

**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**MONITOREO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL HISTÓRICA DE LOS  
IMPACTOS, GENERADOS POR LAS OPERACIONES DEL SOTE,  
SOBRE MICROCUENCAS DEL RÍO AGUARICO**

Trabajo de Titulación Presentado en conformidad a los requisitos  
para obtener el título de Ingeniería Ambiental

Ing. Gioconda Ayala

**MARIA DEL CARMEN ARTEAGA CEVALLOS**

**QUITO - ECUADOR**

**2008**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. María del Carmen Arteaga, bajo mi supervisión y orientación.



Ing. Gioconda Ayala

PROFESOR-GUÍA



## DECLARACIÓN

Yo, María del Carmen Arteaga Cevallos, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad de las Américas, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional vigente.

  
María del Carmen Arteaga C.

AUTOR

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco de corazón a todas aquellas personas que contribuyeron a la realización de esta tesis.

A la Unidad de Monitoreo de la Gerencia de Protección Ambiental de PETROECUADOR, en especial al Ingeniero Henry Ojeda, por su paciencia, compromiso y acertada tutoría.

Al personal del Laboratorio Ambiental de PETROPRODUCCIÓN, por toda la ayuda y colaboración que me brindaron. Un agradecimiento especial al Biólogo Spartaco Endara, quien me colaboró en la recolección de muestras y al Ingeniero Javier Aveiga, quien fue mi guía durante los análisis en el Laboratorio.

Gracias a mi profesora guía, Ingeniera Gioconda Ayala, por toda la ayuda y dedicación en la realización de esta tesis, por estar siempre dispuesta a aclarar mis dudas y permitir que me enriquezca con sus conocimientos.

A mi familia, muchas gracias por todo el apoyo y la fe que tuvieron en mí a lo largo de mi carrera, ya que todos mis éxitos se los debo a ellos.

A mis amigos y amigas, por todas esas palabras de aliento cuando el trabajo era agotador, por escucharme cuando surgían complicaciones y motivarme a seguir adelante.

A ti Leonardo, por toda la paciencia, el apoyo, el cariño, por tenderme la mano cuando más lo necesitaba y por ser la razón de nunca dejarme vencer.

Gracias a Dios, por estar siempre a mi lado a través de todas las maravillosas personas que me rodean, por darme la oportunidad de haber llegado a este momento tan importante para mí y para mi familia.

A mis padres, por todo su apoyo y amor incondicional, por enseñarme a ser cada día una persona mejor, por creer en mí y por alentarme siempre a cumplir mis metas y sueños.

## RESUMEN

El trabajo de investigación está orientado a evaluar la calidad del recurso agua de varias microcuencas del Río Aguarico (Provincia de Sucumbíos), a efecto de determinar si las operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano han ocasionado impactos ambientales sobre dichos ríos a lo largo del tiempo. Para esto, se recopiló información de todos los estudios ambientales de línea -base realizados en la zona.

Existen tres estudios ambientales que midieron parámetros de calidad del agua de las microcuencas: el Plan de Integral de Manejo Ambiental para las Actividades Hidrocarburíferas (PIMA, 1989), el estudio de línea base para la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados del Ecuador (EIA-OCP, 2000) y el Plan de Manejo y Diagnóstico Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (DIAG-SOTE, 2006). Tras haber recopilado todos los datos, se procedió a compararlos con la normativa ambiental aplicable.

Posteriormente, se realizó un diagnóstico actual de la calidad del agua de aquellos ríos evaluados en los estudios previos, a fin de poder realizar un monitoreo ambiental histórico. El objetivo principal fue el determinar el cambio en cada uno de los parámetros que determinan la calidad general del agua en una línea de tiempo desde 1989 hasta el año 2008. Además, a fin de evaluar si las operaciones del SOTE son las responsables de generar o no impactos sobre la calidad del agua de la zona, se evaluó el grado de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano.

El identificar las tendencias de cambio de cada parámetro, evaluar la calidad del agua por cada río analizado, y el determinar el grado de cumplimiento de PETROECUADOR con la normativa ambiental vigente, permitirá sin duda el obtener una base importante para la construcción de futuras políticas ambientales, así como presentar recomendaciones que deberían ser aplicadas para un buen funcionamiento del Sistema de tal forma que mitiguen los impactos ambientales causados.

# ÍNDICE

## ABREVIATURAS

---

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
1.4.1 TEÓRICA	7
1.4.2 METODOLÓGICA	7
1.4.3 PRÁCTICA	7
<b>1.5 ALCANCE</b>	<b>8</b>
<b>1.6 HIPÓTESIS</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
<b>2.1 IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>9</b>
2.1.1 DEFINICIONES	9
2.1.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	9
<b>2.2 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE PETRÓLEO</b>	<b>11</b>
2.2.1 DERECHO DE VÍA Y PLATAFORMAS	11
2.2.2 CAMPAMENTOS	11
2.2.3 TENDIDO DE DUCTOS	11
2.2.4 OPERACIÓN DE OLEODUCTOS	11
2.2.5 PRINCIPALES IMPACTOS	12
<b>2.3 TIPOS DE PETRÓLEO</b>	<b>13</b>
2.3.1 LIVIANOS	13
2.3.2 MEDIANOS	13
2.3.3 PESADOS Y EXTRAPESADOS	13
<b>2.4 EL TRANSPORTE DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS</b>	<b>14</b>
2.4.1 EL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUATORIANO	14
2.4.2 EL OLEODUCTO TRANSANDINO	15
2.4.3 EL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS	15
<b>2.5 PARÁMETROS QUE INDICAN CONTAMINACIÓN DEL AGUA ASOCIADA CON LAS ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS</b>	<b>16</b>
<b>2.6 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>20</b>
2.6.1 MUESTREO	20
2.6.1.1 Requisitos del Sitio de Muestreo	20
<b>2.7 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>23</b>
2.7.1 ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL DEL AGUA (ICG)	23
2.7.2 ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA (ISQA)	25
2.7.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA	27
2.7.3.1 Índices Bióticos	27
2.7.3.2 Índices de Diversidad	27
<b>2.8 MARCO LEGAL</b>	<b>28</b>
2.8.1 CONTEXTO INTERNACIONAL	28
2.8.2 CONTEXTO NACIONAL	28



<b>CAPÍTULO III: MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUARICO</b>		<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>DATOS HISTÓRICOS DEL PLAN INTEGRAL DE MANEJO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA (PIMA)</b>	<b>32</b>
3.1.1	INTRODUCCIÓN	32
3.1.2	METODOLOGÍA	32
3.1.2.1	Selección de los Puntos de Muestreo	32
3.1.2.2	Campo	33
3.1.2.3	Laboratorio	34
3.1.3	CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS	35
3.1.4	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35
3.1.4.1	Puntos de Muestreo	35
3.1.4.2	Resultados y Comparación con las Normas Ambientales	35
3.1.5	OBSERVACIONES SOBRE LOS RESULTADOS	36
3.1.5.1	Observaciones sobre Resultados de Laboratorio	38
<b>3.2</b>	<b>DATOS HISTÓRICOS DEL ESTUDIO AMBIENTAL – LÍNEA BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS DEL ECUADOR (EIA – OCP)</b>	<b>38</b>
3.2.1	ANTECEDENTES	38
3.2.2	CALIDAD DEL AGUA	39
3.2.2.1	Introducción	39
3.2.2.2	Objetivos	39
3.2.2.3	Metodología	39
3.2.2.4	Límites Permisibles y Criterios de Calidad	40
3.2.2.5	Resultados de los Análisis Físico – Químicos	41
3.2.2.6	Uso Actual del Recurso	43
3.2.2.7	Identificación de las Fuentes de Contaminación	43
3.2.2.8	Análisis de los Resultados Físico – químicos obtenidos	44
a)	Análisis por cada uno de los cursos hídricos	44
b)	Análisis por cada uno de los parámetros medidos	45
<b>3.3</b>	<b>DATOS HISTÓRICOS DEL DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (DIAG-SOTE)</b>	<b>50</b>
3.3.1	INTRODUCCIÓN	50
3.3.2	OBJETIVOS	51
3.3.3	METODOLOGÍA GENERAL	51
3.3.3.1	Planificación del Trabajo	52
3.3.3.2	Trabajo de Campo	52
3.3.3.3	Análisis de Laboratorio	52
3.3.3.4	Interpretación de Resultados	53
3.3.4	CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL	53
3.3.4.1	Uso Actual del Agua	53
3.3.4.2	Muestreo	54
3.3.4.3	Análisis de Muestras y Comparación con la Normativa Ambiental	55
3.3.4.4	Interpretación de los Resultados	62
<b>CAPÍTULO IV: PARTE EXPERIMENTAL</b>		<b>66</b>
<b>4.1</b>	<b>CRITERIOS PARA EL MUESTREO</b>	<b>66</b>
4.1.1	METODOLOGÍA DEL MUESTREO	66
4.1.1.1	Tipos de Muestreo	66
4.1.1.2	Tipos de Muestras	66
4.1.1.3	Ubicación y Número de Muestras	67

<b>4.2</b>	<b>PROTOCOLO DE MUESTREO</b>	<b>67</b>
4.2.1	OBJETIVO GENERAL	67
4.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	67
4.2.2.1	Metodología del Muestreo y Ubicación de los puntos	67
4.2.2.2	Parámetros de Muestreo y Número de Muestras	68
4.2.2.3	Equipos de Muestreo, Tamaño y Etiquetado de la muestra	69
4.2.2.4	Cadena de Custodia y Transporte hasta el Laboratorio	70
4.2.2.5	Preservación, Almacenamiento y Métodos de Análisis	70
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>71</b>
4.3.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS <i>IN SITU</i>	71
4.3.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN EL LABORATORIO	74
4.3.2.1	Equipos Utilizados para el Análisis	74
4.3.2.2	Comparación de los datos obtenidos con la Norma Ambiental	76

**CAPÍTULO V: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE SOBRE CALIDAD DEL AGUA (1989, 2000, 2006 y 2008) 79**

<b>5.1</b>	<b>DATOS HISTÓRICOS</b>	<b>80</b>
5.1.1	COMPARACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	80
<b>5.2</b>	<b>DATOS DEL DIAGNÓSTICO ACTUAL</b>	<b>81</b>
5.2.1	PUNTOS DE MUESTREO COMUNES	81
<b>5.3</b>	<b>COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA AMBIENTAL</b>	<b>82</b>
<b>5.4</b>	<b>RESULTADOS DEL MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO</b>	<b>82</b>
5.4.1	RÍO CONEJO	83
5.4.2	RÍO LUMBAQUI	84
5.4.3	RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI	85
5.4.4	RÍO AGUARICO (EN PUENTE)	86
5.4.5	RÍO CASCALES	87
5.4.6	RÍO AGUARICO	88
<b>5.5</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO POR CADA PARÁMETRO</b>	<b>89</b>
5.5.1	POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)	89
5.5.2	CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	90
5.5.3	TEMPERATURA	92
5.5.4	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	93
5.5.5	SÓLIDOS DISUELTOS	95
5.5.6	FENOLES	96
5.5.7	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )	97
5.5.8	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	99
5.5.9	SUSTANCIAS TENSOACTIVAS (MBAS)	101
5.5.10	METALES PESADOS	102
5.5.11	HIDROCARBUROS TOTALES (TPHs)	110
<b>5.6</b>	<b>CÁLCULO DEL ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>111</b>
5.6.1	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO LUMBAQUI	112
5.6.2	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO CONEJO	113
5.6.3	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO AGUARICO	113
5.6.4	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO AGUARICO (PUENTE)	114
5.6.5	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO CASCALES	114
5.6.6	CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI	115
<b>5.7</b>	<b>COMPARACIÓN ENTRE LAS CALIDADES OBTENIDAS PARA LAS AGUAS DE LOS SEIS RÍOS EN BASE AL ISQA</b>	<b>115</b>
5.7.1	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ISQA	116
5.7.2	USO DEL AGUA SEGÚN EL ISQA	118



<b>CAPÍTULO VI: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE PETROECUADOR</b>		<b>120</b>
<b>6.1</b>	<b>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (SOTE)</b>	<b>120</b>
6.1.1	PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS	121
6.1.2	PLAN DE MANEJO DE DESECHOS	123
6.1.3	PLAN DE CONTINGENCIAS	125
6.1.3.1	Riesgos provocados por las Instalaciones hacia el Ambiente	125
6.1.3.2	Riesgos provocados por el Ambiente hacia las Instalaciones	125
6.1.3.3	Matriz Base de Riesgo	126
6.1.3.4	Análisis de Riesgos	126
<b>6.2</b>	<b>PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL</b>	<b>126</b>
6.2.1	PROGRAMA DE MONITOREO DE EFLUENTES	127
6.2.2	PROGRAMA DE MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA NATURALES CONTAMINADOS	128
<b>6.3</b>	<b>ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y DEL PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO</b>	<b>128</b>
6.3.1	DESCARGAS LÍQUIDAS DE LA ESTACIÓN LAGO AGRIO	129
6.3.1.1	Aguas Industriales	129
6.3.1.2	Aguas Negras y Grises	131
6.3.2	DESCARGAS LÍQUIDAS DE LA ESTACIÓN LUMBAQUI	132
6.3.2.1	Aguas Industriales	132
6.3.2.2	Aguas Negras y Grises	134
6.3.3	CONCLUSIONES SOBRE ESTACIÓN LAGO AGRIO	135
6.3.4	CONCLUSIONES SOBRE ESTACIÓN LUMBAQUI	136
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>137</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>137</b>
<b>7.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>143</b>

<b>CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>146</b>
------------------------------------	------------

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **ANEXOS**

ANEXO 1: Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
ANEXO 2: Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en Ecuador
ANEXO 3: Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador
ANEXO 4: Métodos Analíticos para Aguas establecidos en el RAOH
ANEXO 5: Registro Fotográfico
ANEXO 6: Informe del Laboratorio de Protección Ambiental de Petroproducción.



# ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y MAPAS

## TABLAS

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

TABLA 2.1: Sistemas de Transporte Anexos	12
TABLA 2.2: Transporte del Crudo Nacional	15
TABLA 2.3: Alteraciones Físicas del Agua	16
TABLA 2.4: Parámetros químicos para medir la contaminación del agua	17
TABLA 2.5: Alteraciones Biológicas del Agua	19
TABLA 2.6: Parámetros utilizados para el Cálculo del ICG	24
TABLA 2.7: Variables indicadoras de Contaminación	24
TABLA 2.8: Clasificación de las Aguas según el ISQA	26

### CAPÍTULO III: MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUARICO

TABLA 3.1: Localización de los Puntos de Muestreo	35
TABLA 3.2: Resultados y Comparación con la Norma Establecida	36
TABLA 3.3: Toma de Muestras	40
TABLA 3.4: Resultados Análisis de Parámetros	41
TABLA 3.5: Resultados de Análisis Físico – Químicos	42
TABLA 3.6: Sitios de Muestreo de Calidad del Agua (Línea Base)	54
TABLA 3.7: Resultados del Análisis <i>in situ</i> y en Laboratorio	56

### CAPÍTULO IV: PARTE EXPERIMENTAL

TABLA 4.1: Puntos de Muestreo	68
TABLA 4.2: Parámetros Analizados <i>in situ</i>	68
TABLA 4.3: Parámetros Analizados en Laboratorio	69
TABLA 4.4: Códigos de Muestras	71
TABLA 4.5: Resultados del Análisis <i>in situ</i>	71
TABLA 4.6: Resultados del Análisis en Laboratorio	75

### CAPÍTULO V: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE SOBRE CALIDAD DEL AGUA (1989, 2000, 2006 y 2008)

TABLA 5.1: Puntos de Muestreo Comunes entre los Estudios	80
TABLA 5.2: Ubicación de los Puntos de Muestreo en el Mapa	81
TABLA 5.3: Datos del Río Conejo – Límites Permisibles	83
TABLA 5.4: Datos del Río Lumbaqui – Límites Permisibles	84
TABLA 5.5: Datos del Río Estación Lumbaqui – Límites Permisibles	85
TABLA 5.6: Datos del Río Aguarico (en puente) – Límites Permisibles	86
TABLA 5.7: Datos del Río Cascales – Límites Permisibles	87
TABLA 5.8: Datos del Río Aguarico – Límites Permisibles	88
TABLA 5.9: Análisis Comparativo: Potencial Hidrógeno – Norma Ambiental	89
TABLA 5.10: Análisis Comparativo: Oxígeno Disuelto – Norma Ambiental	90
TABLA 5.11: Análisis Comparativo: Temperatura – Norma Ambiental	92
TABLA 5.12: Análisis Comparativo: Conductividad – Norma Ambiental	93
TABLA 5.13: Análisis Comparativo: Sólidos Disueltos – Norma Ambiental	95
TABLA 5.14: Análisis Comparativo: Fenoles – Norma Ambiental	96
TABLA 5.15: Análisis Comparativo: DBO5 – Norma Ambiental	99
TABLA 5.16: Análisis Comparativo: DQO – Norma Ambiental	99
TABLA 5.17: Análisis Comparativo: Tensoactivos – Norma Ambiental	101

TABLA 5.18: Análisis Comparativo: Metales Pesados – Norma Ambiental	103
TABLA 5.19: Análisis Comparativo: Metales Pesados – Norma Ambiental	103
TABLA 5.20: Análisis Comparativo: TPHs – Norma Ambiental	110
TABLA 5.21: Calidad del Agua según el Valor del ISQA	112
TABLA 5.22: Cálculo del ISQA para el Río Lumbaqui	112
TABLA 5.23: Cálculo del ISQA para el Río Conejo	113
TABLA 5.24: Cálculo del ISQA para el Río Aguarico	113
TABLA 5.25: Cálculo del ISQA para el Río Aguarico (en puente)	114
TABLA 5.26: Cálculo del ISQA para el Río Cascales	114
TABLA 5.27: Cálculo del ISQA para el Río Estación Lumbaqui	115
TABLA 5.28: Uso Apto del Agua de los seis ríos analizados según el ISQA	118

## **CAPÍTULO VI: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE PETROECUADOR**

### **Descargas Líquidas de la Estación de Bombeo Lago Agrio**

TABLA 6.1: Identificación de efluentes y puntos de control	129
TABLA 6.2: Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno	130
TABLA 6.3: Límites Permisibles para descargas líquidas en el efluente	130
TABLA 6.4: Límites Permisibles para el Punto de Inmisión	131
TABLA 6.5: Identificación de punto de descarga de Aguas Negras y Grises	131
TABLA 6.6: Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno	132
TABLA 6.7: Límites Permisibles para Descargas de Aguas Negras y Grises	132

### **Descargas Líquidas de la Estación de Bombeo Lumbaqui**

TABLA 6.8: Identificación de efluentes y puntos de control	133
TABLA 6.9: Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno	133
TABLA 6.10: Límites Permisibles para descargas líquidas en el efluente	133
TABLA 6.11: Límites Permisibles para el Punto de Inmisión	134
TABLA 6.12: Identificación de punto de descarga de Aguas Negras y Grises	134
TABLA 6.13: Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno	135
TABLA 6.14: Límites Permisibles para Descargas de Aguas Negras y Grises	135

## **FIGURAS**

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

FIGURA 2.1: Organigrama General de un EsIA	10
FIGURA 2.2: Muestreo de Aguas y Conservación de Muestras	22

### **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

FIGURA 7.1: Sistema Experimental de un reactor SBR para Degradación de Fenoles Totales	145
----------------------------------------------------------------------------------------	-----

## **GRÁFICOS**

### **CAPÍTULO III: MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUARICO**

GRÁFICO 3.1: Resultados PIMA: Potencial Hidrógeno - Límites Permisibles	37
GRÁFICO 3.2: Resultados EIA-OCP: Temperatura - Límites Permisibles	46
GRÁFICO 3.3: Resultados EIA-OCP: Oxígeno Disuelto - Límites Permisibles	47
GRÁFICO 3.4: Resultados EIA-OCP: Color - Límites Permisibles	47
GRÁFICO 3.5: Resultados EIA-OCP: Fenoles - Límites Permisibles	49
GRÁFICO 3.6: Resultados EIA-OCP: DBO5 - Límites Permisibles	49
GRÁFICO 3.7: Resultados DIAG-SOTE: OD - Límites Permisibles	57



