradora para tratar los efluentes que se generan en esta industria, ya que al revisar las características de dichos vertidos se verifica que posee agentes contaminantes que al no ser tratados afectarán al sistema acuífero natural, al cual serán vertidos y afectará además a la producción agraria, la cual usa este recurso natural para sus actividades de explotación, posteriormente a que es vertido los efluentes de nuestra planta.
- En determinados casos, también será necesario determinar el grado de toxicidad de los efluentes e identificar las sustancias responsables de dicha toxicidad. La toma de muestra de los efluentes para el análisis de estos parámetros, debe llevarse a cabo en condiciones adecuadas, condiciones que se encuentran recogidas en los manuales estandarizados de analítica. Los puntos de muestreo han de ser significativos.
- Como la mayor parte del agua del río Baba se emplea en riegos agrícolas, procesos industriales sobre todo pecuarios y para transportar desechos domésticos e industriales, es necesario realizar una depuración de la misma

ya que aproximadamente el 40% de esta agua se emplea en riego agrícola, más del 50% se usa en la industria y más o menos el 10% se emplea en abastecimientos públicos de agua. El agua para la agricultura se usa una sola vez antes que se evapore o vuelva a penetrar la tierra y unirse a las aguas ambientales. En consecuencia, en algunas industrias se están diseñando procesos mediante los cuales el agua se puede reciclar varias veces dentro de una misma planta, antes de limpiarla y liberarla al medio ambiente.

4. Entorno de la quesera Santa Isabel

En la ilustración de la fotografía 4, se observa el entorno de la quesera Santa Isabel, correspondiendo al área de ingreso a la planta de producción, como se observa se encuentra deteriorada, pues el efecto del riego con el agua del río Baba en la cual desembocan los residuos líquidos industriales (RILES), de la Distribuidora JL, ha ocasionado el deterioro de la vegetación nativa, que a más de servir de ornamentación es una trampa para atrapar agua.

La contaminación que se presenta se debe a la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otro tipo. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos, provocando contaminación puntual que es la que procede de fuentes localizadas, es controlable mediante plantas depuradoras o sistemas de sedimentación de acción ecológica. Pero ninguna medida de control sería efectiva si no va acompañada de disposiciones destinadas a reducir los residuos y reciclar todo lo que se puede, por que las aguas de infiltración que atraviesan los vertederos, debería ser reutilizada dentro de los procesos industriales de la mencionada quesera sin temor alguno ya que la carga contaminante ha descendido en forma significativa, que influye directamente sobre el cuidado del medio ambiente y sobre todo del recurso agua que en los momentos actuales suele ser en épocas determinadas escasa.



Fotografía 4. Entorno de la quesera Santa Isabel.

a. Recomendaciones

- Se recomienda que la planta de depuración de aguas residuales se encuentre antes de la desembocadura al estero del río Baba, para que al momento de verterla en este efluente natural no afecte las características del mismo y mitigar los posibles impactos ambientales que se generarían en la corriente de agua y a sus alrededores.
- Desde el punto de vista de las ciencias ambientales, el entorno que rodea a una quesera la vegetación es importante debido a la influencia que ella puede tener en la conservación y en el adecuado planteamiento de los usos del suelo, en este caso el sitio donde se encuentra la quesera es ya un sitio intervenido y el uso del suelo está destinado para la agricultura y ganadería, por lo que es necesario purificar este recurso hídrico; y evitar la contaminación en el sitio mismo como es el caso de la empresa “Distribuidora JL”.
- Se recomienda aislar completamente las actividades de la unidad depuradora de los alrededores, ya que la humedad en este lugar es muy alta y podría arrastrar contaminantes, que no se encuentren en correcta disposición contaminando a los alrededores de la planta.

- En las actividades industriales de la quesera Santa Isabel, el consumo de agua es elevado por lo tanto se deberá tener cuidado de la calidad del agua; puesto que, un líquido con alta carga contaminante desmejora la calidad del queso, inclusive convirtiéndole en un producto no apto para el consumo humano.

5. Infraestructura de la Quesera Santa Isabel

La quesera Santa Isabel se encuentra localizada a 2 km, de la distribuidora JL, un cauce de agua circula por las dos empresas en mención, la cual es utilizada para el lavado de implementos que de la recepción de la materia prima, como es la leche, como también dentro de la empresa en la limpieza tanto del equipo de pasteurización de la leche como de los moldes, mesas y ollas doble fondo. Todas estas actividades requieren de agua blanda, sin contaminación pero al ser una zona rural la disposición de agua potable es limitada por lo que los propietarios de la quesera utilizan este líquido que pasa por el canal adyacente a la fábrica, pero que al inicio de la investigación se encontraba tan contaminado que les era imposible reutilizar la misma, como se ilustra en la fotografía 5.

Otro de los problemas que resultó visible en la presente ilustración es la deforestación y muerte de la vegetación nativa, especialmente la que es regada directamente por esta agua, ocasionando por ende que se disponga de menor cantidad de alimento que a veces en las épocas más críticas se hace más evidente esta necesidad por lo que los encargados de las explotaciones, y los comuneros han exigido la construcción de una planta de tratamiento de agua que permita que este recurso natural sea más limpio, ya que dado que la zona se encuentra intervenida ha sufrido una alteración en su cubierta vegetativa. En las instalaciones, en las que se generan los productos para su respectiva distribución hacia el consumidor. Las actividades que se desarrollan en las instalaciones de la empresa son producción, almacenamiento y distribución de producto final, así como obtención y tratamiento de la materia prima que es la leche.



Fotografía 5. Infraestructura de la Quesera Santa Isabel.

a. Recomendaciones

- La empresa se encuentra ubicada en una zona rural de acuerdo al plan de desarrollo urbano de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas, su infraestructura ocupa un terreno extenso en su área circundante se encuentran varias actividades de tipo pecuario y agrícola, que permiten que el sector de San Gabriel se desarrolle, por lo que es necesario que se emane al ambiente, un residuo líquido libre de contaminantes específicamente restos de pvc, limallas, grasas, detergentes, entre otras.
- Directamente proporcional al consumo de agua está la generación de vertimientos, entre más agua se consuma, más agua se vierte como agua residual (aguas negras). El origen de los vertimientos son las aguas residuales del proceso y de las operaciones de lavado de planta y equipos, por lo que es necesario que la misma se desprenda lo menos contaminada posible para ser reutilizada específicamente en los procesos de producción de la quesera, lo cual puede ser fácilmente determinado por medios físicos o por simple visualización del color del agua que mientras menos contaminada es más cristalina.

6. Construcción de los tanques de sedimentación

Una vez analizadas las imágenes anteriores que comprende la etapa inicial en la que se llega a la determinación de que es necesario el tratamiento de aguas negras, por lo que gracias a las facilidades prestadas por los propietarios de la Distribuidora JL, se llegó a la decisión ambiental de construir un sistema de tratamientos de las aguas negras utilizando tanques de sedimentación ecológica, que permita desprender al ecosistema de la comunidad de San Gabriel de un residuo líquido con una contaminación más baja.

Por lo que en la ilustración de la fotografía 6, se indica la construcción de los tanques de sedimentación, que eliminaron contaminantes de las aguas que pueden ser cualquier forma de materia o energía cuya presencia, evacuación o liberación pueda causar daños a la biota. Para determinar el área de influencia (AI) de las aguas negras, se analizaron 3 criterios que son; el alcance geográfico, las condiciones iniciales del ambiente y el proyecto propiamente dicho, se debe considerar que si ya está en marcha; es decir, se tiene una microempresa en pleno proceso de operación.



Fotografía 6. Construcción de los tanques de sedimentación.

a. Recomendaciones

- Se recomienda que al momento de diseñar los tanques de sedimentación, se tome en cuenta que el caudal a tratar en correcto funcionamiento sea el mismo que caudal de efluentes de desecho que genere la planta en su máxima carga de operación, para evitar un posible embotellamiento de los efluentes y que se genere más aguas residuales de las que se puedan tratar.
- Se recomienda además, que el diseño de los tanques de sedimentación tome en cuenta el crecimiento de la planta, proyectando el aumento en la generación de los efluentes de desecho en un lapso de mínimo diez años, para que la estación depuradora no necesite de mayores rectificaciones cuando aumento la producción de la planta y se genere un mayor caudal de aguas residuales a tratar.
- Que en la construcción de los tanques de sedimentación los desechos sólidos provenientes de la implementación como son fundas de papel, residuos de cemento, restos de tuberías, entre otros, sean recolectados y no se eliminen hacia los terrenos aledaños, ocasionando inclusive la obstrucción de los canales de agua.
- En lo relativo al componente biótico, la sensibilidad ambiental mantiene relación con la presencia de ecosistemas naturales y/o especies que, por alguna característica propia, presente condiciones de singularidad que podrían ser vulnerables ante posibles impactos de un proyecto o acción, estos son las especies nativas tanto vegetales como animales que serán directamente beneficiadas con la construcción de los tanques de sedimentación que permitirán purificar el agua en el mayor grado posible, y de esta manera que las actividades de las empresas continúen con su normal desarrollo que se refleja en la generación de trabajo y por ende el desarrollo de la zona en estudio .

7. Construcción de las canastas de filtración

La ilustración de la fotografía 7, indica el momento de la construcción de las canastas de filtración que forman parte del sistema de purificación de las aguas negras provenientes de la Distribuidora JL, el material utilizado es madera de la zona, cemento y metal, tiene como objeto retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua negra, el objetivo de estas canastillas es Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, medidor de caudal, decantadores, etc.).

Ya que prácticamente todas las aguas de superficie contienen partículas sólidas, que pueden estar presentes en dos formas diferentes: en suspensión o disueltas. Los ríos presentan diferentes concentraciones naturales de partículas sólidas. Es normal que luego de las lluvias esa cantidad aumente (conjuntamente con otras sustancias), lo que da origen a aguas barrosas, de coloración marrón. Un cuerpo de agua estará contaminado si presenta concentraciones de sustancias químicas o partículas sólidas suficientemente diferentes de las naturales para provocar una modificación de las condiciones del hábitat, haciéndolo dañino para los seres vivos o perjudiciales para la salud del hombre.



Fotografía 7. Construcción de las canastas de filtración.

a. Recomendaciones

- Se recomienda que las cribas estén diseñadas en base a el diámetro promedio de los sólidos que posean los vertidos, de esta manera asegurar que se atrape la mayor parte de estos residuos de gran tamaño y no afecten a las posteriores operaciones de depuración.
- Se recomienda que el acceso a las cribas sea lo más sencillo debido a que es muy común que se atasquen sólidos de gran tamaño y bloqueen el correcto flujo de los vertidos y de esta manera sea más sencillo su mantenimiento.
- Como en la depuración de las aguas negras uno los contaminantes que mayor problema genera son las grasas, tener en cuenta que en rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación. En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- Al ser un sector rural existe mayor tendencia a la actividad agrícola y ganadera esto se asocia a la comercialización, revalorización, y ayuda económica para las familias de la zona por ende al no tener la microempresa Distribuidora JL, existiría un impacto negativo y permanente sobre la comunidad de San Gabriel de Baba.

8. Sistema de sedimentación del agua negra

En la ilustración de la fotografía 8, se puede ver que las canastillas de filtración están conectadas unas a otras a través de una tubería de pvc, que se encarga de mantener el nivel de agua sin existir derrames cuando la cantidad de agua es mayor, debe construirse la caja que actúa como sedimento y trampa para grasas, esta caja se construyó con bloque o ladrillo y debe quedar enlucida por dentro. La caja recibe el caudal previamente reunido y después de pasar cernido por las rejillas. El tamaño de la caja está calculado para que el agua permanezca en ella por lo menos unas 24 horas (tiempo de retención). Esto asegura que se realice la sedimentación total de los sólidos compuestas de partículas muy variadas tanto

en tamaño como en composición, constituidos por restos de limallas, hojarasca, materia grasa, detergente entre otros.

El objetivo de estas canastillas es preparar el agua limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones pueden obstruir o dificultar los procesos industriales de las empresas adyacentes o también cuando se derrama a los cultivos son muy difíciles de ser ingeridas por las plantas, mucho más que puedan ser utilizadas en la dotación como agua de bebida para las especies animales.



Fotografía 8. Canastas de filtración.

a. Recomendaciones

- Es importante que como tratamiento primario se busque remover la materia flotante que trae consigo el agua y sobre todo si proviene de industrias que fácilmente pueden ser contaminados, por troncos de madera, limallas, grasas, entre otros, ya que si no se eliminan pueden causar daños en el ecosistema que rodea a la empresa.
- Se recomienda al momento de diseñar las diferentes canastas de filtración el agua este dentro de las mismas el tiempo suficiente para que los diferentes

sólidos en suspensión decanten, para esto se deberá controlar el flujo de entrada a las canastas y el diámetro y concentración de los sólidos que se elimine.

- Se debe programar un plan de limpieza de las canastillas de filtración, para que periódicamente se retiren los sólidos y no exista la obstrucción de los tanques de sedimentación, con el consecuente derramamiento del material sedimentado y la contaminación sea mayor.
- Se recomienda implementar un protocolo de control del proceso de depuración, donde conste las características que debe tener el agua antes de pasar de un punto a otro del proceso del tratamiento, para de esta manera asegurar la eficiencia de cada una de las unidades depuradoras.

9. Tanque recolector de residuos sólidos

En la ilustración de la fotografía 9, se describe el tanque recolector de todos los residuos sólidos y líquidos luego de esta recaudación, se traslada con una bomba de desechos sólidos al primer tanque de sedimentación. La función básica de la sedimentación es separar las partículas suspendidas del agua. Los sistemas de decantación en los que se incluye un tanque recolector tienen la finalidad de, eliminar las partículas más grandes y pesadas, y retirarlas del agua. Los tanques de sedimentación varían en forma y tamaño dependiendo de la demanda de agua que tengan que decantar, el tipo de flujo que manejen y de los mecanismos de auto limpieza aplicados.

