



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis previa la obtención del
Grado Académico de Magíster
en Desarrollo y Medio
Ambiente.

TEMA:

**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PALENQUE EN EL TRAMO
ABARCADO POR LAS HACIENDAS BANANERAS DE LA
LOCALIDAD AÑO 2013. PLAN DE MANEJO SOSTENIBLE.**

AUTOR:

LCDO. JIMMY ALDRIN CEDEÑO BARZOLA

DIRECTOR:

ING. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.

QUEVEDO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

El suscrito Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D., director de la Tesis de Grado titulada “Calidad del agua del río Palenque en el tramo abarcado por las haciendas bananeras de la localidad año 2013. Plan de manejo sostenible” de autoría del Sr. Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola, certifico que ha sido revisada en todos sus componentes y autorizo su presentación ante el tribunal respectivo.

Enero de 2015

Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

La Investigación, Resultados, Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones, presentadas en la presente Tesis de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente, son de exclusiva responsabilidad del Autor.

Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola

DEDICATORIA

A las tres mujeres que comparten mi vida, quienes son la razón de mis esfuerzos y motivo de mis alegrías: Lisinia, mi amada esposa; Érika, mi retoño mayor y orgullo personal; y Kerly, la del toque especial que endulza mi existir.

A mi padre, ejemplo de honestidad, sencillez y justicia; a mi madre, modelo de tesón, y la que siempre tiene un beso y una bendición para su “hijito”, aunque ya no sea un niño.

Al Trío Dinámico: Jesús, el amigo que nunca falla, camino, verdad y vida; María, la Buena Madre, modelo de fe; y, Marcelino Champagnat, el Santo, maestro del cual he aprendido a ser docente y educador de niños y jóvenes.

Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola

AGRADECIMIENTO

Al Todopoderoso por darme la vida, sabiduría y salud para alcanzar metas cada vez más altas.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por brindarme la posibilidad de formarme y obtener este título de cuarto nivel, con el cual se abren nuevas oportunidades.

A todos los facilitadores y compañeros de la maestría, profesionales de quienes siempre aprendí, y en especial, al Ing. Agustín Leiva Pérez. Ph.D. por las orientaciones siempre valiosas y oportunas en el desarrollo de esta Tesis.

Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola

PRÓLOGO

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. El agua dulce es un recurso renovable pero la disposición de agua fresca limpia, no contaminada, está disminuyendo de manera constante.

Dada la importancia del agua para todos los seres vivos, y debido al aumento de la demanda de ella por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está obligado a proteger este recurso y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes del preciado líquido. El equilibrio del agua dentro de un agroecosistema es afectado en muchas ocasiones por la mala práctica agrícola.

En el cantón Palenque provincia de Los Ríos, los residuos líquidos de la producción bananera, van a parar al río, afectando la calidad de vida de quienes hacen uso de este recurso. El modelado ICAGUA MODIFICADO, aplicado en esta investigación, arrojó un índice por debajo de 0,60 notándose el deterioro de la calidad del agua del río.

Bajo esta perspectiva, la presente investigación tiene como objetivo principal presentar un plan de manejo sostenible en base a la construcción de pequeñas plantas de tratamiento, consistente en procesos de filtración con arena e intercambio iónico con zeolita. El estudio involucra a toda la comunidad.

Me complace escribir estas líneas para felicitar al autor, un amigo de muchos años, que entrega hoy un proyecto positivo, para la conservación del líquido vital en uno de los cantones de nuestra provincia, agrícola por excelencia.

Ing. José Vásques Morán, M.Sc.
CI 0906217989
DOCENTE UTEQ.

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio titulado, “Calidad del agua del río Palenque en el tramo abarcado por las haciendas bananeras de la localidad año 2013. Plan de manejo sostenible”, trata sobre el problema de la contaminación de las descargas de las aguas residuales de los procesos de beneficio del banano, que se realiza a lo largo de las riberas del río Palenque, provincia Los Ríos, en un tramo de aproximadamente 25 km, por siete haciendas bananeras de importancia en el área. Como hipótesis se consideró que las formas de disposición de los residuos líquidos de la producción bananera, en el río Palenque, afecta la calidad del recurso hídrico de la localidad. Los principales resultados demostraron que Las formas de disposición de los residuos líquidos del beneficio del banano en las haciendas bajo estudio no son satisfactorias, siendo inexistentes en la mayoría de ellas. En general cuentan con pozos sépticos, que no cumplen con la función para los que fueron diseñados y construidos y, en la época invernal, incluso, rebosan, movilizándose las aguas que contienen por escurrimiento, hacia el río. El modelo ICAGUA MODIFICADO aplicado rindió resultados correspondientes a Niveles de Calidad del agua medios, por debajo de 0,60. El deterioro de la calidad ambiental de las aguas del río, según este indicador y los seis parámetros monitoreados, fue del 23%; cuando se comparan los valores obtenidos aguas arriba y debajo de los puntos de impacto. La percepción ciudadana acerca de la calidad del agua del río Palenque, en lo que tiene que ver con la producción de las haciendas bananeras no es satisfactoria. Es decir, que la hipótesis anteriormente planteada fue aceptada con un elevado nivel de confianza, caracterizándose la afectación por una negatividad significativa. Se elaboró una propuesta de Plan de Manejo Ambiental dirigida a los procesos de las haciendas bananeras, que propicie, al aplicarse, la reducción de la agresividad que ejercen sobre las aguas del río Palenque.

SUMMARY

The study entitled, "Water quality of the Palenque river fence in the tract embraced by the banana plantations of the town in 2013. Plan of sustainable handling", tries on the about contamination power of the benefit processes for the banana residual waters cause along the riversides of the river, county Los Ríos, in a tract of approximately 25 km, for seven banana country properties of importance in the area. As hypothesis it was considered that the forms of disposition of the liquid residuals from the banana production, in the river, affect the quality of the hydric resource. The main results demonstrated that The forms of disposition of the liquid residuals of the benefit of the banana tree in the country properties under study are not satisfactory, being nonexistent in most of them. In general they have septic wells that don't fulfill the function for those that were designed and built and, in the winter time, even, they overflow, being mobilized the waters that contain for glide, toward the river. The pattern applied MODIFIED ICAGUA surrendered results corresponding to Levels of Quality of the water means, below 0,60. The deterioration of the environmental quality of the river, according to this indicator and the six parameters investigated, was about 23%; when the values obtained waters are compared up and under the impact points. The citizen perception on the river water quality, in according to the banana production for all studied farms is not satisfactory. That is to say that the previously outlined hypothesis was accepted with a high level of trust, being characterized the affectation by a significant negative account. A proposal on a Plan of Environmental Handling was elaborated directed to the processes of the banana country properties that it propitiates, when being applied, the reduction of the aggressiveness that the wastewaters exercise on the Palenque river waters.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA.....	i
HOJA EN BLANCO.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORÍA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
PRÓLOGO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
SUMMARY.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN...	1
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	4
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7. OBJETIVOS.....	7
1.7.1. General.....	7
1.7.2. Específicos.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	9
2.1.1. Proceso de regeneración del agua.....	9
2.1.2. Definiciones importantes.....	11
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	14
2.2.1. Contaminación causada por la producción bananera.....	14
2.2.1.1. Adición de fertilizantes inorgánicos.....	14
2.2.1.2. Contaminación del agua.....	15
2.2.2. Datos descriptivos del río Palenque.....	18
2.2.2.1. Principales fuentes de contaminación del agua.....	18
2.2.2.2. El control de la contaminación a pequeña escala.....	20

2.2.3. Modelo de calidad del agua.....	21
2.2.3.1. Generalidades.....	21
2.2.3.2. Modelo ICAGUA modificado.....	22
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	27
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador del 2008.....	27
2.3.2. Ley de Aguas en Ecuador de mayo del 2004.....	28
2.3.3. Ley de Gestión Ambiental.....	29
2.3.4. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).....	30
2.3.5. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua.....	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1. Métodos.....	37
3.1.2. Técnicas.....	38
3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	38
3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA.....	40
3.4.1. Población y muestra.....	40
3.4.2. Entrevista.....	41
3.4.3. Observación directa.....	42
3.4.4. Procedimiento.....	42
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	43
3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	43
3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN	44
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	45
4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS.....	46
4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS.....	46
4.2.1. Variable independiente.....	46
4.2.2. Variable dependiente.....	46
4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS.....	46
4.3.1. Variable independiente: Formas de disposición de los residuos líquidos de la producción bananera.....	46

4.3.1.1. Calidad ambiental del recurso hídrico.....	48
a) Análisis de laboratorio de las muestras de agua del río.....	48
b) Aguas arriba de los siete puntos de impacto.....	49
c) Aguas abajo de los siete puntos de impacto.....	55
4.3.2. Variable dependiente: Calidad ambiental del recurso hídrico	56
4.3.2.1. Cálculo del indicador Índice de Calidad del Agua (ICAGUA)	56
4.3.2.2. Percepción ciudadana sobre la calidad del agua del río Palenque.....	58
4.3.3. Comprobación / disprobación de la hipótesis.....	70
4.3.3.1. Pruebas para las medias del pH aguas arriba y debajo de los impactos.....	71
4.3.3.2. Prueba para las medias del Oxígeno Disuelto aguas arriba y debajo de los impactos.....	72
4.3.3.3. Prueba para las medias de la Conductividad Eléctrica aguas arriba y debajo de los impactos.....	73
4.3.3.4. Prueba para las medias de la Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y debajo de los impactos.....	74
4.3.3.5. Prueba para las medias de las grasas y aceites aguas arriba y debajo de los impactos.....	75
4.3.3.6. Prueba para las medias de los plaguicidas totales aguas arriba y debajo de los impactos.....	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. CONCLUSIONES.....	78
5.2. RECOMENDACIONES.....	78
CAPÍTULO VI. PROPUESTA ALTERNATIVA.....	80
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	81
6.2. JUSTIFICACIÓN.....	81
6.3. FUNDAMENTACIÓN.....	81
6.4. OBJETIVOS.....	84
6.4.1. Objetivo general.....	84
6.4.2. Objetivos específicos.....	84
6.5. IMPORTANCIA.....	85
6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA.....	85
6.7. FACTIBILIDAD.....	86
6.8. PLAN DE TRABAJO.....	86
6.9. ACTIVIDADES.....	89
6.9.1. Diseño de un filtro de arena con capacidad de 100 m ³ /d.....	89
6.9.1.1 Operación – Esquema.....	89

6.9.1.2. Características del diseño.....	91
6.9.2. Diseño de una columna intercambiadora de iones con zeolita	91
6.10. RECURSOS.....	94
6.11. IMPACTO.....	94
6.12. EVALUACIÓN.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.....	98
Anexo 1 Provincia de Los Ríos destacando el cantón Palenque...	99
Anexo 2 Guía de observación directa.....	100
Anexo 3 Cuestionario de entrevista dirigida a los representantes de las familias de la localidad.....	101
Anexo 4 Nombres de las haciendas, propietarios y distancia aproximada desde la ciudad de Palenque.....	105
Anexo 5 Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.....	106
Anexo 6 Reportes de análisis de laboratorio.....	108
Anexo 7 Informe de herramienta antiplagio URKUND.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

DESCRIPCIÓN	Pág.
Tabla 2.1. Datos descriptivos del del río Palenque.....	18
Tabla 2.2. Datos para el cálculo del ICAGUA MODIFICADO.....	24
Tabla 4.1. Evaluación del sistema de disposición de los residuos líquidos de la producción en las siete haciendas bananeras de la localidad bajo estudio.	47
Tabla 4.2. Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua del río Palenque aguas arriba y debajo de los puntos de impacto.	50
Tabla 4.3. Porcentajes de variación de los valores o concentraciones de los parámetros aguas arriba y debajo de los puntos de impacto.	55
Tabla 4.4. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Dolores”.....	58
Tabla 4.5. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Loresa”.	60
Tabla 4.6. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “San Miguel”.	61
Tabla 4.7. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Faustina”.	63
Tabla 4.8. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “El Triunfo”.	64
Tabla 4.9. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Soledad”.....	66
Tabla 4.10. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Las Ánimas”.....	67
Tabla 4.11. Evaluación de la calidad de las aguas del río Palenque en relación con las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad.	69
Tabla 6.1. Plan de trabajo para la implementación de la Propuesta	87
Tabla 6.2. Principales tipos de zeolitas naturales.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN	Pág.
Figura 2.1. Variación de los niveles de algunos parámetros químicos y especies biológicas con la distancia aguas abajo del punto de vertido.....	10
Figura 3.1. Árbol del problema indicativo de la construcción metodológica del objeto de investigación.....	39
Figura 4.1. Evaluación del sistema de disposición de los residuos líquidos	47
Figura 4.2.A. Resultados de los análisis de laboratorio (pH, O.D. y DQO) aguas arriba y abajo del impacto.....	51
Figura 4.2.B. Resultados de los análisis de laboratorio (C.E.) aguas arriba y abajo del impacto.....	52
Figura 4.2.C. Resultados de los análisis de laboratorio (Grasas y aceites, plaguicidas) aguas arriba y abajo del impacto...	53
Figura 4.3. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Dolores”.....	59
Figura 4.4. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Loresa”.	60
Figura 4.5. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “San Miguel”.	62
Figura 4.6. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Faustina”.....	63
Figura 4.7. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “El Triunfo”.	65
Figura 4.8. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Soledad”	66
Figura 4.9. Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Las Ánimas”.	68
Figura 4.10. Evaluación de la calidad de las aguas del río Palenque en relación con las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad.	69

Figura 6.1. Esquema del proceso de filtración con arena y el correspondiente retrolavado.	89
Figura 6.2. Columna de intercambio iónico con zeolita.	90

INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para la vida, ya que sin ella simplemente no podría subsistir ningún ser vivo. No en vano, cualquier sociedad industrial usa enormes cantidades de agua para la vida diaria, algo que demuestra la importancia del planteamiento inicial.

Los recursos hídricos y la cantidad de agua potable no son ilimitados, ya que se trata de un recurso no renovable y cuya recuperación insumiría una enorme e incontable cantidad de dinero y años de trabajo, sumado a que afecta no sólo a la calidad de vida de los seres vivos, sino también a las distintas actividades socioeconómicas.

Esta es la causa principal de que la lucha contra la contaminación de los ríos sea algo de vital importancia, no sólo para la protección del propio ambiente, sino de la fauna y de la vegetación que vive en ellos. Explicado de una forma relativamente sencilla, podríamos indicar que la contaminación de los ríos vendría a consistir en la incorporación, al agua, de materiales considerados como extraños, tales como:

- Productos químicos
- Microorganismo
- Aguas residuales
- Residuos industriales y otros

Estas materias actúan perjudicando la calidad del agua, de forma que la hacen inútil para muchos de los usos que se llevan a cabo al día de hoy. Fundamentalmente, el agua se contamina debido a la actividad humana, ya que la población va creciendo cada año, necesitando más agua, más comida, más transporte, más vestimenta, más recursos y más espacio en el que vivir. Por todo ello, se produce la emisión de gases tóxicos, la contaminación por

desechos, metales y pesticidas; la descarga de desechos químicos y material radiactivos; o bien accidentes, como los derrames de petróleo.

El daño a una cuenca hídrica suele relacionarse por la evidente pérdida de la biodiversidad en el ecosistema acuático determinado, afectando a la calidad de vida de los individuos allí residentes, e inclusive precipitando la muerte masiva de los mismos, en casos de intoxicaciones agudas. Eso sin contar con algunos de los principales contaminantes de los ríos, tales como: agentes infecciosos que causan trastornos gastrointestinales; aguas residuales y otros residuos que tienden a demandar oxígeno; productos químicos y nutrientes vegetales. Estos no sólo ingresan al organismo a través de una ingesta directa de agua en mal estado, sino que también pueden incorporarse a través del consumo de peces que habitan aguas contaminadas o ante una intoxicación crónica de la sustancia dañina.

Por todo ello, se debe luchar por la protección de los ríos, y evidentemente contra la contaminación de los ríos. Es, sin ninguna duda, una obligación de todos los seres humanos.

La presente investigación se ocupó de la calidad de las aguas del río Palenque, provincia de Los Ríos, rica en el cultivo del banano con la subsecuente descarga de los residuos del beneficio de la fruta, prácticamente sin tratamiento, en el seno del referido río, atentando contra la calidad de sus aguas y por lo tanto contra la variedad de usos que a este recurso le ha dado la población aledaña desde tiempos remotos.

Como resultado del estudio, se propone como solución un plan de manejo sostenible mediante la construcción de pequeñas plantas de tratamiento, consistentes en procesos de filtración con arena e intercambio iónico con zeolita.

El primer capítulo de la tesis trata sobre el Marco Contextual del estudio, abordando aspectos como la problemática principal y derivada; los cambios

esperados con la implementación de la Propuesta; la justificación y; los objetivos general y específicos.

El segundo capítulo considera al Marco Teórico, donde fundamentan conceptual y teóricamente tanto los objetivos específicos como las variables de la investigación, abordando, previamente, los antecedentes del problema investigado.

El tercer capítulo aborda la metodología del estudio, es decir, una vez determinada la población y muestra, se plantea, principalmente, los métodos, técnicas e instrumentos de medición de las variables.

En el cuarto capítulo se presentan la hipótesis del estudio, las variables, y se exponen, analizan e interpretan los resultados obtenidos en la medición de las variables, con base en la hipótesis de investigación, realizándose, al final, la verificación de la misma.

En el quinto capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones, con base en los objetivos específicos de la investigación.

El sexto capítulo trata sobre la elaboración de la propuesta que contribuirá a la solución del problema de investigación. La misma se titula: "Plan de manejo sostenible de los residuos líquidos descargados al río Palenque por las haciendas bananeras".

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.” (Constitución del Ecuador, 2008)

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Palenque, declarado cantón en el año 1990 en el gobierno de Rodrigo Borja, perteneciente a la provincia Los Ríos, se localiza a 10 km aproximadamente de la ciudad de Vinces (ver Figura en Anexo 1), tiene los siguientes límites:

Al Norte – Este con el cantón Mocache.

Al Sur – Este con el cantón Vinces.

Al Este con los cantones Vinces y Mocache.

Al Oeste con la provincia de Guayas.