GRÁFICO 3.8: Resultados DIAG-SOTE: %Saturación O – Límites permisibles	57
GRÁFICO 3.9: Resultados DIAG-SOTE: Conductividad- Límites Permisibles	58
GRÁFICO 3.10: Resultados DIAG-SOTE: Potencial Hidrógeno – Límites Permisibles (Aguas para Contacto Primario)	58
GRÁFICO 3.11: Resultados DIAG-SOTE: Potencial Hidrógeno – Límites Permisibles (Punto de Control en el Cuerpo Receptor)	59
GRÁFICO 3.12: Resultados DIAG-SOTE: Temperatura – Límites Permisibles	59
GRÁFICO 3.13: Resultados DIAG-SOTE: DQO – Límites Permisibles	60
GRÁFICO 3.14: Resultados DIAG-SOTE: DBO5 – Límites Permisibles	60
GRÁFICO 3.15: Resultados DIAG-SOTE: Fenoles – Límites Permisibles	61
GRÁFICO 3.16: Resultados DIAG-SOTE: TPHs – Límites Permisibles	61
GRÁFICO 3.17: Resultados DIAG-SOTE: Coliformes Fecales – Límites Permisibles (Aguas para Consumo Humano)	62
GRÁFICO 3.18: Resultados DIAG-SOTE: Coliformes Fecales – Límites Permisibles (Aguas para Contacto Primario)	62

#### **CAPÍTULO IV: PARTE EXPERIMENTAL**

GRÁFICO 4.1: Resultados DIAG-ACTUAL: PH – Límites Permisibles	72
GRÁFICO 4.2: Resultados DIAG-ACTUAL: OD – Límites Permisibles	72
GRÁFICO 4.3: Resultados DIAG-ACTUAL: Temperatura – Límite Permissible	73
GRÁFICO 4.4: Resultados DIAG-ACTUAL Conductividad – Límite Permissible	73
GRÁFICO 4.5: Resultados DIAG-ACTUAL: Color – Límites Permisibles	76
GRÁFICO 4.6: Resultados DIAG-ACTUAL: Fenoles – Límites Permisibles	76
GRÁFICO 4.7: Resultados DIAG-ACTUAL: Coliformes Fecales – Límites Permisibles (Aguas para Consumo Humano)	77
GRÁFICO 4.8: Resultados DIAG-ACTUAL: Coliformes Fecales – Límites Permisibles (Aguas para Contacto Primario/Usos Recreativos)	77
GRÁFICO 4.9: Resultados DIAG-ACTUAL: Coliformes Totales – Límites Permisibles	78

#### **CAPÍTULO V: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE SOBRE CALIDAD DEL AGUA (1989, 2000, 2006 y 2008)**

GRÁFICO 5.1: Análisis Comparativo: Potencial Hidrógeno	89
GRÁFICO 5.2: Tendencias de Potencial Hidrógeno por cada río	90
GRÁFICO 5.3: Análisis Comparativo: Oxígeno Disuelto	91
GRÁFICO 5.4: Tendencias de Oxígeno Disuelto por cada río	91
GRÁFICO 5.5: Análisis Comparativo: Temperatura	92
GRÁFICO 5.6: Tendencias de Temperatura por cada río	93
GRÁFICO 5.7: Análisis Comparativo: Conductividad Eléctrica	94
GRÁFICO 5.8: Tendencias de Conductividad Eléctrica por cada río	94
GRÁFICO 5.9: Análisis Comparativo: Sólidos Disueltos	95
GRÁFICO 5.10: Tendencias de Sólidos Disueltos por cada río	96
GRÁFICO 5.11: Análisis Comparativo: Fenoles	97
GRÁFICO 5.12: Tendencias de Fenoles por cada río	97
GRÁFICO 5.13: Análisis Comparativo: Demanda Biológica de Oxígeno	98
GRÁFICO 5.14: Tendencias de DBO5 por cada río	99
GRÁFICO 5.15: Análisis Comparativo: Demanda Química de Oxígeno	100
GRÁFICO 5.16: Tendencias de DQO por cada río	100
GRÁFICO 5.17: Análisis Comparativo: Sustancias Tensioactivas	101
GRÁFICO 5.18: Tendencias de Sustancias Tensioactivas por cada río	102
GRÁFICO 5.19: Análisis Comparativo: Bario	104
GRÁFICO 5.20: Tendencias de Concentración de Bario por cada río	104

GRÁFICO 5.21: Análisis Comparativo: Cadmio	105
GRÁFICO 5.22: Tendencias de Concentración de Cadmio por cada río	105
GRÁFICO 5.23: Análisis Comparativo: Cromo	106
GRÁFICO 5.24: Tendencias de Concentración de Cromo por cada río	106
GRÁFICO 5.25: Análisis Comparativo: Plomo	107
GRÁFICO 5.26: Tendencias de Concentración de Plomo por cada río	107
GRÁFICO 5.27: Análisis Comparativo: Níquel	108
GRÁFICO 5.28: Tendencias de Concentración de Níquel por cada río	108
GRÁFICO 5.29: Análisis Comparativo: Vanadio	109
GRÁFICO 5.30: Tendencias de Concentración de Vanadio por cada río	109
GRÁFICO 5.31: Análisis Comparativo: Hidrocarburos Totales (TPHs)	110
GRÁFICO 5.32: Tendencias de Hidrocarburos Totales por cada río	111
GRÁFICO 5.33: Evaluación de la Calidad del Agua según el ISQA	116

## **MAPAS**

**MAPA 1: Localización de los Puntos de Muestreo**

**MAPA 2: Proximidad de la Estación de Bombeo Lago Agrio con la Estación Central de PETROPRODUCCIÓN**

**MAPA 3: Ruta del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE)**

**MAPA 4: Localización de las Estaciones de Bombeo y de Reducción del SOTE**

**MAPA 5: Mapa de Poliductos**

**MAPA 6: Áreas Protegidas por las que atraviesa el SOTE**

## ABREVIATURAS

**AA:** Auditoría Ambiental.

**API:** "American Petroleum Institute".

**CE:** Conductividad Eléctrica.

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica de Oxígeno (a los cinco días).

**DDV:** Derecho de Vía (puede ser del SOTE o del OCP).

**DIAG – ACTUAL:** Diagnóstico Actual de la Calidad de las Aguas Superficiales de las Microcuencas del Río Aguarico que atraviesan el DDV del SOTE en el tramo Lago Agrio – Lumbaqui.

**DIAG – SOTE:** Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental para las Operaciones del SOTE y de los poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito, ESINGECO, 2006.

**DINAHI:** Dirección Nacional de Hidrocarburos.

**DINAPA:** Dirección Nacional de Protección Ambiental.

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno.

**EIA – OCP:** Estudios Ambientales – Línea Base, para la Construcción del Oleoducto para Crudos Pesados del Ecuador, ENTRIX, 2000.

**EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental.

**EsIA:** Estudio de Impacto Ambiental.

**EPA:** "U.S Environment Protection Agency". Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

**FIGEMPA:** Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, de la Universidad Central del Ecuador.

**GPA:** Gerencia de Protección Ambiental de PETROECUADOR.

**HAPs:** Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

**ICG:** Índice de Calidad General del Agua.

**IGM:** Instituto Geográfico Militar.

**INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

**ISQA / ISCA:** Índice Simplificado de Calidad del Agua.

**LB:** Línea Base.

**MBAS:** Sustancias Tensoactivas.

**MME:** Ministerio de Energía y Minas del Ecuador.

**OCP:** Oleoducto para Crudos Pesados.

**OD:** Oxígeno Disuelto.

**pH:** Potencial Hidrógeno.

**PIMA:** Plan Integral de Manejo Ambiental para las actividades Hidrocarburíferas en el Ecuador, ESEN-AMBIENTEC, 1990.

**PMA:** Plan de Manejo Ambiental.

**RAE:** Región Amazónica Ecuatoriana.

**RAOH / RAOHE:** Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.

**SDT:** Sólidos Disueltos Totales.

**SOTE:** Sistema de Oleoducto Transecuatoriano.

**TPHs:** Hidrocarburos Totales.

**TULAS:** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

El siguiente trabajo de investigación se titula: "Monitoreo y Evaluación Ambiental Histórica de los Impactos generados por las Operaciones del SOTE, sobre Microcuencas del Río Aguarico". Sin embargo, es necesario realizar una aclaración de suma importancia para explicar el contenido del presente estudio.

Las operaciones hidrocarburíferas, y en este caso específico, los sistemas de transporte de petróleo, generan una serie de impactos sobre el medio ambiente, debido al alto riesgo ambiental que conlleva tratar una sustancia tan tóxica como el petróleo y al ser actividades productivas que se desarrollan en un medio altamente sensible como lo es el oriente ecuatoriano.

Aunque sin duda, la contaminación proveniente de la actividad hidrocarburífera puede afectar una serie de recursos bióticos y abióticos, el transporte de petróleo posee mayor efecto sobre el recurso hídrico y la atmósfera.

Cabe recalcar que la Gerencia de Oleoducto de PETROECUADOR, realiza actividades constantes de monitoreo de la calidad del aire junto con la FIGEMPA, por lo que éste estudio se registró a realizar un "Monitoreo Ambiental Histórico y Evaluación de los Impactos generados por el SOTE, sobre la Calidad del Agua en Microcuencas del Río Aguarico", ya que aunque la Gerencia de Oleoducto, ha establecido puntos de control dentro de sus estaciones de bombeo, los estudios de línea base sobre la calidad del agua en el derecho de vía del oleoducto son muy pocos, habiéndose realizado el último en el 2006.

Se habla de un "Monitoreo Ambiental Histórico" y no de una "Evaluación Ambiental Histórica", como estaba establecida inicialmente en el título de la tesis, ya que una evaluación ambiental conlleva el analizar más de un componente del medio ambiente, ya sea éste biótico o abiótico (ej. Agua, suelo, aire, fauna, etc.), y como en este caso el



estudio investigativo se realizará exclusivamente sobre la calidad del agua de los ríos, no amerita el realizar una evaluación ambiental propiamente dicha, más sí es de gran relevancia el evaluar el grado de cumplimiento ambiental de los datos obtenidos en el monitoreo ambiental histórico respecto a la normativa ambiental vigente, determinar las tendencias de cada uno de los parámetros de calidad del recurso, así como el realizar una pequeña auditoría ambiental interna de cumplimiento, para proponer posibles medidas de mitigación al problema.

Aunque, dentro de cada uno de los ecosistemas existentes todos los componentes ambientales que los conforman son importantes, hay uno de especial relevancia: el Agua. Como bien sabemos, la vida en el planeta no habría sido posible sin el denominado líquido vital, ya que el agua, es la fuente de vida de todo el planeta y es indispensable para cualquier ser vivo que habite en él.

A lo largo de la historia, la humanidad ha sido conciente de la importancia de este recurso, sin embargo, no es sino hace pocos años, que el tema de la conservación y uso racional del agua se ha convertido en un tema de interés mundial. Esto ocurre debido a que en tiempos pasados, y aún ahora, se tenía la idea errónea de que el agua por ser de fácil acceso y por existir en gran cantidad en nuestro planeta no posee un valor significativo, de esta forma se llegó a etiquetar al agua como un recurso natural inagotable, sin darnos cuenta, que debido al mal manejo de éste, en un momento no lejano llegará a ser no renovable.

Una muestra clara de esto, es que, en la actualidad ya se ha empezado a sentir las consecuencias del mal uso de este y otros recursos, y la idea apocalíptica de las guerras por el agua parece cada vez más una realidad, ya que apenas el 3% del volumen total de agua del planeta es agua dulce, y hoy en día, apenas un pequeño porcentaje de ese 3% corresponde a agua apta para consumo humano, ya que la gran parte ha perdido su calidad óptima debido a la contaminación y malas prácticas ambientales.

El Ecuador y los restantes siete países amazónicos, poseen una gran ventaja, ya que el bosque húmedo tropical típico de la amazonía, no sólo es el pulmón del planeta, sino que debido a las altas precipitaciones, a la vegetación espesa y al sistema hidrográfico extenso de la región, es la mayor reserva de agua dulce del mundo.



*Podemos manifestar que el Ecuador, es un país privilegiado en recursos hídricos pues mantiene grandes cantidades de agua en sus cauces superficiales y subterráneos, debido al gran volumen de precipitaciones que se presentan durante el año. Nuestro país supera la escala mundial de precipitaciones.*

Sin embargo, debido a la gran variedad de condiciones físico-climáticas, surgen ciertos problemas en la distribución de lluvias presentándose en mayor volumen en la región Amazónica y Costa Norte, y en menor cantidad en la Costa Centro y Sur, y, en las diferentes cuencas interandinas. Tan sólo el Ecuador cuenta con alrededor de 31 cuencas principales, las cuales abarcan un área de aproximadamente 270.000 Km<sup>2</sup> de extensión (1).

Cabe recalcar, que es justamente en la RAE, donde se encuentran ubicadas el mayor número de cuencas hidrográficas, pero al mismo tiempo, es en esta región, donde se desarrollan todas las actividades hidrocarburíferas del país, y son precisamente los cauces de ríos, lagos y lagunas; los ecosistemas sumideros de todos los residuos contaminantes producidos por estas industrias.

La cuenca hidrográfica del Río Aguarico es una de las más afectadas, ya que atraviesa toda la región oriental, y en ella desembocan la mayoría de microcuencas en donde se descargan todos aquellos efluentes productos de las operaciones de la industria petrolera.

A fin de comprender mejor el escenario donde se desarrolla el problema de investigación, es necesario realizar una breve reseña histórica de las actividades hidrocarburíferas en la RAE. A continuación, se muestran los principales eventos en orden cronológico (2):

- 1921: Se inicia la exploración petrolera sistemática de la cuenca amazónica.
- 1923: Se publica en el Registro Oficial el contrato de arrendamiento por 40 años con la empresa Leonard Exploration Company, para la exploración y explotación de hidrocarburos en áreas del centro oriente (entre volcán Sumaco al norte y Macas al sur), con una superficie aproximada de 25.000 Km<sup>2</sup>.
- 1924 – 1965: Se firman contratos de arrendamiento y concesiones con una serie de compañías petroleras entre las que están: The Anglo Saxon Petroleum

Company Limited, subsidiaria de la Dutch Shell, Shell Company of Ecuador Ltd., Esso Standar Oil Company of Ecuador S.A., compañías Minas y Petróleos del Ecuador, Compañía Petrolera Yasuní C.A., Phoenix Canada Oil Company, Texaco de Petróleos del Ecuador S.A., Gulf Ecuatoriana de Petróleos S.A., entre otras.

- 1967: La operadora Texaco descubre petróleo en cantidades comerciales, con la perforación del pozo Lago Agrio 1.
- 1969: Siguióron los pozos de Sacha y Shushufindi.
- 1972: Se crea la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE). Hasta ese entonces, la séptima parte del territorio nacional estaba entregada a diversas compañías petroleras. Con la Ley de Hidrocarburos, y específicamente con el decreto 430, se permitió revertir al patrimonio nacional el 60% de las áreas que se encontraban en el período de exploración. Se redujo el período de explotación de 40 a 20 años.
- 1974: CEPE inicia su participación en el consorcio Texaco – Gulf, al adquirir el 25% de los derechos, activos y acciones del consorcio.
- 1977: Con la separación del la Gulf del país, CEPE adquiere el 37,5% de sus derechos y acciones en el Consorcio, pasando a ser el socio mayoritario (62,5%), del nuevo Consorcio CEPE - TEXACO.
- 1982: Se reforma la Ley de Hidrocarburos, se eliminan los contratos de operaciones y se crean los contratos de Prestación de Servicios para exploración y explotación de Hidrocarburos.
- 1989: Al culminar el período de explotación de Texaco, CEPE se pone a cargo de las operaciones del oleoducto (SOTE).
- 1990: CEPE se pone a cargo de las operaciones de los campos.
- 1992: Terminación sin prórroga del contrato. El Gobierno crea PETROECUADOR en sustitución de CEPE.
- 1993: Se firman varios acuerdos con Empresas Petroleras Privadas (entre ellas Occidental). Se empieza a vender gasolina libre de plomo (Eco82).
- 1994: Se inicia el trámite para ir a juicio contra Texaco por graves daños medio ambientales. Se amplia la Refinería Estatal de Esmeraldas.
- 1995: Se expide el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador mediante Decreto Ejecutivo No. 2845.
- 1996: Se realizan obras en el SOTE para ampliar su capacidad de transporte a 380.000 barriles diarios. El Gobierno declara prioritaria la construcción de un nuevo oleoducto.

- 1998: Rotura del SOTE y Poliducto Esmeraldas ocasionándose un grave incendio.
- 1999: Un atentado dinamitero al SOTE ocasiona el derrame de 36.000 barriles.
- 2000: El SOTE es ampliado nuevamente para transportar 390.000 barriles/día.
- 2001: Gobierno firma la autorización para la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP).

A lo largo del tiempo la extracción, transporte, industrialización, almacenamiento y comercialización del petróleo, ha sido la principal fuente de divisas del país; sin embargo, las actividades productivas de este sector han generado grandes impactos ambientales.

La problemática ambiental, es un tema que en los últimos años, ha sido de gran preocupación para el Estado y para todos los actores que laboran en la industria hidrocarburífera; por cuenta de eso, el uso indiscriminado y el manejo inadecuado de los recursos no renovables y renovables, ha ocasionado la contaminación y degradación del medio ambiente, poniendo en riesgo la salud humana y el entorno natural del país.

Con fines de prevenir, remediar y evitar los impactos ambientales generados por estas actividades productivas, el Estado ha establecido una legislación ambiental aplicable a este sector; sin embargo, no es sino hace algunos años que varias empresas petroleras, incluida Petroecuador, han decidido tomar cartas en el asunto demostrando su compromiso con el medio ambiente y la salud.

Debido a esto, las empresas, tanto estatales como privadas, han incluido en sus programas de desarrollo, prácticas asociadas a la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), así como la elaboración de estudios ambientales y técnicas en el manejo ambiental de los recursos naturales no renovables (petróleo), con el propósito de cumplir con la normativa ambiental vigente y llegar a ser de esta forma, empresas "ambientalmente responsables" orientadas hacia el desarrollo sustentable.

Es por todo lo anterior que se ha decidido desarrollar el presente trabajo de investigación con el fin de no sólo monitorear sino evaluar las condiciones ambientales actuales de las microcuencas del Río Aguarico en lo que a calidad del agua se refiere.



Este tipo de estudios ambientales, pueden determinar a tiempo las causas y efectos sobre el medio ambiente, permitiendo tomar acciones correctivas oportunas, garantizar la preservación del entorno natural y la calidad de vida de los habitantes del sector, puesto que a lo que ambiente y salud se refiere “más vale prevenir que lamentar”.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Este trabajo de titulación está dirigido a determinar de qué manera las operaciones del SOTE han afectado a los parámetros de calidad del agua de las microcuencas del Río Aguarico a lo largo del tiempo.

Aunque el transporte de petróleo, no es precisamente una de las fases críticas en cuanto a impactos ambientales, debe ser considerado ya que el SOTE no es el único sistema de transporte existente en el país, pudiendo darse lo que se conoce como “sinergismo” de impactos.

Cabe recalcar que, nunca se ha establecido una reseña histórica de los cambios en parámetros de calidad del agua de las microcuencas y subcuencas que atraviesan el DDV del SOTE y del OCP, cambios originados por múltiples razones, desde los inicios de la actividad hidrocarburífera hasta la actualidad.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar, medir, comparar y evaluar los cambios en los parámetros de calidad del agua de varias microcuencas del Río Aguarico, provocados por las operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE).