Para fines del proyecto fue necesario, determinar que por proyecciones de producción será necesario varios tanques que trabajen de manera alterna con dimensiones entre 2 y 3m, y 2m de profundidad. Fue importante tener presente que llegan a la planta de tratamiento aceites y grasas provenientes de proveniente de los procesos industriales de la Distribuidora JL, estas grasas pueden causar daños en los procesos de limpieza por su viscosidad, obstruyendo rejillas, ductos o impidiendo la correcta aireación en los sistemas. Para solucionar este problema, se colocan trampas para aceites, que pueden ser tan sencillas como tubos

horizontales abiertos en la parte superior dispuestos en la superficie de los tanques, con el fin de captar la película de aceite que flota en el agua y que sea recogida de los tanques de sedimentación más fácilmente.



Fotografía 9. Tanque recolector de residuos sólidos.

a. Recomendaciones

- Con el continuo uso de estos sistemas, presentan una acumulación de basura en sus paredes, por lo cual deben de estar pensado para tener un mantenimiento efectivo, ya que algunas veces son evacuados en intervalos de tiempo prolongado, estas grasas pueden causar daños en los procesos de limpieza por su viscosidad, obstruyendo rejillas, ductos o impidiendo la correcta aireación en los sistemas.
- En el tratamiento de aguas residuales, la flotación elimina fundamentalmente sólidos suspendidos, materia orgánica en forma de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), aceites y grasas. La ventaja de utilizar tanques de recolección de sólidos es que permite separar sólidos de manera rápida y

actuar sobre partículas pequeñas que normalmente son difíciles de decantar mediante otros métodos, y que al ser eliminados el agua que sale de este tanque es menos contaminada; sin embargo, se observó la necesidad de seguir depurándola para ser reutilizada en las actividades pecuarias, agrícolas y ganaderas del entorno de la Distribuidora JL.

- Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos pesados pueden situarse en el fondo y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse, por lo tanto es recomendable que su capacidad sea suficiente para almacenar el flujo líquido que produce la empresa pues su llenado provocaría derrames que contaminan el ambiente.

10. Primer tanque de sedimento

En la ilustración de la fotografía 10, se observa los residuos de la depuración del agua proveniente de los procesos industriales de la distribuidora JL, los cuales están comprendidos por piedras, limallas de pvc, tierra, sosa, entre otras, las cuales al ser depositadas sobre la vegetación de la zona aledaña a la empresa genera una alta contaminación ya que la mayoría de veces las masas receptoras de estos desechos líquidos son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante.

Por este motivo, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores, debían recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales el cual se constituyo por diversos tanques de sedimentación y como se observa cumplen a cabalidad su objetivo ya que se observa que después de retirar el agua quedan en el fondo del tanque una cantidad considerable de sólidos, este tipo de tanques podría ser colocado en las empresas que se encuentran en el entorno de la distribuidora para permitir la purificación total del agua que cambia su carácter dura o blando.



Fotografía 10. Primer tanque de sedimento después del tanque recolector.

a. Recomendación

- Las diversas actividades agrícolas, ganaderas, industriales y recreacionales del ser humano han traído como consecuencia la contaminación de las aguas superficiales con sustancias químicas y microbiológicas, además del deterioro de sus características estéticas. Para hacer frente a este problema, fue necesario someter al agua a una serie de operaciones o procesos unitarios, a fin de purificarla para que pueda ser consumida por los seres humanos, en este caso se construyeron tanques de sedimentación que atrapan los sólidos gruesos para que no se integren al ecosistema de la población de San Gabriel de Baba.
- El sistema de tratamiento de aguas negras de la Distribuidora JI, en el que se utilizan diversos tanques de sedimentación tiene como función crear un hábitat cómodo y saludable para los habitantes de zona que les proporcione bienestar y calidad de vida. Además protege el medio ambiente al permitir un proceso de tratamiento para las aguas residuales y devolver así a la naturaleza agua limpia, sin contaminantes y en mejores condiciones.

- La Distribuidora JI, vierten sus residuos a cursos de agua, que desembocan en el río Baba, ocasionando su degeneración progresiva. Este problema se ha tratado de solucionar implementando una serie de normativas y reglamentos que regulen la descarga de estos efluentes, para así minimizar en parte los daños que causan, y que obligan a la implementación de un sistema de tanques de sedimentación en donde se deja reposar al agua para que los contaminantes como son especialmente las grasas, restos de limallas, detergente entre otros no se depositen sobre los terrenos aledaños especialmente los que conforman la quesera Santa Isabel quien utiliza este recurso para sus procesos industriales y como posee adyacente una explotación ganadera también le sirve para dar de beber a los animales, la cual después de ser eliminados estos sólidos gruesos se vuelve más blanda para cumplir con estos fines .

11. Tanques segundo tanque de sedimentación

En la distribuidora JI producto del procesamiento industrial se desprende una cantidad contaminante alta por lo que al realizar la investigación y de acuerdo a diversos aspectos se llegó a la consideración que es necesario eliminar el mayor foco de infección de la zona, las cuales son las aguas negras, que están cargadas por material graso y restos de limallas que no han sido retiradas en el tanque de sedimentación 1, como se ilustra en la fotografía 11, por lo que fue necesario la construcción de un segundo tanque quien a mas de permitir la purificación del agua también sirve de desfogue cuando el primer tanque se ha llenado, el paso del agua suele hacerse mediante la abertura de una llave de paso que generalmente se la realiza cada 4 a 5 días dependiendo de la cantidad de agua utilizada y desechada. La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar en nuestro caso al caudal del río Baba que es el que sirve de fuente de agua para la población de San Gabriel, y sus actividades tanto agrícolas como pecuarias.



Fotografía 11. Tanques 2 de sedimentación.

a. Recomendaciones

- Las recomendaciones sobre esta área de la planta de tratamiento de las aguas negras de la Distribuidora JL, son similares a las del primer tanque puesto que cumplen las mismas funciones, con la diferencia que la carga contaminante que tiene que soportar este tanque es menor ya que el material graso ha sido eliminado por sedimentación en la primera fase sin embargo existen partículas grasas más pequeñas y que se lograron diluir en el agua para poder pasar a este tanque por lo tanto se deberá, realizar el retiro de este material con mayor cuidado para permitir una depuración mayor.
- Realizar la limpieza del tanque aunque su frecuencia sea menor pero sin embargo no se debe descuidar de ella ya que todos los materiales contaminantes al ser vertidos a la naturaleza provoca un daño ambiental aunque en menor grado pero puede ocasionar un desbalance en la biota que rodea a la empresa.
- El agua que resulta de la filtración en este segundo tanque podría ya una vez filtrada enviarse al ambiente pero si queremos obtener mejores resultados en la pureza de la misma deberá pasar a otro tanque para que se realice una mayor purificación, como se ve en la ilustración existe una llave de paso a la

cual se la proporcionara del mantenimiento adecuado pues puede oxidarse o deteriorarse.

12. Canasta de filtración

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación que se ilustra en la fotografía 12, donde se depositan los sólidos, que son retirados para su eliminación, el proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO₅ y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión, es decir el mecanismo de trabajo de la planta de tratamiento de agua, determina que luego de quedar los residuos mas grandes los líquidos pasan por gravedad y por tubería a unas canastas de filtración divididas en tres partes donde por gravedad los líquidos se trasladan de una a otra hasta pasar a un tanque con arena donde sufre la ultima filtración. La mezcla de agua y arena es bombeada a la cuba, cuyo diseño crea un flujo laminar que facilita la decantación de los sólidos, que han logrado evadir los tratamientos previos de filtración y sedimentación.

El paso del agua por la canastilla que contiene la arena tiene la finalidad de ir extrayendo lentamente del agua las partículas contaminantes decantadas sin crear turbulencias, y las eleva escurriéndolas en el recorrido hasta su descarga en el contenedor. Los materiales flotantes se eliminan fácilmente a través del propio transportador. El agua sale por rebose hacia la cabecera de la planta, y como ya es menos dura fácilmente puede ser reutilizada para los cultivos, dotación al ganado o dentro de la quesera para las actividades diarias



Fotografía 12. Canastra de filtración.

a. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la planta depuradora, en el cual constara detalladamente los periodos de revisión de cada uno de los puntos dentro del proceso de tratamiento además constara el plan preventivo de mantenimiento a cada una de las unidades de depuración para que con el correcto uso alargue la vida útil de las instalaciones.
- Se recomienda la implementación de un laboratorio de aguas paralelo a la construcción de la planta de tratamiento para que el control de los efluentes pre y post tratamiento sea intensivo y se asegure de mejor manera la calidad de los vertidos finales de la planta, ya que los análisis recolectados se los analizo en los laboratorios de la ESPOCH.
- Los materia contaminante que todavía se logra recolectar en estas canastillas deberá ser eliminada hacia un sitio especifico en donde no cause daño ambiental, el cual puede ser el botadero municipal de la zona sin permitir que se acumule en tiempos prologados, ya que su descomposición pese a que sea de origen mineral genera problemas.

13. Ecosistema de la zona después de la depuración del agua

En la ilustración de la fotografía 13, se identifica el ecosistema que rodea a la Distribuidora JL, en el cual se puede observar que una vez que las aguas negras han pasado por el sistema de tratamiento utilizando tanques de sedimentación de acción ecológica se vierte al rio Baba, agua blanda con un nivel de contaminación bastante bajo el cual al ser analizado físicamente permite corroborar estas afirmaciones.

Como se mencionó anteriormente el ecosistema antes de la implantación de la planta se encontraba en franca destrucción ya que las grasas son el contaminante mas grave desde el punto de vista ambiental, por lo que nació la idea de aplicar técnicas in situ para solucionar este problema las cuales, no hubieran sido posible

aplicarlas en un amplio campo de acción es decir que beneficie a toda la zona pues se tendría que realizar una planta para cada una de las explotaciones vecinas, si no hubiera existido la predisposición de los propietarios de la Distribuidora JL, convirtiéndose esta alternativa en la solución más idónea para evitar la contaminación, como lo verifica la revisión ambiental de la zona después de la aplicación del sistema en donde se observa que en el río ya no existen las densas masas de grasa, así como en el cauce que rodea a la comunidad la vegetación ha reverdecido existiendo suficiente alimento para el ganado.



Fotografía 13. Ecosistema de la zona después de la depuración del agua.

a. Recomendaciones

- Se recomienda que antes de verter el agua depurada se realice un último control de la calidad del agua para estar seguros de que fue efectivo el tratamiento de los efluentes y que no se generara impacto alguno al ecosistema.
- Se recomienda llevar un registro de la calidad del agua vertida en el río para poder identificar posteriores problemas que conllevaría el vertido de las aguas tratadas, ya que el huso principal del río en el cual es vertida estos efluentes es la agricultura, y como es conocido al alterar la calidad natural del agua esta

afecta en el desarrollo normal de la vegetación, conllevando a problemas en la explotación agraria.

- Se recomienda además a la gerencia de la planta que adopte las normas ISO 14000 que describen pautas ambientales para asegurar que las practicas de producción no generen impactos ambientales, además la certificación de las mismas proveen calidad al producto, aumentan la productividad del proceso y disminuyen la generación de desechos disminuyendo las pérdidas económicas por materia prima desperdiciada y productos inutilizados.
- Se recomienda también motivar a que las industrias de esta zona adquieran responsabilidad ambiental ante sus prácticas productivas para que mitiguen el alto impacto ambiental que están generando y así asegurar que en futuro estos recursos no renovables se prolonguen y el ecosistema no pierda su belleza y diversidad que caracteriza a nuestro país.
- Considerar a esta industria como punto de referencia ya que al permitir y solucionar este grave problema de contaminación ha logrado el progreso de la zona que netamente es ganadera y en donde existe plantas tanto pequeñas, como medianas de procesamiento de lácteos que constituyen una fuente de ingreso ya que proporciona trabajo a múltiples personas.

B. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS CON TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE ACCIÓN ECOLÓGICA

1. pH

Los resultados físico-químicos de la condición inicial del agua que se desprende en los procesos de producción y limpieza en la Distribuidora JL, que se indica en el cuadro 1, y se ilustra en el gráfico 1, indican una alta carga contaminante de carácter ácido por cuanto el análisis del pH antes de la planta de tratamiento de agua registró cantidades de 5.85 y que corresponde a un pH ácido, en comparación del análisis del agua después de la depuración utilizando los

tanques de sedimentación en la que el valor del pH elevó se elevó a 6,70, y que representa una condición muy cercana a la neutralidad característica del agua no contaminada, que puede ser fácilmente reutilizada, además se identificó una media general de 6,27 y una desviación estándar en relación a la media de 0,07, por lo que al realizar el análisis estadístico mediante la prueba de t' Student ($P < 0.0001$), al compararse estos dos momentos determinó diferencias altamente significativas entre los dos casos estudiados.

Al evaluar los reportes antes indicados se puede inferir que el tratamiento del agua residual que proviene de los procesos productivos de la obtención de accesorios de PVC, de limpieza de la planta y de aseo personal al ser tratada por medio de múltiples trampas de sólidos y de una combinación de tratamientos primario y secundario del agua, previa a ser vertida al riachuelo aledaño del cual utiliza las explotaciones pecuaria de la zona, puede ser fácilmente ingerida por el ganado, utilizada como agua de riego así como también para el procesamiento de quesos que es la actividad más predominante de la explotación y que se veía directamente afectada en forma negativa por el consumo del agua con restos de viruta, deja y aceite. Estas afirmaciones están fundamentadas en los reportes de "Texto Único de Legislación Secundaria TULAS (2003), que infiere una escala de calificación para el pH del agua que se considera apta para ser reutilizada y que está en el rango de 6,5 a 8,4 y que tiene una calificación de riesgo **NINGUNO**, es decir agua de buena calidad para cualquier suelo, animal y planta, la cual fue encontrada en las muestras del agua después de ser tratadas por la planta. En tanto que cotejando el pH antes del tratamiento y que está en el rango de 5,85 con los reportes de 4,5 – 6,4 como agua de riesgo MODERADO, es decir de calidad mediocre, para plantas tolerantes y suelo de textura fina, alimentación de ganado de baja genética o producción artesanal de quesos que puede fácilmente sufrir ataques bacterianos que provocan el desmedro de la calidad del producto, por lo que el contenido en tóxicos potenciales del agua obliga a riego discontinuo, uso del agua por un periodo hasta 20 años, en suelos neutros o alcalinos de textura fina.