Prácticamente es un territorio rectangular donde la cabecera cantonal queda al Sur. Desde ésta a los recintos más al Norte hay aproximadamente 50 km. Está enclavada entre el río Palenque, de gran caudal, que viene de Norte a Sur por el este y el río Macul, más pequeño, por el Oeste. Hay ramificaciones de estos ríos que en el verano se convierten en “pozas”. El clima es tropical produciéndose grandes lluvias desde diciembre o enero hasta mayo que es cuando se siembra. Palenque es un territorio casi exclusivamente agrícola. La mayoría está cultivada por campesinos que siembran arroz y maíz y un pequeño complemento para la alimentación familiar como fréjol, yuca y otros productos; lo completan con pequeñas plantaciones de cacao o café. Asimismo existen grandes haciendas bananeras que dependen del río Palenque para la disposición de los desechos del beneficio del banano y, a donde escurren o provienen de la infiltración, corrientes de aguas contaminadas por los insumos de la agricultura (plaguicidas y fertilizantes inorgánicos).¹

En los lugares de “pozas” tras la bajada del nivel de las aguas se siembra arroz a partir de junio hasta septiembre. La herramienta única es el machete. La propiedad por campesino es pequeña, con un promedio de dos

¹ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN PALENQUE. (2006). Informe al Concejo “Principales características productivas en la microcuenca del río Palenque”. Palenque, Los Ríos Ecuador.

hectáreas; algunos son exclusivamente jornaleros. Otra es ocupada por las haciendas con pasto para vacas y caballos. Hay también plantaciones de guineo para la exportación. Viven en la parte superior de pequeñas casas levantadas sobre pilares de madera o de cemento. Tienen una pequeña cocina, una sala y una habitación común donde las camas están protegidas de toldos para los mosquitos. Muchas de ellas no superan los 50 m². No hay núcleos de población sino que cada vivienda está en la propiedad. Lo que une a los moradores es la escuela. El promedio de la familia son 6 personas: los padres y cuatro hijos.²

La totalidad de los campesinos bebe el agua de los pozos, es decir, no hay entubada. Una tercera parte tampoco tiene energía eléctrica. Hay cinco kilómetros de carretera asfaltada. El resto es lastrado o simplemente tierra que en invierno se hace intransitable.

Desde el punto de vista social se puede comentar que la ciudad de Palenque está conformada por un centro urbano, donde hay cinco barrios, y 92 recintos rurales. En total hay 22 320 habitantes. En el centro urbano viven 6348 habitantes, el 28 %. En el sector rural habitan 15 972 habitantes, el 72%. Esta población no forma núcleos humanos, sino que está dispersa, ocupando las tierras de labor y su tasa de crecimiento anual es aproximadamente 0,36 %. (INEC)¹

El cantón Palenque consta entre los 100 cantones más pobres del país, con una incidencia de pobreza del 92% y de pobreza extrema del 67%. Todo esto agravado por el deterioro progresivo de los precios de los productos agrícolas, siempre en contra de los campesinos. El 67% de las familias no tienen tierra propia y del 66% de las familias que tienen tierra propia no superan las 9 cuadras. (INEC)¹

² INEC. (2011). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Quito, Ecuador.

En cuanto a la educación estos son algunos de los datos: el 12% de los niños de 5 a 12 años no está escolarizado. El 64 % de los niños en primaria están atrasados respecto de su respectivo grado escolar. El 9% de los adolescentes de 12 a 18 años son analfabetos. El 75 % de adolescentes de 12 a 18 años no han terminado la primaria. El 46% de los adolescentes de 12 a 18 años que termina la primaria no continúan con la secundaria. El 29% de los jóvenes entre 19 y 25 años son analfabetos. El 71% de los jóvenes entre 19 y 25 años que terminan primaria no estudian Secundaria. El analfabetismo total es de 18,1 % (INEC)¹

Hay tres situaciones que inciden en la vida familiar: la pobreza, la desestructuración familiar y el analfabetismo. Estas situaciones tienen una gran relación e interdependencia. La mujer es el colectivo más golpeado por estas situaciones.³

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

La problemática a investigar puede ser resumida considerando que, a través del cantón Palenque corre el río del mismo nombre, con el cual interactúan siete haciendas bananeras, que disponen los residuos de las operaciones de beneficio del banano en el río. En el Anexo 4 se presentan los nombres, propietarios y distancia aproximada desde la ciudad de Palenque, de cada una de las siete empresas bananeras que impactan al río Palenque, en un tramo aproximado de 25 km.⁴ Esto debe constituirse en el principal causante del deterioro de la calidad del agua, causando, entre otros problemas, los siguientes:

- Efectos negativos en los suelos y cosechas al emplearla para regadío.

³ HINKELAMMERT, F. (1995). *Cultura de la Esperanza y Sociedad sin Exclusión*. San José de Costa Rica. DEI.

⁴BUSTAMANTE, E. (2011). *Comunicación Privada*. Concejal del cantón Palenque, Los Ríos, Ecuador.

- Inhabilitación del agua del río para determinados usos recreacionales como la práctica de deportes acuáticos en que el agua entre en contacto con la piel del turista.
- Reducción de los niveles de pesca comercial de sobrevivencia y deportiva.
- Deterioro de la calidad paisajística por la afectación negativa de la flora y fauna de las riberas del río.
- En general se produce el deterioro de la calidad de vida de la población que de una u otra manera se encuentra asociada al sistema hídrico bajo estudio.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La siguiente interrogante generaliza la estructuración y sistematización de la problemática de investigación, es decir, constituye su formulación, involucrando la dependencia entre las variables de investigación:

¿Cómo las haciendas bananeras inciden en la contaminación del agua del río Palenque?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Campo: Ciencia e ingeniería ambiental
 Área: Recursos Hídricos
 Aspecto: Manejo de desechos a disponer en el recurso hídrico
 Lugar: Cantón Palenque, 25 km aguas abajo en el río
 Tiempo: Tercer trimestre del año 2013

1.5. JUSTIFICACIÓN

La problemática a estudiar se justifica atendiendo a las utilidades de la misma:

- Desde el punto de vista práctico, los resultados esperados, medición de las variables en el proceso de investigación, y la propuesta a elaborar, solución al problema de investigación, beneficiarán a toda la población que habita alrededor y dentro del área bajo estudio, así como también a los recursos flora y fauna.
- Desde el ángulo metodológico, los métodos y técnicas a utilizar en la medición de las variables, pudieran ser extrapolados a otros contextos, tanto geográficos como de población.
- Teóricamente se puede considerar el hecho de que los modelos a utilizar en el estudio, serán reafirmados y, modificados y ampliados, de manera que los resultados se correspondan con mayor precisión y ajuste, a la realidad del fenómeno estudiado.

1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Con la implementación de la propuesta se propiciará una mejoría notoria en la calidad del sistema hídrico, en el que el río Palenque es su principal componente y, todo, mediante un cambio en el accionar de los empresarios asociados con el cultivo y beneficio del banano.

Asimismo, el presente estudio permitirá poseer un conjunto de datos que permita conocer la realidad del recurso hídrico bajo estudio, pudiendo predecirse los cambios en la misma, al surgir cualquier tipo de impacto en el río, de procedencia agroindustrial.

En general, al término de la realización de la investigación, quedarán:

- Identificadas las formas de disposición de los residuos del beneficio del banano.
- Determinada la calidad del agua, en cuanto a las concentraciones de los principales parámetros indicadores de la contaminación, a través del modelo ICAGUA MODIFICADO.

- Evaluada la percepción ciudadana acerca de la calidad del agua del río Palenque.
- Elaborada una propuesta de Plan de Manejo Ambiental dirigido a los procesos de las haciendas bananeras.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. General

Evaluar la calidad del agua del río Palenque en el tramo abarcado por las haciendas bananeras de la localidad.

1.7.2. Específicos

- Identificar las haciendas bananeras y sus formas de disposición de los residuos líquidos del beneficio del banano.
- Determinar la calidad del agua del río Palenque, en cuanto a las concentraciones de los principales parámetros indicadores de la contaminación, a través del modelo ICAGUA MODIFICADO y según la percepción ciudadana.
- Elaborar una propuesta alternativa para el tratamiento de los residuos líquidos de las haciendas bananeras descargados al río Palenque

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

“La naturaleza tiene derecho a la restauración... En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la Restauración...” (Constitución del Ecuador, 2008)

2.1.FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1. Proceso de regeneración del agua

Según Boluda⁵, existen procesos físicos, químicos y biológicos que controlan la evolución de los parámetros de calidad de un agua. Estos procesos son muy variados y numerosos y normalmente suelen agruparse en procesos de transporte y procesos de transformación. Con respecto a los constituyentes o componentes de un agua afectados se suele distinguir entre sustancias conservativas y no conservativas o reactivas.

Asimismo planteó que cuando se produce un vertido de agua residual en un río se puede observar variaciones de los niveles de algunos parámetros químicos y especies biológicas aguas abajo del punto de vertido. Los niveles de sólidos en suspensión y DBO son elevados en las cercanías del punto de vertido y el nivel de oxígeno desciende rápidamente. Los niveles de amonio y fosfatos son elevados en el lugar de vertido pero a medida que se descompone la materia orgánica van variando sus concentraciones y transformándose en otras especies.

Estas variaciones están relacionadas con los cambios en los micro y macroorganismos de un río. La abundancia de bacterias y hongos en las aguas residuales es elevada en las cercanías del punto de vertido y produce un impacto significativo en el nivel de oxígeno. Esta reducción de oxígeno provoca el declive de la diversidad de macroinvertebrados de aguas limpias. Las especies más tolerantes (ejemplo, gusanos tubiformes) sobreviven y predominan cerca del punto de entrada del efluente y reaparecen progresivamente formas de aguas más limpias a medida que la calidad del agua mejora río abajo.

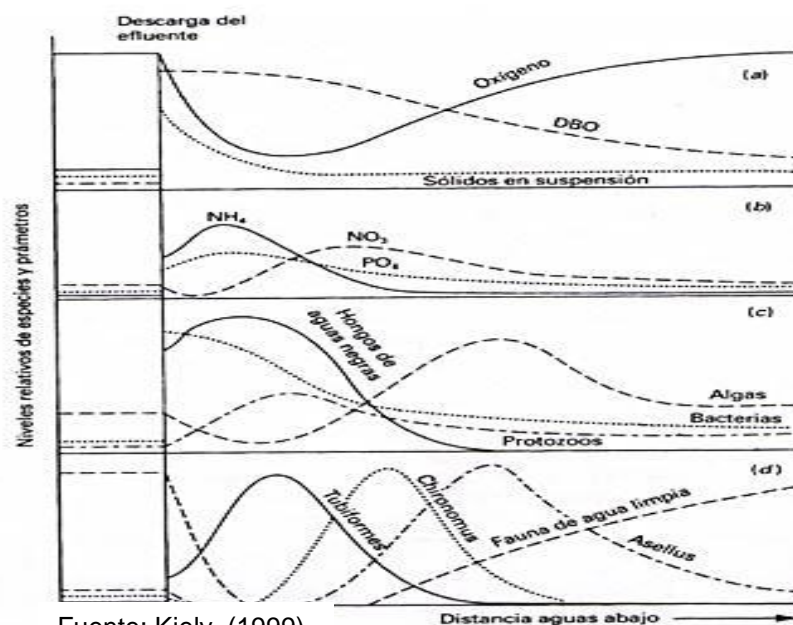
⁵ BOLUDA, N. (2002). "Modelización de Vertidos de Aguas Residuales en Sistemas Fluviales". Universidad de Alicante, Alicante, España.

Según Kiely⁶ se puede establecer cuatro zonas de influencia:

- a) Zona de degradación: es la zona inmediata a la incorporación de las aguas contaminadas al río. Es el área de mayores concentraciones de contaminantes.
- b) Zona de descomposición activa: el oxígeno desciende a los niveles mínimos, pudiendo llegar a cero.
- c) Zona de recuperación: aumento de oxígeno disuelto, agua más clara, reaparición de la vida acuática macroscópica, disminución de hongos y aparición de algas.
- d) Zona de agua limpia: condiciones de corriente natural. El oxígeno disuelto está cerca de la saturación. Quedan bacterias patógenas y compuestos metálicos no alterados por procesos bioquímicos existentes.

Figura 2.1.

Variación de los niveles de algunos parámetros químicos y especies biológicas con la distancia aguas abajo del punto de vertido.



Fuente: Kiely. (1999).

2.1.2. Definiciones importantes

⁶KIELY, G. (1999). "Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión". Ed. McGraw-Hill. Reino Unido.

- **Ácidos nucleicos**

Grandes polímeros lineales formadas por la repetición de monómeros denominados nucleótidos, unidos mediante enlaces fosfodiéster. Se forman, así, largas cadenas; algunas moléculas de ácidos nucleicos llegan a alcanzar tamaños gigantescos, con millones de nucleótidos encadenados. Los ácidos nucleicos almacenan la información genética de los organismos vivos y son los responsables de la transmisión hereditaria. Existen dos tipos básicos, el ADN y el ARN.⁷

- **Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.⁸

- **Aguas pluviales**

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.⁸

- **Agua dulce**

Agua con una salinidad igual o inferior a 0,5 UPS.⁸

- **Agua salobre**

Es aquella que posee una salinidad entre 0,5 y 30 UPS.⁸

- **Aguas de estuarios**

⁷ Campbell, M. K. y Farrell, S. O. 2004. *Bioquímica*. Ed. Thomson S.A. México, D.F.

⁸ Metcalf y Eddy Inc. Ingeniería de Aguas Residuales. 2005. Ed. McGraw – Hill. New York, U.S.A.

Son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde la concentración de cloruros es de 250 mg/dm³ o mayor durante los caudales de estiaje.⁸

- **Agua subterránea**

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).⁸

- **Aguas superficiales**

Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.⁸

- **Agua para uso público urbano**

Es el agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.⁹

- **Carbón activado**

Es un término genérico que describe una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y una estructura de poros interna extensivamente desarrollada. Existe una amplia variedad de productos de carbón activado que muestran diferentes características, dependiendo del material de partida y la técnica de activación usada en su producción. Es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 1 nanómetro de radio). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado puede poseer un área superficial de 500 m² o más.¹⁰

⁹ Tchobanoglous, G. and Burton, F. L. 2002. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Ed. McGraw – Hill. New York, U.S.A.

¹⁰ Nemerow, N. y Dasgupta, A. 1998. *Tratamiento de residuos industriales y peligrosos*. Ed. Díaz de Santos S.A., Madrid, España.

El carbón activado se utiliza en la extracción de metales, la purificación del agua (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en medicina para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.

- **Cuerpo receptor o cuerpo de agua**

Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.⁸

- **Efluente**

Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.⁸

- **Látex**

El látex natural es una suspensión acuosa coloidal compuesta de grasas, ceras y diversas resinas gomosas obtenida a partir del citoplasma de las células laticíferas presentes en algunas plantas angiospermas y hongos. Es frecuentemente blanco, aunque también puede presentar tonos anaranjados, rojizos o amarillentos dependiendo de la especie, y de apariencia lechosa.¹¹

- **Lavazas**

Agua sucia o mezclada con las impurezas de lo que se lavó con ella y el detergente sobrante, con sus agentes tenso activos.¹²

- **Napas subterráneas**

Son fuentes de agua segura que, de manejarse adecuadamente, puede durar siglos.¹²

¹¹ Van Esso, M. 2006. *Fundamentos de Ecología*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina.

¹² DIRAE.es. 2012. *Diccionarios*. Real Academia de la Lengua Española. Madrid, España.

- **Oligoelemento**

Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades (menos de un 0,05%) en los seres vivos y tanto su ausencia como una concentración por encima de su nivel característico, puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser hepatotóxicos. Aparte de los cuatro grandes elementos de los que se compone la vida en la Tierra: oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno presentes en los organismos moleculares, existen una gran variedad de elementos químicos esenciales. Los agregados químicos requieren de una erosión primaria para disgregarse. Las bacterias juegan estos papeles esenciales al ser capaces de absorber desde los minerales primarios los nutrientes, que luego van ascendiendo en la cadena trófica. Las plantas absorben los minerales disueltos en el suelo, que son en consecuencia recolectados por los herbívoros y así los minerales se van transmitiendo entre los seres vivos. Se sabe que existen grandes organismos que consumen suelo (geofagia) y visitan yacimientos minerales como yacimientos de sal para completar su dieta.⁷

- **Toxicidad en agua**

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.⁸

2.2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Contaminación causada en la producción bananera

2.2.1.1. Adición de fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes inorgánicos añadidos al suelo en el cultivo del banano están relacionados, principalmente, con fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio. De cualquier manera, todo depende del contenido de estos elementos que demuestre el análisis de suelos, sin embargo, está documentado que en la producción de este vegetal en la zona de Palenque, es necesario el suplemento de fuentes que contengan a estos tres elementos químicos.

Además se adiciona una fuente de calcio y magnesio (si es necesario) para garantizar la producción de clorofila y ácidos nucleicos y eliminar la presencia de aluminio, que es perjudicial.¹³

Elementos mayores o macro nutrientes son los que son requeridos por las plantas en grandes cantidades como: nitrógeno, magnesio, fósforo, calcio, potasio, azufre y: que favorecen el crecimiento vegetativo como el crecimiento longitudinal de los peciolos, largo del racimo, y de la cantidad de manos; favorece el brote y crecimiento de los hijuelos y la capacidad de producir flores y frutos.

Los elementos menores o micronutrientes, llamados también oligoelementos o elementos son los requeridos por las plantas en menores cantidades como lo son: hierro, zinc, molibdeno, cobre, boro, sodio, manganeso, vanadio, cobalto, cloro y silicio. La absorción de hierro es rápida hasta la fase adulta de la planta después parece disminuir su concentración hasta la floración.

Compuestos como “Sulphomag”, como fuente de magnesio, Cloruro de potasio (60% de K₂O, Urea (46% de nitrógeno) y Nitrato de amonio (como fuentes de nitrógeno, DAP o 10 – 30 – 10, como fuentes de fósforo y Sulfato de cinc, son muy usados en el cultivo del plátano, para suplir las deficiencias, que de estos elementos, tiene el suelo.¹⁴

2.2.1.2. Contaminación del agua

La contaminación de los mares, lagos y ríos atenta contra la supervivencia de ecosistemas que en ellos habitan, además de ser un peligro para la salud

¹³ KENDALL, F.C. (2008). *Environmental Quality Systems*. Ed. Elsevier, London, England.

¹⁴GILDEN RC, HUFFLING K, SATTLER B (January 2010). Pesticides and health risks. J Obstet Gynecol Neonatal No. 39 (1).

humana, ya sea por la ingesta directa de agua contaminada o por el consumo de animales (peces, moluscos) contaminados.¹⁵

Las principales fuentes de contaminación en estas áreas son¹⁶:

- Derrames de petróleo (mareas negras) por hundimiento o accidentes de barcos petroleros. Ocasionalmente ocasionan la muerte por envenenamiento de aves y peces, muerte de aves por impregnación de sus cuerpos, lo que implica la imposibilidad de desplazarse, afectan el desarrollo de las algas y de otras plantas que habitan en el fondo del mar, ya que el petróleo derramado les impide llevar a cabo la fotosíntesis.
- Productos químicos de desechos industriales, llamados hoy en día RILES, también detergentes y otros tipos similares de desechos domésticos (lava lozas, cloro, champúes, etc.).
- Dependiendo del tipo específico de los desechos pueden ocasionar envenenamiento de especies, deterioro de las algas, absorción de materias tóxicas por parte de moluscos, ocasionando intoxicación cuando estos son consumidos por los humanos (el mercurio por ejemplo).
- Nutrientes vegetales, como por ejemplo las aguas de alcantarillados. Los desechos de excrementos y orines humanos contienen elementos que propician el crecimiento exagerado de la población vegetal, principalmente en lagunas u lagos, esto ocasiona un oscurecimiento del medio acuático con el consiguiente deterioro para peces y otras especies. Este tipo de contaminación también genera malos olores y un aspecto desagradable del entorno acuático.