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los parámetros de calidad del agua y los cambios en éstos, debido a las operaciones del SOTE.
- Describir las causas y efectos de los parámetros identificados.

- Realizar un diagnóstico actual de la calidad del agua de cada una de las microcuencas del Río Aguarico.
- Comparar los resultados obtenidos en el monitoreo histórico y en el diagnóstico actual con la normativa ambiental vigente.
- Evaluar el cumplimiento del Plan de Manejo de PETROECUADOR en lo relativo al recurso hídrico.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1 TEÓRICA**

La investigación propuesta busca, mediante la aplicación de la teoría y conceptos básicos de evaluaciones ambientales, hidrología, manejo de recursos naturales, química, estadística ambiental y sistemas de información geográfica, diagnosticar las condiciones ambientales históricas y actuales de las aguas superficiales de la cuenca del río Aguarico y su relación con las operaciones del SOTE.

### **1.4.2 METODOLÓGICA**

Para alcanzar los objetivos se emplearán técnicas de investigación para medir los parámetros ambientales de la cuenca del río Aguarico, tales como:

- Muestreo manual, y medición de parámetros *in situ*.
- Análisis de laboratorio de los parámetros de calidad del agua de las diferentes microcuencas del río Aguarico.
- Uso de un software de Sistema de Información Geográfica (SIG), que permita localizar con exactitud los puntos de interés y zona de estudio de una forma didáctica y eficiente.
- Tablas y cuadros estadísticos de los datos históricos, actuales y de las tendencias de las variables ambientales.
- Cuadros de no conformidades y de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental de Petroecuador.

### **1.4.3 PRÁCTICA**

La investigación propuesta ayudará a resolver problemas sobre la situación ambiental actual de varias microcuencas del río Aguarico. Además se logrará obtener una línea

histórica de la evolución de los impactos en el tiempo, la cuál será de gran utilidad para la toma de decisiones y elaboración de políticas ambientales futuras.

## **1.5 ALCANCE**

El alcance del proyecto está determinado tanto por factores físicos como temporales. El monitoreo se limitará tan sólo a microcuencas del río Aguarico que por su ubicación sean de relevancia para demostrar posibles cambios en sus parámetros ambientales debido a las operaciones del SOTE, es decir, aquellas que podrían verse afectadas directamente por su cercanía a las estaciones de bombeo, o que atraviesan el DDV del SOTE en el tramo Lago Agrio – Lumbaqui, dentro de la provincia de Sucumbíos, al nororiente del Ecuador.

Además, la información en la que se basará este trabajo de investigación data del año 1989, 2000, 2006 y 2008.

Es importante recalcar que este trabajo está orientado a monitorear las condiciones actuales del agua de las microcuencas para poder obtener tendencias de cambio al comparar los datos con los registros históricos, sin embargo, las alternativas de solución ya se encuentran planteadas en el Plan de Manejo Ambiental de PETROECUADOR, por lo que se evaluará el grado de cumplimiento de las mismas, y en caso de ser necesario se recomendará posibles soluciones.

## **1.6 HIPÓTESIS**

Las operaciones del SOTE, han ocasionado cambios en la calidad de las aguas superficiales de las microcuencas del Río Aguarico, por lo que el monitoreo y diagnóstico de los patrones de cambio, son herramientas fundamentales para poder proponer alternativas de solución o formular futuras políticas ambientales.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 IMPACTOS AMBIENTALES (3)

##### 2.1.1 DEFINICIONES

Es cualquier alteración de las condiciones ambientales existentes, o creación de nuevas condiciones ambientales, adversas o beneficiosas, causadas por una acción o conjunto de acciones bajo consideración. Un impacto tiene componentes espaciales y temporales.

También se puede definir como el cambio en un parámetro ambiental, durante un tiempo determinado y en un área definida, que resulta de una actividad en particular, comparada con la situación que se hubiese dado si no se efectuaba dicha actividad.

##### 2.1.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)

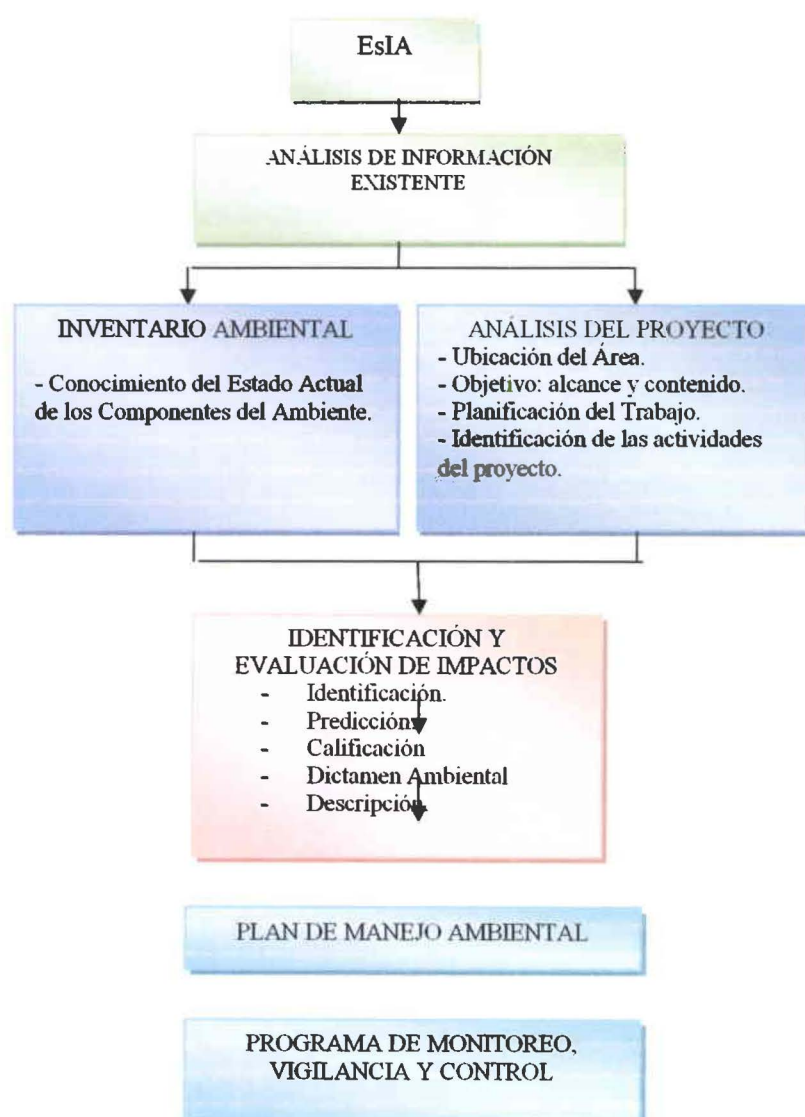
Permite identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, los efectos previsibles que la realización de un proyecto produciría sobre los distintos aspectos ambientales.

Los impactos pueden ser: directos e indirectos; simples, acumulativos o sinérgicos; a corto, a mediano, o a largo plazo; positivos o negativos; permanentes o temporales; reversibles o irreversibles; recuperables; periódicos o de aparición irregular; continuos o discontinuos. Es importante partir de la premisa: "Siempre es mejor prevenir que remediar". Es por esto, que bajo esta premisa, se pueden mencionar los siguientes objetivos principales de un EsIA:

- Realizar un diagnóstico del estado del ambiente antes de la implementación del proyecto, o en cualquier momento de ejecución de éste (levantamiento de línea base, LB).

- Identificar las principales acciones a ser ejecutadas en el proyecto, aquellas que puedan causar alteraciones ambientales y las posibles alteraciones ambientales propias o existentes.
- Identificar y evaluar los posibles componentes ambientales a ser afectados.
- Determinar los efectos potenciales de un proyecto sobre el ser humano, el ambiente y la comunidad.
- Plantear medidas para minimizar los efectos negativos, recuperar las áreas afectadas y monitorear el avance del proyecto.

**Figura 2.1 Organigrama General de un EsIA**





## **2.2 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE PETRÓLEO (4)**

### **2.2.1 DERECHO DE VÍA Y PLATAFORMAS**

Como paso previo al tendido de oleoductos y poliductos para transportar crudo y derivados desde los centros de almacenamiento, bombeo y fiscalización, hacia los centros de refinación y/o comercialización, es necesario que se defina la ruta del ducto, apoyada en estudios topográficos, edáficos, hidrológicos y de riesgos geodinámicos. Luego de seleccionada dicha ruta, se procede a realizar el desbroce en un ancho no mayor a 10 m en promedio, a nivel de rasante; y en caso de que sea adyacente a la vía, su ancho máximo será de 6 m a partir del borde de la obra básica. El desbroce de senderos será exclusivamente manual con un ancho máximo de 1,2 m.

### **2.2.2 CAMPAMENTOS**

Son temporales y permanentes. Sirven como apoyo logístico y administrativo a las actividades de tendido o instalación de facilidades de almacenamiento o transporte y a las operaciones posteriores.

### **2.2.3 TENDIDO DE DUCTOS**

El tendido de ductos implica un conjunto de actividades que son complementarias entre sí: instalación de marcos H y/o bases de hormigón (si el ducto va superficial) o apertura de zanjas (si el ducto va enterrado), alineación y unión de los ductos con solda especializada, colocación de los tubos unidos, cruces de cuerpos de agua de forma aérea, fluvial y subfluvial, limpieza de secciones del ducto y pruebas hidrostáticas, e instalación de válvulas de cierre y de una sola vía.

### **2.2.4 OPERACIÓN DE OLEODUCTOS**

Las cotidianas labores operacionales relacionadas con el almacenamiento y bombeo de petróleo y productos derivados, implican disponer de una organización muy eficiente, que permita manejar de una manera confiable y segura todas las actividades relacionadas con la recepción, almacenamiento, transferencia, bombeo y mediciones

de los fluidos anotados, así como las labores de mantenimiento y reparación de bombas, motores, etc.

Los principales sistemas de transporte que tiene el país son el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) y el Oleoducto de Crudos Pesados (OCP). Además se cuenta también con un sistema de poliductos, para transporte de derivados de petróleo, así como una gran infraestructura de terminales y almacenamiento que se indican en la tabla a continuación.

**Tabla 2.1      Sistemas de Transporte Anexos**

No.	POLIDUCTO	No.	TERMINAL
1	Shushufindi – Quito	1	Beaterio – Quito
2	Esmeraldas – Quito	2	Ambato
3	Quito – Ambato	3	Santo Domingo
4	Tres Bocas – Pascuales	4	Esmeraldas
5	Libertad – Manta	5	Pascuales
6	Libertad – Pascuales	6	Barbasquillo – Manta
7	Santo Domingo – Pascuales	7	El Salitral
8	Tres Bocas – El Salitral	8	Shushufindi
		9	La Libertad

Fuente: Serie Petróleo y Ambiente. "Desarrollo Sustentable y Petróleo", PETROECUADOR – FIGEMPA, 2006.

## 2.2.5 PRINCIPALES IMPACTOS

Los principales impactos ambientales asociados con el transporte y almacenamiento de crudo y sus derivados son:

- Contaminación de cuerpos de agua, acuíferos y suelos por derrames y fugas de crudo.
- Remoción de la cobertura vegetal de bosque primario y secundario, de cultivos y chacras.
- Alteración del sistema de drenaje, macro y micro, e incremento de sólidos en suspensión en los cuerpos hídricos.
- Destrucción de hábitats y presión, desplazamiento, destrucción y muerte de especies de flora y fauna.
- Cambios de uso del suelo.

- Presencia permanente y dinámica, mientras duran los trabajos, de trabajadores y técnicos, que pueden ejercer prácticas incompatibles con la conservación ambiental.
- Afectaciones a la salud humana por ruidos y vibraciones.

## 2.3 TIPOS DE PETRÓLEO

El petróleo crudo se mide por su calidad en los denominados grados API, siglas que corresponden a "American Petroleum Institute". Según el valor de estos grados, los petróleos se clasifican en: livianos, medianos, pesados y extrapesados.

### 2.3.1 LIVIANOS

Son muy fluidos, parecidos al querosén. Tienen una gravedad superior a los 32° API. Son de tonos claros, con bajo contenidos de azufre y metales pesados. Generalmente poseen un alto contenido de gas disuelto, lo que permite su extracción inicial por flujo natural<sup>1</sup>.

### 2.3.2 MEDIANOS

Poseen características intermedias de los livianos y los pesados. En promedio tienen entre 29° y 22° API. Para su extracción se utilizan, en la mayoría de los casos, las técnicas de inyección de gas.

### 2.3.3 PESADOS Y EXTRAPESADOS

Tienen entre 22° y 10° API. Son poco fluidos, tanto o más que la miel. Sumamente espesos, de intensos tonos negros, con bajo contenido de gas disuelto; lo que hace difícil su extracción y manejo. No llegan hasta la superficie por sí solos, por lo que para su extracción es necesaria la utilización directa de técnicas de inyección de gas y vapor de agua, entre otras más complejas.

---

<sup>1</sup> Técnica de extracción de petróleo en la que no se necesita de maquinaria especial como bombas o inyección de gas.

## 2.4 EL TRANSPORTE DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS

### 2.4.1 EL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUATORIANO (SOTE)

El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) es el principal sistema de transporte de crudo del país junto con el Oleoducto para Crudos Pesados (OCP). A continuación se enlistan las principales características técnicas de este oleoducto:

- Construido en 1970.
- Extensión: 503 Km.
- Transporte crudos con una densidad promedio de 25° API, y un volumen promedio/día de 345.640 barriles.
- El SOTE bombea tres tipos de crudo: el de exportación que tiene un promedio de 24° API, el que se transporta para la refinería de Esmeraldas tiene un promedio de 25,5° API, y el que se transporta para La Libertad que es de 28,2° API.
- Cuenta con seis estaciones de bombeo de crudo ubicadas en: Lago Agrio, Lumbaqui, Salado, Baeza, Papallacta y Quinindé, con las cuales facilita el transporte del crudo incluso en la parte más elevada de la cordillera de los Andes.
- El SOTE asciende a alturas superiores a los 4000 metros, por lo que es uno de los más elevados del mundo.
- Corre junto a una carretera, lo que facilita su control y mantenimiento, aunque en algunos tramos la tubería se encuentra bajo tierra.
- El SOTE cuenta además con cuatro estaciones reductoras de presión y velocidad, ubicadas en: San Juan, Chiriboga, La Palma y en Santo Domingo de los Colorados.
- En Lago Agrio – Sucumbíos, existe el gran centro de acopio donde se almacenan hasta 1'500.000 barriles<sup>2</sup> de petróleo.
- La tubería del SOTE tiene un diámetro de 46 pulgadas en 412 Km. En los 91 Km restantes el diámetro es de 20 pulgadas.
- En el 2006, PETROECUADOR, invirtió alrededor de 21,1 millones en el Sistema de Transporte.

---

<sup>2</sup> Cada barril de petróleo equivale a 159 litros o 42 galones.



## 2.4.2 EL OLEODUCTO TRANSANDINO (OTA)

Eventualmente, el país utiliza el Oleoducto Lago Agrio – San Miguel que une Nueva Loja (Lago Agrio) en Ecuador, con Orito en Colombia, donde empata con el Oleoducto Transandino (OTA) que llega hasta el puerto de Tumaco en el Pacífico. Este crudo retorna al Ecuador por vía marítima para convertirse en materia prima que se procesa en la Refinería La Libertad, en la Península de Santa Elena.

## 2.4.3 EL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP)

El Oleoducto de Crudos Pesados del Ecuador (OCP), es el segundo oleoducto que existe en el país y está dedicado a transportar únicamente crudos pesados de entre 18° y 24° API, producido por las empresas petroleras YPF, Petrobrás, Canadá Grande y Perenco.

- Construido con inversión privadas de las cuatro empresas citadas.
- Inició su operación el 14 de Noviembre de 2003.
- Su construcción empezó el 26 de junio de 2001 y terminó el 20 de agosto de 2003.
- El 5 de septiembre de 2003, el buque “Cabo Vírgenes” recibió 400.000 barriles de crudo del OCP, siendo éste el primer embarque de prueba.
- Desde Sardinas, el OCP tiene una capacidad para transportar 450 mil barriles por día. La siguiente estación es Páramo, que impulsa al crudo para ascender hasta 4062 msnm, y a partir de allí el crudo fluye por gravedad.
- Dos estaciones, Chiguilpe y Puerto Quito, reducen la presión y velocidad del crudo para que llegue al terminal marítimo de OCP en Esmeraldas.
- En Esmeraldas se cuenta con cinco tanques de almacenamiento, para un volumen total de 3'750.000 barriles.
- El OCP transporta un volumen promedio de 137.000 barriles/día.
- Extensión: aproximadamente 485 Km.

**Tabla 2.2 Transporte del Crudo Nacional**

Oleoducto	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SOTE	116.8	130.6	134.8	132.2	120.9	119.2	121.7	126.1
OTA	12.5	9.7	6.0	2.2	2.5	0	0	0
OCP	0	0	0	0	0	0.7	57.7	57.8
<b>Total</b>	<b>129.3</b>	<b>140.4</b>	<b>140.9</b>	<b>134.5</b>	<b>123.4</b>	<b>120.0</b>	<b>178.6</b>	<b>183.9</b>

Fuente: PETROECUADOR, Informe Anual 2006, Relaciones Institucionales de Petroecuador, 2007.

## 2.5 PARÁMETROS QUE INDICAN CONTAMINACIÓN DEL AGUA ASOCIADA CON LAS ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS

Los parámetros pueden clasificarse en tres grupos:

- Conservativos, no cambian con el tiempo
- No conservativos, cambian con el tiempo pero pueden ser estabilizados al menos por 24 horas, con tratamiento apropiado.
- No conservativos, varían rápidamente con el tiempo y no pueden ser estabilizados.

Los dos primeros grupos pueden medirse tomando muestras representativas del agua para su análisis subsiguiente en un laboratorio.

El tercer grupo incluye temperatura, pH y oxígeno disuelto y necesita ser medido en el campo inmediatamente después de tomada la muestra oportunamente y como una alternativa, se ha desarrollado métodos instrumentales para análisis de campo de estos tres parámetros, lo cual permite el uso de probadores-sensores para medidas directas en el agua.

La conductividad eléctrica, también puede determinarse instrumentalmente y puede ser medida convenientemente en el campo. Es importante que todos los instrumentos de campo sean comprobados y calibrados en el laboratorio a intervalos frecuentes preferiblemente diario, y mantener un registro.

**Tabla 2.3 Alteraciones físicas del agua**

Alteraciones Físicas	Características y Contaminación que indica
Color	El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no existe una relación directa entre el color y el tipo de contaminación.
Olor y Sabor	Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones.
Temperatura	El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases



	<p>(oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. El agua extraída de los pozos productivos del Ecuador tiene temperaturas elevadas en algunos casos (por ejemplo la selva amazónica) y, por lo general, retoman al medio ambiente antes de enfriarse hasta temperatura ambiente.</p> <p>Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.</p>
Sustancias Tensoactivas	<p>Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.</p>
Conductividad	<p>La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. En el caso de salmueras de campos petroleros y efluentes de refinería, es simplemente un indicador de la salinidad del agua.</p> <p>El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos.</p>
Sólidos Totales Disueltos	<p>Los Sólidos Totales Disueltos (STD) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de 2,0 <math>\mu\text{m}</math> (o menos) en condiciones específicas. Esta medida proporciona otra indicación (como la conductividad) de la salinidad en las descargas de la industria petrolera.</p>

Fuente: Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, "Tema 11: Contaminación del Agua".  
Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aguas, Ministerio de Energía y Minas del Perú.