Cuadro 1. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL DE LA FÁBRICA DE ACCESORIOS DE PVC DISTRIBUIDORA JL, ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

| VARIABLE FÍSICO - QUÍMICA | TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA | | | | \bar{x} | Sx | t'student | Sign |
|---------------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------|-------|-----------|------|
| | ANTES | | DESPUÉS | | | | | |
| pH | 5,85 | b | 6,70 | a | 6,27 | 0,07 | 0,0000 | ** |
| Color | 1215,67 | a | 486,27 | a | 850,97 | 44,20 | 0,0000 | ** |
| Conductibilidad | 57,65 | a | 23,06 | b | 40,35 | 4,76 | 0,0005 | ** |
| Grasa y Aceite | 28,78 | a | 11,96 | b | 20,37 | 1,42 | 0,0000 | ** |
| DQO | 130,49 | a | 52,20 | b | 91,35 | 8,95 | 0,0001 | ** |
| DBO | 78,29 | a | 31,32 | b | 54,80 | 5,19 | 0,0000 | ** |
| Sólidos en suspensión | 103,19 | a | 39,55 | b | 71,37 | 12,82 | 0,0091 | ** |
| Sólidos totales | 35,72 | a | 21,41 | a | 28,57 | 3,56 | 0,0262 | * |

Fuente: López, E. (2012).

\bar{x} : Media general.

Sx: Desviación estándar.

t' Student: estadístico de probabilidad.

Sign: Significancia.

** : Promedios con letras iguales en la misma fila difieren estadísticamente.

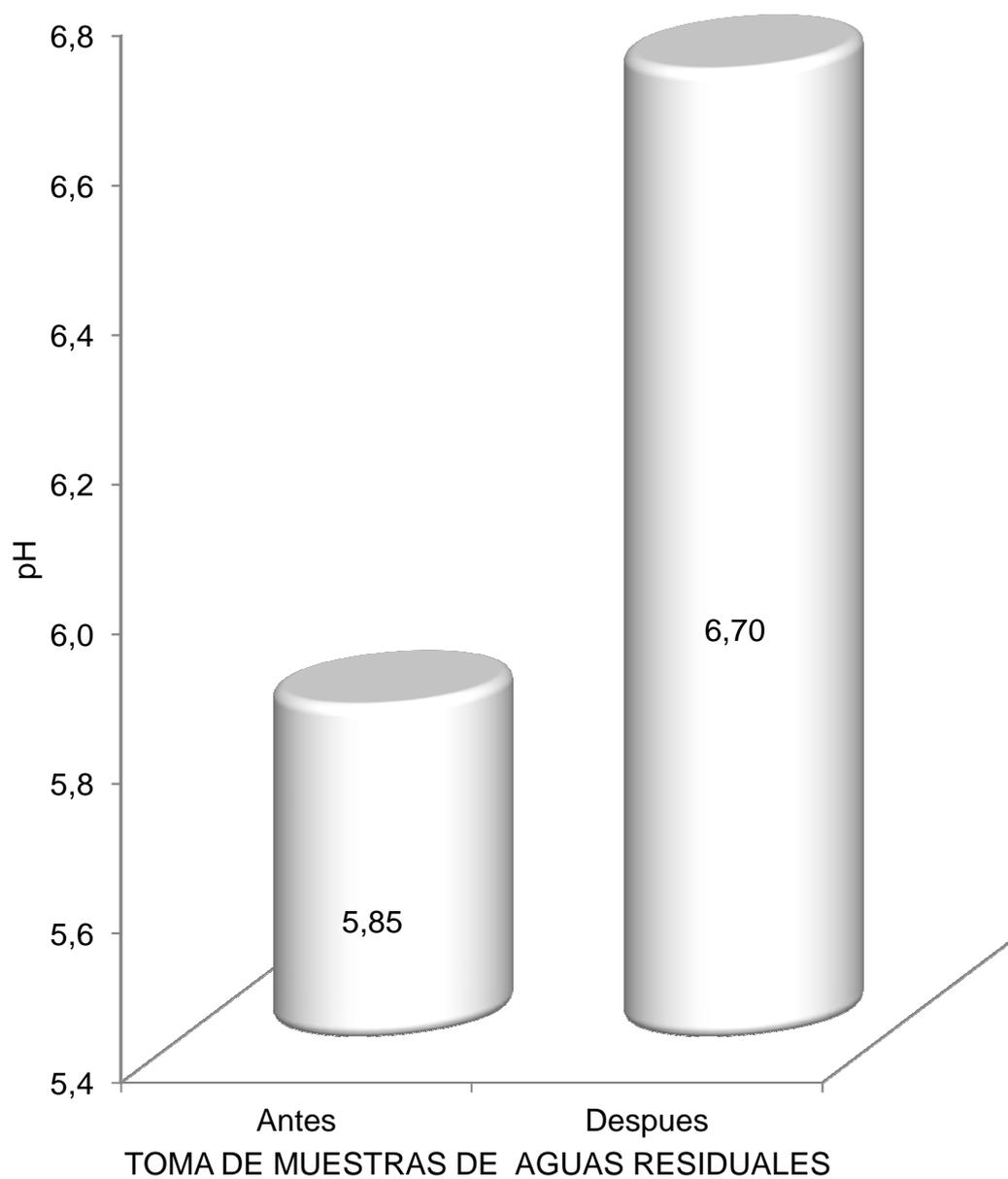


Gráfico 1. Comportamiento del pH del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

Normalmente el pH del agua en las explotaciones ganaderas suele oscilar entre 6,5 y 8,5. Raramente el pH del agua suele provocar problemas a los animales. Si bien es interesante saber que pH elevados debilitan el efecto de la cloración del agua y que pH bajos pueden ser la causa de la precipitación de ciertos medicamentos administrados en el agua, lo que podría ocasionar problemas de residuos en las canales próximos al sacrificio. Así mismo, pH ácidos pueden afectar a los procesos digestivos y dañar el sistema de distribución del agua (tuberías, bebederos, válvulas, etc.).

Por lo que se puede afirmar según Ainia, A. (2005), a que el pH es una magnitud de mucha importancia en un sinnúmero de procesos biotecnológicos, como por ejemplo en la neutralización de desperdicios alimenticios, alimentación de los animales y procesos productivos tanto pecuarios como industriales. El control de esta variable es en general difícil de realizar debido a la dependencia altamente no lineal entre los reactivos que ingresan al agua residual y el pH que se establece.

Las propiedades físico-químicas del agua por ejemplo el pH, sólidos totales disueltos, etc. Pueden suponer en determinadas circunstancias un riesgo para la salud de los animales y afectar el consumo de agua. Por su repercusión en la salud y producción y por las elevadas necesidades que tiene el ganado vacuno lechero, el agua se constituye en el aporte más inmediato e importante de estos animales. Sin embargo, las visitas a las explotaciones aledañas a la Distribuidora JL, antes de la edificación de la Planta de Tratamiento de aguas no permitían disponer de agua limpia y fresca para sus animales, problema que fue solucionado con la construcción de la misma. Por lo tanto un efluente con pH adverso puede alterar la composición y modificar la vida biológica de las aguas naturales. También es más difícil de tratar por métodos biológicos, que sólo pueden realizarse entre valores de pH de 6,5 a 8,5.

2. Color

El color del agua residual de la Distribuidora JL, antes de ser tratada registró una media de 1215,67 und. Co/Pt, en la escala de Hansen y que desciende a 486,27

und Co/Pt, en el análisis del agua después de ser purificada en la planta de tratamiento de agua, como se ilustra en el gráfico 2, por lo que la valoración estadística aplicando la prueba t' Student al compararse estos dos momentos registró diferencias altamente significativas (< 0.01). La media general entre estas dos variables fue de 850,97 unidades de Pt/Co, con una desviación estándar de 44,20: valores que al ser comparados con los reportes del APHA (1985), en el Método 206/9-85, que es la Técnica espectrofotométrico para determinar color en el agua, que determina un máximo de 500 unidades Pt/Co, para considerar apta para ser reutilizada sea en el riego, dotación para animales o para actividades en las diversas actividades pecuarias como es el caso de las queseras que forman parte del ecosistema de la Distribuidora, sin riesgo de problemas ambientales, podemos inferir que al no ser tratada el agua residual de la Distribuidora JL, este valor es superior al límite descrito, el mismo que desciende significativamente al aplicar la planta de tratamiento hasta el punto de alcanzar el parámetro de aceptación que es de ser incolora.

Lo que puede deberse según Baird, C. (2005), a que el color determina cualitativamente la cantidad de sólidos contaminantes que contiene el agua así como también el tiempo de las aguas residuales, es por ello que si el agua es reciente esta suele ser gris; sin embargo como quiera los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia a negro. Usualmente cuando se examina el agua, las primeras propiedades que se suelen considerar son las siguientes: color, sabor y olor, características inherentes a ella. Considerando la primera de ellas, el color: el agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación la de ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración. Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados.

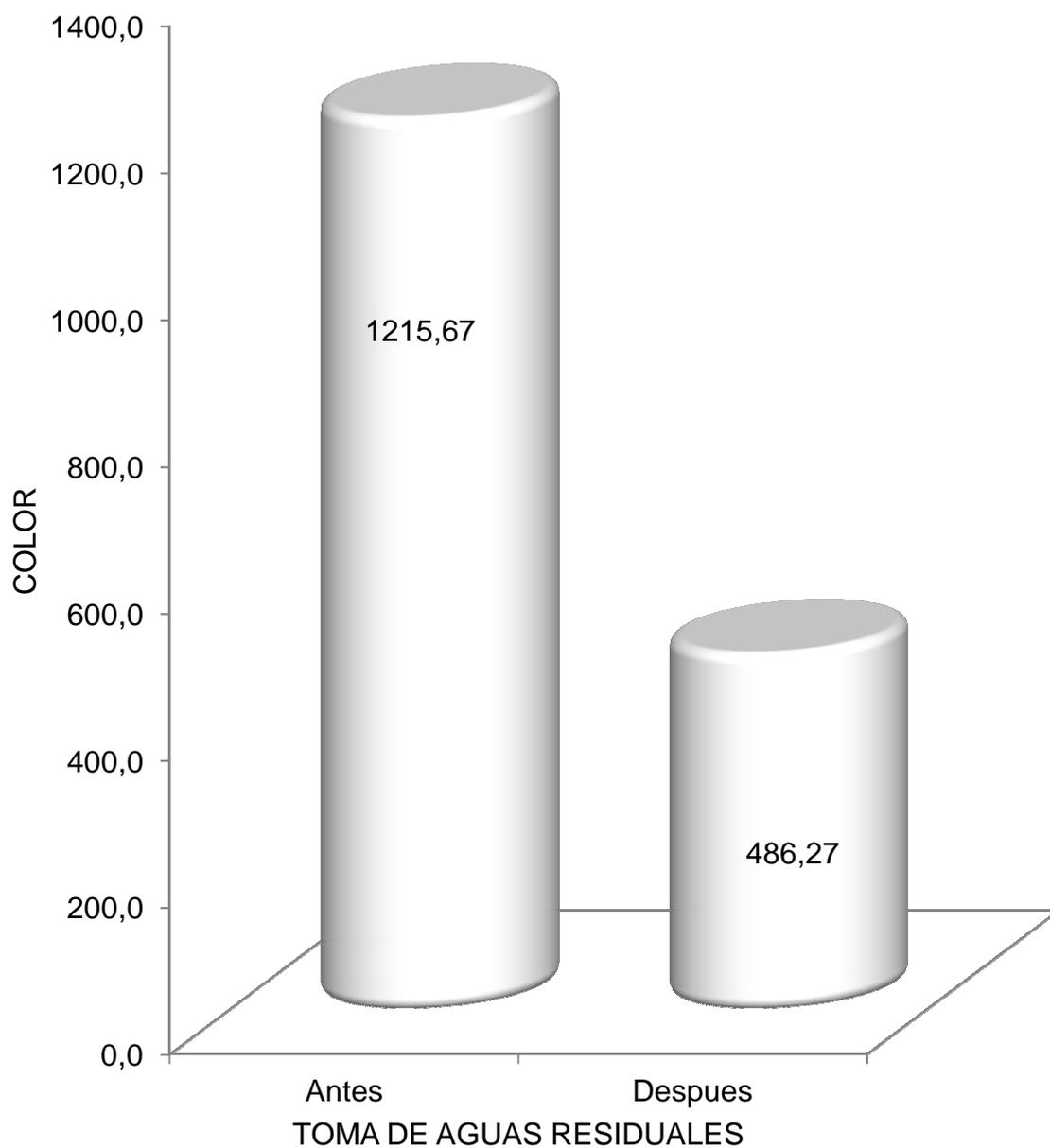


Gráfico 2. Comportamiento del color del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

3. Conductibilidad

La conductibilidad del agua residual antes de implementar la planta de tratamientos de agua en la Distribuidora JL, presento una valoración de 57,65 μ Siems/cm, y que desciende en forma altamente significativa según el método estadístico de t'student a 23,06 μ Siems/cm, como se ilustra en el gráfico 3. Al cotejar los resultados antes descritos con los reportes de la Asociación de Sanidad Animal y Vegetal APHA (2005), que infiere que el agua residual para ser reutilizada debe tener máximo de 500 a 800 μ S/cm y que mientras más bajo sea este valor más blanda es el agua, por lo tanto se puede afirmar que el agua que sale de la distribuidora JL, después de pasar por la planta de tratamiento y ser sometida a varias decantaciones y floculaciones para eliminar los restos de viruta, detergente y aceite, puede ser utilizada para el consumo de los animales y los procesos productivos en la industria pecuaria que se encuentra aledaña a la zona de fabricación de los accesorios de PVC.

El descenso de la conductibilidad eléctrica en el agua residual puede deber a lo manifestado en <http://www.es.wikipedia.org/wiki>.(2012), es la propiedad de una sustancia para conducir con facilidad una corriente eléctrica, se utiliza como una medida indirecta de su concentración de sólidos disueltos totales o de minerales en el agua. En el caso del agua se mide en microsiemens/centímetro y depende de la concentración, movilidad y valencias de los iones presentes, así como de la temperatura. Es un indicador rápido y fácil de medir para detectar la presencia de sales disueltas en el agua. Es por esto que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces. Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales, cambios significativos pueden ser indicadores eventos puntuales de contaminación. El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma.