¹⁵ MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR. (2007). *Diagnóstico de la situación de los plaguicidas 1A y 1B en el Ecuador*. Boletín de Acción Ecológica, No. 151, Quito, Ecuador.

¹⁶ GRANDA, A. DUBLY, A. BORJA, G. (2004). *Agua, Vida y Conflicto*. Corporación Editora Nacional, Comisión Ecuménica de Derechos Humanos, Quito.

- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por lluvias desde suelos de cultivo, áreas erosionadas, explotaciones mineras, carreteras, etc.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor transmitido también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.
- Contaminación por filtraciones de napas subterráneas desde basurales o desechos tóxicos enterrados.
- El vertido indiscriminado de basura no biodegradable en ríos, lagos, y mares ocasiona no sólo un daño estético sino además un perjuicio inimaginable en los animales, los cuales sufren de muerte por ingesta de materiales como botellas, pañales desechables; asfixia por enredamiento en bolsas plásticas; cortes por latas y vidrios.
- La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

2.2.2. Datos descriptivos del río Palenque

Los datos descriptivos del río Palenque se resumen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1.
Datos descriptivos del río Palenque.

CARACTERÍSTICAS	INVIERNO	VERANO
Largo a considerar	25 km	25 km
Ancho promedio	100 m	100 m
Profundidad promedio	10 m	2,5 m

Elaboración: El Autor.

2.2.2.1. Principales fuentes de contaminación del agua

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas. La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. En los países más desarrollados, durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas¹⁷.

En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que

¹⁷ KENDALL, K. L. (2007). *All about water quality*. Journal of Chemical Education. Vol. III, No. 2. New York, U.S.A.

seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbón activado.

La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre el 25 y el 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora. Este tipo de tratamiento de aguas servidas es escaso en nuestro país, en el que en la mayoría de los casos los desechos de los alcantarillados son vertidos directamente en el mar.¹⁸

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las

¹⁸ LAB PLAGUICIDAS SESA – MAG. (1996). *Informe de Análisis de plaguicidas en el agua*. Quito, Ecuador.

escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aerobias o anaerobias, y toda una serie de métodos adicionales.¹⁹

2.2.2.2. *El control de la contaminación a pequeña escala*

Si bien es cierto que la responsabilidad principal del control de la contaminación recae en los gobiernos y empresas que generan la mayor cantidad de contaminación, no es menos relevante la responsabilidad que le cabe a cada ser humano en la preservación del agua y los sistemas acuáticos²⁰.

Algunas de las acciones que se pueden ejecutar para no contaminar son:

- Reducir al máximo el consumo de detergentes y lava lozas.
- Esto no significa no lavar la ropa, sino, por ejemplo, utilizar la misma lavaza para más de un lavado. Así estaríamos reduciendo a la mitad el detergente vertido en el alcantarillado.
- No verter en la taza del baño o lavaplatos restos de diluyentes, pinturas, combustibles (parafina por ejemplo), remedios, ni ningún tipo de sustancia química.
- No arrojar a la taza del baño papel higiénico, pañales o toallas desechables.
- No botar basura en playas, ríos, lagos, ni en ningún lugar no indicado para esto.
- Reciclar al máximo todo tipo de basura.
- Conversar con nuestros padres, amigos, hermanos menores sobre la importancia de cuidar el agua y todo nuestro entorno familiar. Debatir al respecto buscando nuevas formas de contribuir a la no contaminación.

¹⁹WESLEY, H. L. (2009). *El hombre y la contaminación de las fuentes de agua*. Ed. Paidós, Bogotá, Colombia.

²⁰ GAINS, Y. S. (2008). *Water Pollution Control Systems*. Ed. Elsevier, Yale, U.S.A.

2.2.3. Modelo de calidad del agua

2.2.3.1. Generalidades

La manera más sencilla y práctica de modelar la calidad del agua consiste en la definición de índices o razones de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación operacional, comparados con otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por determinados estándares o criterios. Los parámetros más frecuentemente admitidos y utilizados son: DBO, sólidos totales (ST), disueltos (SDT) y en suspensión (SST); compuestos de nitrógeno, fósforo, azufre y cloro; pH; dureza; turbidez; conductividad; elementos tóxicos; diferentes tipos de plaguicidas y elementos patógenos. En relación con los usos, los parámetros más típicos son:

- **Uso doméstico**
 - Turbidez.
 - Dureza.
 - Sólidos disueltos.
 - Tóxicos.
 - Coliformes.
- **Uso industrial**
 - Sólidos disueltos.
 - Sólidos suspendidos.
- **Para riego**
 - Sólidos disueltos.
 - Conductividad.
 - Contenido de sodio.
 - Contenido de calcio.
 - Contenido de magnesio.
- **Para recreación**
 - Turbidez.
 - Tóxicos.
 - Coliformes.
- **Vida acuática**

- Oxígeno disuelto.
- Compuestos organoclorados, organofosforados, piretroides y carbamatos.²¹

Mediante el empleo de modelos de difusión físico-matemáticos del vertido en lagos, ríos, estuarios y mares, se puede modelar el impacto ambiental que una o varias actividades causan en el área afectada objeto de estudio, o sea se puede determinar la concentración de los distintos parámetros en un punto, alejado del foco emisor o del punto de vertido.

2.2.3.2. Modelo ICAGUA modificado

Se adopta internacionalmente como indicador general, el Índice de Calidad del Agua (ICAGUA MODIFICADO), que proporciona un valor global de la calidad del agua, incorporando los valores individuales de una serie de parámetros.²²

$$ICAGUA = K \left(\frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right)$$

Donde:

C_i= valor porcentual asignado a los parámetros (Tabla 2.2).

P_i= peso asignado a cada parámetro.

K = constante que toma los siguientes valores:

- **K** = 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación.
- **K** = 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparentemente no natural.

²¹KUNIUKI S (2001). Effects of organic fertilization and pesticide application on growth and yield of field-grown rice for 10 years. *Japanese Journal of Crop Science* Volumen 70, No. 4. Tokyo, Japan.

²² CONESA, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. 5ta. Edición, Ed. Mundi – Prensa, Madrid.

- $K = 0,50$ para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- $K = 0,25$ para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

Los valores de calidad de los distintos parámetros, expresados en la Tabla 2.1, son genéricos y por tanto susceptibles de conducir a error, cuando se trata de determinar la calidad del agua para un uso específico. Se recomienda la consulta de tratados especializados, en los que de manera detallada se establecen los límites de las concentraciones de los distintos compuestos, pudiendo a partir de ellos confeccionarse una tabla de valores porcentuales.

Tabla 2.2.

Datos para el cálculo del ICAGUA MODIFICADO.

<i>PARÁMETRO</i>	pH	Conductividad	O ₂ disuelto	Reducción del permanganato	Coliformes	N amoniacal	Cloruros	Temp.	Detergentes	Aspecto	Valoración porcentual
VALOR ANALÍTICO	1-14	> 16000	0	> 15	>14000	> 1,25	> 1500	>50 y <-8	> 3,00	Pésimo	0
	2-13	12000	1	12	10000	1,00	1000	45 a -6	2,00	Muy malo	10
	3-12	8000	2	10	7000	0,75	700	40 a -4	1,50	Malo	20
	4-11	5000	3	8	5000	0,50	500	36 a -2	1,00	Desagradable	30
	5-10	3000	3,5	6	4000	0,40	300	32 a 0	0,75	Impropio	40
	6-9,5	2500	4	5	3000	0,30	200	30 a 5	0,50	Normal	50
	6,5	2000	5	4	2000	0,20	150	28 a 10	0,25	Aceptable	60
	9	1500	6	3	1500	0,10	100	26 a 12	0,10	Agradable	70
	8,5	1250	6,5	2	1000	0,05	50	24 a 14	0,06	Bueno	80
	8	1000	7	1	500	0,03	25	22 a 15	0,02	Muy bueno	90
	7	< 750	7,5	< 0,5	< 50	0	0	21 a 16	0	Excelente	100
Unidades		μΩ/cm	mg/l	mg/l	#/100ml	mg/l	mg/l	°C	mg/l	Subjetiva	%
Peso	1	4	4	3	3	3	1	1	4	1	-----
Los valores analíticos que corresponden a un valor porcentual menor que 50, se entienden como no permisibles. Se precisarán medidas correctoras.											

PARÁMETRO	Dureza	SDT	Plaguicidas	Grasas y aceites	Sulfatos	Nitratos	Cianuros	Na	Ca	Valoración porcentual
VALOR ANALÍTICO	> 1500	>20000	> 2	> 3	> 1500	> 100	> 1	> 500	> 1000	0
	1000	10000	1	2	1000	50	0,6	300	600	10
	800	5000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	20
	600	3000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	30
	500	2000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	40
	400	1500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	50
	300	1000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	90
	<25	< 100	0	0	0	0	0	< 10	< 10	100
Unidades	mg CaCO ₃ /l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
Peso	1	2	2	2	2	2	2	1	1	-----

PARÁMETRO	Mg	Fosfatos	Nitritos	DBO ₅	Órgano clorados	Órgano fosforados	Piretroides	Carbamatos	Valoración porcentual
VALOR ANALÍTICO	> 500	> 500	> 1	>15	> 70,00	> 160,00	> 13,00	> 8,50	0
	300	300	0,50	12	70,00	160,00	13,00	8,50	10
	250	200	0,25	10	57,00	140,00	12,00	7,00	20
	200	100	0,20	8	48,00	120,00	10,00	6,00	30
	150	50	0,15	6	42,00	100,00	8,00	5,00	40
	100	30	0,10	5	36,00	90,00	6,00	4,00	50
	75	20	0,05	4	30,00	80,00	4,00	3,50	60
	50	10	0,025	3	20,00	60,00	3,00	2,50	70
	25	5	0,010	2	10,00	40,00	2,00	1,50	80
	15	1	0,005	1	5,00	20,00	1,00	0,80	90
< 10	0	0	< 0,5	< 5,00	< 10,00	< 1,00	< 0,80	100	
Unidades	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	%
Peso	1	1	2	3	1,5	2	2,5	3,0	-----

Nota: Modificada por Leiva (2008), en cuanto a las cuatro últimas columnas referentes a plaguicidas (Órgano clorados, Órgano fosforados, Piretroides y Carbamatos).²³

²³ LEIVA, A. (2010). *Enfoque se Sistema en la Modelización Ambiental*. UTEQ, Facultad de Ciencias Ambientales. Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, 5to. año de la Carrera, Quevedo, Ecuador.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador del 2008²⁴

La Constitución de la República del Ecuador del año 2008 plantea, con relación al agua, que:

“Hay que reconocer que por primera vez se eleva a los recursos hídricos a la categoría de patrimonio nacional estratégico, se establece el derecho humano al agua, se reconoce los derechos de la naturaleza, se plantean los temas de la equidad, el manejo sostenible de los recursos hídricos, el establecimiento de tarifas diferenciadas, la necesidad del fortalecimiento de las organizaciones de usuarios... poner fin a la concentración del agua en pocas manos...”²⁵

Art. 12. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 73. El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 411. El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de

²⁴ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449 de 20 de Octubre del 2008, Quito, Ecuador.

²⁵FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. (2009). *Pronunciamento ante el Proyecto de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por la Comisión de Soberanía Alimentaria*. Ed. CAMAREM, Quito.

recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

2.3.2. Ley de Aguas en Ecuador de mayo del 2004²⁶

La Ley de Aguas vigente desde mayo del 2004 plantea en sus articulados:

Art. 2.- Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación.

No hay ni se reconoce derechos de dominio adquiridos sobre ellas y los preexistentes sólo se limitan a su uso en cuanto sea eficiente y de acuerdo con esta Ley. Esto quiere decir, que ninguna actividad de origen antropogénico puede ser diseñada sin los elementos necesarios y suficientes que propicien la no contaminación de los recursos hídricos.

Mientras tanto, la Nueva Ley (SENAGUA) plantea que el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, elemento del territorio, parte del patrimonio natural, dominio inalienable, imprescriptible del Estado y elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. No hay ni se reconoce ninguna forma de apropiación o posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera sea su estado.

²⁶ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2004). *Ley de Aguas*. Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004, Quito, Ecuador.

Los recursos hídricos, esto es los elementos naturales que constituyen el dominio hidráulico público, son parte del patrimonio natural del Estado y competencia exclusiva del Estado central. De ello condiciona y limita cualquier tipo de alteración de su calidad.

2.3.3. Ley de Gestión Ambiental²⁷

De forma general, la Ley de Gestión Ambiental en algunos de sus artículos plantea:

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Asimismo, en su texto, prohíbe terminantemente la alteración de la calidad de las aguas que forman parte del sistema hidrológico nacional, es decir, de ríos, lagos, lagunas, riachuelos, humedales, esteros, acuíferos y otros.

²⁷ CONGRESO NACIONAL. (1999). *Ley de Gestión Ambiental*. R.O. 245 de 30 de julio de 1999. Quito.

2.3.4. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)²⁸

A continuación se cita lo que dicta la legislación ecuatoriana en el TULAS, sobre la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, LIBRO VI ANEXO 1.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Esta norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Establece que el tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un

²⁸ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2006). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*. Registro Oficial 320 de 25 de Julio del 2006, Quito, Ecuador.

cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

Tratamiento primario: Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

Tratamiento secundario: Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

Tratamiento avanzado para efluentes: Previo descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, se realiza un tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes.

Asimismo, plantea los criterios de calidad según sus diferentes usos:

- a) Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- b) Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- c) Criterios de calidad para aguas subterráneas.
- d) Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
- e) Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- f) Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.

- g) Criterios de calidad para aguas de uso estético.
- h) Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
- i) Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

Así como los criterios generales de descarga de efluentes:

- a) Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- b) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- c) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - Descarga a un cuerpo de agua marina.

El TULAS también se refiere en los epígrafes 4.1.2.1 y 4.1.2.2 a los criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:

4.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

4.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (ver Tabla única en Anexos).

2.3.5. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua²⁹.

Este cuerpo legal expedido por la Asamblea Nacional deroga las leyes que regían el agua anteriormente y toda la que se oponga a él, como la “Ley de Aguas del 2004” (citada en este documento) y otras como la que creó el IEOS y el CEDEGE en su tiempo. El reglamento a esta Ley ha sido publicado el 13 de abril de 2015 por lo que no haré referencia a su contenido.

La nueva ley establece:

Artículo 3. El objeto de la presente ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Artículo 36. Deberes estatales en la gestión integrada.

El Estado y sus instituciones en el ámbito de sus competencias son los responsables de la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica. En consecuencia son los obligados a:

- a) Promover y garantizar el derecho humano al agua;
- b) Regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad;

Artículo 60.- Libre acceso y uso del agua. El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o

²⁹ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial 305 del 6 de agosto de 2014, Quito, Ecuador.

disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua. La Autoridad Única del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.

Artículo 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:...

- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

Artículo 79. Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay,...
- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
- c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
- d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
- e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

- f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,
- g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

Artículo **94.- Orden de prioridad para las actividades productivas.** Entre las actividades productivas susceptibles de aprovechamiento del agua se aplicará el siguiente orden de prioridad:

- a) Riego para producción agropecuaria, acuicultura y agro industria de exportación;

Artículo **151.- Infracciones administrativas en materia de los recursos hídricos.** Las infracciones administrativas en materia de recursos hídricos son las siguientes:

- b) Infracciones muy graves:

8. Incumplir las normas técnicas que adopte la Autoridad Única del Agua para garantizar la seguridad hídrica;

9. Verter aguas contaminadas sin tratamiento o sustancias contaminantes en el dominio hídrico público;

Como se puede observar, el estado debe ejercer el control del buen uso del agua y las remediaciones necesarias en caso de producirse degradación. Además se establecen la participación ciudadana y se prevé coordinar acciones con los gobiernos descentralizados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“El estado,... Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos.” (Constitución del Ecuador, 2008)

3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Métodos

En el estudio realizado se emplearon los métodos lógicos y los empíricos. Los primeros son todos aquellos que se basan en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, mientras que los métodos empíricos, se aproximan al conocimiento del objeto mediante sus conocimiento directo y el uso de la experiencia, entre ellos se encuentran la observación y la experimentación, sin embargo, este último no se utilizó teniendo en cuenta el diseño de la investigación,

es decir, fue no experimental, al no haber manipulación de la variable independiente, sino sólo la medición de lo que con ella ha sucedido hasta el momento de la indagación.

En cuanto a la observación se utilizó una guía de observación directa para la evaluación del sistema de tratamiento de los residuos de la producción en las siete haciendas bananeras del área bajo estudio. Los métodos lógicos se manifestaron en cuanto al análisis y la síntesis de los resultados de la entrevista que se aplicó a los dueños de las haciendas consideradas.

En resumen, puede establecerse que la investigación fue correlacional – explicativa, en relación a su profundidad y alcance, ya que se correlacionaron las variables independiente y dependiente explicándose dicha correlación, con base en el análisis de causas y efectos. Asimismo, fue transversal, o sea, que la medición de las variables se realizó sin considerar el transcurrir del tiempo, como si se tomara una fotografía explicativa de lo que ocurría en ese instante dado con las variables. El estudio se ajustó más al paradigma cuantitativo, ya que se basó en el positivismo y en los métodos estadísticos inferenciales, al realizarse la verificación de la hipótesis de investigación.

3.1.2. Técnicas

Las técnicas de la investigación a aplicar para la medición de las variables son:

- Para la variable independiente: “formas de disposición de los residuos de la producción bananera”
 - Observación directa (Ver la guía en el Anexo 2)
 - Entrevista a los jefes de familia (Ver la guía en el Anexo 3)

- Para la variable dependiente: “calidad ambiental del recurso hídrico”

- Las que se aplican en el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, según APHA³⁰.
- Entrevista a los jefes de familia (Ver la guía en el Anexo 3).