**Tabla 2.4 Parámetros Químicos para medir la Contaminación del Agua**

Alteraciones Químicas	Contaminación que indica
pH	<p>El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas).</p> <p>Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática.</p> <p>Las aguas residuales de la industria petrolera, particularmente aquéllas de las operaciones de refinación, pueden ser muy ácidas o alcalinas por el uso de productos químicos en varios procesos de refinación.</p>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	<p>La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener <math>\text{CO}_2</math> y <math>\text{H}_2\text{O}</math>.</p>

	Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable.
Demanda Química de Oxígeno	<p>La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte. Es diferente a la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), pues la DBO mide sólo la fracción orgánica oxidable biológicamente.</p> <p>Es importante obtener una medida de la DQO en aguas residuales de refinería pues estos residuos, con frecuencia, contienen contaminantes orgánicos no biodegradables. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.</p>
Cloruros	<p>Los cloruros (Cl<sup>-</sup>) son los principales aniones inorgánicos en el agua. A diferencia de los indicadores más generales de la salinidad (la conductividad y los STD), la concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera.</p> <p>Los cloruros son los principales componentes de las salmueras de petróleo. El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante.</p>
Oxígeno Disuelto	<p>Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática.</p> <p>La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales.</p>
Aceites y Grasas	<p>Los aceites y grasas se definen en los "Métodos Estándar" como "cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente". El triclorofluoroetano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos.</p> <p>La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado. El aceite o petróleo en las salmueras es perjudicial para la vida acuática porque forma películas sobre la superficie del agua, reduce la aeración y disminuye la penetración de la luz solar necesaria para la fotosíntesis (producción primaria) de las plantas acuáticas.</p>
Fenoles	<p>Esta medición suministra una indicación de la concentración de la mayoría de compuestos fenólicos (hidróxidos derivados de bencenos y sus núcleos condensados).</p> <p>Los fenoles frecuentemente están presentes en altas concentraciones en las aguas residuales de la industria petrolera. En niveles altos pueden manchar la piel de peces y afectar negativamente la flora, fauna y seres humanos. En niveles relativamente bajos estimulan la producción de olores fuertes y</p>



	desagradables cuando se presentan en combinación con altas concentraciones de cloruros.
Amoníaco	El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es un compuesto de nitrógeno que con frecuencia está presente en las aguas residuales de las refinерías. También se encuentran niveles altos de amoníaco en aguas servidas. Las concentraciones altas de amoníaco en aguas superficiales son tóxicas para los peces y pueden ser oxidadas y consumir el oxígeno disuelto del agua (nitrificación).
Sulfuros	La medición del sulfuro total en el agua incluye $\text{H}_2\text{S}$ y $\text{HS}^-$ disueltos, así como sulfuros metálicos solubles en ácido que pueden estar presentes en la materia suspendida. Con frecuencia, los sulfuros están presentes en las aguas residuales de las refinерías. Pueden ser tóxicos para los peces y generar olores desagradables.
Metales Pesados	Estos metales (Ba, Cd, Cr, Pb y Hg) frecuentemente son contaminantes del petróleo crudo y algunas veces están presentes en pequeñas cantidades en las aguas residuales de la industria petrolera. El Bario tiene efectos irreversibles para la salud y es tóxico para los animales. Se puede combinar con sulfatos para formar sulfato de bario insoluble. El Cadmio se acumula en tejidos blandos y puede interferir en el metabolismo. Es conocido que en sistemas acuáticos, el cadmio se acumula fácilmente en las ostras. El Cromo es cancerígeno para el sistema respiratorio y venenoso para los peces. El plomo se acumula en ostras y mariscos. Llega al ser humano a través de la cadena alimenticia y se acumula en los huesos. El plomo es un inhibidor de las enzimas e influye en el metabolismo celular. El mercurio es altamente tóxico a niveles relativamente bajos y se acumula en los peces. Produce "clorosis" en las plantas, es venenoso para los animales y llega al ser humano a través de la cadena alimenticia.

Fuente: Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, "Tema 11: Contaminación del Agua".  
Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aguas, Ministerio de Energía y Minas del Perú.

**Tabla 2.5 Alteraciones biológicas del agua**

Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
Bacterias Coliformes	Los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Los coliformes totales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal.
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos

Fuente: Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, "Tema 11: Contaminación del Agua".  
Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aguas, Ministerio de Energía y Minas del Perú.

## 2.6 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

### 2.6.1 MUESTREO

Es de suma importancia, que las empresas dedicadas a las actividades hidrocarburíferas cuenten con un sistema de monitoreo de la calidad del agua, en el cual, no se puede escatimar en costos con el afán de obtener datos confiables y precisos. El primer paso, consiste en identificar los datos que serán necesarios para evaluar las condiciones ambientales de los cuerpos de aguas e identificar los sitios en donde se tomarán las muestras.

Los objetivos principales del muestreo de aguas superficiales son (5):

- Determinar el impacto de las actividades humanas sobre la calidad del agua y la adecuación de la misma para los usos requeridos.
- Determinar la calidad del agua, en su estado natural, que podría estar disponible para satisfacer necesidades futuras.
- Mantener bajo observación las fuentes y medios de sustancias peligrosas especificadas.
- La utilización de los datos puede dividirse en los propósitos operacionales y de control, y los de planificación e investigación.

Para el caso de muestreo de aguas que pudieran estar siendo afectadas por las operaciones de un oleoducto, los sitios de muestreo deben estar ubicados aguas abajo de los puntos de descarga de las estaciones de bombeo, así como en las intersecciones de los cauces con el derecho de vía.

#### 2.6.1.1 Requisitos del Sitio de Muestreo

Cada uno de los puntos de muestreo seleccionados deben cumplir con ciertos requisitos como:

Representatividad: La muestra debe ser representativa, esto es que los valores de los parámetros medidos deben representar las condiciones de todo el cuerpo de agua, por lo tanto, para que una muestra sea representativa, el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo. Se recomienda que las muestras sean recolectadas a 30 cm por debajo de la superficie o a 30 cm por encima del fondo,

evitando el agitar los depósitos sólidos del fondo, porque éstos podrían alterar los resultados del muestreo.

Sitios de muestreo localizados aguas abajo de un tramo del río con un crecimiento de vegetación poco representativo, producirán muestras influenciadas por la fotosíntesis y respiración. Es conveniente evitar los límites agua-tierra, por ejemplo, riberas u orillas, para el muestreo, porque es menos probable que el agua sea representativa del cuerpo de agua (5).

Accesibilidad: El recolector de muestras normalmente transporta una carga apreciable de equipo de muestreo y muestras de agua. Por lo tanto, la distancia que él puede caminar desde su transporte es limitada. Además, cuanto más dificultad de acceso tiene el lugar, tanto menor sería el número de muestras que podría tomarse en un día de trabajo. También el lugar de muestreo debería ser accesible bajo todas las condiciones meteorológicas y de flujos. La accesibilidad es por lo tanto una consideración importante. Los ríos del oriente ecuatoriano, en general, presentan gran dificultad de acceso debido a obstáculos topográficos o a la vegetación sumamente densa, característica de la zona.

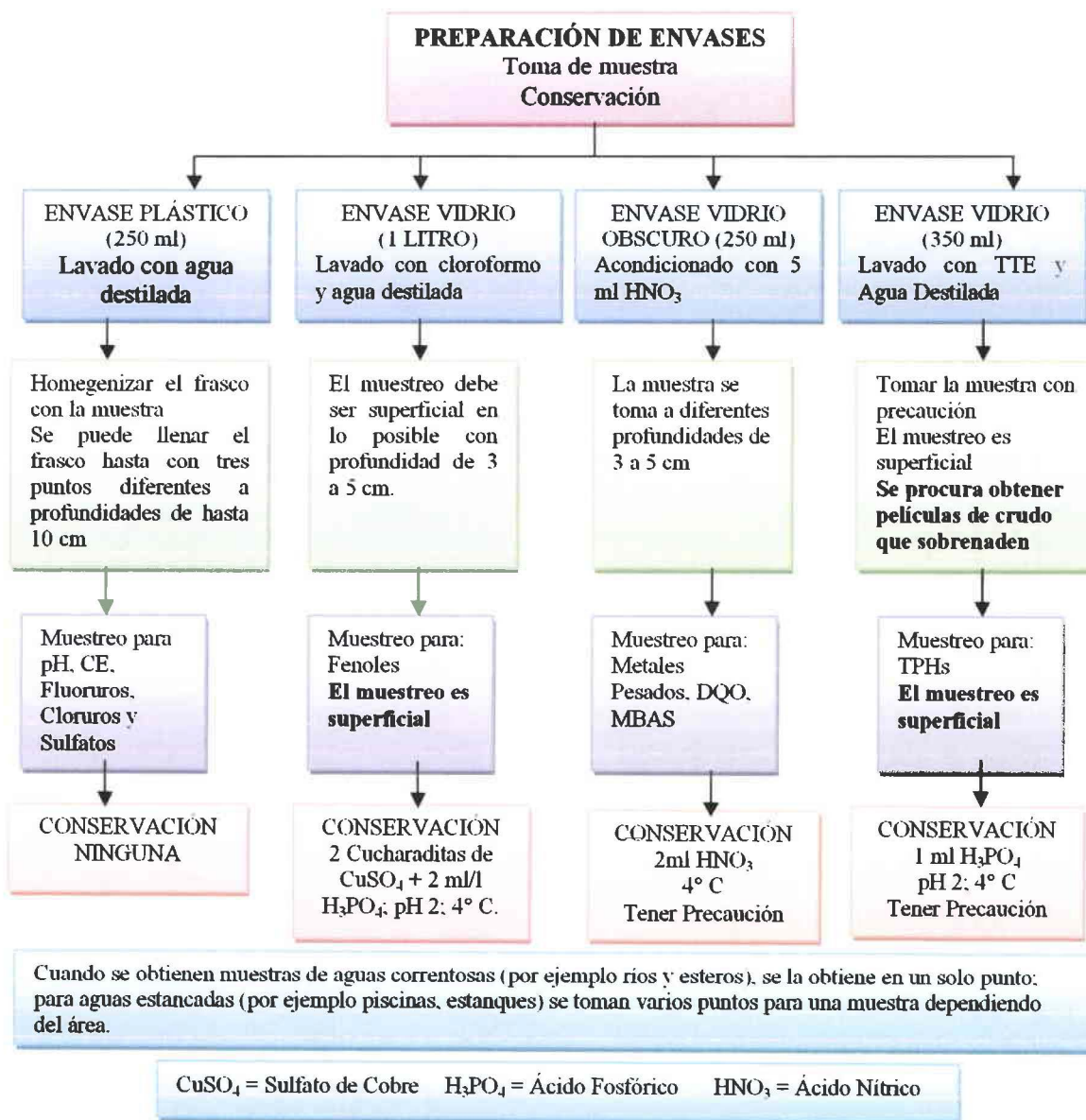
Distancia desde el laboratorio: Las muestras contendrán tres tipos de parámetros, uno conservador como cloruro que no cambiará con el tiempo, uno no conservador pero preservable tal como el nitrógeno amoniacal y uno no conservador y no preservable tal como la DBO.

El tiempo requerido para transportar las muestras al laboratorio regirá el límite de las determinaciones que pueden realizarse en un sitio específico de muestreo. En términos prácticos, tiempos de viaje deberán ser menores de 24 horas, entre el sitio y el laboratorio para que las muestras sean válidas.

Seguridad: La recolección de muestras de río o lago puede ser peligrosa particularmente bajo malas condiciones de tiempos o de flujos altos y al considerar un lugar se debe dar la debida atención a este aspecto. Si no hay alternativa a un lugar peligroso, se deben tomar siempre todas las precauciones y proveerse y usarse los equipos necesarios de seguridad.

**Facilidades de Muestreo:** Existen varias estructuras que facilitan notablemente la toma de muestras. Todas ellas tienen ventajas y desventajas. Algunas de las facilidades que pueden presentarse en un muestreo a nivel de derecho de vía son puentes y carreteras.

**Figura 2.2 Muestreo de Aguas y Conservación de Muestras**



Fuente: Proaño Gabriela, DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DE DERRAMES EN ZONAS INUNDABLES O PANTANOSAS, FIGEMPA, Universidad Central del Ecuador, 2003.



## 2.7 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

Existen una serie de índices utilizados para evaluar la calidad del agua de un determinado cuerpo hídrico en base a rangos de calidad establecidos. Básicamente existen dos tipos de índices: físico – químicos y biológicos. A continuación se describen algunos de los más utilizados.

### 2.7.1 INDICE DE CALIDAD GENERAL DEL AGUA (ICG)

El índice más empleado para determinar la calidad del agua es el Índice de Calidad General ICG, desarrollado a partir de un método implantado por el Servicio de Calidad de las Aguas del Ministerio de Riquezas Naturales del Estado de Quebec en Canadá.

El ICG se obtiene por medio de una fórmula matemática que pondera las calidades obtenidas para 23 variables físico-químicas obteniéndose un resultado numérico entre 0 y 100, representando 100 la mejor calidad deseable y 0 la peor. El valor 60 correspondería a la calidad mínima aceptable.

Estas 23 variables pueden ser a su vez “básicas” o “complementarias”. Las variables básicas serán aquellas cuya concentración se considera significativa cualquiera que sea su valor, por lo que se considerarán siempre en el cálculo del ICG. Las variables complementarias serán aquellas para las que se considera que sólo afectan a la calidad del agua a partir de una determinada concentración, por lo que sólo se tendrán en cuenta cuando presenten bajas calidades.

Por otro lado se realiza una asignación de pesos a los diferentes parámetros, con el fin de ponderar su importancia relativa en la calidad resultante del agua. Los coeficientes de ponderación van a variar entre 1 y 4 según la importancia del parámetro respectivo (de mayor a menor).

A continuación se exponen los 23 parámetros seleccionados para el cálculo del ICG, agrupados según el tipo de variable (básica o complementaria) y con el peso asignado a cada uno de ellos.



**Tabla 2.6 Parámetros Utilizados para el Cálculo del ICG**

Variable	Unidad	Coefficiente de Ponderación (a)	Variable Básica	Variable Complementaria
Oxígeno Disuelto	mg/l	1	*	
Sólidos en Suspensión	mg/l	1	*	
pH	unid pH	1	*	
Conductividad	µS /cm	1	*	
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1	*	
Coliformes totales	nmp/100ml	1	*	
DQO	mg/l	3	*	
Fosfatos	mg/l	3	*	
Nitratos	mg/l	3	*	
Detergentes	mg/l	1		*
Cianuros	mg/l	1		*
Fenoles	mg/l	1		*
Cadmio	mg/l	1		*
Cromo	mg/l	1		*
Mercurio	mg/l	1		*
Cloruro	mg/l	2		*
Sulfatos	mg/l	2		*
Cobre	mg/l	2		*
Plomo	mg/l	2		*
Zinc	mg/l	2		*
Calcio	mg/l	3		*
Magnesio	mg/l	4		*
Sodio	mg/l	4		*

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Fuente: Portal de la Confederación Hidrográfica del Duero, Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de España.

Las 23 variables que intervienen en el cálculo del ICG, determinan el tipo de contaminación presente en las aguas superficiales que serán analizadas. Según el tipo de contaminación que indican, se han separado en cuatro subgrupos.

**Tabla 2.7 Variables Indicadoras de Contaminación**

Tipo de Contaminación	Variables Indicadoras		
Física	SS	PH	
Orgánica	D.Q.O	O.D	D.B.O <sub>5</sub>
	Col T.	Fosfatos	MBAS

Inorgánica	CE	Nitratos	Ca
	Mg	Cloruros	Na
	Sulfatos		
Tóxica	Cd	Cr	Hg
	Cu	Pb	Zn
	Fenoles	Cianuros	

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

## 2.7.2 ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA (ISQA)

El Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA / ISCA), es una adaptación del Índice de Calidad General del Agua (ICG), cuya aplicación resulta mucho más sencilla, puesto que trabaja tan sólo con cinco parámetros físico – químicos básicos que proporcionan una estimación aproximada de la calidad del agua. Al igual que el ICG, el ISQA, puede tomar valores comprendidos entre 0 y 100, y se rige bajo la misma clasificación de las calidades que el ICG.

El ISQA se calcula en base a una sencilla fórmula matemática que involucra como variables: temperatura del agua, conductividad, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y sólidos disueltos (6).

$$ISQA = E \cdot (A + B + C + D)$$

En donde:

E: Temperatura del Agua (T en °C). Puede tomar valores comprendidos entre 0,8 y 1 según:

- $E = 1$  si  $T \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- $E = 1 - (T - 20) \cdot 0,0125$  si  $T > 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A: Demanda Química de Oxígeno (DQO en mg/l). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 30 según:

- $A = 30 - DQO$  si  $DQO \leq 10 \text{ mg/l}$ .
- $A = 21 - (0,35 \cdot DQO)$  si  $10 \text{ mg/l} < DQO \leq 60 \text{ mg/l}$
- $A = 0$  si  $DQO > 60 \text{ mg/l}$ .

B: Sólidos en Disueltos Totales (SDT en mg/l). Puede tomar valores comprendidos entre 0 y 25 según:

- $B = 25 - (0,15 * SDT)$  si  $SDT \leq 100$  mg/l.
- $B = 17 - (0,07 * SDT)$  si  $100$  mg/l  $< SDT \leq 250$  mg/l.
- $B = 0$  si  $SDT > 250$  mg/l.

C: Oxígeno Disuelto (O.D en mg/l). Puede tomar valores entre 0 y 25 según:

- $C = 2,5 * O.D$  si  $O.D < 10$  mg/l.
- $C = 25$  si  $O.D \geq 10$  mg/l.

D: Conductividad Eléctrica (CE en  $\mu S/cm$  a  $18^\circ C$ ). Si la CE fue medida a  $25^\circ C$  se la debe multiplicar por 0,86. Puede tomar valores entre 0 y 20 según:

- $D = (3,6 - \log CE) * 15,4$  si  $CE \leq 4000$   $\mu S/cm$ .
- $D = 20$  si  $CE < 200$   $\mu S/cm$ .
- $D = 0$  si  $CE > 4000$   $\mu S/cm$ .

Según el ISQA se puede clasificar a las aguas en cinco tipos con diferentes calidades y usos:

**Tabla 2.8 Clasificación de las Aguas según el ISQA**

TIPO	PRINCIPALES PARAMETROS	USOS
1	Temperatura $< 20^\circ C$ Oxígeno Disuelto $> 7$ mg/l DBO <sub>5</sub> $< 3$ mg/l DQO $< 20$ mg/l ISQA $> 85$	Todos los usos
2	$20^\circ C < \text{Temperatura} < 22^\circ C$ 5 mg/l $< \text{Oxígeno Disuelto} < 7$ mg/l 3 mg/l $< \text{DBO}_5 < 5$ mg/l 20 mg/l $< \text{DQO} < 25$ mg/l 60 $< \text{ISQA} < 85$	Agua potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
3	$22^\circ C < \text{Temperatura} < 25^\circ C$ 3 mg/l $< \text{Oxígeno Disuelto} < 5$ mg/l 5 mg/l $< \text{DBO}_5 < 10$ mg/l 25 mg/l $< \text{DQO} < 40$ mg/l 45 $< \text{ISQA} < 60$	Riego Agua Industrial Agua potable (mediante tratamientos especiales)
4	$25^\circ C < \text{Temperatura} < 30^\circ C$ Medio Aerobio 10 mg/l $< \text{DBO}_5 < 25$ mg/l 40 mg/l $< \text{DQO} < 80$ mg/l 30 $< \text{ISQA} < 45$	Navegación Refrigeración
5	Temperatura $> 30^\circ C$ Ausencia de Oxígeno Disuelto DBO <sub>5</sub> $> 25$ mg/l DQO $> 80$ mg/l ISQA $< 30$	Ningún Uso

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Fuente: Técnicas Ambientales "Parámetros de Contaminación", Universidad Politécnica de Cataluña, España – 2007.

### 2.7.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA <sup>(3)</sup>

Mediante los índices biológicos se obtiene un valor numérico que expresa el efecto de la contaminación sobre una comunidad biológica y se basan en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran. La presencia o ausencia de una especie o familia, así como su densidad o abundancia, es lo que se va a usar como indicador de la calidad.