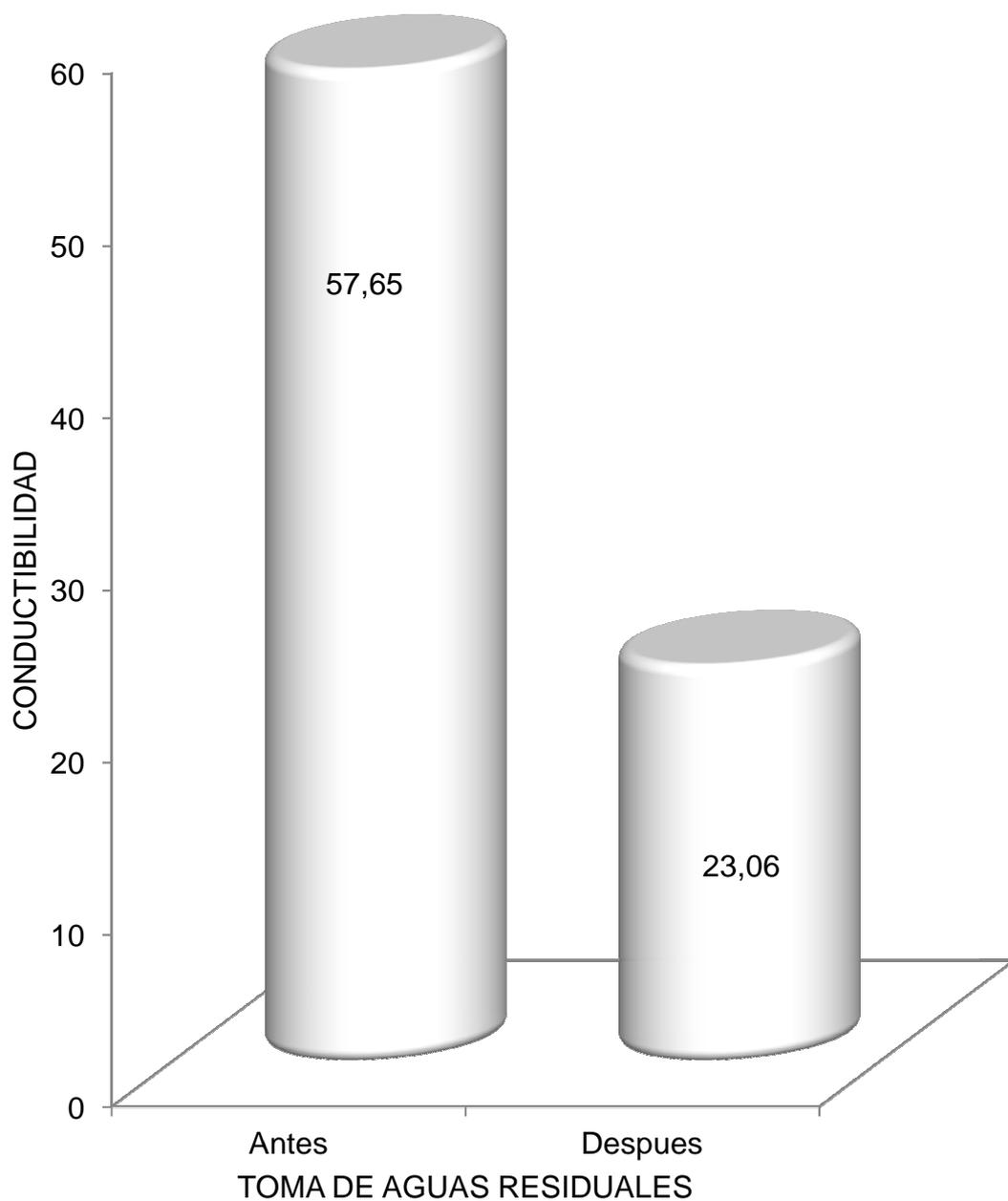


Gráfico 3. Comportamiento de la conductibilidad del agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

4. Grasa y aceite

La valoración media general del contenido de grasas y aceites en el agua residual de la Distribuidora JI, fue de 20,37 mg/l, con una desviación estándar de 1,42; por lo que el análisis estadístico mediante el criterio de t' Student al compararse la contaminación del agua residual antes y después de la implementación de la planta de tratamiento de agua residual determinó diferencias altamente significativas entre medias, reportándose los valores más altos antes del proceso de purificación con un contenido contaminante de 28,78 mg/l, y que desciende a 11,96 mg/l después de construir la planta, como se ilustra en el gráfico 4 .

La norma oficial NOM-002- ECOL-(1996), establece como límite máximo permisible de contaminantes, grasas y aceites 50 mg/litro promedio mensual y 75 mg/litro promedio diario, que al compararlos con los de la presente investigación permite afirmar que en el agua residual después de la construcción de la planta, no registra mayor contaminación ya que sufre un descenso significativo al ser tratada en los diferentes componentes de la planta sea utilizando las trampas para atrapar sólidos como en los reservorios cuyo objetivo es utilizar las densidades tan opuestas del agua y el aceite, como también considerar que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Lo que puede confirmarse con lo expuesto en <http://www.turobola.tripod.com>.(2012), que indica que los aceites y grasas en los vertidos líquidos generan dos tipos de problemas a la hora de la depuración de las aguas residuales, disminución de la mojabilidad de los sólidos en suspensión impidiendo, con ello su sedimentación, y formación de una película que recubre los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello la captación de oxígeno por los mismos y disminuyendo su poder depurador.

El contenido de grasas y aceites es generalmente pequeño en vertidos urbanos, siendo su presencia un indicio de vertido industrial, y causando graves problemas a los sistemas de depuración. en el auge que en los últimos años ha teniendo en nuestro país el estudio y conocimiento del medio ambiente, y la problemática de

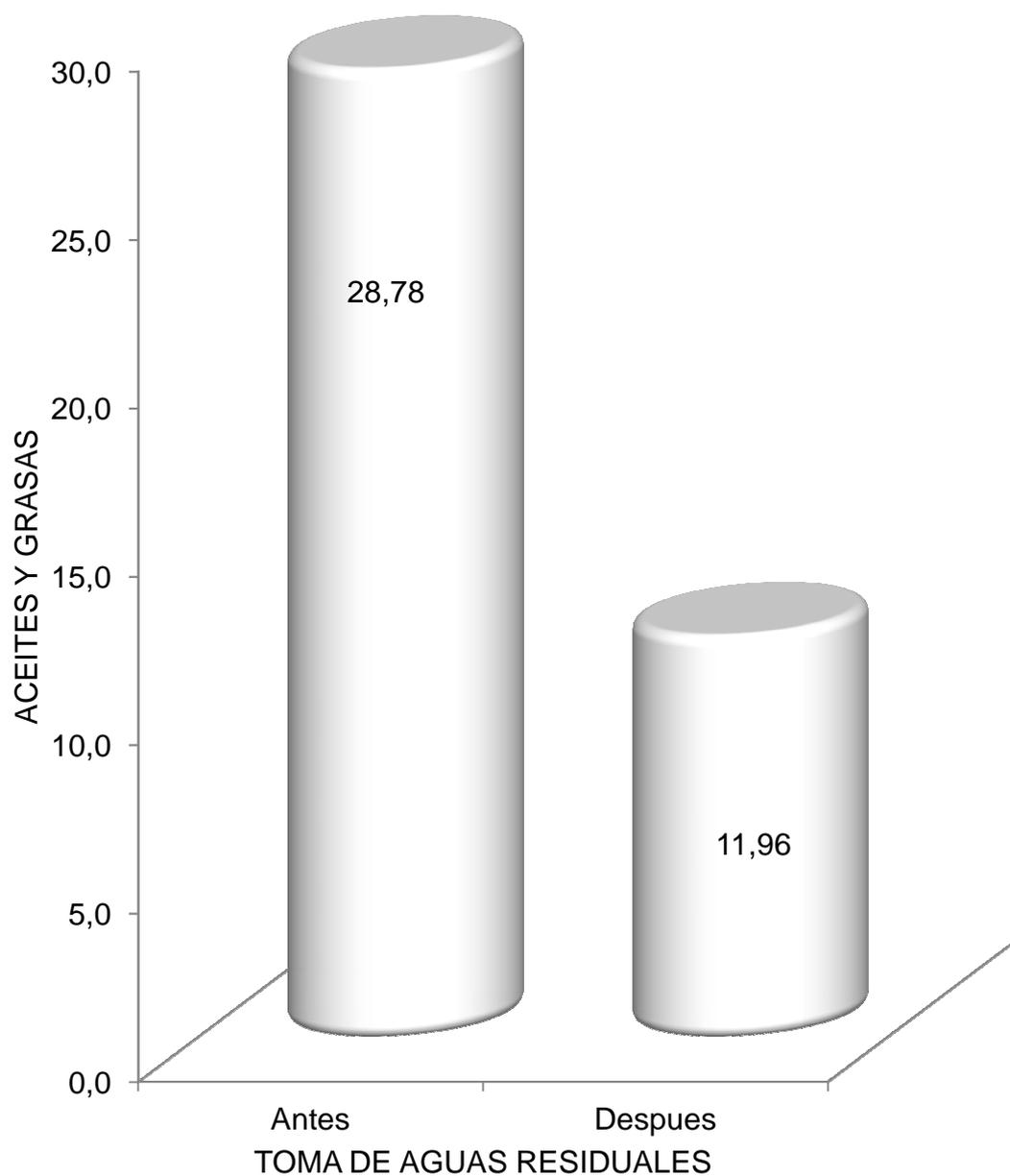


Gráfico 4. Comportamiento del contenido de aceites y grasas en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

su protección y restauración, ha sido, sin duda, una de las razones que llevaron a los propietarios de la Distribuidora JL, ha implementar un sistema de tratamiento del agua residual producto de los procesos de lavado de los accesorios los mismos que tenían una alta carga contaminante de grasas y aceites y que afectan directamente a las labores diarias de las explotaciones ganaderas vecinas especialmente, que utilizan este recurso no renovable ya que cuando estos elementos se integran al flujo de aguas del riachuelo y al descender su temperatura, por su misma naturaleza química aquellas se adhieren a la capa basáltica de la región.

Dicha adhesión disminuye el diámetro del canal; en consecuencia aumenta la presión del flujo de las aguas residuales lo que gradualmente conduce a obstrucciones y taponamientos y como consecuencia, se generan derrames en la ribera del río y focos de infección para los pastizales y el agua de consumo del ganado. La solución a esta problemática ambiental y social está al alcance de aquellas industrias que desarrollan su actividad utilizando esta materia prima para limpieza de los accesorios y consiste en un tratamiento físico por medio de dispositivos muy sencillos conocidos como 'trampas de grasas y aceites' o 'interceptores' que se instalan en los desagües de cielo abierto que forma parte del alcantarillado de la planta. Aprovechando las diferencias en las propiedades del agua, los residuos de grasa, aceite y sólidos interceptados y realizando las limpiezas de las trampas de manera oportuna, se genera la separación dentro de los sistemas con lo que evita la descarga al cauce del río Baba, que alimenta de este líquido a las explotaciones ganaderas aledañas.

5. Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno en el agua residual de la Distribuidora JL, determinó una media general de 91,35mg/l; con una desviación estándar en relación a la media de 8,95; por lo que el análisis estadístico mediante la prueba t' Student al compararse los valores antes viceversa después de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales reporto diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos, registrándose una mayor Demanda Bioquímica de Oxígeno en el agua antes de la construcción de la planta

de tratamiento con valores medios de 130,49 mg/l y que desciende significativamente a 52,20 mg/l; en el agua, después de ser tratada en la planta como se ilustra en el gráfico 5.

Al cotejar los reportes antes mencionados con los límites exigidos por el método APHA 5220-C, del Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, que infiere un máximo de 500 mg/l, se puede apreciar que en los dos momentos evaluados no se supera esta normativa, pero sin embargo en el agua residual después de la implementación de la planta este valor es más bajo. Estas aseveraciones tienen su fundamento en lo referido por Rüegg, M. (2005), que infiere que la preocupación por la contaminación de los recursos hídricos está justificada por alguno de los efectos que ocasiona, entre los que cabe citar el detrimento de los limitados recursos existentes, la reducción de la calidad de las aguas, lo que limita su uso en abastecimiento, industria, riego o esparcimiento y la incidencia sobre la fauna y flora que albergan los ecosistemas acuáticos y terrestres, y sobre la salud humana, la DQO, es la cantidad de oxígeno consumida por las materias existentes en el agua y oxidables en condiciones operatorias definidas.