3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

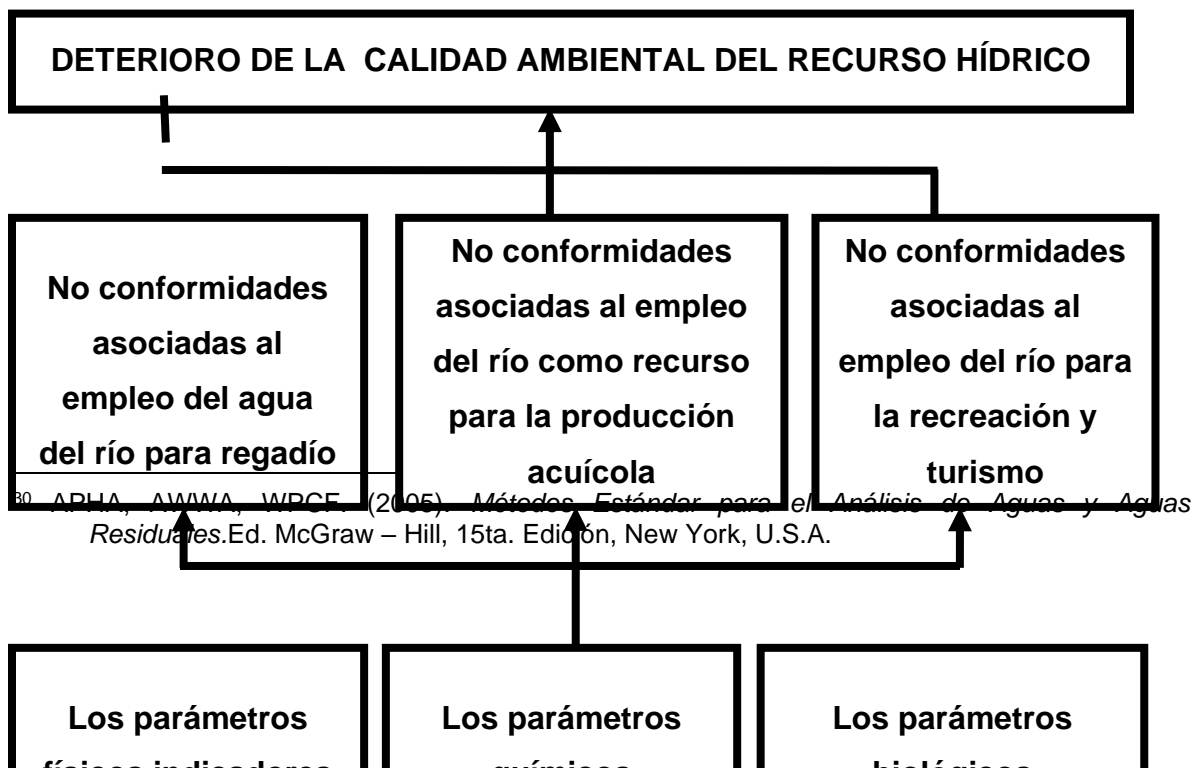
Para la construcción metodológica del objeto de investigación se utilizó la técnica del árbol del problema bajo estudio, de manera que dicho objeto, queda expuesto a través de sus nexos e interrelaciones mediante el análisis causa – efecto, todo lo cual se muestra mediante la Figura 3.1.

3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico, como soporte de las variables de investigación asociadas a los objetivos específicos de la misma fue elaborado mediante el tratamiento de los Antecedentes del estudio, la Fundamentación Conceptual donde se realiza la

Figura 3.1.

Árbol del problema indicativo de la construcción metodológica del objeto de investigación.



³⁰ APHA, AWWA, WPCF (2005). *Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales*. Ed. McGraw – Hill, 15ta. Edición, New York, U.S.A.

Elaboración: El Autor.

conceptualización de los términos que pudieran afectar la comprensión del lector, la Fundamentación Teórica de los objetivos específicos, donde se trata la contaminación causada por la producción del banano, el modelo de calidad del agua a emplear para el río, la Fundamentación legal del estudio, la Hipótesis, las variables de la investigación y su operacionalización.

3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

3.4.1. Población y muestra

La población a considerada para a la medición de las variables estuvo constituida por los aproximadamente 25 km de curso del río que abarcan las siete haciendas bananeras referidas anteriormente. Por la dificultad que presentan los dueños de haciendas, fue imposible estudiarlas en cuanto a sus procesos, aunque sí se conoce el proceso que en general desarrollan en el beneficio del banano.

Se tuvo en cuenta también que la población del cantón es de 20 658 habitantes y que el promedio de miembros de la familia es de 6 (4 hijos), se consideró una población de 3 443 familias.

Para la muestra, debido a que la población de familias es superior a 500, se calculó su tamaño, empleando la ecuación propuesta por el CIENES³¹

$$n = \frac{PQ \times N}{(N-1) \frac{\alpha^2}{K^2} + PQ}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

PQ = Probabilidad de ocurrencia por la de no ocurrencia = $0,5 \times 0,5 = 0,25$

N = tamaño de la población = 3 443 familias;

α = intervalo o nivel de confianza = 0,05

K = constante de corrección del error = 2

Sustitución de valores en la ecuación:

$$n = \frac{0,25 \times 3443}{(3443-1) \frac{0,05^2}{2^2} + 0,25}$$

$$n = 358 \text{ familias – personas}$$

La muestra se seleccionó probabilísticamente, entre la totalidad de familias, numerándolas según los datos del Ilustre Municipio y empleando una tabla de números aleatorios.

Para la evaluación del modelo, ICAGUA MODIFICADO, se tomó una muestra semanal durante 3 semanas, en puntos ubicados 200 m aguas arriba y 200 m aguas

³¹JIMENEZ, C. et al. (1999). Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Ecuador.

abajo del sitio de beneficio de cada una de las siete haciendas relacionadas con los 25 km de longitud del río Palenque. Es decir, que en total fueron 42 muestras de agua del río.

3.4.2. Entrevista

En el Anexo 3 se muestra la guía de entrevista dirigida a los representantes de las familias de la localidad. Esta consta de ocho ítems, cuya evaluación se realizó, filtrando las respuestas por parte del entrevistador, empelando una escala de Lickert³², conformada por las opciones: Excelente, Bueno, Regular, Malo, No existe y No sabe.

3.4.3. Observación directa

La observación directa se realizó mediante la aplicación de la guía correspondiente que se muestra en el Anexo 2. A través de ella se evaluó el sistema de tratamiento de los residuos de la producción en las siete haciendas bananeras de la localidad bajo estudio. La misma consta de una escala de Lickert conformada por los índices muy satisfactorio, satisfactorio, medianamente satisfactorio, poco satisfactorio e inexistente.

3.4.4. Procedimiento

La secuencia de actividades investigativas fue la siguiente:

- a) Toma de muestras en los siete puntos del río ubicados 100 m aguas arriba y 100 m abajo del lugar de impacto de los residuos del beneficio del banano en las haciendas bananeras.

³²JIMENEZ, C. et al. (1999). *Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo*. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Quito, Ecuador.

- b) Envío de las muestras debidamente conservadas al laboratorio referido anteriormente.
- c) Aplicación del instrumento guía de observación directa in situ (a cierta distancia en las bananeras).
- d) Cálculo del modelo con los datos obtenidos del laboratorio.
- e) Utilización de las funciones de transformación para las determinaciones del Nivel de Calidad Ambiental.
- f) Elaboración de tablas de frecuencia, porcentajes y gráficos a partir de los resultados del cuestionario de entrevista; análisis e interpretación de los resultados.
- g) Comparación de los valores obtenidos aguas arriba y debajo del impacto.
- h) Tratamiento estadístico de los resultados con el propósito de comprobar o disprobar la hipótesis de investigación.
- i) Elaboración del informe de investigación, es decir, la escritura de la Tesis de Grado.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información se describió empleando tablas de frecuencia para los resultados de las entrevistas, los cuales una vez tabulados fueron graficados empleando diagramas circulares indicativos de una sola alternativa de respuesta a los ítems, que son filtradas por el entrevistador (autor), de manera que se responda a lo que se necesita para la medición de las variables.

Los análisis de laboratorio fueron tabulados según los sitios muestreados, promediados y graficados en diagramas de barras, lo que permitió el análisis e interpretación de los mismos.

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La información se recogió in situ, en el caso de la aplicación de la entrevista para la determinación de la percepción de los dueños de haciendas y representantes de los núcleos familiares sobre la problemática bajo estudio. Esta información se analizó siguiendo el criterio que demanda ir del todo a las partes, interpretándose mediante la emisión de juicios de valores por parte del autor y la comparación con resultados análogos obtenidos en otras investigaciones reportadas en la literatura especializada.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

El informe de investigación siguió rigurosamente los lineamientos establecidos por la Unidad de Postgrado para este programa de maestría. Es decir, se elaboraron los seis capítulos estipulados, con las temáticas y subtemáticas asociadas a la especificidad de dichos capítulos. Asimismo, se mantuvo una proporción equilibrada, según las características de cada uno, en cuanto a sus extensiones, no plasmándose más que lo que realmente resultó en algo significativo y relevante para el estudio desarrollado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

“El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.”
(Constitución del Ecuador, 2008)

4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Las formas de disposición de los residuos líquidos de la producción bananera, en el río Palenque, afectan la calidad del recurso hídrico de la localidad.

4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS

4.2.1. Variable independiente

Formas de disposición de los residuos líquidos de la producción bananera.

4.2.2. Variable dependiente

Calidad ambiental del recurso hídrico.

4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS

4.3.1. Variable independiente: Formas de disposición de los residuos líquidos de la producción bananera

A continuación, en la Tabla 4.1 y Figura de igual numeración, se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de la guía de observación dirigida a la valoración de las Formas de disposición de los residuos de la producción bananera, en cada hacienda considerada.

Tabla 4.1.

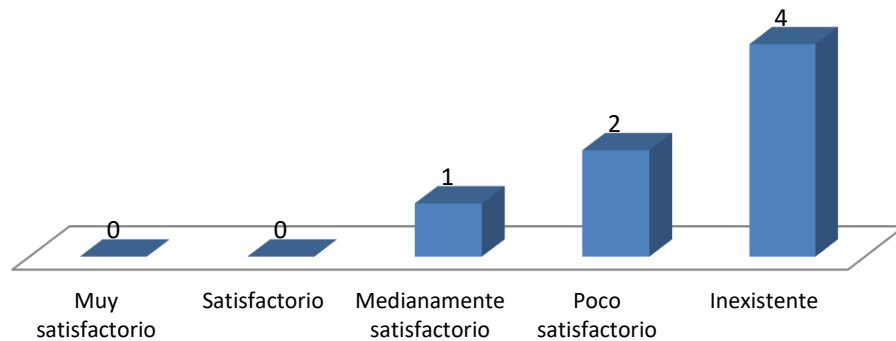
Evaluación del sistema de disposición de los residuos líquidos de la producción en las siete haciendas bananeras de la localidad bajo estudio.

HACIENDA	SISTEMA DE DISPOSICIÓN				
	MUY SATISFAC.	SATISFAC.	MEDIAN. SATISFAC.	POCO SATISFAC.	INEXISTENTE
“Dolores”					X
“Loresa”					X
“San Miguel”			X		
“Faustina”					X
“El Triunfo”				X	
“Soledad”				X	
“Las Ánimas”					X
TOTAL			1 (14%)	2 (29%)	4 (57%)

Elaboración: El Autor.

Figura 4.1.

Evaluación del sistema de disposición de los residuos líquidos.



Elaboración: El Autor.

Considerando los resultados obtenidos al aplicar la guía de observación directa, se analiza que sólo la hacienda “Dolores” tiene un sistema de disposición de sus aguas residuales evaluado como medianamente satisfactorio. El sistema, aunque con falencias y limitaciones está constituido por una poza de tratamiento anaerobio, que resulta incapaz de eliminar la contaminación química, particularmente la compuesta por látex removido de la fruta en clúster, residuos de plaguicidas y de soluciones fungicidas, desinfectantes y otros.

Las haciendas “Soledad” y “El Triunfo” fueron evaluadas como poco satisfactorio en cuanto a su sistema de disposición de sus aguas residuales; mientras que la mayoría de las haciendas (57%) fueron evaluadas en este sentido, como que no posee sistema de disposición alguno.

En resumen, teniendo en cuenta que el 86% de las haciendas cuenta con sistemas de manejo de sus aguas residuales de poco satisfactorios a inexistentes, predominando esta última categoría (47%), se evalúa a estos sistemas como no satisfactorios, debiendo tomarse las medidas necesarias para eliminación de esta no conformidad.

4.3.1.1. Calidad ambiental del recurso hídrico

a) Análisis de laboratorio de las muestras de agua del río

En la Tabla 4.2 y Figuras 4.2.A, 4.2.B y 4.2.C se presentan los resultados concernientes a los análisis de laboratorio de las muestras de agua del río Palenque aguas arriba y debajo de los puntos de impacto de las siete haciendas bajo estudio.

Según los datos de la Tabla 2.2, donde se reportan las concentraciones porcentuales para el cálculo del índice ICAGUA y por ende, el Nivel de Calidad

Ambiental, se realiza el siguientes análisis, a partir de los resultados de los análisis de laboratorio a las muestras de agua del río Palenque, aguas arriba y debajo de los puntos de impacto de las 7 bananeras bajo estudio, que como se expuso se reportan en la Tabla 4.2 y se representan en los gráficos de las Figuras 4.2.A, 4.2.B y 4.2.C:

b) Aguas arriba de los siete puntos de impacto

En el río Palenque, los valores del pH, en puntos ubicados aguas arriba de las haciendas bananeras, se encuentran en el rango de aceptabilidad correspondientes a calidades ambientales, satisfactorias, en los alrededores del 70% de concentraciones porcentuales, es decir, una calidad ambiental de aproximadamente 0,7 en la escala 0 – 1.

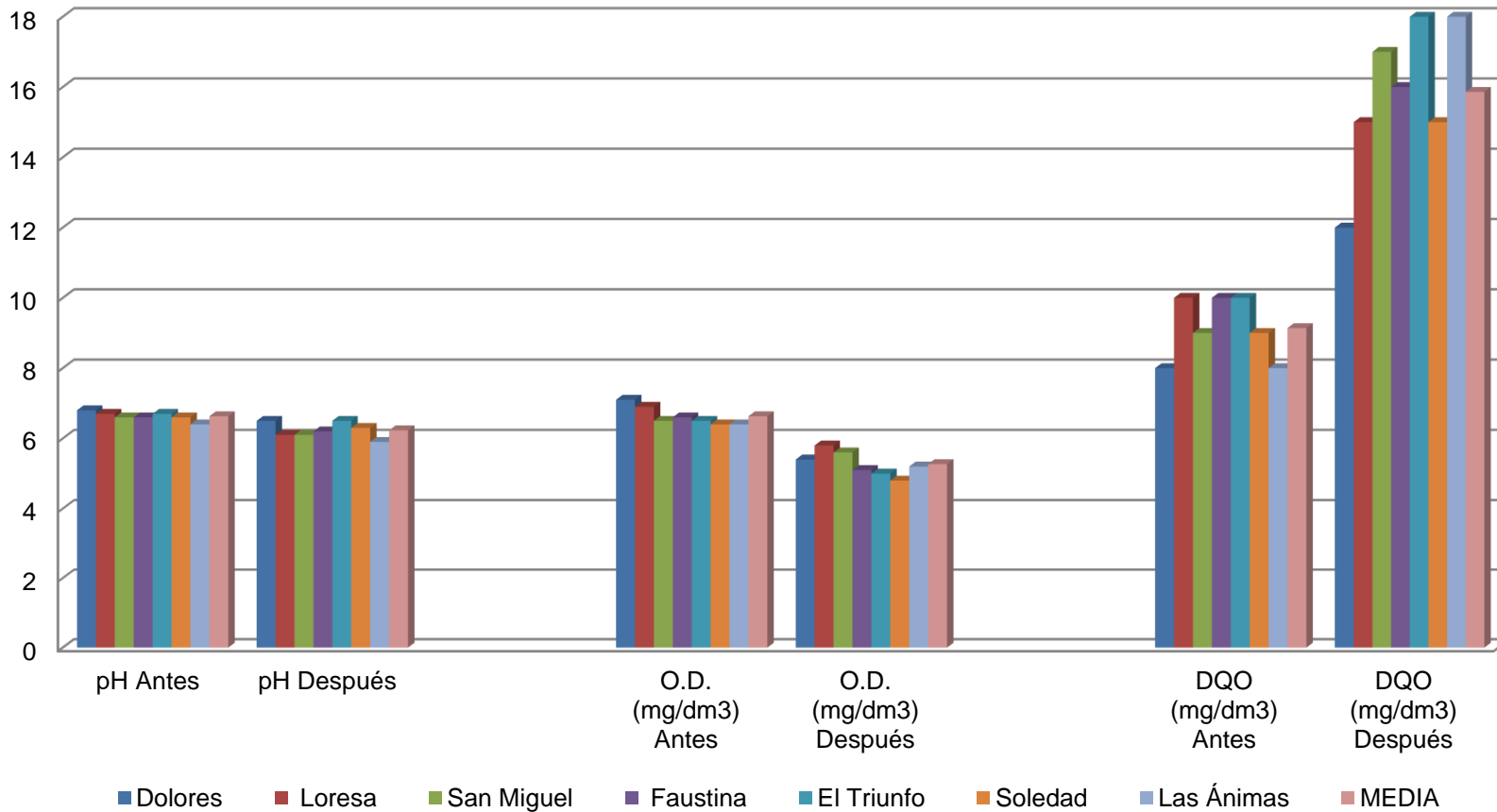
Tabla 4.2.

Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua del río Palenque aguas arriba y debajo de los puntos de impacto. (Anexo 6)

HACIENDA	AGUAS ARRIBA						AGUAS ABAJO					
	pH	O.D. (mg/dm ³)	C.E. (μΩ/cm)	DQO (mg/dm ³)	GRASAS Y ACEITES (mg/dm ³)	PLAG. (mg/dm ³)	pH	O.D. (mg/dm ³)	C.E. (μΩ/cm)	DQO (mg/dm ³)	GRASAS Y ACEITES (mg/dm ³)	PLAG. (mg/dm ³)
Dolores	6,8	7,1	1850	8,0	0,02	0,01	6,5	5,4	4362	12,0	1,3	0,4
Loresa	6,7	6,9	2954	10,0	0,04	0,02	6,1	5,8	4585	15,0	1,79	0,9
San Miguel	6,6	6,5	3156	9,0	0,05	0,03	6,1	5,6	4673	17,0	1,88	1,0
Faustina	6,6	6,6	3421	10,0	0,05	0,03	6,2	5,1	5618	16,0	2,3	0,9
El Triunfo	6,7	6,5	3279	10,0	0,06	0,02	6,5	5,0	5211	18,0	2,1	0,8
Soledad	6,6	6,4	2938	9,0	0,05	0,04	6,3	4,8	4906	15,0	1,9	0,7
Las Ánimas	6,4	6,4	2673	8,0	0,07	0,04	5,9	5,2	5788	18,0	2,4	1,0
MEDIA	6,63	6,63	2895,86	9,14	0,05	0,03	6,23	5,27	5020,43	15,86	1,95	0,81
DESVIAC. ESTÁND.	0,13	0,27	522,64	0,90	0,02	0,01	0,22	0,35	538,44	2,12	0,37	0,21
COEFIC. VARIAC.	1,89	4,06	18,05	9,84	32,40	40,99	3,56	6,64	10,72	13,34	18,73	25,98

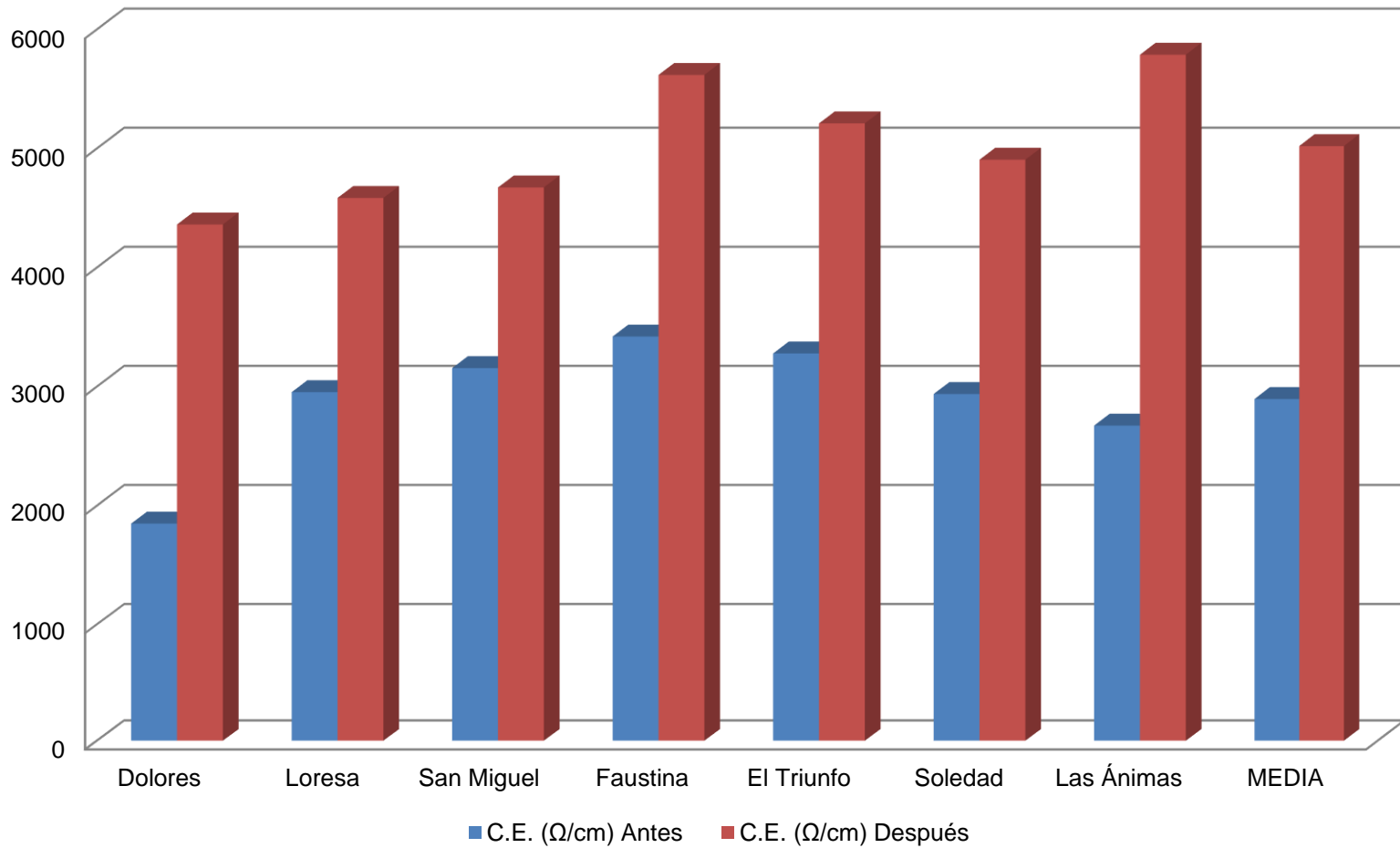
Elaboración: El autor

Figura 4.2.A.
Resultados de los análisis de laboratorio (pH, O.D. y DQO) aguas arriba y abajo del impacto.



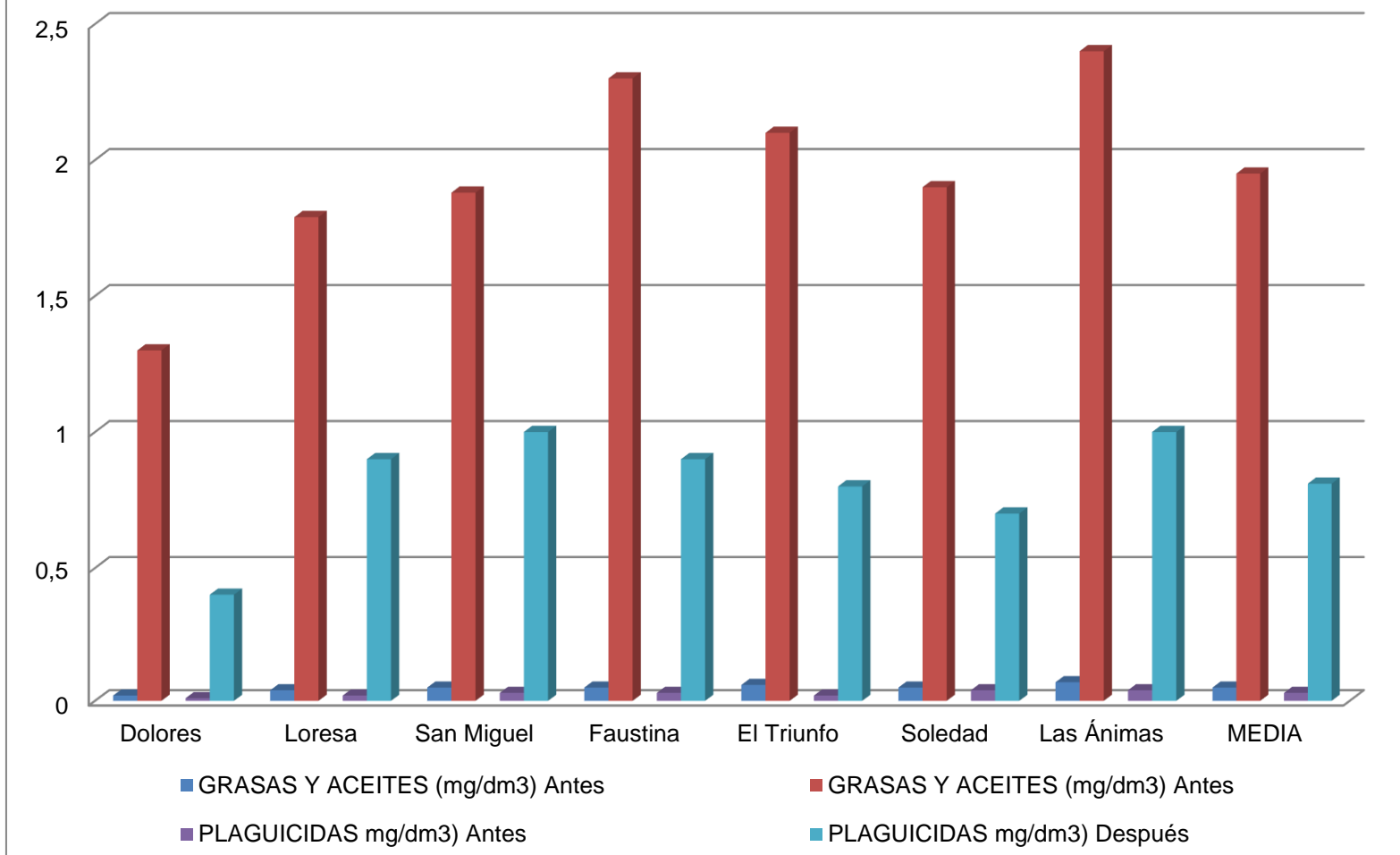
Elaboración: El Autor.

Figura 4.2.B.
Resultados de los análisis de laboratorio (C.E.) aguas arriba y abajo del impacto.



Elaboración: El Autor.

Figura 4.2.C.
Resultados de los análisis de laboratorio (Grasas y aceites, plaguicidas) aguas arriba y abajo del impacto.



Elaboración: El Autor.

- Asimismo, las concentraciones de oxígeno disuelto, que promedian 6,63 mg/dm³; se corresponden con una concentración porcentual entre 70 y 80%, o sea, Nivel de Calidad Ambiental de 0,7 – 0,8 en la ya mencionada escala.
- En cuanto a la Conductividad Eléctrica, indicador de la salinidad, así como de los Sólidos Disueltos Totales, los valores obtenidos (media de 2896 (μΩ/cm) son correspondientes con concentraciones porcentuales de alrededor del 40 – 50%, es decir, Niveles de Calidad Ambiental entre 0,4 y 0,5 en la escala ya referida. Los fertilizantes minerales (NPK) empelados en el cultivo del banano, principalmente y, en menor grado en otros cultivos de incidencia en el área, son algunos de los principales causantes de las sales en el agua, y por ende de la presencia de Conductividad Eléctrica.
- Los valores obtenidos para la Demanda Química de Oxígeno promediaron 9 mg/dm³, es decir, correspondientes con concentraciones porcentuales del 83%, o sea, Niveles de Calidad Ambiental en los alrededores de 0,83.
- Las concentraciones obtenidas de grasas aceites promediaron 0,05 mg/dm³, lo cual es correspondiente con 68% y Niveles de Calidad Ambiental en los alrededores de 0,68. En el caso de este parámetro, su ocurrencia las aguas del río, además de justificarse por las actividades domésticas de las poblaciones aledañas, también es causada por el latex que se remueve del banano en el proceso de beneficio en la poscosecha antes del embalado.
- Los plaguicidas en las aguas del río se determinaron como plaguicidas totales, o sea, como la suma de organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides, los cuales están presentes debido al lavado de la fruta en el proceso de beneficio y, a la escorrentía de las aguas lluvia que los arrastran del suelo de las plantaciones, no sólo de banano, son también de otros cultivos existentes en el área, en los que se emplean plaguicidas.

c) Aguas abajo de los siete puntos de impacto

Si se analizan los resultados de la referida Tabla y Figuras, y se calculan los porcentajes de incremento (disminución en los casos del pH y del Oxígeno Disuelto), resultantes de las comparaciones de valores aguas arriba y debajo de los puntos de impacto (se muestran en la Tabla 4.3 y grafican en la Figura 4.4), se puede establecer que en todos los casos de las bananeras bajo estudio y para todos los parámetros medidos, se produce un incremento de sus concentraciones, excepto en la de Oxígeno Disuelto, la que disminuye al pasar la corriente del río por el punto de impacto de cada hacienda.

Tabla 4.3

Porcentajes de variación de los valores o concentraciones de los parámetros aguas arriba y debajo de los puntos de impacto.

HACIENDA	pH %	O.D. %	C.E. %	DQO %	GRASAS Y ACEITES %	PLAG. %
Dolores	-4,41	-23,94	135,78	50,00	6400,00	3900,00
Loresa	-8,96	-18,97	55,21	50,00	4375,00	4400,00
San Miguel	-7,58	-16,07	48,07	88,89	3660,00	3233,33
Faustina	-6,06	-29,41	64,22	60,00	4500,00	2900,00
El Triunfo	-2,99	-30,00	58,92	80,00	3400,00	3900,00
Soledad	-4,55	-33,33	66,98	66,67	3700,00	1650,00
Las Ánimas	-7,81	-23,08	116,54	125,00	3328,57	2400,00
MEDIA (%)	-6,05	-24,97	77,96	74,37	4194,80	3197,62
DESV. EST. (%)	2,17	6,26	33,95	26,64	1072,49	962,08
COEF. VAR. (%)	35,85	25,05	43,54	35,83	6400,00	30,09

Elaboración: El Autor.

Se observa que el parámetro que menos varió como consecuencia del impacto fue el pH, con una media de -6%; siguiéndole el Oxígeno Disuelto con -25%. Los signos negativos indican que en cada caso los valores del indicador disminuyeron al ocurrir

el impacto; es decir, el agua tomó un carácter ligeramente más ácido y, el Oxígeno Disuelto, al disminuir en una cuarta parte, indica que el agua es menos apropiada para la vida acuática aerobia, aunque como la media reportada anteriormente fue de 6,63 mg/dm³; aun estas aguas no presentan peligro para los organismos aerobios.

El resto de parámetros, Conductividad Eléctrica, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas y, Plaguicidas, aumentaron significativamente sus contenidos en el río producto del impacto. Se destaca, en este sentido, la Conductividad Eléctrica con un 44% de incremento; la Demanda Química de Oxígeno, con 36%; los Plaguicidas con un 30% y; con un aumento en un orden de magnitud mucho mayor, los Aceites y grasas, cuyo incremento porcentual en el cambio aguas arriba – aguas abajo del impacto, fue del 6400%; es decir, más de 6000 veces mayor aguas abajo que aguas arriba. Como ya se comentó, el desprendimiento del látex natural de la cáscara de la fruta es el principal causante de esta última anomalía.

4.3.2. Variable dependiente: Calidad ambiental del recurso hídrico

4.3.2.1. Cálculo del indicador Índice de Calidad del Agua (ICAGUA)

La ecuación del modelo ICAGUA se aplica para cada una de las medias de los seis parámetros monitoreados, empleando los valores de la Tabla 2.2, para el cálculo de las concentraciones porcentuales medias de cada uno, considerando que tanto aguas arriba como aguas debajo de las haciendas, la apariencia del agua se correspondía con un valor de $K = 0,75$; es decir, aguas con ligero color, espumas y ligera turbidez aparentemente no natural.

$$ICAGUA = K \left(\frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right)$$

$$ICAGUA \text{ PROMEDIO}_{\text{Aguas arriba}} = 0,75 \left[\frac{1 \cdot 63\% + 4 \cdot 64\% + 4 \cdot 26,81\% + 3 \cdot 70\% + 2 \cdot 17\% + 2 \cdot 20\%}{1 + 4 + 4 + 3 + 2 + 2} \right]$$

$$ICAGUA \text{ PROMEDIO}_{\text{Aguas arriba}} = 57,32\% \therefore \text{NCA PROMEDIO}_{\text{Aguas arriba}} = \mathbf{0,5732}$$

$$ICAGUA \text{ PROMEDIO}_{\text{Aguas abajo}} = 0,50 \left[\frac{1 \cdot 60\% + 4 \cdot 92\% + 4 \cdot 63\% + 3 \cdot 80\% + 2 \cdot 80\% + 2 \cdot 70\%}{1 + 4 + 4 + 3 + 2 + 2} \right]$$

$$ICAGUA \text{ PROMEDIO}_{\text{Aguas abajo}} = 44,39\% \therefore \text{NCA PROMEDIO}_{\text{Aguas arriba}} = \mathbf{0,4439}$$

$$\text{Variación} = \frac{0,4439 - 0,5732}{0,5732} \cdot 100 = \mathbf{-22,58\%}$$

Es decir, que se produce un deterioro medio, en general, del 23% en el Nivel de Calidad Ambiental de las aguas del río Palenque, por las acciones productivas de las haciendas bananeras que descargan sus aguas residuales en este recurso hídrico.

4.3.2.2. *Percepción ciudadana sobre la calidad del agua del río Palenque*

Esta percepción se midió utilizando el cuestionario de entrevista dirigida a los representantes de las familias de la localidad, que ascendió a 358 jefes de familias, según la muestra calculada anteriormente.

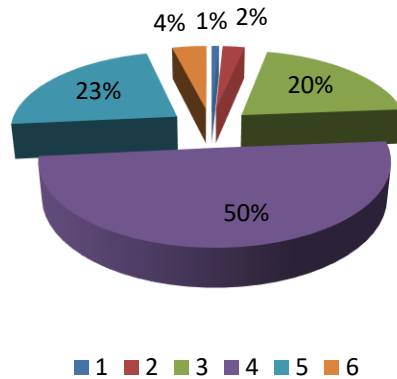
- 1) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Dolores” como

Tabla 4.4.
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Dolores”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	3	1
Bueno	9	3
Regular	73	20
Malo	178	50
No existe	81	23
No sabe	14	4
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.

Figura 4.3.
Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la hacienda "Dolores"



Elaboración El Autor.

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la Tabla 4.4 y representados gráficamente en la Figura 4.3, se aprecia que una mayoría comparativa del 50% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda "Dolores". El 20% lo estimó como regular, mientras que el 23% lo consideró inexistente. Sólo el 2% lo catalogó como bueno y, solamente el 4% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 3 personas, equivalentes al 1% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

Se interpreta entonces que un 93% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda "Dolores", no es satisfactorio, lo que implica la toma de decisiones en cuanto a la solución de esta problemática por parte de las autoridades de las empresas, para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

2) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Loresa” como

Tabla 4.5.

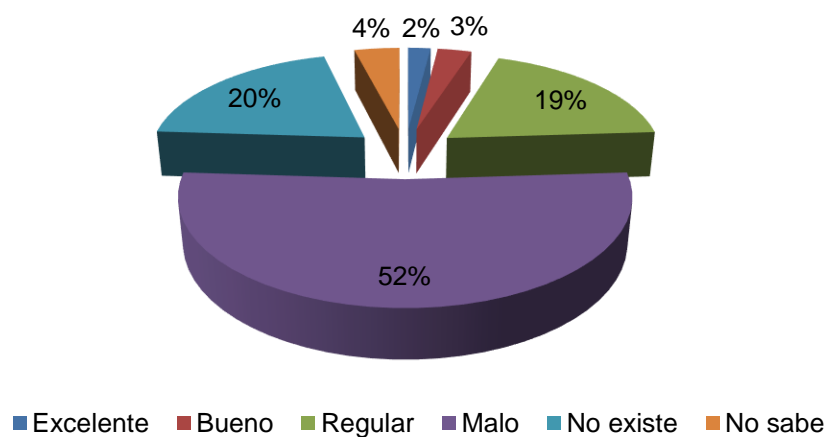
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Loresa”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	6	2
Bueno	10	3
Regular	68	19
Malo	186	52
No existe	73	20
No sabe	15	4
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.