La mayor diferencia con los índices fisicoquímicos, es que, permiten indicar el estado del agua en un período prolongado de tiempo definido por la duración del ciclo vital de cada individuo, magnitud de colonias, etc.; pero, por el contrario, es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, por lo que su utilización es complementaria y no sustitutiva a los índices fisicoquímicos. Los índices biológicos pueden ser de dos tipos:

#### 2.7.3.1 Índices bióticos

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático, afectado por un proceso de contaminación. Para ello, a los grupos de invertebrados de una muestra, se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema.

#### 2.7.3.2 Índices de diversidad

Miden la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor biodiversidad mayor puntuación. Reflejan alteraciones del número total de comunidades de organismos. Como ventajas de estos índices respecto a los bióticos, destacan que, no es necesaria la identificación de especies o familias, que no se requiere información sobre la tolerancia a contaminación y que sirven para detectar episodios leves de contaminación. Al contrario, no existe un consenso claro sobre los valores de los índices.

---

<sup>3</sup> <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Indices/IndicesCalidadAgua.html>



## 2.8 MARCO LEGAL

### 2.8.1 CONTEXTO INTERNACIONAL (7)

#### Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992)

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que se efectuó en Río de Janeiro, en junio de 1992, se reafirmó la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas, aprobada en Estocolmo, en Junio de 1972, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de mejores niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas.

Establece 27 principios de carácter social, ambiental y cultural, orientados hacia el Desarrollo Sustentable.

### 2.8.2 CONTEXTO NACIONAL (8)

#### Constitución Política de la República del Ecuador (1998)

Es el mandato de máxima jerarquía en el ordenamiento jurídico del Estado; como tal, todas las normas inferiores en el referido ordenamiento, es decir leyes, reglamentos, decretos ejecutivos, acuerdos ministeriales y resoluciones (entre los más relevantes y en ese estricto orden) están subordinadas a ella, por lo que las disposiciones de carácter "macro" contenidas en la Constitución, guían en el aspecto ambiental a las demás.

La misma Carta Magna expresa que los habitantes en el país tienen derecho a "vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación que garantice un desarrollo sustentable". La Ley establecerá las restricciones al ejercicio de determinados derechos y libertades para proteger el medio ambiente.

La Constitución, además, declara de interés público y regula conforme a la ley, la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; así como la prevención de la

contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para estos fines deberán cumplir las actividades públicas y privadas.

También se determinan las sanciones, infracciones y procedimientos para toda persona, natural o jurídica, que atente contra las normas de protección del medio ambiente. Todo proyecto que pueda afectar al medio ambiente debe contar previamente con los criterios de la comunidad.

Se promueve además, el uso de tecnologías limpias y de energías alternativas no contaminantes, y la potestad de cualquier persona natural o jurídica, para impulsar las acciones previstas en la ley para la protección del medio ambiente.

#### Ley de Gestión Ambiental (1999)

Publicada en el Registro Oficial 245, del 30 de julio de 1999. Esta es la norma macro respecto a la política ambiental del Estado Ecuatoriano y todos los que ejecutan acciones relacionadas con el ambiente en general. Establece el marco institucional de las diferentes entidades que conforman el denominado "Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental".

La autoridad ambiental nacional en la actividad hidrocarburífera en el Ecuador es el Ministerio de Energía y Minas a través de la Subsecretaría de Protección Ambiental y la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DINAPA).

Estas instituciones serán las responsables de aprobar, regular, exigir el cumplimiento, supervisar y ejecutar acciones de protección y cuidado ambiental que debe contemplar la actividad. La Ley establece, por primera vez en la legislación nacional, principios ejecutables de información y vigilancia ambiental, aplicando mecanismos de participación social para lograr un adecuado control de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente.

#### La Ley de Hidrocarburos (1978)

Publicada en el Registro Oficial 711, de 15 de Noviembre de 1978, mediante Decreto Supremo 2967; establece las obligaciones de los diferentes ejecutores en proyectos

para las diferentes fases de la industria de hidrocarburos; dispone la elaboración de programas que garanticen la no afectación a la organización socio – económica de las poblaciones asentadas en las áreas de la actividad petrolera. Obliga a los operadores a cumplir con toda la normativa legal y reglamentaria relacionada con los aspectos ambientales y de seguridad.

#### La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (1976)

Publicada en el Registro Oficial 97, del 31 de Mayo de 1976. Contiene una serie de disposiciones relacionadas con acciones de ejecución obligatoria para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

La Ley contiene prohibiciones expresas para descargas directas a la atmósfera, agua y suelo de contaminantes generados por la actividad hidrocarburífera, estando obligados los responsables de estas acciones a implementar tratamientos previos a las descargas, según las disposiciones de manejo, expresadas en los Reglamentos a la Ley.

#### La Ley de Aguas (1972)

Publicada en el Registro Oficial 69, del 30 de mayo de 1972. Es la norma específica en el país respecto al manejo de este recurso natural, contemplando disposiciones relacionadas con la prelación de uso del recurso (agua potable, abrevadero, riego, turismo y demás usos); así como la prohibición de contaminación de las aguas y el requerimiento previo, con el que debe contar cualquier proyecto hidrocarburífero, que utilice recursos hídricos, y mediante concesión, obtener el “derecho de aprovechamiento de aguas”.

#### Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (2001)

Publicado en el Registro Oficial 265, del 13 de febrero de 2001, mediante decreto ministerial 1215, establece reglas en materia socio – ambiental para las fases de las operaciones hidrocarburíferas, orientadas a promover sistemas eficientes y modernos de gestión ambiental, para mejorar los estándares internacionales y ayudar al Estado a

cumplir eficientemente sus responsabilidades de monitoreo, control, fiscalización y auditorías ambientales.

Reglamento de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (1989)

En este reglamento se establecen básicamente los límites permisibles para las descargas de contaminantes a la atmósfera, agua y suelo, así como las técnicas de tratamiento previo a las descargas con el fin de controlar y prevenir la contaminación ambiental. Específicamente, en lo relativo al recurso agua, se establecen límites permisibles según el uso que se le dé a la misma, lo que facilita el evaluar la calidad de las aguas, y consecuentemente, las condiciones ambientales de los cuerpos de agua.



## **CAPÍTULO III**

### **MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUARICO**

#### **3.1 DATOS HISTÓRICOS DEL PLAN INTEGRAL DE MANEJO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD HIDROCARBURÍFERA (PIMA), 1989.**

##### **3.1.1 INTRODUCCIÓN**

Los primeros datos que se tienen sobre las condiciones de los cuerpos de agua que se encuentran dentro de la zona de influencia de las actividades petroleras en la RAE fueron presentados en este informe en el año de 1990, siendo el PIMA el primer estudio ambiental realizado para las actividades hidrocarburíferas en el Ecuador.

Petroecuador, contrató a dos reconocidas empresas, ESEN de Ecuador y AMBIENTEC de Colombia, para que realicen conjuntamente el estudio, siendo uno de los objetivos de éste, el determinar la calidad físico- química de las corrientes de agua superficiales de la zona, a través de la recolección de muestras de agua en diferentes puntos de las cuencas hidrográficas del sector.

Estos parámetros, sirven como base para la vigilancia y control de todos aquellos cuerpos de agua que pudieran verse afectados de alguna manera, por posibles fuentes contaminantes provenientes de las actividades hidrocarburíferas.

##### **3.1.2 METODOLOGÍA (9)**

###### **3.1.2.1 Selección de los Puntos de Muestreo**

Para la determinación de los puntos de muestreo se consideró los siguientes factores:

- Facilidad de acceso.
- Condiciones estables de la corriente.

- Facilidad de medir o determinar la velocidad del caudal.
- Vías de comunicación que facilitan el transporte de las muestras al laboratorio.

Para cada uno de los puntos de muestreo, se realizó la medición de los siguientes parámetros: Temperatura, Potencial Hidrógeno (pH), Oxígeno disuelto, Turbidez, Conductividad, Alcalinidad y Acidez.

El muestreo, se realizó siguiendo técnicas para esta actividad, las muestras se recogieron en recipientes adecuados, y cada una de las muestras fue conservada de acuerdo al procedimiento recomendado por el Standard Methods<sup>1</sup>:

- Para fenoles, la muestra se conserva adicionando ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) y se mantiene refrigerada para ser analizada en un tiempo máximo de 24 horas.
- En cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO), se agregó ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) hasta conseguir que la muestra llegue a tener un pH igual a 2.
- Para las grasas y aceites, se agregó de igual forma, ácido sulfúrico y se tomó la muestra en un recipiente de boca ancha.

Para los otros parámetros, no se emplearon técnicas para la preservación. Una vez tomadas y rotuladas las muestras, éstas fueron enviadas lo más rápido posible al laboratorio, donde se realizó el análisis de Fenoles, DQO, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, Cloruros, Grasas y Aceites.

### 3.1.2.2 Campo

Temperatura: Para la determinación de la temperatura del agua se empleó un termómetro electrónico analógico con escala entre -5 y +45 ° C; termómetro que hace parte del oxímetro marca YSI, modelo 57.

pH: Se empleó un medidor de pH digital con escala de 0 a 14 unidades. Se utilizaron dos equipos diferentes, ambos con sistema de compensación por temperatura y que fueron previamente calibrados mediante la utilización de soluciones "buffer" a pH – 4,

---

<sup>1</sup> Standard Methods: también denominados Métodos Estándares, son un conjunto de procedimientos para la toma y conservación de muestras, certificado y aprobado a nivel mundial.

pH – 7 y pH – 10. Equipos: DIGI/SENSE de COLE PALMER y PICCOLO de HANA modelo HI – 1280.

Oxígeno Disuelto: Se empleó el Oxímetro electrónico analógico marca YSI modelo 57; este equipo cuenta con un electrodo de membrana permeable y un sistema automático de compensación por temperatura.

Conductividad: Se determinó mediante un conductímetro analógico marca MYRON-L-COMPANY modelo EP, el cual posee cuatro rangos de escala: 0-5, 0-50, 0-500 y 0-5000 microsiemens/cm.

Turbidez: Se utilizó un Turbidímetro analógico marca HF INSTRUMENTS modelo DRT 15 con los siguientes rangos de medida: 0-1, 0-10, 0-100, 0-200 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométrica). Para la calibración se utilizaron patrones de turbidez estándar de formalina.

Alcalinidad: Se determinó la alcalinidad mediante titulación. Como indicadores se utilizó la fenolftaleína para medir la alcalinidad a la fenolftaleína, y metil – naranja para la determinación de la alcalinidad total; como reactivo titulador se utilizó ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Acidez Total: La determinación de la acidez, al igual que la alcalinidad, se realiza por el método volumétrico (titulación). Como indicador se utilizó fenolftaleína y como reactivo titulador el hidróxido de sodio (NaOH).

Además de los anteriores parámetros medidos, en cada punto de muestreo se realizaron observaciones meteorológicas, que pudieran influir al momento de tomar las muestras, tales como: Viento (calma, moderado o alto), Nubosidad (medida por octavos), Lluviosidad (ninguna, moderada o alta) y Velocidad de la Corriente (método Distancia vs. Tiempo).

### **3.1.2.3 Laboratorio**

Los análisis de las muestras tomadas fueron realizados en el Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, quienes se encargaron de determinar fenoles,

grasas y aceites, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, DQO y cloruros.

### 3.1.3 CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS

En el caso del PIMA, el criterio utilizado para determinar la calidad de las aguas se basó en el Decreto 2144 del 18 de Mayo de 1989, en el que se expide el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al recurso Agua (ver Anexo 1).

### 3.1.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS (9)

#### 3.1.4.1 Puntos de Muestreo

El muestreo realizado en el PIMA constó de 48 puntos de muestreo, divididos en tres grandes grupos: Amazonía, Corredor del Oleoducto Lago Agrio – Esmeraldas, y la Zona de Lagunas del Cuyabeno.

En el presente estudio se va a describir tan sólo los resultados obtenidos en los 6 puntos de muestreo de los 19 correspondientes al Corredor del SOTE, ya que tan sólo éstos se encuentran dentro de la zona de estudio (Provincia Sucumbíos).

Tabla 3.1 Localización de los Puntos de Muestreo

DESCRIPCIÓN			LOCALIZACIÓN	
PM	Corrientes	Provincia	x	y
1	Río Aguarico	Sucumbíos	10'006.000	244.300
2	Río Puchuchoa	Sucumbíos	10'009.500	245.700
3	Río Cascales	Sucumbíos	10'008.700	256.700
4	Río San Miguel	Sucumbíos	10'002.800	292.000
5	Río Aguarico	Sucumbíos	10'004.500	298.400
6	Río Estación Lumbaqui	Sucumbíos	10'002.400	238.400

Fuente: Plan Integral de Manejo Ambiental de la Actividad Hidrocarburífera (PIMA), Tomo "Calidad Físico – Química del Agua". PETROECUADOR, Esen – Ambientec, 1990.

#### 3.1.4.2 Resultados y Comparación con las normas ambientales

Para la evaluación de la calidad del agua de la zona del corredor del oleoducto Lago Agrio – Esmeraldas, se establecieron 19 puntos de muestreo en total, de los cuáles 6



corresponden también a la zona amazónica. La evaluación se la hizo para cada uno de los parámetros, teniendo en cuenta los criterios de calidad del agua para los diversos usos.

A continuación se muestran las tablas resumen de resultados de los seis puntos de interés correspondientes a la zona del Corredor del Oleoducto, y su comparación con los límites permisibles establecidos en la Ley de Prevención y Control de la Contaminación.

**Tabla 3.2 Resultados y Comparación con la Norma establecida**

Parámetro	Unidad	Límite Permissible	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
Temperatura	° C	+/- 3° C cond. natural	23	23	24	24	22	23
Potencial Hidrógeno	-----	6,0 – 9,0	7,3	5,5	5,5	5,5	7,1	5,6
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mín. 6 mg/l	7,3	7,1	7,2	6,9	7,4	7,6
Conductividad	µS/cm	-----	88	11	20	38	88	22
Turbidez	NTU	100	82	30	30	20	82	3,4
Alcalinidad Fenolftaleína	(mg/l – CaCO <sub>3</sub> )	-----	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad total	(mg/l – CaCO <sub>3</sub> )	-----	42	10	12	20	50	14
Acidez	(mg/l – CaCO <sub>3</sub> )	-----	2	2	4	6	2	6
Fenoles	µg/l	0,002 mg/l	0,044	0,029	0,015	0,133	0,081	0,029
Demanda química de oxígeno	mg/l	-----	609,56	393,6	585,17	633,9	550,34	36
Sólidos totales	mg/l	-----	416	124	120	120	172	30
Sólidos Suspendidos	mg/l	-----	48,4	2,5	4	6	14	1
Sólidos Disueltos	mg/l	1000	367,6	121,5	116	114	158	29
Grasas y Aceites	mg/l	PVA	PVA	PVA	PVA	PVA	PVA	PVA
Cloruros	mg/l	200	23,8	1,92	1,83	2,51	2,29	1,6

PVA: Película Visible Ausente.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

FUENTE: Plan Integral de Manejo Ambiental para la Actividad Hidrocarburífera (PIMA), Tomo "Calidad Físico – Química del Agua", PETROECUADOR, Esen – Ambientec, 1990.

### 3.1.5 OBSERVACIONES SOBRE LOS RESULTADOS (9)

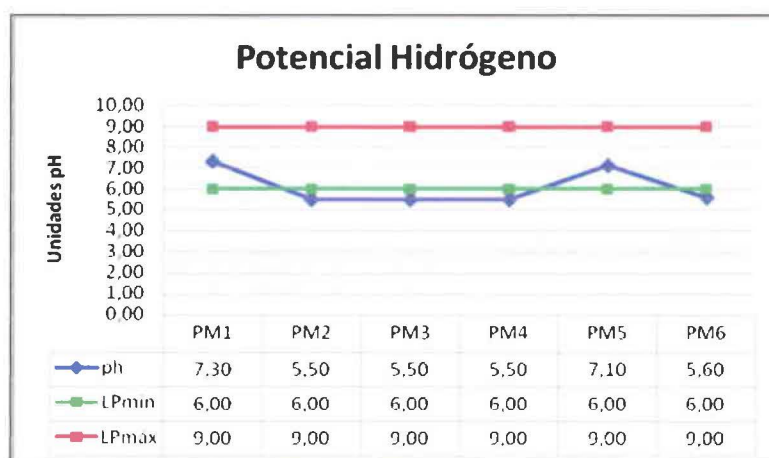
- **Temperatura:** De acuerdo con los criterios de calidad, todas las corrientes muestreadas cumplen con lo que a temperatura se refiere.
- **pH:** De las seis muestras de interés para este estudio, 4 de ellas reportaron valores de pH por debajo del límite mínimo permissible, es decir valores menores a las 6

unidades. Esto ocurrió en las muestras del Río Cascales (PM2), el Río San Miguel (PM3), Río Puchuchoa (PM4), y en la del Río de la Estación Lumbaqui (PM6).

- **Oxígeno Disuelto:** Los seis cursos hídricos cumplen con los valores mínimos de Oxígeno Disuelto (6 mg/l).
- **Turbidez:** Todos los valores registrados se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 100 NTU.
- **Fenoles:** La totalidad de las corrientes muestreadas cumplen con los criterios de calidad de aguas para diferentes usos, al no sobrepasar el límite permisible de 0,002 mg/l. Se puede concluir que, en lo que a fenoles se refiere, la calidad del agua a lo largo del corredor del oleoducto es buena.
- **Sólidos Disueltos:** Todas las corrientes cumplen con los criterios de calidad de aguas, al estar por debajo de los 1000 mg/l (valor aceptado para aguas para consumo humano que sólo requieren tratamiento convencional).
- **Grasas y Aceites:** Ninguna de las muestras tomadas presentó película visible de aceite por lo que se considera que no existe contaminación de las aguas por este parámetro o que sus concentraciones son muy bajas.
- **Cloruros:** Los valores registrados de cloruros están muy por debajo del límite máximo permisible de 200 mg/l.

A continuación se muestran los gráficos de aquellos parámetros que no cumplen con los límites permisibles establecidos en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

**Gráfico 3.1 Resultados PIMA: Potencial Hidrógeno – Límites Permisibles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### **3.1.5.1 Observaciones sobre los Resultados de Laboratorio**

Durante el diagnóstico ambiental realizado por las empresas ESEN-AMBIENTEC para Petroecuador, surgieron ciertas dificultades que vale la pena mencionar. Dentro del informe presentado sobre la calidad físico-química del Agua en el PIMA, se hacen observaciones al respecto de los análisis de laboratorio a cargo de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), ya que, la técnica empleada en la determinación de grasas y aceites en el laboratorio de esta institución presentó fallas, siendo éste el motivo por el cual estos resultados no se reportan en el informe del PIMA. Tan sólo se utilizó la información tomada en campo sobre la presencia o no de película visible.

Además, al comparar los valores obtenidos de conductividad y sólidos disueltos para varias muestras se encuentra que no existe correlación entre los dos parámetros. Este tipo de observaciones son de gran importancia, ya que permiten que los datos obtenidos sean manejados con toda la precaución y responsabilidad posible.

## **3.2 DATOS HISTÓRICOS DEL ESTUDIO AMBIENTAL – LÍNEA BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS DEL ECUADOR (EIA - OCP), 2001.**

### **3.2.1 ANTECEDENTES**

En el año 2000 se inició con los estudios ambientales necesarios para la construcción de lo que sería el Oleoducto de Crudos Pesados del Ecuador (OCP). Cabe recalcar que dichos estudios provocaron grandes polémicas entre el sector ambientalista, autoridades competentes y los ejecutores del proyecto, ya que muchos de los tramos por los que atraviesa el OCP son ambientalmente sensibles, siendo uno de los puntos más críticos la zona de Mindo, debido a su alta biodiversidad.