De hecho, la medida corresponde a una estimación de la materia oxidable presente en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, sal de un ácido orgánico o tenso activo como es el caso del jabón, sulfuros y cloruros), La DQO, está en función de las características de la materia presente, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc, por lo que es evidente que la reproducibilidad de los resultados y su interpretación no sean satisfactorios cuando existe una alta carga contaminante. La DQO, determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

Al aplicar una planta de tratamiento de agua se beneficia al enriquecimiento en materia orgánica supone un incremento de la descomposición aerobia bacteriana de esa materia orgánica, que implica un elevado consumo de oxígeno. En ciertas

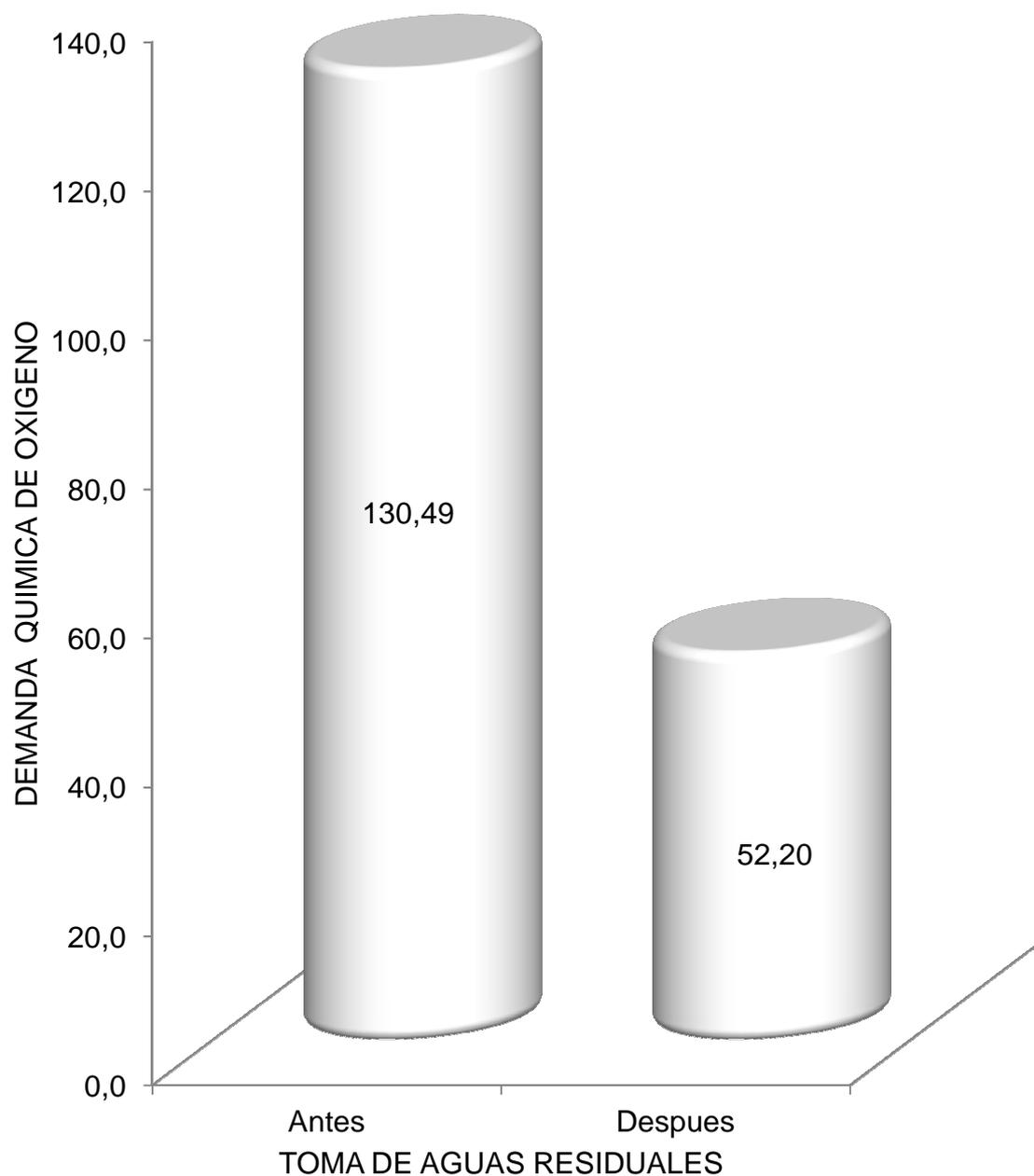


Gráfico 5. Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

circunstancias, cuando la difusión de oxígeno atmosférico es insuficiente, o en las zonas profundas, puede producirse un agotamiento completo del oxígeno, dándose entonces una descomposición anaerobia, a partir del oxígeno de elementos químicos oxidados (sulfatos, nitratos, compuestos férricos). Como subproductos de la oxidación de la materia orgánica se incrementan los contenidos en amonio y fosfatos, y sus productos de oxidación (nitratos), nutrientes que favorecen el crecimiento de productores primarios (organismos fotosintéticos), que apoyan en la fertilización de las praderas y por ende existe mayor producción en materia verde para alimentar al ganado. A medida que la materia orgánica se va transformando en nutrientes, los productores primarios van incrementando su biomasa, a la vez que se va produciendo la sustitución de las especies oportunistas de macrobentos por comunidades características de aguas limpias o ligeramente contaminadas.

Al estabilizarse el exceso de materia orgánica se puede llegar a restablecer, aguas abajo del punto de vertido, el equilibrio existente entre la vida animal y vegetal y de los distintos elementos biogénicos (nitrógeno, fósforo y carbono), proceso que es conocido como autodepuración, que es la capacidad natural de asimilación de un río, factor que ha de ser siempre considerado al evaluar la calidad y cantidad de aguas residuales que pueden ser vertidas en un tramo determinado de un cauce.

6. Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO

En la valoración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se reportaron diferencial altamente significativas entre medias de acuerdo al análisis estadístico mediante la prueba de t' Student, con una media general de 54,80 mg/l y una desviación estándar de las medias de 5,19; verificándose que antes de la implementación de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la Distribuidora JL, el contenido en DBO, fue de 78,29 mg/l, el cual descendiendo a 31,32 mg/l, como se ilustra en el gráfico 6, después de tratar al agua en los diversos procesos de la planta, esta reducción considerable es benéfica para las explotaciones ganaderas vecinas que utilizan este recurso hídrico para sus actividades diarias y que en los primeros años de funcionamiento de la fabrica

constituía un gran un gran problema ambiental, de ahí la necesidad de los propietarios de la mencionada fábrica de construir un sistema de purificación del agua que permita reutilizar esta, sin ningún tipo de riesgo y sobre todo que al unirse con el cauce normal no lo contamine, ya que según

La DBO es la cantidad de Oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones determinadas en tiempo y temperatura. Es la principal prueba utilizada para la evaluación de la naturaleza del agua residual. La DBO se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días; se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual, por cinco días a 20°C. Las aguas residuales industriales suelen contener compuestos químicos, contienen materias orgánicas putrescibles, descomponiéndose por la acción de una comunidad compleja de microorganismos aerobios, anaerobios y anaerobios facultativos, que actúan sobre la materia orgánica mineralizándola. La presencia de compuestos químicos de origen industrial altera la actividad natural de los microorganismos. La importancia de la medida de la DBO, radica en que del análisis de la evolución de la DBO se obtiene información de la biodegradabilidad de la muestra. Se usa para determinar el poder contaminante de los residuos domésticos e industriales, en términos de la cantidad de oxígeno que requieren si son descargados a las corrientes naturales de agua. Este tipo de parámetro de la calidad del agua fue utilizado de referencia al inicio de la investigación para dimensionar las instalaciones de la planta tratamiento de agua residual y posteriormente para medir la eficacia de algunos procesos de transformación, además fue utilizado para medir la concentración de la contaminación de los residuos industriales de la Distribuidora JL, en términos de oxígeno.

7. Sólidos en suspensión

En la evaluación química de los sólidos en suspensión (gráfico 6), que contienen las aguas residuales provenientes de la Distribuidora JL, se registraron diferencias altamente significativas al realizar el análisis estadístico mediante la prueba de t' Student, observándose que antes de la implementación de la planta de tratamiento de aguas los sólidos en suspensión registraron valores medios de

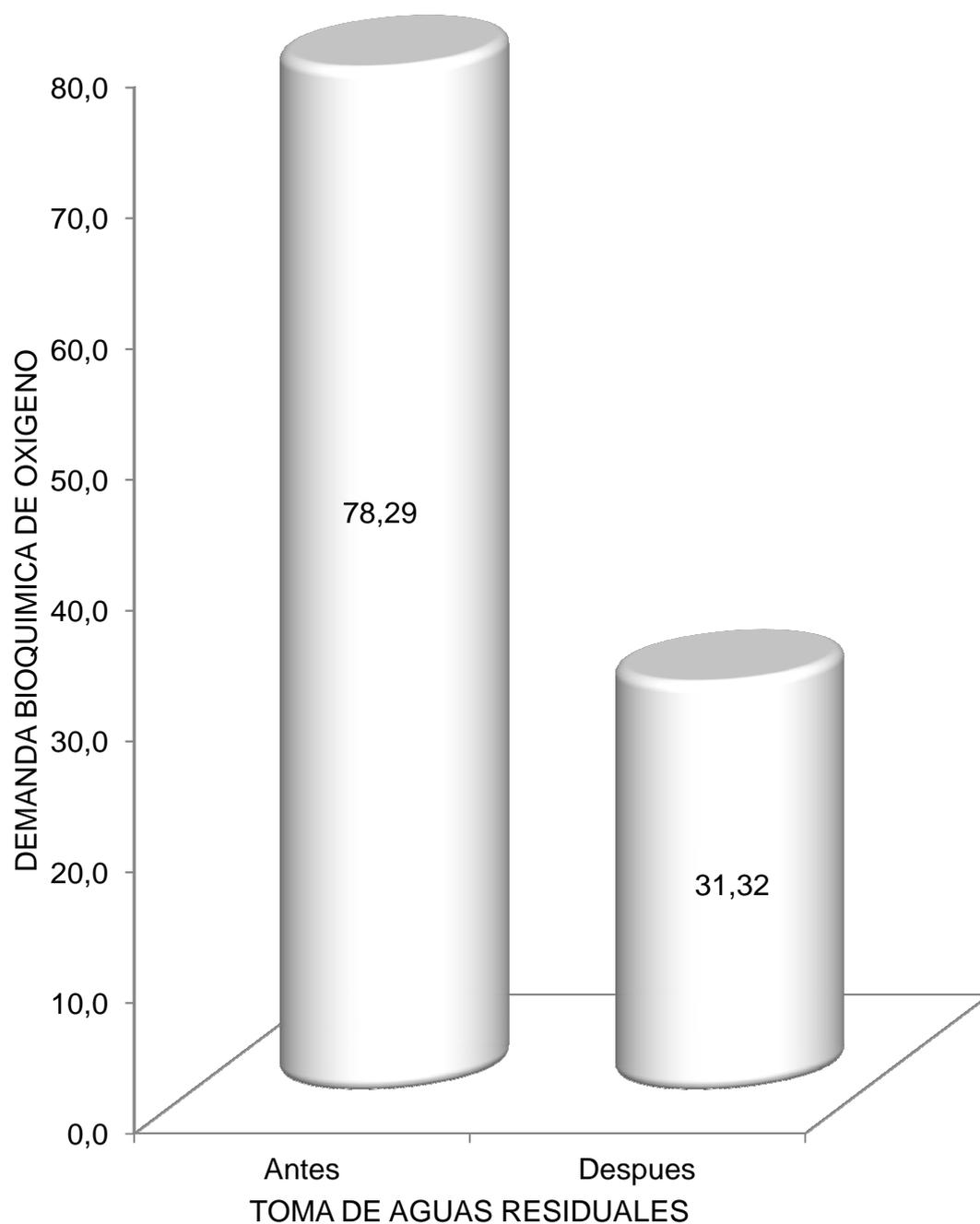


Gráfico 6. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

103,19 mg/l que son superiores a los reportes del agua residual después de construir la planta de purificación, ya que se reportaron medias de 39,55 mg/l como se ilustra en el gráfico 7. Al realizar la comparación de los reportes antes mencionados con los límites exigidos por el método APHA 2540D, del Laboratorio de Análisis Técnicos e la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, que infiere un límite máximo de 220mg/l, se afirma que al someter al agua residual a diversos procesos de purificación en la planta se logra reducir significativamente su contenido ya que según <http://www.epa.sa.gov.au.com>.(2012), en el agua residual los sólidos pueden ir en suspensión y el tamaño de partículas es de una micra o más y se decantan por sedimentación los sólidos coloidales partículas entre 1 micra y 0.001 micras se eliminan por procesos de coagulación y floculación. Los sólidos disueltos que tienen un tamaño menor a una milésima de micra se eliminan por procesos de oxidación biológica o por oxidación física.

La materia en suspensión especialmente los aceites y el detergente que se utiliza en los procesos de obtención de accesorios de PVC, se separa por tratamientos físico-químicos, variantes de la sedimentación y filtración, para enviar al cauce del río o riachuelo una agua más blanda y que puede ser fácilmente utilizada en las actividades agropecuarias como es la alimentación del ganado, riego de los pastizales o en la producción de quesos, que son las actividades a las cuales se dedican los ganaderos de la región. En el caso de la materia suspendida sólida (grasa y aceite de cocina), se trata de separaciones sólido - líquido por gravedad o medios filtrantes y, en el caso de la materia aceitosa, se emplea, habitualmente por flotación. Los diferentes métodos de tratamiento atienden al tipo de contaminación: para la materia en suspensión, tanto orgánica como inorgánica, se emplea la sedimentación y la filtración en todas sus variantes.

8. Sólidos totales

El contenido de sólidos totales en las aguas residuales del proceso de producción de accesorios de PVC de la “Distribuidora JL”, y que es conducido hacia explotaciones ganaderas aledañas, reportó una media total en sólidos totales de 255,84 mg/l; y una desviación estándar de 0,45; además de acuerdo al análisis