Figura 4.4.

Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Loresa”.



Elaboración: El Autor.

En el caso de la hacienda “Loresa”, los resultados que se muestran en la Tabla 4.5 y graficados en la Figura 4.4, son implicativos de que una mayoría del 52% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. El 19% lo estimó como regular, mientras que el 20% lo consideró inexistente. Sólo el 3% lo catalogó como bueno y, solamente el 4% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 6 personas, equivalentes al 2% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

Se interpreta entonces que un 91% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Loresa”. Estos resultados son correspondientes a los expuestos, analizados e interpretados sobre la hacienda Dolores, por lo que se recomienda también, la toma de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

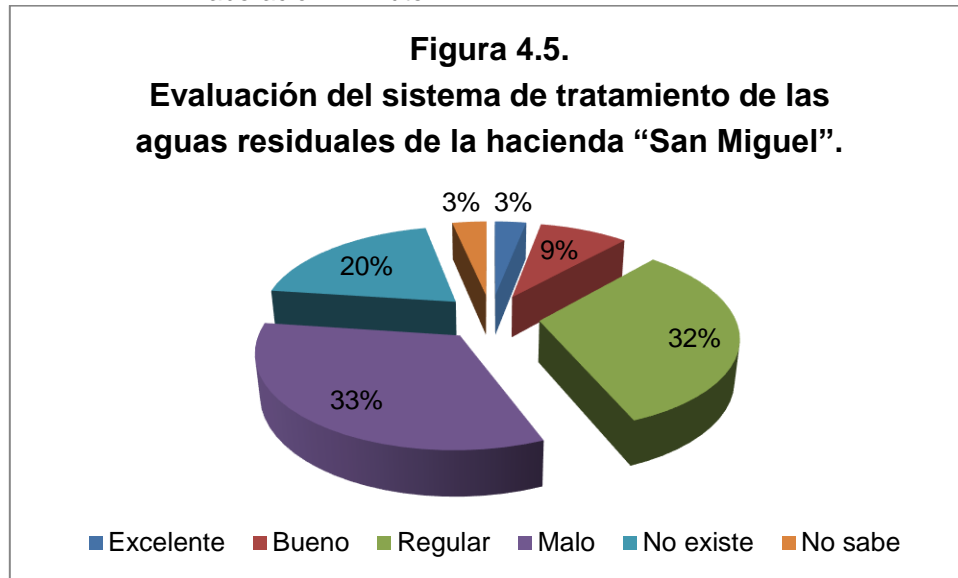
- 3) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “San Miguel” como

Tabla 4.6.
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “San Miguel”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	11	3
Bueno	31	9
Regular	115	32
Malo	119	33
No existe	70	20
No sabe	12	3

TOTAL	358	100,00
--------------	------------	---------------

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

En cuanto a la hacienda “San Miguel”, los resultados que se muestran en la Tabla 4.6 y graficados en la Figura 4.5, son implicativos de que una mayoría del 33% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. El 32% lo estimó como regular, mientras que el 20% lo consideró inexistente. Sólo el 9% lo catalogó como bueno y, solamente el 3% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 11 personas, equivalentes al 3% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

Se interpreta entonces que un 85% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “San Miguel”. Estos resultados son análogos a los expuestos, analizados e interpretados para las haciendas Dolores y Loresa, por lo que se recomienda también, la toma de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

- 4) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Faustina” como

Tabla 4.7.

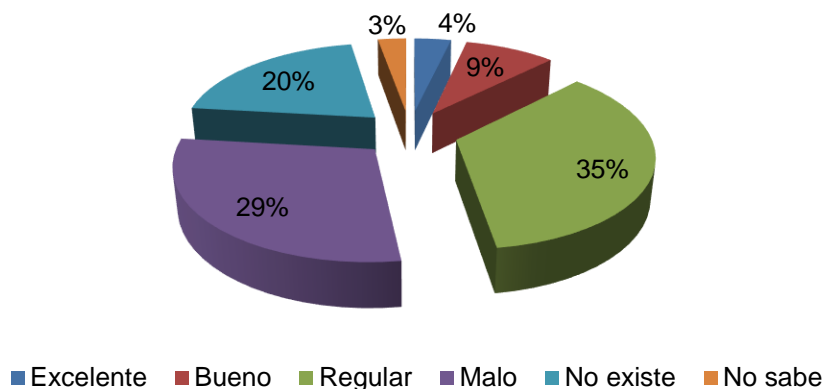
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Faustina”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	13	4
Bueno	32	9
Regular	126	35
Malo	104	29
No existe	73	20
No sabe	10	3
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.

Figura 4.6.

Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Faustina”.



Elaboración: El Autor.

Los datos relativos a la hacienda “Faustina” presentados y graficados en la Tabla 4.7 y Figura 4.6, respectivamente, demuestran que una mayoría comparativa del 35% evaluó como regular al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. El 29% lo estimó como malo, mientras que el 20% lo consideró inexistente. Sólo el 9% lo catalogó como bueno y, solamente el 3% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 13 personas, equivalentes al 4% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

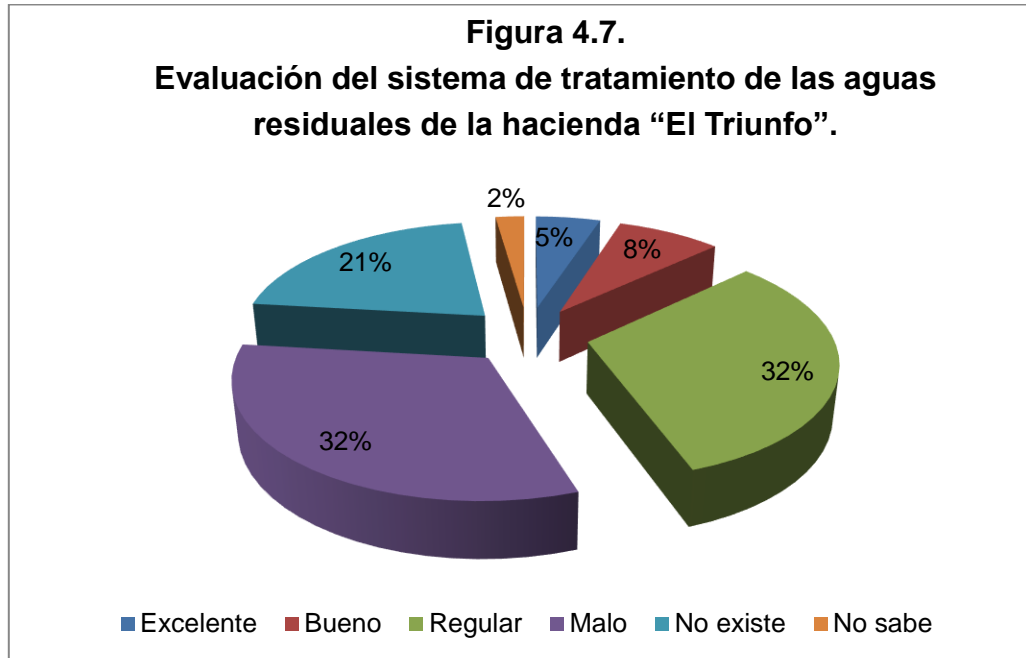
Se interpreta entonces que un 84% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Faustina”. Estos resultados son análogos a los expuestos, analizados e interpretados para las haciendas Dolores, Lorena y San Miguel por lo que se recomienda también, la toma de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

- 5) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “El Triunfo” es

Tabla 4.8.
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “El Triunfo”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	18	5
Bueno	29	8
Regular	113	32
Malo	115	32
No existe	75	21
No sabe	8	2
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.



En el caso de la hacienda “El Triunfo”, los resultados que se muestran en la Tabla 4.8 y graficados en la Figura 4.7, son implicativos de que un apreciable 32% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. También otro 32% lo estimó como regular, mientras que el 21% lo consideró inexistente. Sólo el 8% lo catalogó como bueno y, solamente el 2% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 18 personas, equivalentes al 5% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

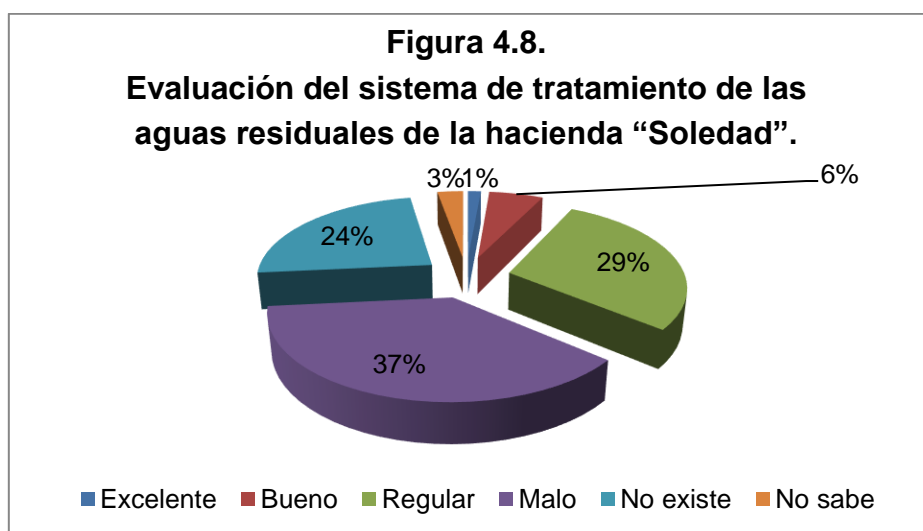
Se interpreta entonces que un 85% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “El Triunfo”. Estos resultados son correspondientes a los expuestos, analizados e interpretados sobre las haciendas Dolores, Loresa, San Miguel y Faustina por lo que también es recomendable la aplicación de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

6) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Soledad” es

Tabla 4.9.
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Soledad”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	5	1
Bueno	21	6
Regular	103	29
Malo	134	37
No existe	85	24
No sabe	10	3
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

En el caso de la hacienda “Soledad”, los resultados que se muestran en la Tabla 4.9 y graficados en la Figura 4.8, son implicativos de que una mayoría del 37% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. El 29% lo estimó como regular, mientras que el 24% lo consideró inexistente. Sólo el 6% lo catalogó como bueno y, solamente el 3% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 5 personas, equivalentes al 1% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

Se interpreta entonces que un 90% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Soledad”. Estos resultados son correspondientes a los expuestos, analizados e interpretados sobre las cinco haciendas anteriores, por lo que se recomienda también, la toma de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

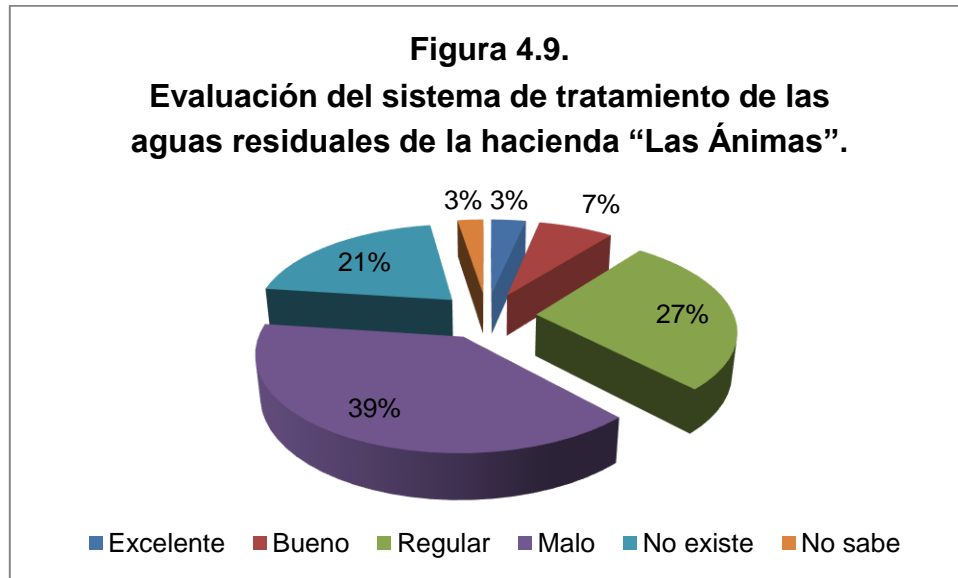
7) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Las Ánimas” es

Tabla 4.10.
Evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Las Ánimas”.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	12	3
Bueno	26	7
Regular	98	27
Malo	140	39
No existe	73	21
No sabe	9	3

TOTAL	358	100,00
--------------	------------	---------------

Elaboración: El Autor.



Elaboración: El Autor.

Los datos correspondientes a la hacienda “Las Ánimas” mostrados en la Tabla 4.10 y graficados en la Figura 4.9, implican que una mayoría comparativa del 39% evaluó como malo al sistema de tratamiento de las aguas residuales de dicha hacienda. También otro 27% lo estimó como regular, mientras que el 21% lo consideró inexistente. Sólo el 7% lo catalogó como bueno y, solamente el 3% no respondió este ítem. Un número muy bajo de encuestados, 12 personas, equivalentes al 3% evaluaron al sistema bajo análisis como excelente.

Se interpreta entonces que un 87% de la muestra estimó, de una forma u otra que el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la hacienda “Las Ánimas”. Estos resultados son correspondientes a los expuestos, analizados e interpretados sobre las seis haciendas anteriores, por lo que también es recomendable la aplicación de medidas tecnológicas para propiciar el mejoramiento de la calidad de las aguas del río Palenque.

8) Considera Usted que la calidad de las aguas del río Palenque en relación con las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad es

Tabla 4.11.

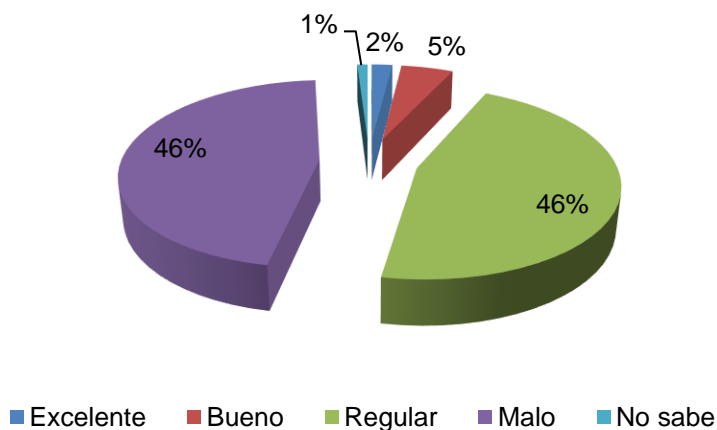
Evaluación de la calidad de las aguas del río Palenque en relación con las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	7	2
Bueno	18	5
Regular	163	46
Malo	166	46
No sabe	4	1
TOTAL	358	100,00

Elaboración: El Autor.

Figura 4.10.

Evaluación de la calidad de las aguas del río Palenque en relación con las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad.



Elaboración: El Autor.

Finalmente, en la Tabla 4.11 y Figura 4.10 se presentan los datos correspondientes a la evaluación de la percepción ciudadana sobre la calidad de las aguas del río Palenque, principal recurso hídrico del cantón del mismo nombre y, relacionada con las actividades productivas de las siete haciendas bananeras que a lo largo del curso del río descargan sus aguas residuales o efluentes en el seno del río.

Cabe destacar que un significativo 46% de entrevistados coincidió en que la calidad ambiental de las aguas del río es mala y, otro 46% la consideró regular y el 5% estuvo de acuerdo con que era buena. Sólo 7 personas equivalentes al 2% concordaron en que dicha calidad era excelente y, el 1% de la muestra respondió no saber sobre eso.

Es decir, que el 92% de entrevistados coincidió en que la calidad de las aguas del río Palenque, en lo que tiene que ver con las actividades productivas de las haciendas bananeras no es satisfactoria.

La implementación de medidas alternativas en las bananeras bajo estudio propiciará el mejoramiento significativo de la calidad ambiental del río Palenque, traducida en mejor calidad de las aguas y por ende, mejor calidad de vida de la población que interactúa con este recurso.

4.3.3. Comprobación / disprobación de la hipótesis

Para la realización de la comprobación / disprobación de la hipótesis, se tuvieron en cuenta las diferencias de medias de la Tabla 4.2, con sus correspondientes desviaciones estándar para cada parámetro analizado, seis en total; comparando los resultados obtenidos aguas arriba y aguas debajo de los impactos. A continuación se realizó la comparación de las medias de los Niveles de Calidad Ambiental obtenidos a partir del indicador ICAGUA. Su utilizó el estadígrafo “t” de

Student, de la teoría de las muestras pequeñas ($N = 7 < 30$), para la comparación de las medias.³³

4.3.3.1. Prueba para las medias del pH aguas arriba y debajo de los impactos

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población resultados del pH de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios del pH aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Bajo la hipótesis H_0 , $t = \frac{X_{1M} - X_{2M}}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$ donde $\sigma = \sqrt{\frac{N_1 \cdot S_1^2 + N_2 \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$

Entonces $\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,13^2 + 6 \cdot 0,22^2}{6 + 6 - 2}} = 0,1979$ y

$$t = \frac{6,8 - 6,5}{(0,1979) \sqrt{1/6 + 1/6}} = 2,63$$

Con base en una prueba de dos colas a un nivel de significación del 0,05 (95% de confianza), se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del recorrido desde $-t_{0,975}$ hasta $t_{0,975}$, el cual para $(6+6-2) = 10$ grados de libertad, es el recorrido -2,33 hasta 2,33; por lo tanto se rechaza H_0 a un nivel de significación de 0,05.

De todo lo anterior se desprende que los impactos de las haciendas bananeras sobre el pH de las aguas del río, causan deterioro significativo de la calidad

³³SPIEGEL, M. R. 2000. *Teoría y problemas de Estadística*. Ed. McGraw – Hill, 5ta. Edición, New York, USA.

ambiental del recurso, lo cual puede asegurarse, al menos con un 95% de confianza para no estar equivocado al rechazar una hipótesis que debió haber sido aceptada.

4.3.3.2. *Prueba para las medias del Oxígeno Disuelto aguas arriba y debajo de los impactos*

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población resultados de las concentraciones de O.D. de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones de O.D. aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Entonces
$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,27^2 + 6 \cdot 0,35^2}{6+6-2}} = 0,3424 \text{ y}$$

$$t = \frac{7,1 - 5,4}{(0,3424) \sqrt{1/6 + 1/6}} = 2,94$$

Con base en una prueba de dos colas a un nivel de significación del 0,01 (99% de confianza), se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del recorrido desde $-t_{0,95}$ hasta $t_{0,95}$, el cual para $(6+6-2) = 10$ grados de libertad, es el recorrido $-2,76$ hasta $2,76$; por lo tanto se rechaza H_0 a un nivel de significación de 0,01.