Sin embargo, los estudios ambientales efectuados determinaron que la ruta del OCP para el tramo Lago Agrio – Papallacta sea paralela al derecho de vía del SOTE, y es precisamente por este motivo que los datos hidrológicos y de calidad del agua obtenidos en el estudio de línea base para este tramo del OCP, son de gran relevancia para el objetivo del presente estudio, al ser una base más para la evaluación histórica

de las condiciones ambientales de la cuenca del Río Aguarico, en la provincia de Sucumbíos.

### **3.2.2 CALIDAD DEL AGUA (10)**

#### **3.2.2.1 Introducción**

El Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), atraviesa más de 100 ríos y arroyos superficiales, dos lagunas y se extiende hacia el Océano Pacífico en alrededor de 5 Km. Cada uno de estos cuerpos hídricos presenta condiciones físicas particulares y se encuentran influenciados por factores externos como: geología, suelos, clima, vegetación, altitud y actividades antropogénicas.

#### **3.2.2.2 Objetivos**

El propósito del análisis de la calidad del agua fue identificar y obtener muestras de los cuerpos hídricos por los que cruza el OCP y su área de influencia, para así poder determinar las características físicas y químicas de éstos.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se diseñó un proceso de muestreo donde todos los ríos y arroyos que cruza el SOTE, fueron visitados, descritos y muestreados en el campo; considerando:

- Los cuerpos de agua cerca de comunidades dentro del área de influencia.
- Los cuerpos de agua cercanos a las estaciones y facilidades del oleoducto.
- Los cuerpos de agua localizados dentro de áreas sensibles.

#### **3.2.2.3 Metodología**

El estudio realizado comprende toda la extensión del SOTE, desde Lago Agrio hasta el Puerto de Balao. Para diseñar el plan de muestreo apropiado se evaluó lo siguiente:

- 1) Los puntos de muestreo recomendados en el PIMA (Plan Integral de Manejo Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas).



- 2) El mapa base topográfico a escala 1:50.000, que se utilizó para determinar todos los cuerpos hídricos por lo que atraviesa la estructura.
- 3) Un recorrido de la zona a priori para confirmar la localización de cada río.

El primer estudio de campo, se realizó en Agosto de 1999, el segundo en Noviembre del mismo año, y el último en febrero del 2000. Se visitaron un total de 166 cuerpos hídricos. En todos los puntos de muestreo se midieron los siguientes parámetros *in situ*: pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura.

Adicionalmente, todas las localizaciones fueron registradas con un GPS<sup>2</sup>, se tomó una fotografía del canal, y se realizaron mediciones, tanto geométricas como de caudal, con una cinta de medición y un medidor de velocidad. De las 142 localizaciones, se tomaron 30 muestras para análisis en laboratorio a cargo de los Laboratorios ANNCY en Quito.

**Tabla 3.3 Toma de Muestras**

Matriz	Análisis	Volumen (ml)	Tipo de Envase	Preservación
Agua	Microbiológico	125	PE - Esterilizado	S/P , 4° C
Agua	Físico-químico	1000	VA - Tapón PP	S/P , 4° C
Agua	DBO <sub>5</sub>	300	V - Winkler	S/P , 4° C
Agua	TPH	1000	VA - Tapón PP	HCl
Agua	Cianuros	500	VA - Tapón PP	NaOH
Agua	Fenoles	500	VA - Tapón PP	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> - CuSO <sub>4</sub>
Agua	Metales Pesados	500	VA - Tapón PP	HNO <sub>3</sub>

PE= Polietileno, PP= Polipropileno, V= Vidrio, VA= Vidrio Ámbar, S/P= Sin Preservación

Fuente: Oleoducto para Crudos Pesados del Ecuador (OCP), Estudios Ambientales – Línea Base, ENTRIX s.a., Mayo, 2001.

### 3.2.2.4 Límites Permisibles y Criterios de Calidad

El estudio ambiental de Línea Base del OCP, se basó en las Normas Ambientales Ecuatorianas vigentes. En resumen, las normas y estándares utilizados para establecer la calidad de los cuerpos de agua, son las siguientes:

<sup>2</sup> GPS: "Global Positional System", dispositivo utilizado para ubicar coordenadas de ubicación exactas a través de satélites de posicionamiento global.

- Decreto 2982 (R.O. N° 766, Pub. Año IV, 24 Agosto 1995).
- Legislación Ambiental, Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación, Recurso Agua, Acuerdo Ministerial N° 2144 (R.O. 204 – 5 – VI – 89).
- Normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

### 3.2.2.5 Resultados de los Análisis Físico – Químicos

A continuación en las tablas 3.4 y 3.5 se detallan los resultados obtenidos tanto *in situ* durante las campañas de campo realizadas en noviembre de 1999, así como los resultados del análisis de laboratorio.

Las muestras que contienen un asterisco son aquellas recomendadas por el PIMA, y aquellas que se encuentran en negrillas exceden los límites permisibles establecidos.

Los ríos fueron clasificados según tres cuencas principales: Río Aguarico, Río Napo y Río Esmeraldas. Para el efecto de este estudio se ha considerado solo los datos de los ríos pertenecientes a la cuenca del Río Aguarico.

**Tabla 3.4 Resultados de Análisis de Parámetros**

Código	Cuerpo de Agua	Tipo de Análisis	Caudal	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (ppm)	C.E (µS/cm)
Valor Máximo Permissible				6 - 9	+/- 3 ° C Cond. Natural	Mín. 6,0 mg/l	-
A67	<b>Río Aguarico*</b>	Análisis Lab	850,0	7,86	23,1	7,3	112
A66	<b>Lago Agrio</b>	Análisis Lab	0,0	9,31	29,1	12,7	89
A65	Río Conejo*	<i>in-situ</i>	1,5	6,88	25,1	6,7	70
A64	Tributario de Río Conejo	<i>in-situ</i>	0,6	7,02	25,4	5,8	23
A63	Río Aguas Blancas Chico	<i>in-situ</i>	0,1	6,85	25,9	6,9	70
A62	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,2	6,55	25,4	8,1	97
A61	<b>Río Cascales*</b>	Análisis Lab	118,8	6,80	24,3	5,6	62
A60	Río Loroyacu*	<i>in-situ</i>	0,4	6,71	23,8	5,5	101
A59	Río Duvino	<i>in-situ</i>	2,1	7,01	23,5	6,9	45
A58	Río Puchuchoa*	<i>in-situ</i>	16,0	6,41	21,5	7,7	34
A57	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,2	6,46	22,4	6,2	32
A56	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,3	6,63	21,8	7,3	21
A55	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,5	5,94	21,6	7,4	43

A54	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,0	6,23	22,2	7,5	21
A53	Sin nombre	<i>in-situ</i>	2,3	6,54	21,6	7,4	59
A52	<b>Rio Aguarico*</b>	Análisis Lab	450,0	7,34	20,0	5,7	108
A68	Rio Lumbaqui*	<i>in-situ</i>	0,4	7,18	21,5	7,4	50
A69	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,2	7,00	22,0	7	46
A70	<b>Sin nombre*</b>	Análisis Lab	0,8	7,10	21,5	7,4	41
A71	Sin nombre	<i>in-situ</i>	0,1	6,38	19,5	7,7	43

Fuente: OCP, Estudios Ambientales – Línea Base, ENTRIX s.a., Mayo, 2001

**Tabla 3.5 Resultados de Análisis Físico – Químicos**

Parámetro	Unidad	Valor Máximo Perm.	A67 AGU	A66 LAGO	A61 CASC	A52 AGU2	A70 S/N
PH	unid. pH	6,0 - 9,0	7,93	8,36	7,25	7,52	7,14
Conductividad	uS/cm		106,7	82,3	60,5	105,6	28,3
Temperatura	° C	+/- 3° C	23,1	29,1	24,3	20,0	21,5
Oxígeno Disuelto	ppm	mín 6 mg/l	7,3	12,7	5,6	5,7	7,4
Color	Unid. Pt-Co	100	99	167	140	86	14
Turbidez	Unid. FTU	100	18	30	28	15	3
Cloruros	mg/l	250	0,7	1,0	5,9	0,8	0,9
Nitratos	mg/l	10	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
Nitritos	mg/l	1,0	< 0,033	< 0,033	< 0,033	< 0,033	< 0,033
N-Amoniacal	mg/l	1,0	< 0,06	0,08	0,07	< 0,06	< 0,06
Sulfatos	mg/l	400	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
Cianuro Libre	mg/l	0,2	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoruro	mg/l		0,17	0,16	0,21	0,27	0,15
Fenoles	mg/l	0,002	*<0,010	*<0,010	*<0,010	*<0,010	*<0,010
DBO5	mg/l O2	2	3,8	6,8	9,2	4,2	*< 3,0
Tensoactivos	mg/l	0,5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
TPH	mg/l	Ausencia	*< 5	*< 5	*< 5	*< 5	*< 5
Coliformes Totales	NMP/100ml	3000	210	93	1100	210	460
Coliformes Fecales	NMP/100ml	600	4	< 3	< 3	28	7
Arsénico	mg/l	1,0	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Bario	mg/l	1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cadmio	mg/l	0,01	*<0,016	*<0,016	*<0,016	*<0,016	*<0,016
Cobre	mg/l	1,0	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032	< 0,032
Cromo	mg/l	0,05	< 0,041	< 0,041	< 0,041	< 0,041	< 0,041
Zinc	mg/l	5,0	0,024	0,014	0,016	0,015	< 0,011
Plomo	mg/l	0,05	*<0,079	*<0,079	*<0,079	*<0,079	*<0,079
Plata	mg/l	0,05	< 0,024	< 0,024	< 0,024	< 0,024	< 0,024
Selenio	mg/l	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mercurio	mg/l	0,001	*<0,005	*<0,005	*<0,005	*<0,005	*<0,005

Fuente: OCP, Estudios Ambientales – Línea Base, ENTRIX s.a., Mayo, 2001

(\*) Valores menores al límite de detección de los equipos de laboratorio, cuyos valores reales podrían posiblemente estar por encima de los límites máximos permisibles.



### **3.2.2.6 Uso Actual del Recurso**

El uso de los recursos hídricos localizados a lo largo del SOTE y dentro del área de influencia es sumamente variado, incluyendo: abastecimiento para consumo humano, transporte, zonas de pesca y recreación, irrigación, descarga de industrias y municipalidades.

Lago Agrio actualmente es una zona protegida donde se ha prohibido actividades de pesca y de cacería. En las entrevistas realizadas por el grupo de técnicos de OCP S.A., los habitantes locales reportaron que aparentemente sí se realiza la pesca y la caza de ciertas especies típicas de la región.

El área entre Cascales y Lago Agrio no está altamente poblada. Los riachuelos del sector que se encuentran ubicados dentro del área de influencia, son utilizados como fuentes de agua para beber, bañarse, lavado de ropa y pesca.

Los tributarios del Río Aguarico al oeste del pueblo de Lumbaqui y entre Cascales son riachuelos con gradientes fuertes, utilizados para uso doméstico, lavado y ocasionalmente pesca.

Los ríos mayores, como el Aguarico y hasta en cierta forma el Due, fluyen a través de extensos bosques deshabitados en las estribaciones orientales de la Cordillera Real.

### **3.2.2.7 Identificación de las Fuentes de Contaminación**

Durante el trabajo de campo realizado por el equipo técnico del OCP, no se logró determinar a través de las entrevistas realizadas si en Lago Agrio se descargan las aguas de uso doméstico de la población de la zona.

El área entre Cascales y lago Agrio tiene una población moderada. El uso del agua para el lavado de ropa contamina los riachuelos con jabón. Al oeste de Lumbaqui, en los tributarios del Río Aguarico, se pudo observar agua con presencia de jabón, desechos domésticos y agrícolas. En los ríos mayores como el Aguarico y el Due, no se pudieron identificar a simple vista las fuentes de contaminación.



### 3.2.2.8 Análisis de los Resultados Físico – Químicos obtenidos

#### a) Análisis por cada uno de los cursos hídricos muestreados

##### Lago Agrio (A66):

- El riesgo de contaminación de Lago Agrio debido al oleoducto es casi nulo, puesto que éste cruza un tributario que fluye hacia el río.
- La química del agua de Lago Agrio es diferente a la mayoría de lagos con aguas negras, ya que son extremadamente alcalinas (pH 8.36). Esta medida se confirmó tanto en el campo como en el laboratorio (A66).
- Ninguno de los otros parámetros indica presencia de contaminación por actividades antropogénicas.
- El oxígeno disuelto es bastante elevado indicando que el Lago posee características óptimas para la preservación de la biota acuática.
- El nivel alto de pH puede ser producto de los suelos alcalinos.

##### Sección Lago Agrio – Cascales:

- Es una zona plana, con el nivel freático cerca de la superficie.
- Los arroyos de esta zona fluyen sobre formaciones rocosas, que le otorgan características similares a las de las aguas lluvia.
- En estos arroyos se midieron únicamente los parámetros de campo, pero los niveles de oxígeno disuelto y conductividad indican que no hay presencia de contaminación antropogénica.

##### Río Aguarico (A67 / A52):

- Las dos muestras tomadas del cauce del Río Aguarico reportaron características muy similares, tanto la muestra tomada en el cruce cerca de Lumbaqui (A52) como a la muestra tomada cerca de la zona de Lago Agrio (A67).
- Las aguas del Río Aguarico cerca de Nueva Loja poseen características similares a las de las aguas lluvia, debido a que se encuentran más cerca de la reserva Cayambe-Coca, caracterizada por poseer aguas frías.
- Ambas muestras determinan que el Río Aguarico está libre de contaminantes provenientes de la industria Hidrocarburífera.

- El río Aguarico se ubica a 2 Km de la estación de bombeo Nueva Loja (Km 0 a lo largo del SOTE), y es el cuerpo hídrico que se podría ver afectado por dicha estación.

#### Río Lumbaqui (A68):

- La muestra analizada en laboratorio demuestra que no existen valores relevantes que indiquen presencia de contaminación en este río (A68)<sup>3</sup>.

#### Río Cascales (A61):

- Los parámetros medidos en el río Cascales (A61), arrojan datos dentro de lo normal, excepto por los altos niveles de cloruros y coliformes fecales.
- Se estima que el alto nivel de cloruros puede ser consecuencia de la erosión de los suelos locales, al ser estos de origen marino.
- Los altos niveles de coliformes fecales pueden deberse a la presencia de ganado en las cabeceras de este río.

#### Sin Nombre (A70):

- El río más cercano a la Estación de Bombeo Lumbaqui, es un tributario del Río Dashino, que drena a través de la estación.
- La muestra A70 fue tomada a 3 Km aguas abajo de la Estación Lumbaqui, en el Km 65 a lo largo del SOTE.
- Aunque los habitantes locales testificaron haber visto hidrocarburos flotando en las aguas de este curso hídrico, no se encontró evidencia física de lo dicho, y las pruebas de laboratorio certificaron que no existe presencia de contaminación.

### **b) Análisis por cada uno de los parámetros medidos**

Se procederá a analizar el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente por cada uno de los parámetros. Se han elaborado gráficos comparativos sólo para aquellos parámetros que incumplen con la norma.

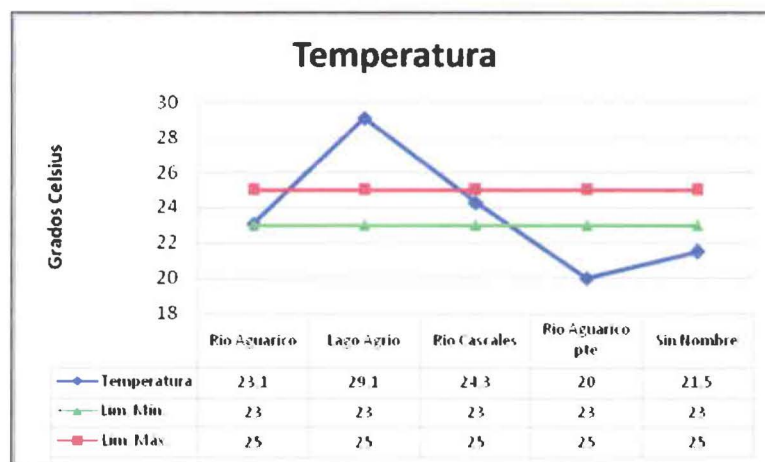
---

<sup>3</sup> Nota: aunque la muestra correspondiente al Río Lumbaqui (A68) consta como haber sido analizada en Laboratorio, en el informe del OCP no se publicaron los resultados de dicho análisis.

**Potencial Hidrógeno:** Los límites permisibles de Potencial Hidrógeno utilizados en el estudio del OCP son los referentes a Aguas para Consumo Humano de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación. Todas las muestras tomadas, tanto las enviadas a laboratorio como las analizadas *in situ*, cumplen con los límites establecidos.

**Temperatura:** El límite permisible de temperatura de aguas para consumo humano corresponde a  $\pm 3$  ° C de las condiciones naturales del curso hídrico. En este caso, para la Región Amazónica se ha establecido un rango de 23 a 25 ° C. Se comprueba que tan sólo los ríos Cascales (A61) y Aguarico (A67) se encuentran dentro del rango establecido.

**Gráfico 3.2 Resultados EIA - OCP: Temperatura - Límites Permisibles**

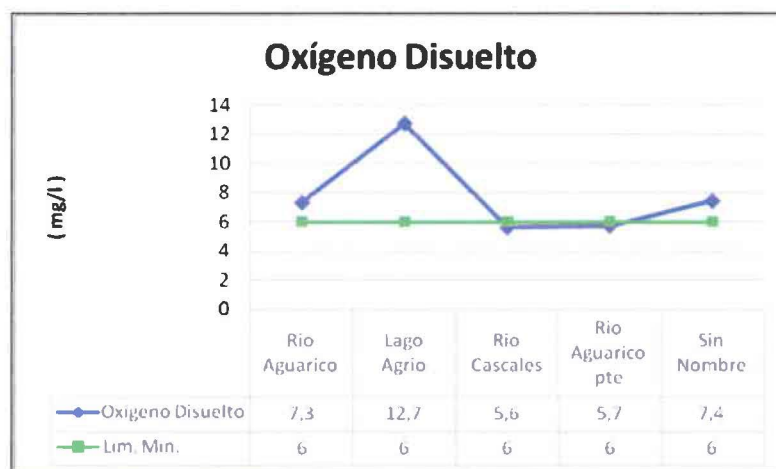


Elaboración: Ma. del Carmen Arteaga.

**Oxígeno Disuelto:** Los límites permisibles establecidos para el Oxígeno Disuelto no son entre 2 – 6 mg/l como se determina en este estudio, sino que se debe tomar 6 mg/l como el límite permisible mínimo para aguas para Consumo Humano y para Uso Recreativo como se establece en la Ley de Prevención y Control de la Contaminación.

Según lo anterior, se puede observar que de las 5 muestras enviadas a laboratorio dos de ellas no cumplen con la normativa ambiental establecida: el Río Cascales (A61) y el Río Lumbaqui (A68).

De las muestras analizadas *in situ*, no cumplen las siguientes: Tributario del Río Conejo (A64), Río Cascales (A61), Río Loroyacu (A60) y el Río Aguarico (A52).

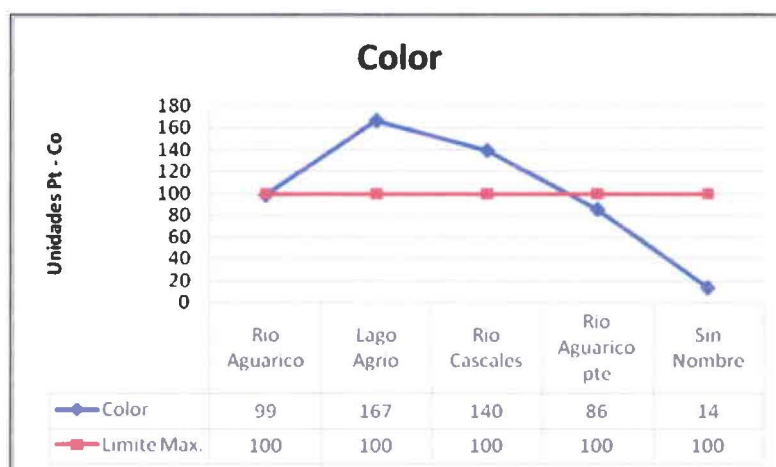
**Gráfico 3.3 Resultados EIA - OCP: Oxígeno Disuelto – Límites Permisibles**

Elaboración: Ma. del Carmen Arteaga.