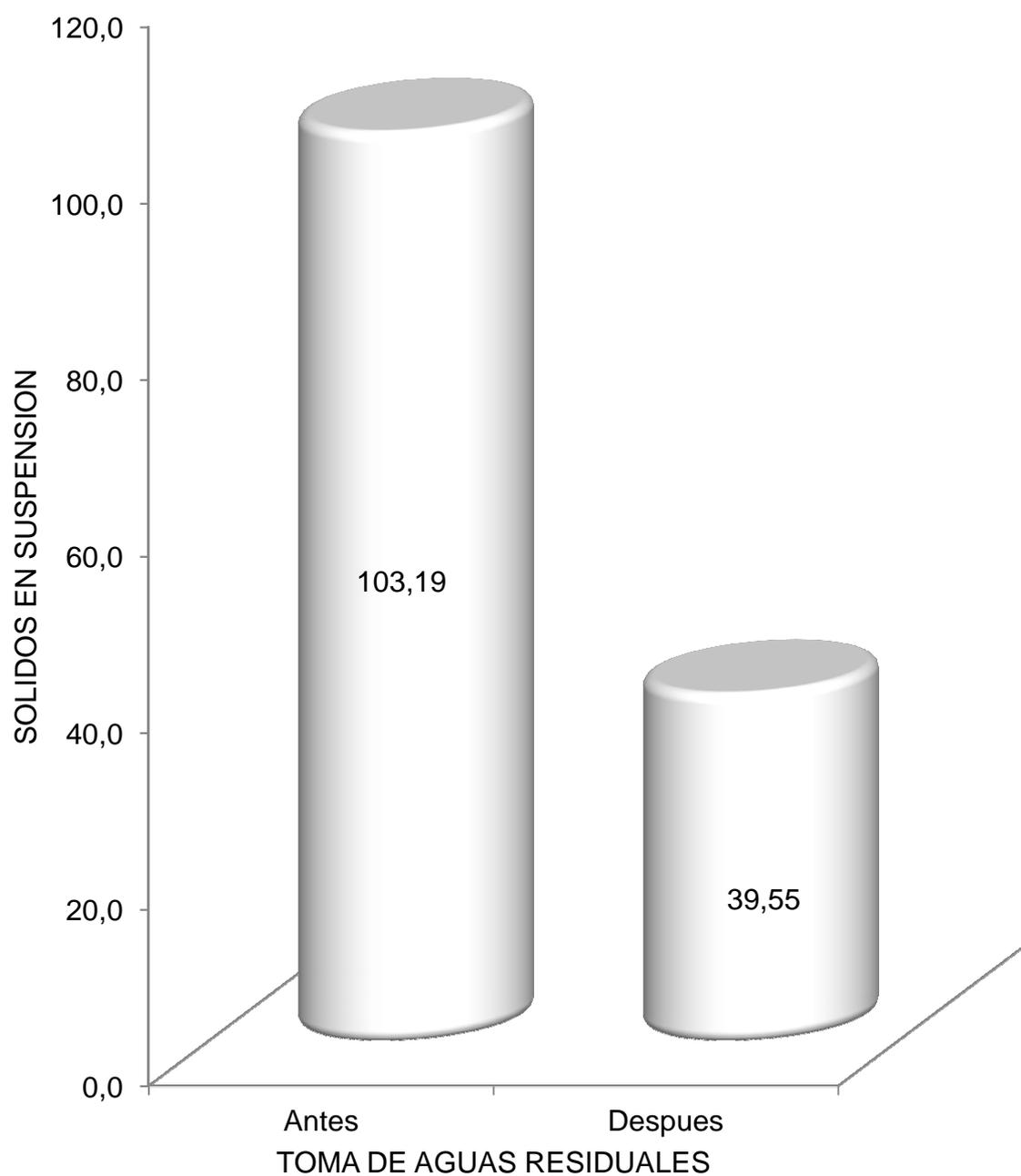


Gráfico 7. Comportamiento del contenido de sólidos en suspensión, en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

estadístico se presenta diferencias significativas según el método t' Student, entre los dos métodos en estudio, reportándose que los valores más altos de

sólidos totales y que representan mayor contaminación para el ecosistema aledaño antes de la construcción de la planta de tratamiento de aguas con medias de 368,97 mg/l; en comparación del contenido de los sólidos totales después de la implementación de la planta con valores de 142,71 mg/l, como se ilustra en el grafico 8.

Los valores antes reportados al ser cotejados con las exigencias de calidad del agua de que infiere un riesgo alto cuando los valores son mayores a 850 mg/l; un riesgo medio cuando supera los 500 mg/l y riesgo bajo cuando son menores a 250 mg/l; por lo tanto en los análisis del agua se verifica un riesgo medio y mínimo entre los dos momentos en estudio respectivamente, pero sin embargo, se determina que no es agua apta para ser utilizada en las labores de una explotación ganadera, ya que está contaminada por restos de grasas y aceites; viruta de la tubería de PVC, detergente que no es biodegradable, basura entre otras. Para determinar la cantidad de sólidos totales que debieron ser tratados en la planta hay que considerar lo manifestado por Baird, C. (2005), que señala que los sólidos totales de las aguas residuales está comprendida por el contenido total de materia sólida en el agua constituye tanto materia orgánica (aceite y grasas, etc.), como inorgánicas, (restos de PVC y piedras).

La implementación de sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento, son factores importantes en la conservación del bienestar de los pueblos y sus actividades, muchas veces las masas receptoras de estos desechos líquidos como son los riachuelos, son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante. Por este motivo, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores, deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique su condición inicial, como puede ser una planta de tratamiento de aguas. En la distribuidora JL, en un principio, el tratamiento se hacía mediante el vertido de las aguas residuales al suelo, pero prontamente la superficie de los terrenos no fueron suficientes para absorber el cada vez mayor volumen de aguas

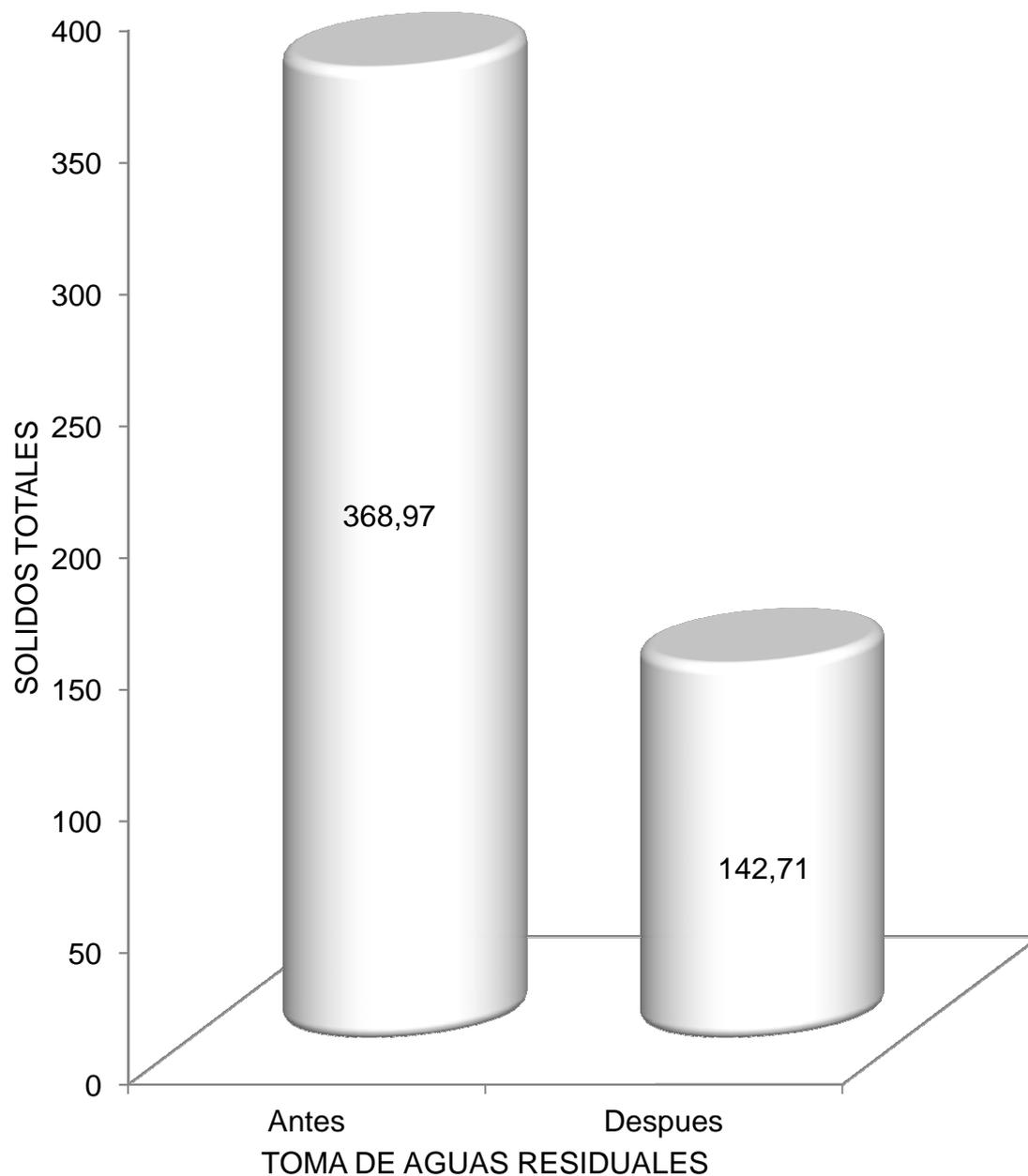


Gráfico 8. Comportamiento del contenido de sólidos totales, en el agua residual de la fábrica de accesorios de PVC Distribuidora JL, antes y después de la utilización de una planta de tratamiento de aguas.

residuales, por lo que nació la necesidad de que el tratamiento estuviera dirigido a evitar problemas con la agricultura, ganadería y más que a los problemas de salud de los habitantes tanto que conviven con los animales como los que consumen su carne, Existieron varios métodos estudiados como fueron precipitación química, digestión de fangos, filtración intermitente en arena, filtración en lechos de contacto, aeración de aguas residuales, entre otros pero los mas optativos por económica y por eficiencia fue la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales que conjugaban los principios de cada uno de los métodos investigados.

Además se puede considerar que las aguas residuales, estén o no diluidas con aguas de lluvia, contienen elementos contaminantes que al ser descargados al curso receptor pueden causar impacto ambiental y poner en riesgo la salud del hombre. Los principales contaminantes que contiene el agua residual y que pueden estar disueltos o suspendidos, se agrupan en: Materia orgánica con grado variable de biodegradabilidad, compuestos nitrogenados de origen orgánico y/o mineral, compuestos fosforados de origen mineral, microorganismos compuestos por organismos saprofitos y patógenos como helmintos o protozoos.

C. PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA “DISTRIBUIDORA JL”

Una vez identificados y valorados los impactos ambientales que generarán las actividades a realizarse durante el período de producción de la microempresa “DISTRIBUIDORA JL” se muestra a continuación un conjunto de medidas ambientales tendientes a minimizar y evitar los posibles daños ocasionados, que podrían afectar el entorno natural o social del área de influencia. Todas estas medidas están dentro del denominado Plan de Manejo Ambiental las cuales son un compromiso que adquiere la microempresa. El Plan de Manejo Ambiental (PMA), contiene los lineamientos con la finalidad de prevenir, reducir, mitigar y controlar los impactos ambientales negativos que se presentarán en las etapas de producción de la microempresa. El PMA de Distribuidora JL, está estructurado en tres planes, descritos a continuación:

- Plan de Prevención y Mitigación.

- Plan de Contingencia.
- Plan de Manejo de Desechos.

El cumplimiento o no de este plan de manejo propuesto en el presente documento será responsabilidad única y exclusiva de la microempresa.

1. Plan de prevención y mitigación de impactos

Teniendo como principal criterio de que siempre es mejor prevenir y minimizar la ocurrencia de impactos ambientales y sociales, que mitigarlos o corregirlos, se trabajó un grupo de lineamientos prácticos. El objetivo de este plan fue: Plantear acciones y medidas tendientes a prevenir posibles impactos que puedan ser causados por las operaciones de elaboración de accesorios de PVC. Las Medidas de prevención y Control ambiental, comprendieron:

- Proporcionar la capacitación requerida para crear conciencia del PMA en aspectos de control ambiental, en lo referente al recurso agua en el que más efecto se tiene mediante: Una charla inicial dirigida al presidente de la comunidad San Gabriel, propietario de la Distribuidora y comunidad en general; para ello se recurrió a la ayuda de material didáctico como videos y fotografías de de la plantas de tratamiento de agua simple mentadas en otros sectores, dando a conocer cuáles son los puntos débiles de la empresa y cómo se puede mejorarlos, así como haciendo mención de las ventajas y beneficios que la distribuidora JL, trae consigo y toda su área de influencia.
- El presidente de la comunidad, se comprometió para exigir a los estamentos a los cuales va dirigido para que comprometan su participación la asistencia a la charlas de capacitación, para ello se tomó la atribución de descontar un día de trabajo a quién no acuda, y aplicar multas a los comuneros.
- Se sensibilizó al personal sobre los impactos ambientales y económicos que causa el uso ineficiente del recurso hídrico al presentar malas prácticas y actitudes en la elaboración de su producto generando desperdicios.

- Para reducir el consumo de agua en la Distribuidora se comprometió a barrer y recoger los restos de limallas, de accesorios de pvc y demás sólidos del piso, así como también Instalar mallas en los sumideros, establecer procedimientos de limpieza e Instalar válvulas de cierre en las mangueras, cambiarlos accesorios defectuosos en las tuberías como: uniones, acoples, válvulas, entre otras medidas de mitigación, para contrarrestar la contaminación.
- Se realizó el análisis de la información recolectada para retroalimentar el programa general de la empresa en caminado hacia el ahorro y uso eficiente del agua para lo cual se implanto un registro de la cantidad de agua consumida periódicamente.

2. Plan de Contingencia

El cual estaba orientado a suministrar una respuesta inmediata y eficaz ante cualquier emergencia, con el propósito de prevenirlos impactos a la salud humana, protegerla propiedad comunitaria en el área de influencia y reducir los riesgos para el ambiente, la operación y la infraestructura de las instalaciones. El Plan de Contingencias se aplicó ante la ocurrencia de un incidente, ya sea en términos de la probabilidad como de su magnitud, se consiguió siguiendo previamente los lineamientos expuestos en los Programas de Manejo de Desechos y de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial. El ámbito geográfico del Plan de Contingencias cubrió toda el área de la Distribuidora en particular el acceso a la fábrica, los cauces que son conducidos al río Baba de la comunidad de San Gabriel, así como también la vegetación colindante. Los objetivos de este plan de contingencia fue:

- Minimizarlos efectos sobre el ambiente biofísico, socio económico y cultural de un determinado evento contingente asegurando una respuesta inmediata y eficaz, producto de una planificación y capacitación previa, la capacitación se dirigió específicamente hacia los derrames de grasa, inundaciones o fuertes sequias.
- Dentro del plan de contingencia se tomó muy en cuenta el garantizar la

seguridad del personal y de terceras personas involucradas en las actividades así como de los animales y la vegetación que forman el ecosistema de la zona.

- En la segunda fase se realizaron prácticas de desplazamiento de personal y materiales (con control de tiempo), se analizaron la secuencia de acciones a desarrollarse para una contingencia y prácticas in situ, principalmente dirigidas como se manifestó anteriormente hacia incendios, derrames, epidemias, etc.
- Dentro del plan de contingencia se verificó que todos los sólidos residuales como fundas, cartones, papeles, plásticos en general, deben ser retirados fuera del área de influencia directa pues por cualquier contacto eléctrico o fuga de gas pueden ser causantes de posibles incendios.