De todo lo anterior se desprende que los impactos de las haciendas bananeras sobre el Oxígeno Disuelto de las aguas del río, causan deterioro de la calidad ambiental del recurso.

4.3.3.3. *Prueba para las medias de la Conductividad Eléctrica aguas arriba y debajo de los impactos*

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población de resultados de los valores de la C.E. de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios de la C.E. aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Entonces
$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 522,64^2 + 6 \cdot 538,44^2}{6+6-2}} = 417,0738 \text{ y}$$
$$t = \frac{1850 - 4362}{(417,0738) \sqrt{1/6 + 1/6}} = -10,43$$

Con base en una prueba de dos colas a un nivel de significación del 0,005 (99,5% de confianza), se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del recorrido desde $-t_{0,995}$ hasta $t_{0,995}$, el cual para $(6+6-2) = 10$ grados de libertad, es el recorrido -3,17 hasta 3,17; por lo tanto se rechaza H_0 a un nivel de significación de al menos 0,005.

De todo lo anterior se desprende que los impactos de las haciendas bananeras sobre el Conductividad Eléctrica de las aguas del río, causan deterioro de la calidad ambiental del recurso.

4.3.3.4. Prueba para las medias de la Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y debajo de los impactos

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población de resultados de las concentraciones de DQO de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones de DQO aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Entonces
$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,90^2 + 6 \cdot 2,12^2}{6+6-2}} = 31,8264 \text{ y}$$

$$t = \frac{8 - 12}{(31,8264) \sqrt{1/6 + 1/6}} = -0,22$$

El valor de “ t ” calculado, -0,22 cae dentro de cualquiera de los intervalos que para 10 grados de libertad se presentan en la tabla de distribución de frecuencia del estadígrafo (sólo podría probarse con un 60% de confianza), por lo que según el interés del presente estudio, no puede rechazarse H_0 y, los impactos de las haciendas bananeras sobre la Demanda Química de Oxígeno de las aguas del río, no causan deterioro de la calidad ambiental del recurso.

4.3.3.5. Prueba para las medias de las grasas y aceites aguas arriba y debajo de los impactos

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población de resultados de las concentraciones de grasas y aceites de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones de grasas y aceites aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Entonces $\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,02^2 + 6 \cdot 0,37^2}{6+6-2}} = 0,2870$ y

$$t = \frac{0,02 - 1,30}{(0,2870) \sqrt{1/6 + 1/6}} = -7,72$$

Con base en una prueba de dos colas a un nivel de significación del 0,005 (99,5% de confianza), se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del recorrido desde $-t_{0,995}$ hasta $t_{0,995}$, el cual para $(6+6-2) = 10$ grados de libertad, es el recorrido $-3,17$ hasta $3,17$; por lo tanto se rechaza H_0 a un nivel de significación de al menos 0,005.

De todo lo anterior se desprende que los impactos de las haciendas bananeras sobre las grasas y aceites de las aguas del río, causan deterioro de la calidad ambiental del recurso.

4.3.3.6. *Prueba para las medias de los plaguicidas totales aguas arriba y debajo de los impactos*

Si μ_1 (aguas arriba) y μ_2 (aguas abajo) denotan la media de la población de resultados de las concentraciones de plaguicidas totales de las siete haciendas, se tiene que decidir entre las hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$, y no hay diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones de plaguicidas totales aguas arriba y aguas debajo de los puntos de impacto.

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$, y hay diferencia significativa entre las medias.

Entonces $\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,01^2 + 6 \cdot 0,4^2}{6+6-2}} = 0,3099$ y

$$t = \frac{0,02 - 1,30}{(0,3099)\sqrt{1/6 + 1/6}} = -7,15$$

Con base en una prueba de dos colas a un nivel de significación del 0,005 (99,5% de confianza), se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del recorrido desde $-t_{0,995}$ hasta $t_{0,995}$, el cual para $(6+6-2) = 10$ grados de libertad, es el recorrido -3,17 hasta 3,17; por lo tanto se rechaza H_0 a un nivel de significación de al menos 0,005.

De todo lo anterior se desprende que los impactos de las haciendas bananeras sobre los plaguicidas totales de las aguas del río, causan deterioro de la calidad ambiental del recurso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.”
(Constitución del Ecuador, 2008)

5.1. CONCLUSIONES

- Las formas de disposición de los residuos líquidos del beneficio del b en las haciendas bajo estudio no son satisfactorias, siendo inexistentes en la mayoría de ellas. En general cuentan con pozos sépticos, que no cumplen con la función para los que fueron diseñados y construidos y, en la época invernal, incluso, rebosan, movilizándose las aguas que contienen por escurrimiento, hacia el río.
- El modelo ICAGUA MODIFICADO aplicado rindió resultados correspondientes a Niveles de Calidad Ambiental medios, por debajo de 0,60 y, el deterioro de la calidad ambiental, según este indicador y los seis parámetros monitoreados, fue del 23%; cuando se comparan los valores obtenidos aguas arriba y debajo de los puntos de impacto.

- La percepción ciudadana acerca de la calidad del agua del río Palenque, en lo que tiene que ver con la producción de las haciendas bananeras y el supuesto tratamiento que debían realizar eficientemente de las mismas, se ha encontrado que dicha percepción, de manera significativa, no es satisfactoria.
- Se elaboró una propuesta de Plan de Manejo Sostenible dirigido a los procesos de las haciendas bananeras, que propicie, al aplicarse, la reducción de la agresividad que ejerce los líquidos descargados sobre las aguas del río Palenque.

5.2.RECOMENDACIONES

- Diseñar e implementar el manejo sostenible de los residuos líquidos del beneficio del banano, a través de procesos físico químicos que propicien el ajuste de los valores de los parámetros indicadores de la contaminación de las aguas del río a niveles que no impliquen deterioro de la calidad de las mismas.
- Aplicar el modelo ICAGUA una vez implementado el sistema de manejo que se considera, comprobando que éste es de al menos, de 80%.
- Aplicar y evaluar la Propuesta de Plan de Manejo Ambiental dirigido a los procesos de las haciendas bananeras, particularmente a aquellos relacionados con el beneficio (poscosecha).

CAPÍTULO VI

PROPUESTA ALTERNATIVA

“La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control.” (Constitución del Ecuador, 2008)

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

PLAN DE MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS DESCARGADOS AL RÍO PALENQUE POR LAS HACIENDAS BANANERAS.

6.2. JUSTIFICACIÓN

La Propuesta que se realiza está justificada por la aplicación práctica viable de los procesos sugeridos, con lo cual se propiciará el mejoramiento de la calidad del agua del río referido y, por lo tanto, se beneficiarán las poblaciones del cantón Palenque que viven en las cercanías del recurso y que, en sus acciones domésticas, productivas, comerciales y recreativas, interactúan con él.

6.3. FUNDAMENTACIÓN

En general, las aguas residuales o no, pueden ser sometidas a un conjunto de operaciones y tratamientos con el objetivo de que sean aptas para el consumo humano o para determinadas aplicaciones industriales o, simplemente para su disposición en recursos hídricos no contaminados.

Los tratamientos empleados para reducir la contaminación de las aguas residuales agroindustriales pueden ser de naturaleza física, química o biológica:

- El tratamiento físico consiste en someter al agua a decantación, natural o acelerada con agentes de floculación y posteriormente a filtración. Las aguas poco turbias pueden ser sometidas directamente a filtración sin la necesidad de pasar por la decantación.
- El tratamiento químico se lleva a cabo con el objetivo de mejorar los caracteres químicos del agua y consiste en efectuar la decantación con una cantidad conveniente de calcio y zeolitas, para reducir la dureza temporal o carbónica y la salinidad, respectivamente, seguida de un control final de pH.

- El tratamiento bacteriológico no es menester para las aguas residuales del beneficio del banano.

En estos tratamientos, los procesos más usados son:

a) Filtración o filtraje

La filtración propiamente dicha es la que se lleva a cabo mediante filtros de arena, realiza su función eliminando partículas suspendidas, y otras no disueltas.

b) Floculación

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación. El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado. Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

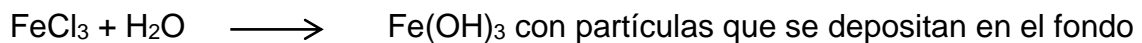
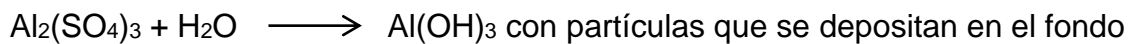
Sin embargo, hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal denominadas coloides que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 μm y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que existan fuerzas de repulsión entre

ellas y les impida aglomerarse para sedimentar. Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos de hierro y aluminio las suelen tener positivas.

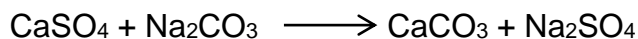
El tratamiento físico químico del agua residual tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación. Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO₅ y del 30 al 40% de la DQO.

En resumen, la coagulación – floculación – sedimentación se realiza con el fin de eliminar las partículas en suspensión coloidal. Para facilitar este proceso se añade una pequeña cantidad de sulfato de aluminio o de cloruro de hierro (III) en medio ligeramente básico:



c) Eliminación de sales disueltas

Consiste en la eliminación de los iones Ca y Mg por precipitación o por intercambio iónico, añadiendo carbonato de sodio para cambiar los iones calcio o magnesio por iones sodio.



Va seguida de una filtración para separar los precipitados formados.

d) Eliminación de la Conductividad Eléctrica mediante el uso de columnas intercambiadoras de iones rellenas con zeolita natural.

Las **zeolitas** están formadas por armazones de AlO_4 y SiO_4 muy abiertos, con grandes espacios de interconexión o canales. Dichos canales retienen iones de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ así como moléculas de agua ligadas por enlaces de hidrógeno a los cationes de la estructura.

Las zeolitas son excelentes intercambiadores de iones y por ende propician la reducción significativa de la C.E. y de la salinidad. Dentro de las más empleadas está la zeolita natural cubana, brasileña y de otros países de América, con una composición aproximación de 53 % de heulandita – clinoptilolita y 17 % demordenita, con tamaño de partícula de 1 – 3 mm³⁴.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo general

Elaborar un Plan de Manejo Sostenible para los residuos líquidos descargados al río Palenque de las haciendas bananeras, con base en el tratamiento con filtración a través de arena e intercambio iónico con zeolitas.

6.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los sistemas de tratamiento más apropiados de aplicación a las aguas residuales bajo estudio.
- Calcular los principales parámetros que caracterizan a los procesos de tratamiento propuestos.
- Estimar los costos de la alternativa propuesta.

³⁴GUTIÉRREZ, O., SCULL, I Y ORAMAS, A. (2006). Zeolita natural para la reducción de la dureza del agua. Nota técnica: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 40, No. 2, 191. La Habana, Cuba.

6.5. IMPORTANCIA

La falta de tratamiento de aguas residuales es uno de los principales problemas de los países en vías de desarrollo. Es bien conocido el impacto que tiene el agua contaminada en la salud de humanos, ecosistemas hídricos y marinos, así como el clima.

En la formulación, planeación y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas y, eventualmente, motivaciones ecológicas.

Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural. De esta forma se protege a la salud pública y al ambiente.

6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La presente Propuesta es de aplicar en el cantón Palenque, en cada una de las siete haciendas bananeras estudiadas a lo largo de unos 25 – 30 km del río Palenque, que alberga en sus márgenes a la ciudad del mismo nombre, en la provincia de Los Ríos.

6.7. FACTIBILIDAD

Teniendo en cuenta el interés mostrado por la Ilustre Municipalidad, el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Palenque y por las autoridades de las empresas bananeras, se considera que la Propuesta es viable, la implementación será asumidos por los propietarios de cada una de las haciendas, con el apoyo logístico del Gobierno cantonal.

6.8. PLAN DE TRABAJO

En la Cuadro 6.1 se presenta el Plan de Trabajo concerniente a la implementación de la Propuesta.

Tabla 6.1.**Plan de trabajo para la implementación de la Propuesta.**

No.	ACTIVIDAD	OBJETIVO	RESPONSABLE	INICIO	TERMINACIÓN	COSTO (USD)
1	Socialización de la Propuesta con las Autoridades de las Haciendas.	Socializar los elementos constituyentes de la Propuesta.	Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola	08/2015	09/2015	85,00
2	Diseño estructural para la implementación de los filtros de arena y la columna de intercambio iónico.	Diseñar las estructuras de pases de apoyo de los filtros de arena y de la columna de intercambio iónico.	<ul style="list-style-type: none">• Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola.• Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas.	10/2015	01/2016	750,00
3	Instalación de sistema de tuberías de entrada y salida de agua a los dispositivos de tratamiento.	Instalar el sistema de tuberías de entrada y salida de agua a los dispositivos de tratamiento.	Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas.	02/2016	04/2016	650,00
4	Construcción de las bases soportes.	Construir las bases soportes de los dispositivos de tratamiento.	Especialistas y obreros contratados por las Autoridades de las haciendas.	02/2016	04/2016	525,00

5	Compra o construcción de los dispositivos de tratamiento.	Comprar o construir los dispositivos de tratamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades de las haciendas. • Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas. 	03/2016	04/2016	300,00 – 950,00*
6	Instalación de dispositivos.	Instalar los dispositivos de tratamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades de las haciendas. • Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas. 	05/2016	05/2016	400,00
7	Contratación de personal operador de la planta.	Contratar al personal operador de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades de las haciendas. 	05/2016	05/2016	0,00
8	Adiestramiento del personal contratado para la operación de la planta.	Adiestrar al personal contratado para la operación de la planta.	Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas.	05/2016	06/2016	350,00
9	Puesta en marcha de la planta de tratamiento.	Poner en marcha la planta de tratamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades de las haciendas. • Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas. 	07/2016		0,00
10	Análisis de laboratorio para determinar la eficiencia de la planta de tratamiento.	Analizar de laboratorio de muestras de agua a la entrada y salida de la planta para	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades de las haciendas. • Laboratorio de análisis contratado. 	08/2016	08/2016	860,00

		determinar la eficiencia de tratamiento.				
11	Análisis del trabajo de la planta.	Analizar el trabajo de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> • Especialistas contratados por las Autoridades de las haciendas. • Operadores de la planta. 	08/2016	08/2016	0,00

* Dependiendo de comprar o de construir.

Elaboración: El Autor.

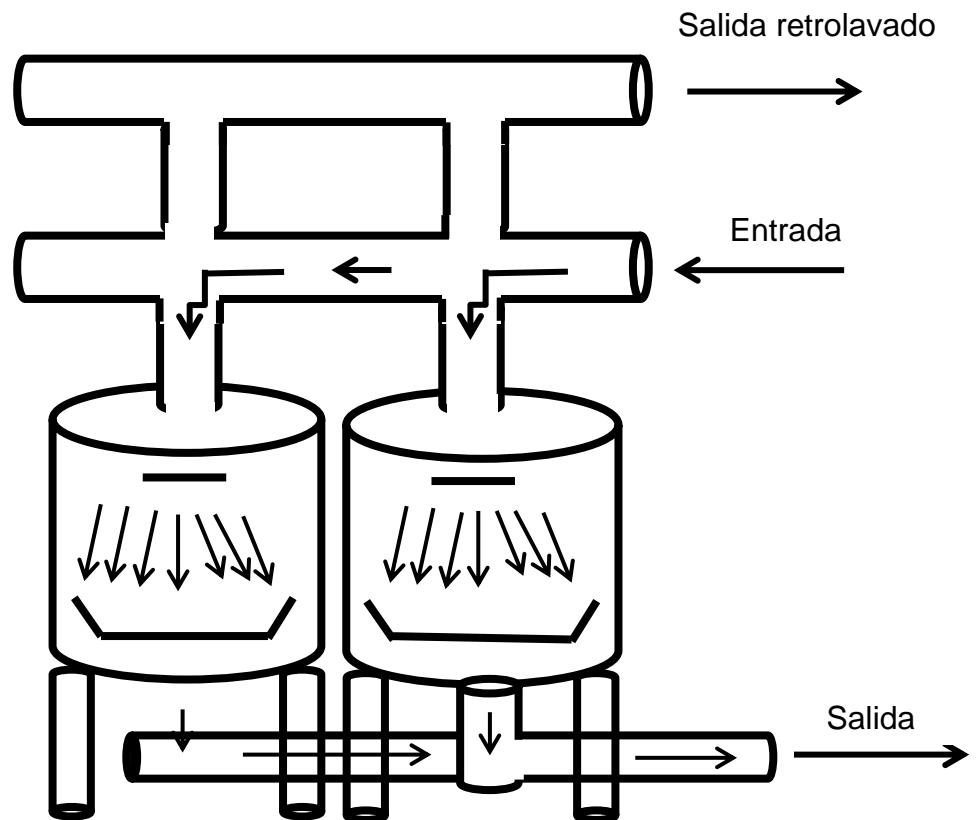
6.9. ACTIVIDADES

6.9.1. Diseño de un filtro de arena con capacidad de 100 m³/d

6.9.1.1. Operación – Esquema

En la Figura 6.1, se presenta un esquema del proceso de filtración con arena y el correspondiente retrolavado.

Figura 6.1.
Esquema del proceso de filtración con arena y el correspondiente retrolavado.



Elaboración: El Autor.

El principio de la filtración usando una cama de arena filtradora es relativamente simple. El agua de la fuente de riego es presurizada e introducida en la parte superior de la cama de arena de los tanques. Un plato difusor en la garganta superior del tanque sirve para reducir la velocidad del

agua y distribuir uniformemente el agua a través de la parte superior de la cama filtrante. La cama de arena es una capa de arena sílice triturada de tamaño graduado de aproximadamente 41 cm (16 de pulgadas) profundidad. Los contaminantes en el agua son capturados en la cama de arena y el agua filtrada pasa dentro del colector de descarga, ubicado en el fondo de los tanques.

La operación de retrolavado se realiza lavando secuencialmente cada tanque en una serie de dos o más filtros. Para retrolavar un tanque, la pequeña válvula de control de tres vías en la válvula de retrolavado es puesta en la posición ON (accionada), ya sea de forma automática o manual. Esto permite que el agua presurizada desde el sistema de comando hidráulico llene el diafragma actuador y empuje el pistón dentro de la válvula de retrolavado. Conectado a este pistón está una válvula émbolo de dos lados. En la posición de no accionada, la válvula cargada por resorte está asentada entre la entrada del tanque y el colector de descarga de retrolavado. Esto previene que el agua escape dentro del sistema de retrolavado durante el modo de filtración. Cuando está accionada, el pistón y el sello de la válvula se mueven a través de la toma de entrada del tanque y se asienta contra el colector interno (donde el agua sin filtrar entra al tanque).