**Turbidez:** En todas las muestras en donde se realizó un análisis de Turbidez, los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 100 unidades FTU.

**Conductividad:** Sólo se cuenta con límites permisibles de conductividad eléctrica para muestras tomadas en el punto de control de un cuerpo receptor, igual a 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Aún así, según lo anterior, todas las muestras estarían por debajo de este límite.

**Color:** De las cinco muestras enviadas a laboratorio, la de Lago Agrio (A66) y la del Río Cascales (A61) no cumplen con el límite máximo establecido en 100 unidades Pt-Co.

**Gráfico 3.4 Resultados EIA - OCP: Color – Límites Permisibles**

Elaboración: Ma. del Carmen Arteaga.



Nitratos: Todas las muestras analizadas en el laboratorio reportaron valores inferiores al umbral de captación del equipo (<2,2 mg/l). Todos cumplen con el límite máximo permisible de 10 mg/l.

Nitritos: En el caso de los nitritos el límite máximo permisible es de 1,0 mg/l, todas las muestras analizadas reportaron valores inferiores a 0,033 mg/l, siendo éste el umbral mínimo de captación del equipo utilizado.

N-Amoniaco: Este parámetro tiene como límite máximo permisible 1,0 mg/l. Las cinco muestras analizadas reportaron valores inferiores al límite, incluso tres de ellas reportaron valores menores al umbral de captación del equipo de 0,06 mg/l.

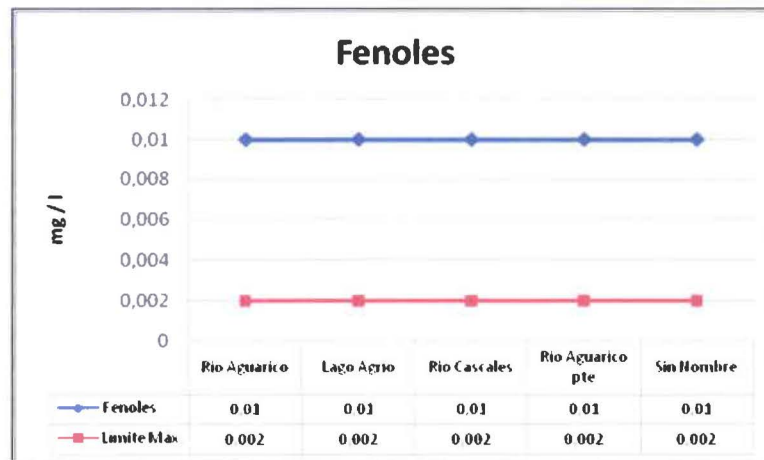
Cloruros: El análisis de cloruros en laboratorio reportó datos muy por debajo del límite permisible máximo de 250 mg/l, evidenciando de esta manera el cumplimiento en este parámetro.

Cianuro Libre: Todas las muestras reportaron valores menores a los 0,01 mg/l, estando por debajo del límite máximo permisible de 0,2 mg/l.

Fluoruros: No hay un límite permisible establecido en las tablas de resultados, sin embargo, según los Criterios de Calidad de Aguas para Consumo Humano y uso Doméstico que sólo requieren tratamiento convencional, el límite es de 1,5 mg/l. Todas las muestras cumplen con la norma.

Fenoles: Para el caso de este parámetro, es necesario realizar una observación importante; y es que, el equipo utilizado en el estudio de línea de base para la construcción del OCP en el año 2000, poseía un umbral inferior de captación de 0,01 mg/l, mientras que el límite máximo permisible para fenoles en aguas es de 0,002 mg/l, por lo que no se puede llegar a determinar cuáles muestras cumplen y cuáles no con la normativa ambiental. Se asume que el valor real es igual al valor de detección del equipo.

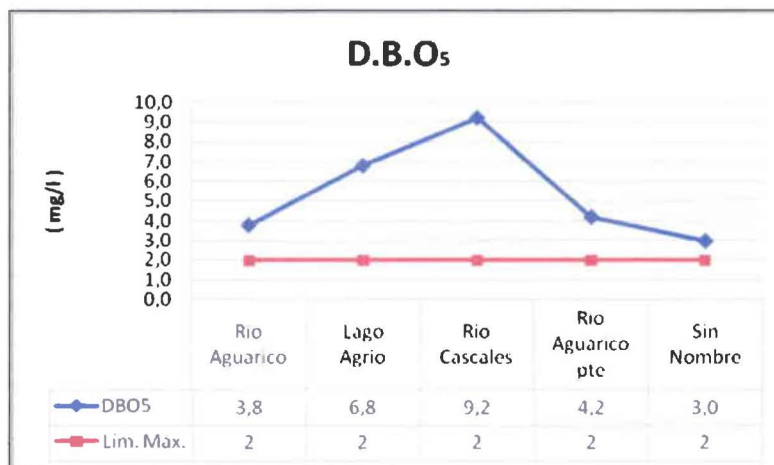
Sulfatos: Las concentraciones de sulfatos en las muestras de agua tomadas son inferiores a 7 mg/l (umbral inferior de captación del equipo), cumpliendo con el límite máximo permisible de 400 mg/l.

**Gráfico 3.5 Resultados EIA - OCP: Fenoles – Límites Permisibles**

Elaboración: Ma. del Carmen Arteaga.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>):** El límite máximo permisible establecido en el Reglamento de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, es de 2,0 mg/l.

En las muestras analizadas en laboratorio se pudo observar, que todas las muestras sobrepasan este límite; y la muestra tomada en el Estero Sin Nombre, reportó un valor menor a 3 mg/l; pero como éste es el umbral inferior de captación del equipo, no se puede determinar si la muestra cumple o no con la norma.

**Gráfico 3.6 Resultados EIA - OCP: Demanda Bioquímica de Oxígeno – Límites Permisibles**

Elaboración: Ma. del Carmen Arteaga.

**Detergentes Aniónicos:** No existe un límite permisible establecido para este parámetro en las tablas de resultados. Según, la Norma de Calidad del Agua; el valor máximo

permisible para estos compuestos es de 0,5 mg/l. Todas las muestras cumplen con lo establecido.

Total de Hidrocarburos de Petróleo (Hidrocarburos Totales): En este estudio se ha establecido como límite permisible máximo la “ausencia” de hidrocarburos en las muestras tomadas. Sin embargo, aunque todas las muestras reportaron valores menores al del umbral de captación del equipo (<5,0 mg/l); debido a la imprecisión del equipo, no se puede descartar la presencia de hidrocarburos en ciertos cauces en valores entre los 0,01 – 5,0 mg/l.

Coliformes Fecales: Los valores registrados de coliformes fecales de las muestras enviadas a laboratorio, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

Metales Pesados: Las concentraciones de Arsénico, Bario, Cobre, Cromo, Plata y Selenio; se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para cada uno de ellos.

Cabe recalcar, que el umbral de captación de los equipos utilizados, para medir la concentración de plomo, cadmio y de mercurio, era mayor al del límite permisible; lo que hace imposible determinar si las muestras cumplieron o no con la normativa ambiental vigente.

### **3.3 DATOS HISTÓRICOS DEL DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (DIAG – SOTE), 2006.**

#### **3.3.1 INTRODUCCIÓN**

En el año 2005, la empresa Abrus Cía. Ltda., es contratada para realizar una Auditoría Ambiental (AA) al Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE). En dicho estudio, se determina, como acción inmediata la elaboración de un Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental, tanto del SOTE como del Sistema de Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito.

Es por lo anterior que, la Gerencia de Oleoducto de Petroecuador, decide contratar ese mismo año a la empresa ESINGECO para que se encargue de la elaboración del Diagnóstico y del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del SOTE y del Sistema de Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito; cuya información referente a calidad del agua se encuentra detallada en este capítulo, área de interés para el presente estudio.

### **3.3.2 OBJETIVOS (11)**

En cuanto a Calidad del Agua, el “Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Sistema de Poliductos” tuvo como objetivos principales los siguientes:

- Caracterizar la calidad de las aguas superficiales en los cuerpos hídricos que cruzan en derecho de vía (DDV) del SOTE y del Sistema de Poliductos.
- Identificar los usos de los recursos hídricos en el área de influencia del DDV, para evaluar la magnitud del impacto que provocan las operaciones del SOTE y del Sistema de Poliductos.
- Determinar la concentración de los agentes contaminantes existentes en los cuerpos hídricos que cruzan el derecho de vía, debido a la operación del SOTE y del Sistema de Poliductos, mediante la realización de ensayos de laboratorio y pruebas *in situ* de parámetros de calidad de agua específicos.
- Establecer el nivel de concentración de los agentes contaminantes existentes en efluentes y cuerpos receptores, debido a las actividades realizadas en las estaciones y terminales del SOTE y del Sistema de Poliductos, mediante la realización de ensayos de laboratorio y pruebas *in situ* de los parámetros de calidad del agua específicos.

### **3.3.3 METODOLOGÍA GENERAL (11)**

La calidad del agua es uno de los ámbitos a los que se prestó más atención, debido a la gran responsabilidad que esto conlleva. Para poder cumplir con los objetivos detallados con anterioridad, se hizo necesario implementar una metodología que consta de varias fases:



### 3.3.3.1 Planificación del Trabajo

En esta fase se determinó aquellos factores importantes para planificar el trabajo, con el fin de delegar responsabilidades y fijar cronogramas, tales como:

- Ubicación de los puntos de muestreo en el mapa base tomando en cuenta la representatividad de las muestras,
- Diseño del tipo de muestras, así mismo.
- Determinación de los parámetros a analizar (*in situ* y de laboratorio).
- Localización de los efluentes y cuerpos receptores (puntos de inmisión) de estaciones y terminales del SOTE, según lo indica la legislación ambiental aplicable.

### 3.3.3.2 Trabajo de Campo

El trabajo de campo contó con las siguientes actividades:

- Determinación del uso actual del agua mediante inspección visual de la zona y conversaciones con los pobladores del sector.
- Inspección y selección del sitio para la toma de muestras, las cuales se recolectaron en función a los Métodos Estándares.
- Ejecución de los ensayos *in situ* de: Oxígeno disuelto (OD), potencial hidrógeno (pH), conductividad y temperatura del agua, con sus respectivas altitudes y coordenadas; de acuerdo con lo detallado en los Métodos Estándares.
- Toma de muestras simples y puntuales en los puntos de muestreo. Se siguió normas estándares de laboratorio, tanto en el uso de recipientes, volumen a recolectar, método de preservación, condiciones de temperatura y otras.

### 3.3.3.3 Análisis de Laboratorio

El análisis de laboratorio, estuvo a cargo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central (Quito); a quien se contrató, para realizar el análisis de los parámetros para determinar la calidad del agua de los cursos hídricos que atraviesan el derecho de vía del SOTE, según Métodos Estándares para análisis de aguas.

Para los análisis de laboratorio de calidad del agua de los cursos hídricos presentes en el derecho de vía del SOTE, se emplearon los parámetros de la tabla 9 del

Reglamento Ambiental Sustitutivo para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (D.E. No.1215). (Ver Anexo 3).

#### **3.3.3.4 Interpretación de resultados**

En esta fase se realizó la comparación de los resultados obtenidos, tanto en el muestreo *in situ*, así como los resultados provenientes del análisis de laboratorio efectuado por la Universidad Central del Ecuador, con los límites permisibles de las normativas vigentes aplicables; las cuales se encuentran detalladas en los Anexos 1 y 3, a fin de determinar el grado de cumplimiento y evaluar a la vez la calidad ambiental de los cursos hídricos en cuestión.

Para poder evaluar la calidad del agua de los diferentes cursos hídricos muestreados, se basó en el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE) en cuanto a:

- Tabla 9: Parámetros a determinarse en la Caracterización de Aguas Superficiales en Estudios de Línea Base.
- Tabla 4b) Para inmisión (punto de control en el cuerpo receptor).

También, se tomó en cuenta las normas correspondientes a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo referente a:

- Límites Permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico que para su potabilización sólo requiere desinfección (Anexo 1).
- Criterios de Calidad para Aguas Destinadas a Fines Recreativos, mediante contacto primario (Anexo 1).

### **3.3.4 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (11)**

#### **3.3.4.1 Uso Actual del Agua**

Tanto, el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), como el Sistema de Poliductos; se encuentran localizados en la parte norte del país, en donde atraviesan varias zonas, entre las que están la Llanura Amazónica, la Cordillera Real, el Callejón Interandino, la Cordillera Occidental y la Zona Costa.

La Llanura Amazónica, en este caso la zona de estudio; posee una gran cantidad de ríos y esteros; los cuáles son directamente atravesados por SOTE. Muchos de estos ríos son navegables; constituyendo así, un importante medio de comunicación entre los poblados de la región. Por los sitios donde cruza el derecho de vía del SOTE, los cuerpos de agua se encuentran afectados por descargas domésticas e industriales; principalmente debido a que son utilizados como ecosistemas sumideros de efluentes líquidos de las poblaciones aledañas y para uso recreativo, lavado de ropa y aseo personal.

### 3.3.4.2. Muestreo

Con el objeto de caracterizar los ríos, esteros y quebradas que cruzan el derecho de vía del Oleoducto Transecuatoriano y Poliducto Shushufindi - Quito y Esmeraldas – Quito, se seleccionaron los cauces a muestrear, considerando los más representativos en cuanto a la diversidad hidrológica que puede presentar (caudal, pendiente, etc.), y de calidad del agua en cuanto a vertidos y usos, según su localización geográfica. Durante la fase de planificación previa al trabajo de campo, se determinó cincuenta y un (51) puntos de muestreo (cuerpos hídricos), que se encuentran en el área de influencia ambiental directa del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), por donde atraviesa el derecho de vía de los ductos.

En la Tabla 3.6 se indica la ubicación de los sitios en los cuales se realizó el muestreo:

**Tabla 3.6 Sitios de Muestreo de Calidad del Agua (Línea Base)**

Muestra (Código)	Descripción	Ubicación		Altitud (msnm)	Fecha
		Longitud	Latitud		
R.SHU	Río Shushufindi	312.533 E	9'979.874 N	295	23-10-05
R.ITA	Río Itaya	299.515 E	9'980.462 N	276	23-10-05
R.ENO	Río Eno	291.072 E	9'993.256 N	301	23-10-05
R.JAN	Río Jandiayacu	290.212 E	9'999.740 N	275	23-10-05
R.AGU	Río Aguarico	298.882 E	10'005.009 N	275	23-10-05
R.CON	Río Conejo	279.995 E	10'009.682 N	295	24-10-05
R.CAS	Río Cascales	254.705 E	10'009.300 N	380	24-10-05
R.AGU pte.	Río Aguarico puente	243.554 E	10'006.192 N	450	24-10-05
R.LUM	Río Lumbaqui	240.658 E	10'005.352 N	480	24-10-05
E. s/n	Estero sin nombre	230.310 E	9'998.906 N	510	11-11-05
A.R.AGU	Afl. Río Aguarico	238.457 E	10'003.993 N	533	25-10-05

Fuente: "Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Sistema de Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito", Petroecuador, ESINGECO, 2005.

### 3.3.4.3 Análisis de Muestras y Comparación con la Normativa Ambiental

En la tabla 3.8, se presenta el resumen de los resultados del análisis *in situ*, y en la tabla 3.9 los resultados del análisis de laboratorio, a cargo de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

A fin de evaluar la calidad del agua, se utilizaron las normas del Reglamento Ambiental Sustitutivo para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE), específicamente los parámetros detallados en la Tabla No. 9 del mismo. Es por dicha razón, que no se han incluido parámetros como concentración de mercurio, selenio, cianuros libres y sulfuro de hidrógeno; ya que éstos pertenecen a la tabla No. 10: Parámetros adicionales y límites permisibles para aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.

Para la comparación con las normas se empleó la Tabla 4 b) para inmisión (punto de control en el cuerpo receptor) (Anexo 3).

Además, se tomó en cuenta las normas del Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental:

- Límites permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que para su potabilización solo requiere desinfección (Anexo 1).
- Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos mediante contacto primario (Anexo 1).

La comparación se la realizará, en base a los anteriores límites permisibles expuestos, ya que el presente estudio, no tiene como objeto la caracterización de fuentes de agua según su uso; sino más bien, evaluar la calidad ambiental y el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente.



**Tabla 3.7 Resultados del Análisis *in situ* y en Laboratorio**

Parámetro	Unidad	Límite Permissible	R.SHU	R.ITA	R.ENO	R.JAN	R.AGU	R.CON	R.CAS	R.AGU.pte	R.LUM	E s/n	Af.R.AGU
Conductividad	uS/cm	170	70	100	110	50	60	40	20	150	160	60	180
Potencial Hidrógeno	unidad	6 - 9: consumo humano	7,4	7,9	8	7,7	7,5	7,6	7,7	7,7	7,6	8,6	7,1
		6,5 - 8,5: contacto primario	7,4	7,9	8	7,7	7,5	7,6	7,7	7,7	7,6	8,6	7,1
		6 - 8: inmisión	7,4	7,9	8	7,7	7,5	7,6	7,7	7,7	7,6	8,6	7,1
Temperatura del agua	° C	+/- 3° C Cond. Natural	24	26	25	25	24	24	25	22	25	24	24
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mín. 6 mg/l	5,09	7,48	4,7	5,53	6,03	3,26	5,63	6,26	5,74	5,2	5,72
Sólidos Disueltos	mg/l	500	20	50	40	25	30	20	0	50	30	30	60
Altitud	msnm		295	276	301	275	275	295	380	450	480	510	533
% saturación de Oxígeno	%	Mín. 80 %	63,7	96,2	59,76	70,08	82,9	40,63	76,4	79,8	74,69	66,9	73,51
D.B.O5	mg/l	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	25	3
D.Q.O	mg/l	30	15	14	14	14	16	17	14	12	11	89	5
Fenoles	mg/l	0,002	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,006	0,006	0,004	0,008	<0,001	0,005	<0,001
Amonio (N - NH4)	mg/l	1,0	0,29	0,29	0,15	0,25	0,29	0,27	0,31	0,29	0,29	0,2	0,23
TPHs	mg/l	0,5	<0,1	0,5	0,5	0,7	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	0,2
Coliformes Fecales	col/100ml	20: Cons. Hum.	3000	1000	3000	5000	5000	44	2000	1000	1000	60	4000
		200: Cont. Prim.											
MBAS	mg/l	0,5	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,061	0,004
Bario	mg/l	1,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cadmio	mg/l	0,001	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Cromo Total	mg/l	0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Níquel	mg/l	0,025	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Plomo	mg/l	0,05	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Vanadio	mg/l	0,1	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Nota: Se ha omitido especificar algunos tipos de uso de agua para ciertos parámetros, debido a que el límite permisible para dichos usos no está especificado en la Ley de Gestión para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, o en la tabla 4b del RAOH.