3. Plan de manejo de desechos

Las metas y objetivos del Plan de Manejo de Desechos líquidos (PMD), es decir el agua negra que desprende la Distribuidora JL, incluyen:

- Cumplimiento con las leyes y regulaciones ambientales aplicables que comprende la minimización de los impactos ambientales vinculados a la generación de desechos líquidos.
- Reducción potencial de las obligaciones asociadas con la disposición no controlada de cualquier tipo de desechos, que son emanados al ambiente que para nuestro caso son restos de limalla. pedazos de pvc, grasas entre otras, que al ser depositados en el ambiente provoca daño ambiental.
- Disposición de los desechos mediante la utilización de métodos de disposición alternativos y adecuados a la operación de la empresa y ambiente específicos, en este punto se debe manifestar que se cumplió a cabalidad pues de acuerdo al compromiso ambiental se logró la construcción de un sistema de tratamiento

de aguas utilizando tanques de sedimentación de acción ecológica, y se los llama así debido a que para la purificación del agua no se utilizan ninguna sustancia química como puede ser el cloro únicamente se basan en la acción de conducción por medio de un sistema de tanques de sedimentación de sólidos.

- El área de influencia directa para el planteamiento de éste método de manejo comprendió todo el espacio físico de la Distribuidora JL, así como parte del ámbito espacial donde se manifestaron de manera evidente los efectos de la contaminación ambiental y que comprendía el cauce del agua que se conduce hacia el río Baba, en cuya trayectoria va regando plantaciones y es utilizada en explotaciones ganaderas e industrias pecuarias.
- Una de las técnicas que se aplicó en la Distribuidora se refería a los métodos destinados a la reducción o minimización de la cantidad de desechos en su fuente de origen y riesgo que representa para el ser humano y el ambiente. La adecuación de estrategias concretas relacionadas con determinadas modificaciones en las operaciones, uso de materiales degradables, no contaminantes, el oportuno mantenimiento de los equipos y el costo de disposición de elementos sobrantes fueron factores claves para la correcta aplicación de esta alternativa. La reducción en fuente de los desechos generados fue una de las alternativas más ampliamente aceptadas
- Para finalizar es necesario considerar que la Distribuidora JL, basada en la revisión ambiental inicial, diagnóstico de las aguas negras proveniente de los procesos de producción y análisis de aguas después de la implementación de la planta de tratamiento de aguas puede considerarse como una empresa con sello verde que fácilmente alcanzaría el permiso ambiental pues ha logrado superar un problema que le impedía laborar ya que los efectos de la contaminación por los RILES, se convertían en un grave problema que inclusive le llevaría al cierre de sus puertas.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten llegar a las siguientes conclusiones

- Al realizar una revisión ambiental inicial con la línea base de los componentes físico, biótico y social del área de influencia del proyecto; se identificó la hidrografía, condiciones climáticas con una disminución en la fauna autóctona por actividad humana, identificándose que en las salidas del agua por los tubos blancos sin ninguna clase de tratamiento; el agua presentó mucha turbidez, puesto que se encontró mezclada con sólidos gruesos; como es el caso de, limallas de pvc, pedazos de tubos plásticos y una densa capa de manteca o masa grasosa, proveniente del procesamiento en el interior de la Distribuidora "JL".
- En el análisis del agua negra después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica se observó que en cuanto al pH existió un incremento significativo en relación al agua sin tratar ya que de 5,85 se eleva a 6,70 alcanzado prácticamente la neutralidad que es un indicativo de un agua que puede ser reutilizada.
- En el parámetro físico de color se reportó una disminución notoria ya que de 1215,67 Pt-Co descendió a 486,27 Pt-Co, es decir un material con bajo poder contaminante pues se han filtrado los sólidos gruesos y los residuos grasos que existían antes de ser tratados, por lo que se puede afirmar en el contenido de grasas y aceites los valores descendieron significativamente ya que de 28,78 que es una carga que supera los límites permisibles disminuyeron a 11,96, lo mismo sucede con los sólidos en suspensión que de 103,19 presente en las aguas negras sin tratar desciende a 39,55 en las aguas tratadas.
- En el análisis del DBO y DQO se registro un comportamiento similar ya que de 130,49 ppm y 78,29 ppm, en cada caso se redujo a 31,32 ppm y 39,55 ppm respectivamente; lo que se debe a que se eliminó gran parte de los componentes orgánicos contaminantes como son las grasas.

- La necesidad de la construcción de un sistema de Tanques de sedimentación nace del diagnóstico ambiental que arroja un alto índice de productos que son desprendidos en los alrededores de la fábrica y que está incumpliendo con el principio del buen vivir o el desarrollarse en un ambiente sano, por lo que el propietario adquiriendo una conciencia ambientalista decide realizar una alta inversión, que afecta sus costos de producción, en pos de cumplir con las regulaciones ambientales y mejorar la calidad de vida de los pobladores de San Gabriel del Baba, que efectúan sus actividades tanto agrícolas, ganaderas o industriales utilizando ese recurso no renovable como es el agua.
- Las condiciones del agua antes de la construcción del sistema de tratamiento presentaban problemas por las condiciones en el recurso a guaya que se encontraba fuera de la legislación por lo que se usa como agua de riego lo que puede causar problemas de salud a la población además en el producto final se alteran sus características nutritivas y de comercio propias para los quesos frescos
- En la evaluación del entorno después de la construcción e implementación de una planta de tratamiento de agua se observó un cambio total en el ecosistema pues antes de la planta existía vegetación que se estaba deteriorando, inclusive fauna que estaba en peligro, pues se presentaban intoxicaciones por consumir el agua del río Baba que estaba contaminada así como también la actividad industrial de la Quesera Santa Isabel, se limitó, ya que un recurso que utiliza en gran porcentaje es el agua y como no presentaba las condiciones adecuadas de manejo era necesaria su adquisición en otro sector aumenta el capital de inversión y desmejorando la rentabilidad.
- Se diseñó el Plan de Manejo Ambiental conformado por programas con medidas para prevenir, reducir, mitigar los impactos producidos por la actividad productiva que se desarrolla en la Distribuidora JL, con detalle para orientar al personal de la industria a minimizar los costos derivados de la gestión de residuos, ahorrar mediante un menor consumo de recursos, incrementar la calidad y la productividad.

VI. RECOMENDACIONES

Considerandos que el presente estudio es un análisis detallado de la caracterización general ambiental del sector, sus impactos, y los mecanismos de acciones correctoras a lo largo de su desarrollo se han venido exponiendo las recomendaciones pero sin embargo las que mayor relevancia tendrían se describen a continuación:

- Un mejor manejo y almacenamiento de los desechos sólidos; puesto que, se apreció una total ineficacia al momento de acopiarlos para su posterior disposición final, esto acarrea que se desarrollen vectores de contaminación (mosquitos, roedores, etc.) y se genere un impacto visual negativo alrededor de la industria.
- Se recomienda la construcción y mejoramiento de las canaletas de recolección de vertidos (aguas negras), las mismas que deben estar diseñadas con materiales impermeables, como pvc, concreto, etc., esto evitaría que se filtren los efluentes cargados con contaminantes.
- En el diseño de los tanques de sedimentación se deberá tomar en cuenta el crecimiento de la planta, proyectando el aumento en la generación de los efluentes de desecho en un lapso de mínimo diez años.
- Se recomienda que el acceso a las cribas sea lo más sencillo debido a que es muy común que se atasquen sólidos de gran tamaño y bloqueen el correcto flujo de los vertidos y de esta manera sea más sencillo su mantenimiento.
- Fomentar este tipo de investigaciones a mas regiones del país ya que constituye un logro personal haber influido sobre el propietario de la Distribuidora JL, ha realizar una inversión que pueda salir fuera de presupuesto, que mejore el ambiente en donde se desarrollan los comuenros de San Gabriel.

VII. LITERATURA CITADA

1. AINIA, A. 2005. Manual de buenas prácticas medio ambientales. Guías Tecnológicas relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. 1a ed. Quito, Ecuador. Edit. Agroalimentar. pp. 12 - 19.
2. ÁNGULO, A. 1997. Guía Empresarial del Medio Ambiente, Comisión Relocalización y Reconversión de la Pequeña y Mediana Empresa. 1a ed. Barcelona, España. pp. 30 – 43.
3. BAIRD, C. 2005. Calidad microbiológica y fisicoquímica del yogurt sin marca comercial en San Cristóbal. 1a ed. Táchira, Venezuela. Edit Departamento de Ingeniería de Producción Animal. pp. 12 – 34.
4. BUSTOS, F. 2005. Manual de Gestión y Control Ambiental. 2a. Ed. Guayaquil, Ecuador, Edit R.N. Industria Gráfica. pp. 113-115.
5. CORDERO, M. 2004. Gestión Ambiental Camino al Desarrollo Sostenible. 1a ed. Sancrema, Costa Rica. Edit. Universidad Estatal a distancia., pp.107.
6. DÍAZ, B. 1987. Tratamiento de agua y aguas residuales. 2a ed. La Habana, Cuba. Edit. ISPJAE.
7. DUBACH, J. 1988. El ABC Para la Quesería Rural de los Andes. 1a ed. Quito, Ecuador. Edit. Ruiral. 1988.
8. ECUADOR, CENTRO ECUATORIANO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. 2005.
9. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. 2002. Decreto ejecutivo 3253. Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Ecuador.

10. ECUADOR, MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. 2002. Decreto ejecutivo 3253. Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Quito, Ecuador.
11. HYGINOV, C. 2001. Guía para la elaboración de un plan de limpieza y desinfección. Lima, Perú. Edit Acribia. pp. 56 -59.
12. <http://www.html.rincondelvago.com>. (2012). Ankley, G. Agua definición e importancia.
13. <http://www.wikipediacontaminantes.com>.(2012). Bonet, R. Remoción de sólidos de las aguas negras provenientes de las industrias.
14. <http://wwwcontaminaciongua.com>. (2012). Buljan, J. Propiedades físico químicas más notables del agua.
15. <http://wwwrincondelvagoalgas.com>. (2012). Córdova, R. Punto de ebullición del agua.
16. [http:// www.cilecuador.org.com](http://www.cilecuador.org.com).2012. Echeverría, M. Gestión Ambiental de la industria.
17. <http://wwwes.wikipedia.org>. (2012). Kato, E. Parámetros de calidad del agua residual.
18. <http://wwwarturobola.tripod.com/color.htm>. (2012). Ramírez, P. Efectos de una alta turbidez en el agua residual.
19. <http://www.jmarcano.com>. (2012). Roberts, H. Parámetros biológicos de la calidad del agua.
20. <http://www.hidritec.com/doc-parametros2.htm>.(2012). Robinson, G. Presencia de organismos acuáticos no habituales en el agua.

21. <http://www.arturobola.tripod.com/dureza.htm>. (2012). Rosa, D. Parámetros físico del agua residual.
22. <http://www.Tecnun.es/assignaturas/EcologiaHiperttm>.(2012). Fair, G. Estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
23. <http://www.usaid.gov/normasaguasresiduales.pdf>. (2012). Fernández, J. Estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
24. <http://www.monografias.com>. (2012). Feachem, R. Principales contaminantes de las aguas.
25. <http://www.peperodriguez.com>. (2012). Kirkwood, R. Contaminación del agua por policloruro de vinilo.
26. <http://www.epa.sa.gov.au.com>. (2012). Limaneri, P. Fabricación de rejillas para atrapar sólidos gruesos.
27. <http://www.ambiente.gov>. (2012). Longley, A. Estudio de una planta de tratamiento de aguas negras.
28. <http://www.wikipedia.aguasnegras.com>. (2012). MeJunkin, E. Clasificación de las aguas contaminadas.
29. <http://www.es.wikipedia.org/wiki>. (2012). O'Neill, P. Legislación sobre vertidos de aguas residuales.
30. <http://www.monografias.com>. (2012). Palange, R. Tratamiento de las aguas negras.
31. <http://www.piscinasagua.com>. (2012). Pettygrove, G. Tratamiento preliminar o primario de las aguas negras.

32. <http://wwwcontaminacioagua.com>. (2012). Pepper, I. Tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea.
33. <http://wwwcontainacionlecheraa.com>. (2012). Tapia, F. Tratamiento de las aguas residuales con remoción de sólidos.
34. <http://wwwarturobola.tripod.com>. (2012). Torsteing, A. Los tyanques de sedimentación de acción ecológica.
35. <http://www.sagan-geahojared.org>. (2012). Vivas, G. Parámetros químicos de la calidad del agua.
36. <http://wwwes.wikipedia.org/wiki>. (2012). Zamora, S. Sedimentación de los sólidos que contaminan las aguas.
37. <http://wwwaguasnegras.com>.(2012). Zavala, G. La contaminación de un río por material graso.
38. OMIL F. 1996. Alternativas de tratamiento y recuperación de compuestos proteicos de los efluentes residuales del sector lácteo. Barcelona, España. Edit. Alimentación, Equipos, Tecnología. pp. 25 – 56.
39. LA AGENCIA DE PROTECCIÓN DEL AMBIENTE, EPA. 2000. Único de Legislación Secundaria TULAS. Norma oficial NOM-002- ECOL-(1996).
40. MARRIOT, G. 2009. Principios de sanidad alimentaria. 2a ed. New York, Estados Unidos Edit. Nostrand Reinhold. pp. 78 – 96.
41. METCALF, F. 1991. Ingeniería de aguas residuales. 1a ed. Washington, Estados Unidos. Edit. Mc Graw Hill. pp. 75 -79.
42. MORRIS, L. 1996. Ponencias de contaminación ambiental. 2a ed. Barcelona, España. Edit. Técnicos Asociados S.A. pp. 32 -56

43. PRANDO, R. 2006. Manual Gestión de la Calidad Ambiental. Guatemala, Piedra Santa, pp.18, 131.
44. PUIG, J. 1999. Ingeniería, Autocontrol y Auditoría de la Higiene en la Industria Alimentaria. Chihuahua, México. Edit. Mundi-Prensa. pp. 63 – 65.
45. ROMERO, P. 2002. Contaminación y Medio Ambiente. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPN.
46. RÜEGG, M. 2005. Taller de Capacitación para microempresarios rurales “Tecnologías Básicas de Aprovecha Miento de la Leche en el Área Rural”. Quito, Ecuador. Edit Centro Nacional de Ciencia y Tecnología. pp. 56 - 59.
47. SANTELEISIS, M. 1999. Procesos Industriales, su administración y operación. 1a ed. México, México D.F. Edit. AEDOS. pp. 79 – 86.