Este simple movimiento previene la entrada al tanque de agua sin filtrar y permite la entrada del agua filtrada al sistema de riego, y evita que vuelva por el retrolavado a través del tanque y fuera del colector de retrolavado. Debido a que el flujo de retrolavado es dependiente de una fuente de agua filtrada desde el sistema de riego, todos los sistemas de arena filtrante requieren al menos de dos tanques, uno para proveer agua filtrada al otro tanque que está siendo lavado. Es importante tener en mente que sólo un tanque deberá ser lavado a la vez.

6.9.1.2. Características de diseño

La operación se diseña con base al parámetro determinante, es decir, la carga hidráulica superficial recomendada de $1,3 \text{ dm}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ($112,34 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$), aproximadamente la mitad del intervalo dado por *Flow – Guard, Productos para filtración*³⁵. De acuerdo con esta cifra, se necesita un área de filtración de $0,90 \text{ m}^2$ ($9,56 \text{ pie}^2$), para tratar un caudal de $100 \text{ m}^3/\text{d}$; con una profundidad de lecho de arena de 41 cm. Esta es precisamente una de las ventajas principales de estos sistemas, que con tamaños pequeños (bajos costos de construcción, operación y mantenimiento, se manejan grandes flujos de agua a tratar. Deberá tomarse en cuenta un 20% de altura por sobre los 41 cm de arena, para volumen libre (entrada y salida de agua; es decir, que la altura del filtro sería de unos 50 cm.

Un filtro de arena de las dimensiones consideradas, fabricado con aceros de primera calidad, fosfatado microcristalino por inmersión y aplicación electrostática de pintura epoxy poliéster en polvo y fundida uniformemente en horno interior y exteriormente, tiene un costo en el mercado internacional de aproximadamente 800,00 USD; pero si se le construye in situ, de hormigón armado, su costo se reduciría a unos 300,00 USD.

6.9.2. Diseño de una columna intercambiadora de iones con zeolita

Se denomina zeolita o ceolita (del griego, zein, 'hervir', y lithos, 'piedra'), a un gran conjunto de minerales que comprenden aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos. La etimología de la palabra ceolita hace referencia a que estas rocas a cuando se calientan a altas temperaturas se hinchan y desprenden burbujas. Estos minerales se manifiestan en vetas de rocas ígneas básicas, particularmente basalto. Los minerales poseen densidades específicas en el rango 1,9 a 2,8 y durezas entre 3 y 6.

³⁵ FLOW – GUARD, PRODUCTOS PARA FILTRACIÓN. (2012). Fresno Valves and Castings, Inc., California, USA.

Las zeolitas son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 8 a 10 Å (Angstrom). Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. En la Tabla 6.1 se presentan los principales tipos de zeolitas naturales.

Tabla 6.2.
Principales tipos de zeolitas naturales.

ZEOLITAS	FORMULA QUÍMICA
Laumontita	$\text{Ca Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Clinoptilolita	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$
Stilbita	$\text{Na Ca}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Phillipsita	$(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})_{1-2} (\text{Si}, \text{Al})_8 \cdot \text{O}_{16} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Erionita	$(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Na}_2)_2\text{Al}_4\text{Si}_{14}\text{O}_{36} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
Offretita	$(\text{K}_2, \text{Ca})_5\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72} \cdot 30\text{H}_2\text{O}$
Faujazitita	$(\text{Na}_2\text{Ca})\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Chabazita	$\text{Ca Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Natrolita	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Thomsonita	$\text{Na Ca}_2\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Mordenita	$(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2)\text{Al}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Epistilbita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Analcima	$\text{Na}, \text{AlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Heulandita	$(\text{Na}, \text{Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

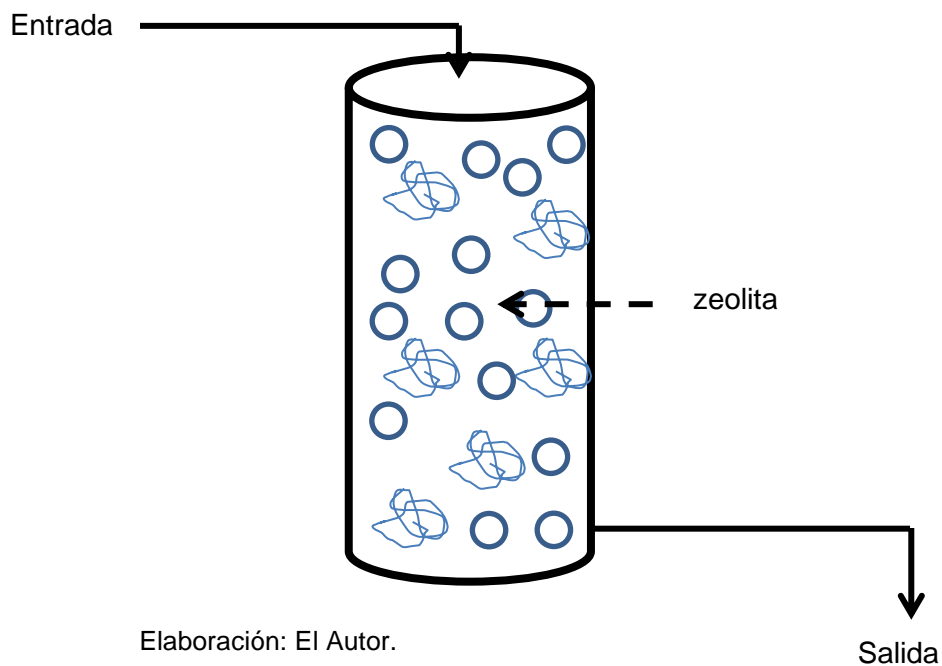
Fuente: Clarke, 1980.

Las propiedades más relevantes de las zeolitas naturales son: porosidad, adsorción e intercambio iónico. La capacidad de intercambio iónico (C.I.I.) de una zeolita es una magnitud que da una medida del monto de equivalentes de un catión que es capaz de retener por intercambio iónico una masa de zeolita. Esta capacidad está directamente relacionada con el Al presente en la red zeolítica y depende directamente de su composición química. Una alta capacidad de intercambio iónico corresponde a zeolitas con baja relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. La C.I.I. teórica máxima, número de equivalentes intercambiables

por masa de la celda unitaria, no siempre puede ser alcanzada debido a la existencia de sitios de intercambio inaccesibles.³⁶

Según cálculos realizados a partir de la información publicada por Gutiérrez³⁷, por cada 100 m³/d de agua residual, se necesitan 27 kg de zeolita en una columna de 1 m de altura (más 15% para espacios de entrada y salida) y 0,25 m de radio o 50 cm de diámetro. La zeolita que se propone es la Clinoptilolita, por su presencia en el Ecuador y por su alta capacidad de intercambio iónico, siendo además la más estudiada. Un esquema de este proceso se muestra en la Figura 6.2.

Figura 6.2.
Columna de intercambio iónico con zeolita.



6.10. RECURSOS

Según el Plan de Trabajo elaborado, los recursos económicos necesarios para la implementación de la Propuesta ascienda a 3920 – 4870 USD, según

³⁶ Clarke, C. (1980). *Zeolites: Take off for the Tuff Guys*; Industrial Minerals, pp. 21 – 32. New York, USA.

³⁷ GUTIÉRREZ, F. C. Columnas de intercambio iónico empleando rellenos de zeolita. Ingeniería Civil, Vol. II, No. 6, La Habana, Cuba.

se construyan los filtros de arena de hormigón armado, o se le compren fabricados de acero de buena calidad a alguna empresa productora – comercializadora, como FLOW – GUARD, Fresno Valves and Castings, Inc.,

6.11. IMPACTO

Los resultados de la implementación de la Propuesta se reflejarán en la calidad de vida de las poblaciones aledañas y, en cierta medida, dependientes del río Palenque, para el desarrollo de sus vidas. Se verán mejoradas actividades como la agricultura, la recreación, la pesca y otras, además de aspectos vitales como la salud humana, animal y vegetal. Todo, debido a la eliminación de elementos contaminantes del agua como sales de diferentes metales pesados y no pesados, plaguicidas, bacterias, compuestos que elevan la salinidad del agua y otros, además de reducciones tanto de la DBO₅ como de la DQO.

6.12. EVALUACIÓN

La evaluación, una vez implementada la Propuesta deberá realizarse trimestralmente, a través de análisis de laboratorio que permitan calcular la eficiencia de remoción de los diferentes parámetros indicadores de la contaminación estudiados y del Índice de Calidad del Agua, anteriormente estudiado y aplicado.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WPCF. (2005). *Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales*. 15ta.
- BOLUDA, N. (2002). "Modelización de Vertidos de Aguas Residuales en Sistemas Fluviales". Universidad de Alicante, Alicante, España.
- BUSTAMANTE, E. (2011). *Comunicación Privada*. Concejal del cantón Palenque, Los Ríos, Ecuador.
- CLARKE, C. (1980). *Zeolites: Take off for the Tuff Guys*; Industrial Minerals, pág. 21 – 32. New York, USA.
- CONESA, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. 5ta. Edición, Ed. Mundi – Prensa, Madrid.
- FLOW – GUARD, PRODUCTOS PARA FILTRACIÓN. (2012). Fresno Valves and Castings, Inc., California, USA.
- GAINS, Y. S. (2008). *Water Pollution Control Systems*. Ed. Elsevier, Yale, U.S.A.
- GILDEN RC, HUFFLING K, SATTLER B (January 2010). Pesticides and health risks. J Obstet Gynecol Neonatal No. 39 (1).
- GRANDA, A. DUBLY, A. BORJA, G. (2004). *Agua, Vida y Conflicto*. Corporación Editora Nacional, Comisión Ecuménica de Derechos Humanos, Quito.
- GUTIÉRREZ, F. C. Columnas de intercambio iónico empleando rellenos de zeolita. Ingeniería Civil, Vol II, No. 6, La Habana, Cuba.

GUTIÉRREZ, O., SCULL, I Y ORAMAS, A. (2006). Zeolita natural para la reducción de la dureza del agua. Nota técnica: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 40, No. 2, 191. La Habana, Cuba.

HINKELAMMERT, F. (1995). *Cultura de la Esperanza y Sociedad sin Exclusión*. San José de Costa Rica. DEI.

ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN PALENQUE. (2006). Informe al Concejo "Principales características productivas en la microcuenca del río Palenque". Palenque, Los Ríos Ecuador.

INEC. (2011). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Quito, Ecuador.

JIMENEZ, C. et al. (1999). Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Ecuador.

KENDALL, K. L. (2007). *All about water quality*. Journal of Chemical Education. Vol. III, No. 2. New York, U.S.A.

KENDALL, F.C. (2008). *Environmental Quality Systems*. Ed. Elsevier, London, England.

KIELY, G. (1999). "Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión". Ed. McGraw-Hill. Reino Unido.

KUNIUKI S (2001). Effects of organic fertilization and pesticide application on growth and yield of field-grown rice for 10 years. *Japanese Journal of Crop Science* Volumen 70, No. 4. Tokyo, Japan.

LAB PLAGUICIDAS SESA – MAG. (1996). *Informe de Análisis de plaguicidas en el agua*. Quito, Ecuador.

LEIVA, A. (2010). *Enfoque de Sistema en la Modelización Ambiental*. UTEQ, Facultad de Ciencias Ambientales. Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, 5to. año de la Carrera, Quevedo, Ecuador.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR. (2007). *Diagnóstico de la situación de los plaguicidas 1A y 1B en el Ecuador*. Boletín de Acción Ecológica, No. 151, Quito, Ecuador.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2004). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial 449 de 20 de Octubre del 2008, Quito, Ecuador.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2004). *Ley de Aguas*. Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004, Quito, Ecuador.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Registro Oficial 305 del 6 de agosto de 2014, Quito, Ecuador.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2006). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria*. Registro Oficial 320 de 25 de Julio del 2006, Quito, Ecuador.

SPIEGEL, M. R. 2000. *Teoría y problemas de Estadística*. Ed. McGraw – Hill, 5ta. Edición, New York, USA.

WESLEY, H. L. (2009). *El hombre y la contaminación de las fuentes de agua*. Ed. Paidós, Bogotá, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1

Provincia Los Ríos destacando al cantón Palenque.



ANEXO 2
GUÍA DE OBSERVACIÓN DIRECTA

Evaluación del sistema de tratamiento de los residuos de la producción en las siete haciendas bananeras de la localidad bajo estudio:

	SISTEMA DE TRATAMIENTO				
HACIENDA	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	INEXISTENTE
"Dolores"					
"Loresa"					
"San Miguel"					
"Faustina"					
"El Triunfo"					
"Soledad"					
"Las Ánimas"					

ANEXO 3

CUESTIONARIO DE ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS REPRESENTANTES DE LAS FAMILIAS DE LA LOCALIDAD

- 1) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Dolores” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 2) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Loresa” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	

No sabe	
---------	--

- 3) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “San Miguel” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 4) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Faustina” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 5) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “El Triunfo” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 6) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Soledad” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 7) Usted evalúa al sistema de tratamiento de las aguas residuales de la producción bananera de la hacienda “Las Ánimas” es

ALTERNATIVA	RESPUESTA

Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	
No existe	
No sabe	

- 8) ¿Considera Usted que la calidad de las aguas del río Palenque se deterioran debido a las actividades productivas de las haciendas bananeras de la localidad?

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Mucho	
Ni mucho ni poco	
Poco	
Nada	
No sabe	

ANEXO 4

NOMBRES DE LAS HACIENDAS, PROPIETARIOS Y DISTANCIA APROXIMADA DESDE LA CIUDAD DE PALENQUE

HACIENDA	PROPIETARIO	DISTANCIA APROXIMADA DESDE LA CIUDAD DE PALENQUE (km)
"Dolores"	Sr. José Mosquera	3
"Loresa"	Sr. Gabriel Malo	7
"San Miguel"	Sr. Julián Tanca.	11
"Faustina"	Sr. Eduardo Romero	16
"El Triunfo"	Sr. Eduardo Romero	20
"Soledad"	Sr. Eduardo Romero	23
"Las Ánimas"	Sr. Eduardo Romero	29

Nota: El tramo del río abarcado, impactado por las siete empresas bananeras es de 25 km, aproximadamente.

ANEXO 5


CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs. O.D.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilospoliclorados/ PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto		mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200

ANEXO 6

REPORTES DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No. ST: 255
13 – 08 ANÁLISIS DE AGUA DE RÍO

Nombre Peticionario: NA
Atn. Jimmy Cedeño Aldrin
Dirección: Guayacán, Quevedo

FECHA: 13 de Agosto del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013/08/13 – 09:30
FECHA DE MUESTREO: 2013/08/12 – 08:40
FECHA DE ANÁLISIS: 2013/08/14 – 2013/08/21
TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-L 004-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Punto 1 (Aguas arriba de la Hacienda Dolores)
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Jimmy Cedeño Aldrin
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C, Tmín.:15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	Analizador PCE-PHD 1	-	6,8	5-9	±0,1%
Oxígeno Disuelto	Analizador PCE-PHD 1	mg/L	7,1	-	±1,5%
Conductividad Eléctrica	Analizador PCE-PHD 1	μΩ/cm	1850	-	±2,5%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500 C1· B	mg/L	8,0	-	±20%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	0,02	-	±3,9%
Plaguicidas	CROMATÓGRAFO de gases VARIAN 3800 con control electrónico de flujo (EFC) y acoplado a un espectrómetro de masas Saturn 2000 tipo trampa de iones CROMATÓGRAFO de líquidos VARIAN (Walnut Creek, CA, USA), equipado con dos bombas Prostar pumps,	mg/L	0,01	-	±3,5%

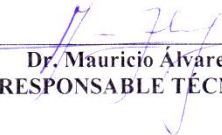
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio
 Los resultados arriba indicados están sólo relacionados con los objetos ensayados.

OBSERVACIONES:


 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--


- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE
	Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO No. ST: 256
13 – 08 ANÁLISIS DE AGUA DE RÍO

Nombre Peticionario: NA
Atn. Jimmy Cedeño Aldrin
Dirección: Guayacán, Quevedo

FECHA: 13 de Agosto del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013/08/13 – 09:30
FECHA DE MUESTREO: 2013/08/12 – 08:40
FECHA DE ANÁLISIS: 2013/08/14 – 2013/08/21
TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RÍO
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-L 004-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Punto 2 (Aguas abajo de la Hacienda Dolores)
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Jimmy Cedeño Aldrin
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C, Tmín.:15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

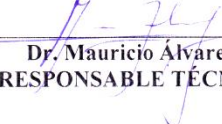
PARÁMETROS	MÉTODO/ NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	Analizador PCE-PHD 1	-	6,5	5-9	±0,1%
Oxígeno Disuelto	Analizador PCE-PHD 1	mg/L	5,4	-	±1,5%
Conductividad Eléctrica	Analizador PCE-PHD 1	μΩ/cm	4362	-	±2,5%
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500 C1· B	mg/L	12,0	-	±20%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B	mg/L	1,3	-	±3,9%
Plaguicidas	CROMATÓGRAFO de gases VARIAN 3800 con control electrónico de flujo (EFC) y acoplado a un espectrómetro de masas Saturn 2000 tipo trampa de iones CROMATÓGRAFO de líquidos VARIAN (Walnut Creek, CA, USA), equipado con dos bombas Prostar pumps,	mg/L	0,4	-	±3,5%

OBSERVACIONES:


 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

- N.A. No aplica
- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Quevedo, 13 de febrero de 2015.

Dr. Carlos Zambrano

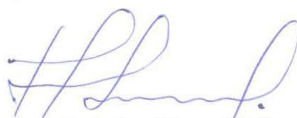
COORDINADOR MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

CERTIFICADO

El propósito del presente certificado es dar fe de la comprobación anti plagio a que fue sometida la tesis de Grado del maestrante Lcdo. Jimmy Aldrin Cedeño Barzola, a través del programa URKUND de SENESCYT, que se titula "Calidad del Agua del Río Palenque en el tramo abarcado por las haciendas bananeras de la localidad año 2013. Plan de manejo sostenible".

Los resultados arrojados por el mencionado programa indican un 4 % de similitud, que está significativamente por debajo del 10 % permitido. Se adjuntan los documentos recibidos por URKUND, propiciándose que el Lcdo. Cedeño Barzola acceda a la defensa pública de su Tesis.

Sin más que decir y, en honor a la verdad, se despide de Usted, fraternalmente y con alta consideración,



Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS



Document [URKUND_CEDAÑO JIMMY_11 FEBRERO 2015_PARA JOFFRE.docx](#) (D13206184)

Submitted 2015-02-11 17:27 (-05:00)

Submitted by joffrecan@hotmail.com

Receiver jandrade.espam@analysis.orkund.com

Message [Show full message](#)

4% of this approx. 23 pages long document consists of text present in 2 sources.