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos del análisis de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

| Etapas | Muestras | pH | Color | Grasas y | | | DQO | DBO | S. suspension | disueltos | S. Sedimentables | Totales |
|---------|----------|------|---------|-----------------|---------|--------|--------|--------|---------------|-----------|------------------|---------|
| | | | | Conductibilidad | aceites | | | | | | | |
| Antes | 1 | 6,18 | 1000,00 | 31,40 | 48,00 | 97,00 | 48,00 | 53,70 | 19,50 | 100,00 | | |
| Antes | 2 | 5,94 | 2450,00 | 127,60 | 7,00 | 284,00 | 165,00 | 320,00 | 79,10 | 700,00 | 1099,10 | |
| Antes | 3 | 6,20 | 800,00 | 30,00 | 24,00 | 102,00 | 44,00 | 80,40 | 18,60 | 200,00 | 299,00 | |
| Antes | 4 | 5,78 | 950,00 | 86,20 | 31,00 | 90,20 | 59,00 | 40,00 | 53,40 | 100,00 | 193,40 | |
| Antes | 5 | 5,27 | 1000,00 | 31,40 | 35,00 | 101,00 | 67,00 | 75,10 | 19,45 | 100,00 | 194,55 | |
| Antes | 6 | 5,33 | 1000,00 | 38,20 | 21,00 | 96,00 | 77,00 | 40,00 | 23,70 | 100,00 | 163,70 | |
| Antes | 7 | 6,22 | 1100,00 | 31,20 | 47,00 | 95,00 | 48,00 | 53,89 | 19,20 | 110,00 | 183,09 | |
| Antes | 8 | 5,95 | 2410,00 | 127,41 | 9,00 | 285,00 | 160,90 | 319,00 | 78,92 | 680,00 | 1077,92 | |
| Antes | 9 | 6,28 | 850,00 | 31,00 | 22,00 | 112,00 | 49,00 | 80,61 | 18,40 | 220,00 | 319,01 | |
| Antes | 10 | 5,71 | 910,00 | 85,19 | 30,00 | 92,50 | 75,28 | 42,00 | 54,80 | 110,00 | 206,80 | |
| Antes | 11 | 5,24 | 1005,00 | 32,50 | 34,00 | 102,00 | 63,00 | 73,50 | 19,81 | 120,00 | 213,31 | |
| Antes | 12 | 5,36 | 994,00 | 37,96 | 22,00 | 97,00 | 79,00 | 39,00 | 23,91 | 90,00 | 152,91 | |
| Antes | 13 | 6,83 | 1200,00 | 31,78 | 41,00 | 99,00 | 50,00 | 59,70 | 19,96 | 119,00 | 198,66 | |
| Antes | 14 | 5,65 | 2470,00 | 126,41 | 19,00 | 281,00 | 164,00 | 328,00 | 79,10 | 789,00 | 1196,10 | |
| Antes | 15 | 6,78 | 810,00 | 35,50 | 27,00 | 109,00 | 46,00 | 86,40 | 18,60 | 229,00 | 334,00 | |
| Antes | 16 | 5,41 | 940,00 | 84,19 | 35,00 | 99,20 | 72,00 | 49,00 | 53,40 | 128,00 | 230,40 | |
| Antes | 17 | 5,94 | 1009,00 | 32,91 | 38,00 | 108,00 | 63,00 | 76,10 | 19,45 | 131,00 | 226,55 | |
| Antes | 18 | 5,16 | 984,00 | 36,79 | 28,00 | 99,00 | 79,00 | 41,00 | 23,70 | 115,00 | 179,70 | |
| Despues | 1 | 6,70 | 400,00 | 12,56 | 19,20 | 38,80 | 19,20 | 21,48 | 19,50 | 40,00 | 80,98 | |
| Despues | 2 | 6,20 | 980,00 | 51,04 | 4,80 | 113,60 | 66,00 | 97,00 | 79,10 | 80,00 | 256,10 | |
| Despues | 3 | 6,90 | 320,00 | 12,00 | 9,60 | 40,80 | 17,60 | 32,16 | 18,60 | 80,00 | 130,76 | |
| Despues | 4 | 6,30 | 380,00 | 34,48 | 12,40 | 36,08 | 23,60 | 16,00 | 53,40 | 50,00 | 119,40 | |
| Despues | 5 | 6,60 | 400,00 | 12,56 | 14,00 | 40,40 | 26,80 | 30,04 | 19,45 | 45,00 | 94,49 | |
| Despues | 6 | 6,40 | 400,00 | 15,28 | 9,40 | 38,40 | 30,80 | 16,00 | 23,70 | 40,00 | 79,70 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---------|----|------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Despues | 7 | 6,80 | 440,00 | 12,48 | 18,80 | 38,00 | 19,20 | 21,56 | 7,68 | 44,00 | 73,24 |
| Despues | 8 | 6,30 | 964,00 | 50,96 | 6,60 | 114,00 | 64,36 | 127,60 | 31,57 | 272,00 | 431,17 |
| Despues | 9 | 6,90 | 340,00 | 12,40 | 8,80 | 44,80 | 19,60 | 32,24 | 7,36 | 88,00 | 127,60 |
| Despues | 10 | 6,70 | 364,00 | 34,08 | 12,00 | 37,00 | 30,11 | 16,80 | 21,92 | 44,00 | 82,72 |
| Despues | 11 | 6,90 | 402,00 | 13,00 | 13,60 | 40,80 | 25,20 | 29,40 | 7,92 | 48,00 | 85,32 |
| Despues | 12 | 7,10 | 397,60 | 15,18 | 10,80 | 38,80 | 31,60 | 15,60 | 9,56 | 36,00 | 61,16 |
| Despues | 13 | 7,00 | 480,00 | 12,71 | 16,40 | 39,60 | 20,00 | 23,88 | 7,98 | 47,60 | 79,46 |
| Despues | 14 | 7,10 | 988,00 | 50,56 | 7,60 | 112,40 | 65,60 | 131,20 | 31,64 | 315,60 | 478,44 |
| Despues | 15 | 6,40 | 324,00 | 14,20 | 10,80 | 43,60 | 18,40 | 34,56 | 7,44 | 91,60 | 133,60 |
| Despues | 16 | 6,85 | 376,00 | 33,68 | 14,00 | 39,68 | 28,80 | 19,60 | 21,36 | 51,20 | 92,16 |
| Despues | 17 | 6,97 | 403,60 | 13,16 | 15,20 | 43,20 | 25,20 | 30,44 | 7,78 | 52,40 | 90,62 |
| Despues | 18 | 6,41 | 393,60 | 14,72 | 11,20 | 39,60 | 31,60 | 16,40 | 9,48 | 46,00 | 71,88 |

Anexo 2. pH de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|---------|----------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 12,34 | | | | |
| Etapas | 1 | 6,50 | 6,50 | 37,88 | 4,13 | 7,44 ** |
| Error | 34 | 5,84 | 0,17 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|-------|-------|
| Antes | 5,85 | b |
| Después | 6,70 | a |

Prueba de t'Student

| | antes | después |
|-------------------------------------|-------|---------|
| Media | 5,85 | 6,70 |
| Varianza | 0,26 | 0,09 |
| Observaciones | 18,00 | 18,00 |
| Varianza agrupada | 0,17 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,00 | |
| Grados de libertad | 34,00 | |
| Estadístico t | -6,15 | |
| P(T<=t) una cola | 0,00 | ** |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,69 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,00 | ** |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,03 | |

Anexo 3. Color de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|-------------|------------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 11258096,04 | | | | |
| Etapas | 1 | 4788219,24 | 4788219,24 | 25,16 | 4,13 | 7,44 ** |
| Error | 34 | 6469876,80 | 190290,49 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|---------|-------|
| Antes | 1215,67 | a |
| Después | 486,27 | a |

Prueba de t'Student

| | antes | después |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Media | 1215,66667 | 486,26667 |
| Varianza | 328087,059 | 52493,9294 |
| Observaciones | 18 | 18 |
| Varianza agrupada | 190290,494 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 34 | |
| Estadístico t | 5,01624185 | |
| P(T<=t) una cola | 8,1826E-06 | ** |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 | |
| P(T<=t) dos colas | 1,6365E-05 | ** |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 | |

Anexo 4. Contenido de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|---------|----------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 4999,00 | | | | |
| Etapas | 1 | 2546,88 | 2546,88 | 35,31 | 4,13 | 7,44 ** |
| Error | 34 | 2452,12 | 72,12 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|-------|-------|
| Antes | 28,78 | a |
| Después | 11,96 | b |

Prueba de t'Student

| | antes | después |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Media | Media | 28,7777778 |
| Varianza | Varianza | 128,653595 |
| Observaciones | Observaciones | 18 |
| Varianza agrupada | Varianza agrupada | 72,1210458 |
| Diferencia hipotética de las medias | Diferencia hipotética de las medias | 0 |
| Grados de libertad | Grados de libertad | 34 |
| Estadístico t | Estadístico t | 5,94256051 |
| P(T<=t) una cola | P(T<=t) una cola | 5,1125E-07 |
| Valor crítico de t (una cola) | Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 |
| P(T<=t) dos colas | P(T<=t) dos colas | 1,0225E-06 |
| Valor crítico de t (dos colas) | Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 |

Anexo 5. DQO de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|-----------|----------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 153327,33 | | | | |
| Etapas | 1 | 55173,31 | 55173,31 | 19,11 | 4,13 | 7,44 ** |
| Error | 34 | 98154,01 | 2886,88 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|--------|-------|
| Antes | 130,49 | a |
| Después | 52,20 | b |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>después</i> |
|-------------------------------------|---------------|----------------|
| Media | 130,494444 | 52,1977778 |
| Varianza | 4977,38408 | 796,381454 |
| Observaciones | 18 | 18 |
| Varianza agrupada | 2886,88277 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 34 | |
| Estadístico t | 4,37169599 | |
| P(T<=t) una cola | 5,5135E-05 ** | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,00011027 ** | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 | |

Anexo 6. DBO de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|---------|----------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 12,34 | | | | |
| Etapas | 1 | 6,50 | 6,50 | 37,88 | 4,13 | 7,44 ** |
| Error | 34 | 5,84 | 0,17 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|-------|-------|
| Antes | 78,29 | a |
| Después | 31,32 | b |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>despues</i> |
|-------------------------------------|---------------|----------------|
| Media | 78,2877778 | 31,3151111 |
| Varianza | 1671,72457 | 267,475931 |
| Observaciones | 18 | 18 |
| Varianza agrupada | 969,600251 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 34 | |
| Estadístico t | 4,52553691 | |
| P(T<=t) una cola | 3,5096E-05 ** | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 | |
| P(T<=t) dos colas | 7,0193E-05 ** | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 | |

Anexo 7. Sólidos en suspensión de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|-----------|----------|--------|------|--------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 237599,31 | | | | |
| Etapas | 1 | 36445,36 | 36445,36 | 6,16 | 4,13 | 7,44 * |
| Error | 34 | 201153,96 | 5916,29 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|--------|-------|
| Antes | 103,19 | a |
| Después | 39,55 | b |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>después</i> |
|-------------------------------------|--------------|----------------|
| Media | 103,188889 | 39,5533333 |
| Varianza | 10427,1431 | 1405,44263 |
| Observaciones | 18 | 18 |
| Varianza agrupada | 5916,29284 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 34 | |
| Estadístico t | 2,48196849 | |
| P(T<=t) una cola | 0,0090832 | ** |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,01816639 | * |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 | |

Anexo 8. Sólidos disueltos de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | |
|--------|----|----------|----------|--------|------|---------|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 |
| Total | 35 | 17335,06 | | | | |
| Etapas | 1 | 1842,56 | 1842,56 | 4,04 | 4,13 | 7,44 ns |
| Error | 34 | 15492,50 | 455,66 | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|-------|-------|
| Antes | 35,72 | a |
| Después | 21,41 | a |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>después</i> |
|-------------------------------------|---------------|----------------|
| Media | 35,722 | 21,4139 |
| Varianza | 558,8610 | 352,48 |
| Observaciones | 18 | 18 |
| Varianza agrupada | 455,661767 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 34 | |
| Estadístico t | 2,01089321 | |
| P(T<=t) una cola | 0,02616012 * | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,6909242 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,05232024 ns | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,0322445 | |

Anexo 9. Sólidos sedimentables de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | | |
|--------|----|------------|-----------|--------|------|------|---|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 | |
| Total | 35 | 1215887,72 | | | | | |
| Etapas | 1 | 197965,67 | 197965,67 | 6,61 | 4,13 | 7,44 | * |
| Error | 34 | 1017922,05 | 29938,88 | | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|--------|-------|
| Antes | 230,06 | a |
| Después | 81,74 | b |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>después</i> |
|-------------------------------------|--------------|----------------|
| Media | 230,06 | 81,74 |
| Varianza | 53572,53 | 6305,24 |
| Observaciones | 18,00 | 18,00 |
| Varianza agrupada | 29938,88 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,00 | |
| Grados de libertad | 34,00 | |
| Estadístico t | 2,57 | |
| P(T<=t) una cola | 0,01 | ** |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,69 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,01 | * |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,03 | |

Anexo 10. Sólidos totales de grasa de las aguas negras antes y después de la implementación de un sistema de tratamiento con tanques de sedimentación de acción ecológica.

Análisis de varianza

| F. Var | gl | S. Cuad | C. Medio | Fisher | | | |
|--------|----|------------|-----------|--------|------|------|---|
| | | | | Cal | 0,05 | 0,01 | |
| Total | 35 | 2914697,57 | | | | | |
| Etapas | 1 | 422367,84 | 422367,84 | 5,76 | 4,13 | 7,44 | * |
| Error | 34 | 2492329,73 | 73303,82 | | | | |

Separación de medias según Tukey al 5 %

| Etapas | Media | Rango |
|---------|--------|-------|
| Antes | 380,48 | a |
| Después | 142,71 | b |

Prueba de t'Student

| | <i>antes</i> | <i>después</i> |
|-------------------------------------|--------------|----------------|
| Media | 368,97 | 142,71 |
| Varianza | 123896,69 | 14855,13 |
| Observaciones | 18,00 | 18,00 |
| Varianza agrupada | 69375,91 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,00 | |
| Grados de libertad | 34,00 | |
| Estadístico t | 2,58 | |
| P(T<=t) una cola | 0,01 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,69 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,01 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,03 | |