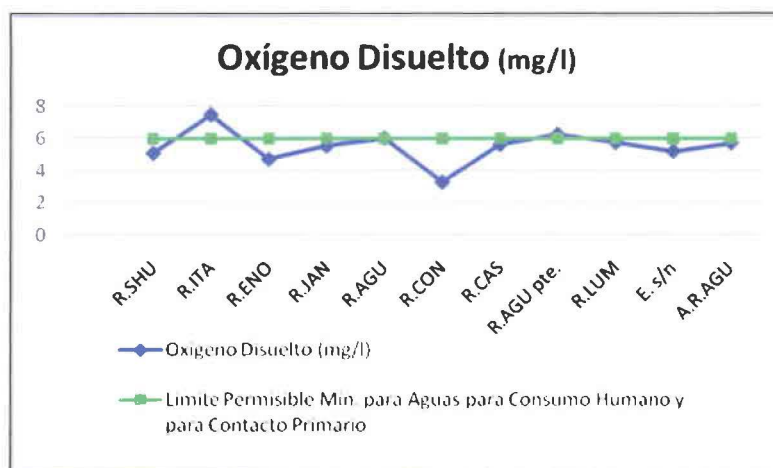
(\*) Valores Inferiores a los límites de detección de los equipos de laboratorio.

Fuente: "Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Sistema de Poliductos Shushufindi - Quito y Esmeraldas - Quito", Petroecuador, ESINGECO, 2005.

A continuación, se muestran los gráficos comparativos de los datos obtenidos en los análisis *in situ* y en laboratorio, con los límites permisibles para cada uno de los parámetros que incumplen con las normas.

Oxígeno Disuelto: Muchos de los ríos muestreados no alcanzan a cumplir con el valor mínimo requerido de oxígeno disuelto en el agua, igual a 6 mg/l. Estos ríos son: Río Shushufindi, Eno, Jandiyacu, Conejo, Cascales, Lumbaqui y el Estero sin nombre.

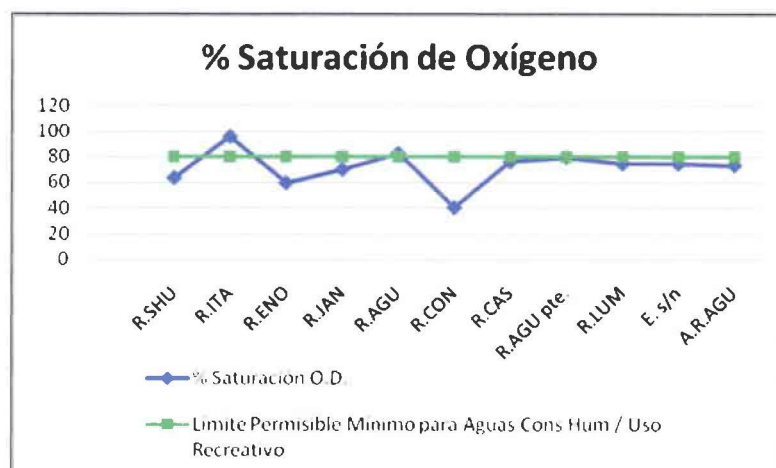
**Gráfico 3.7 Resultados DIAG-SOTE: Oxígeno Disuelto - Límites Permisibles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

% de Saturación de O<sub>2</sub>: Las muestras que no cumplen con lo establecido son: Río Shushufindi, Río Eno, Río Jandiyacu, Río Conejo, Río Cascales, Río Lumbaqui, Estero Sin Nombre y Afluente Río Aguarico.

**Gráfico 3.8 Resultados DIAG-SOTE: % Saturación De Oxígeno Disuelto – Límites Permisibles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Conductividad Eléctrica:** Todas las muestras cumplen con el límite máximo permisible para el punto de control en el cuerpo receptor, igual a 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; con excepción de la muestra correspondiente al Afluente del Río Aguarico, que reportó un valor igual a los 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

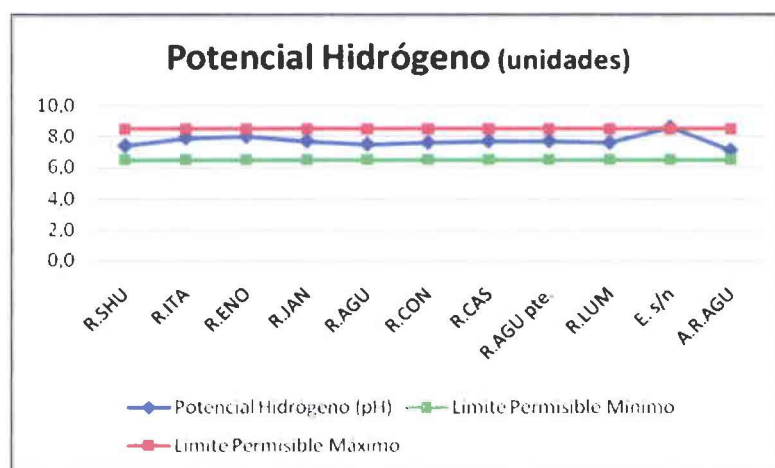
**Gráfico 3.9 Resultados DIAG-SOTE: Conductividad – Límites Permisibles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Potencial Hidrógeno (aguas contacto primario):** Todas las muestras se encuentran dentro del rango permisible para este parámetro (6,5 – 8,5); con excepción de la muestra correspondiente al Estero Sin Nombre, que reportó un valor de pH igual a 8,6.

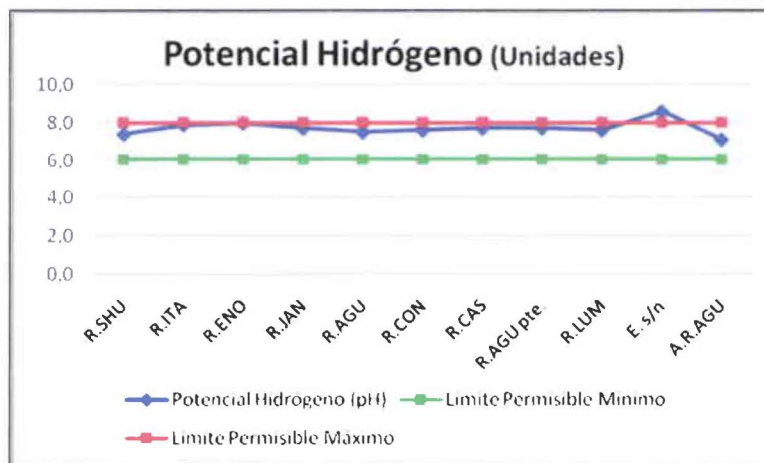
**Gráfico 3.10 Resultados DIAG-SOTE: Potencial Hidrógeno - Límites Permisibles (Aguas para Contacto Primario)**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Potencial Hidrógeno (punto de control, cuerpo receptor):** De igual forma, todas las muestras se encuentran dentro del rango permisible (6,0 – 8,0); con excepción de la muestra correspondiente al Estero Sin Nombre.

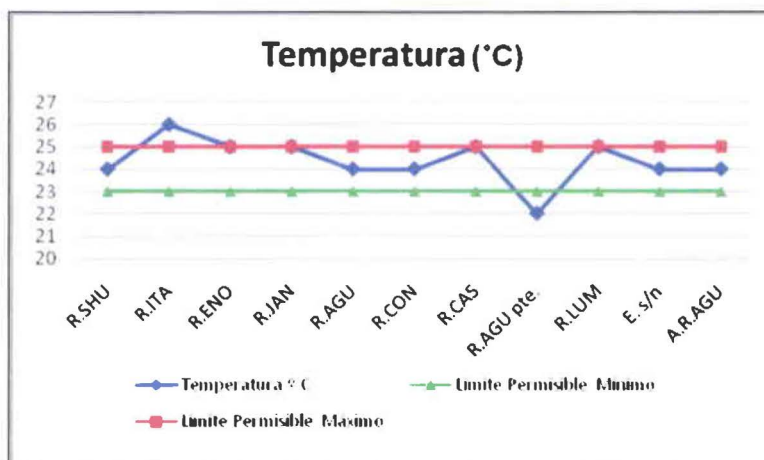
**Gráfico 3.11 Resultados DIAG-SOTE: Potencial Hidrógeno – Límites Permisibles (Punto de Control – Cuerpo Receptor)**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Temperatura:** Para la región Amazónica, se planteó un rango de temperatura apropiada entre los 23 – 25 °C. Según esto, dos de las muestras no cumplen con lo establecido, las correspondientes al Río Itaya (al poseer un valor mayor a los 25°C) y la del Río Aguarico en puente (al poseer un valor inferior a los 23°C).

**Gráfico 3.12 Resultados DIAG-SOTE: Temperatura – Límites Permisibles**

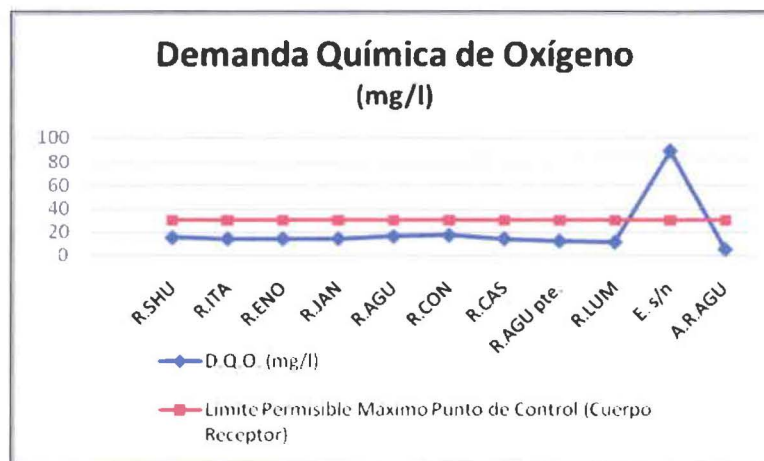


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O):** Todas las muestras, cumplen con los límites permisibles, con excepción de la muestra correspondiente al Estero Sin Nombre, que reportó un valor de 89 mg/l, sobrepasando casi en tres veces el valor máximo permisible de 30 mg/l.

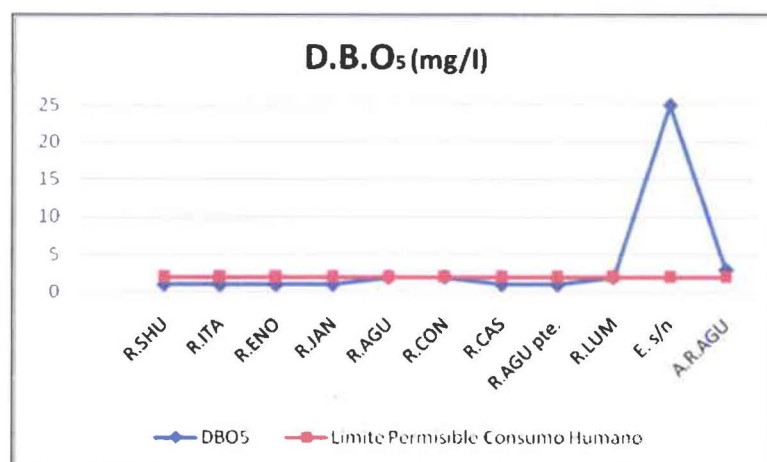


**Gráfico 3.13 Resultados DIAG-SOTE: Demanda Química de Oxígeno – Límites Permisibles**



Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>): Todos los valores se encuentran por debajo del límite máximo permisible; con excepción de los datos obtenidos de las muestras correspondientes al Estero sin nombre (E s/n) y al Afluente del Río Aguarico (A.R.AGU).

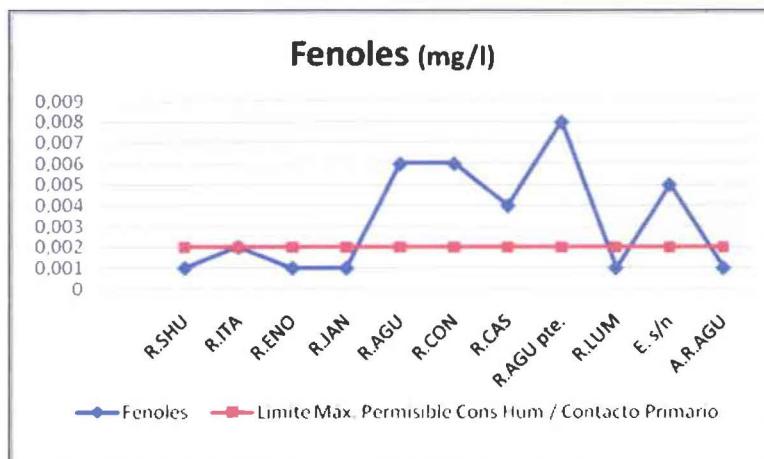
**Gráfico 3.14 Resultados DIAG-SOTE: Demanda Bioquímica de Oxígeno – Límites Permisibles**



Fenoles: Cinco de las once muestras reportaron valores de concentración de compuestos fenólicos mayores al valor máximo permisible de 0.002 mg/l.

Los ríos que incumplen con la norma son: Aguarico (R.AGU), Conejo (R.CON), Cascales (R.CAS) y el Estero sin nombre (E s/n).

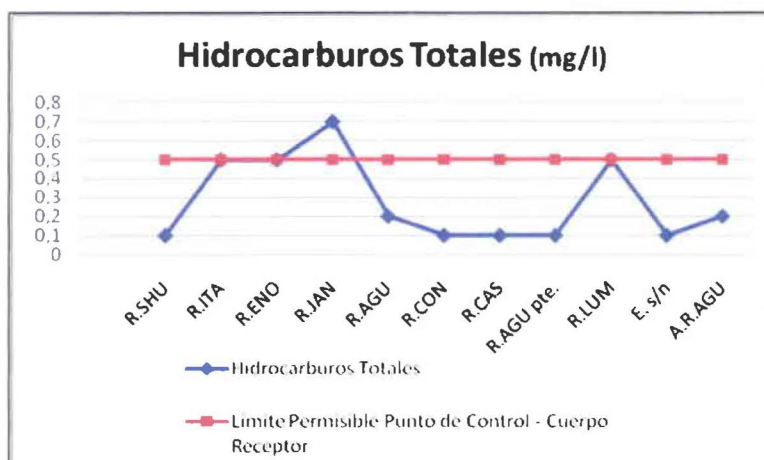
**Gráfico 3.15 Resultados DIAG-SOTE: Fenoles – Límites Permisibles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Hidrocarburos Totales (TPHs):** Tan sólo, una de las once muestras; el Río Jandiayacu, reportó un valor superior al valor máximo permisible para este parámetro igual a 0,5 mg/l.

**Gráfico 3.16 Resultados DIAG-SOTE: Hidrocarburos Totales – Límites Permisibles**

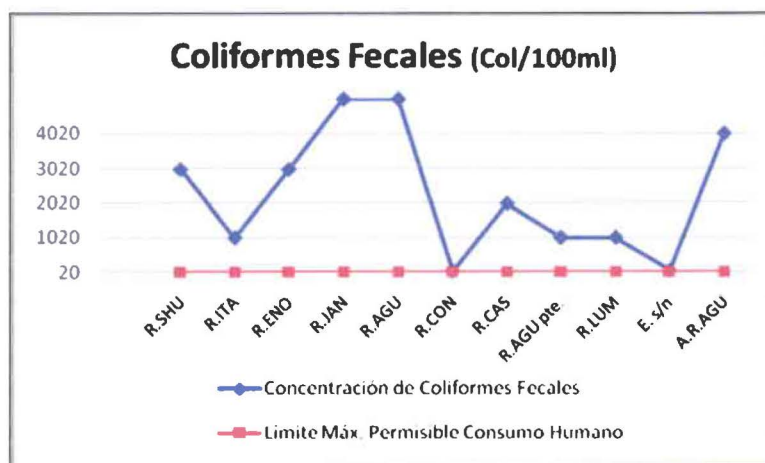


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Coliformes fecales (aguas consumo humano):** Todas las muestras sobrepasan el valor máximo permisible de concentración de coliformes fecales en aguas destinadas para consumo humano.

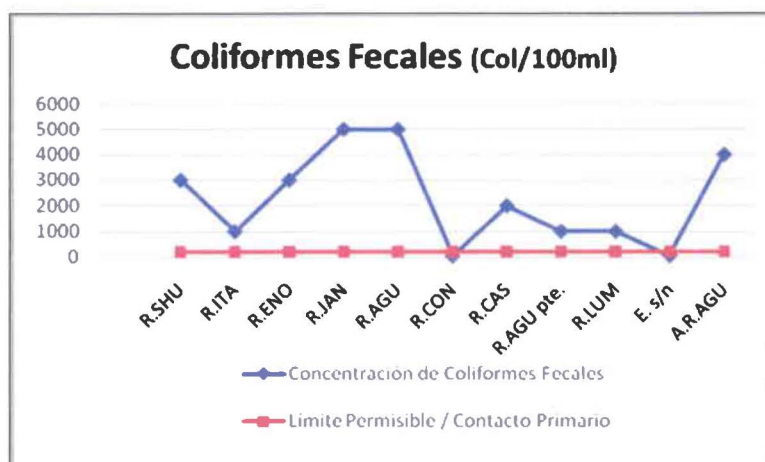
**Coliformes fecales (aguas contacto primario):** Tan sólo dos de las once muestras sí cumplen con la norma establecida para este parámetro (Río Conejo y Estero sin nombre).

**Gráfico 3.17 Resultados DIAG-SOTE: Coliformes Fecales – Límites Permisibles (Aguas para Consumo Humano)**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 3.18 Resultados DIAG-SOTE: Coliformes Fecales - Límites Permisibles (Aguas para Contacto Primario)**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### 3.3.4.4 Interpretación de los Resultados

De acuerdo a los parámetros analizados de la Tabla No. 9 del RAOHE, sólo se compararon aquellos que se encuentran en:

- Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental sobre límites permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que para su potabilización sólo requieren de desinfección (Anexo1).

- Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental sobre límites permisibles para aguas de contacto primario o uso recreativo (Anexo 1).
- Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, Tabla 4b) Límites Permisibles en el Cuerpo Receptor (Anexo 3).

Según lo anteriormente mencionado se tienen las siguientes interpretaciones para cada uno de las muestras de agua tomadas:

#### a) Río Shushufindi (R.SHU)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D DBO <sub>5</sub> Col. Fecales	O.D Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

#### b) Río Itaya (R.ITA)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
Col. Fecales	Col. Fecales	Apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

#### c) Río El Eno (R.ENO)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Col. Fecales	O.D Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

#### d) Río Jandiayacu (R. JAN)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Col. Fecales	O.D Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.



**e) Río Aguarico (R. AGU)**

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Fenoles	O.D Fenoles	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**f) Río Conejo (R. CON)**

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Fenoles Col. Fecales	O.D Fenoles	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**g) Río Cascales (R. CAS)**

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Fenoles Col. Fecales	O.D Fenoles Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**h) Río Aguarico en puente (R. AGU pte.)**

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
Col. Fecales Fenoles	Col. Fecales Fenoles	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**i) Río Lumbaqui (R. LUM)**

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Col. Fecales	O.D Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

## j) Estero Sin Nombre (E. s/n)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Fenoles Col. Fecales DBO <sub>5</sub>	O.D Fenoles	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

## k) Afluente Río Aguarico (A.R. AGU)

Parámetros que no cumplen con la Norma		De acuerdo a la Calidad y Uso	
Consumo Humano	Contacto Primario	El Agua:	Tipo de Contaminación:
O.D Col. Fecales DBO <sub>5</sub>	O.D Col. Fecales	No es apta para consumo humano. No es apta para uso recreativo. Puede no ser apta para abrevadero de animales.	Contaminación Orgánica

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

## CAPÍTULO IV

### PARTE EXPERIMENTAL

#### 4.1 CRITERIOS PARA EL MUESTREO

Para poder cumplir con los objetivos de este trabajo de investigación, fue necesaria la realización de un muestreo de los parámetros de calidad del agua actuales, a fin de poder crear una línea temporal comparativa más amplia.

El primer paso es la planificación del muestreo, en donde es primordial establecer los objetivos del mismo. Para este caso, el objetivo del muestreo es la recolección física de una porción representativa del medio que se desea investigar. Es sobre este enfoque que se definen la metodología, ubicación de los puntos de muestreo, número de muestras y parámetros indicadores de calidad del agua a analizarse.

##### 4.1.1 METODOLOGÍA DEL MUESTREO

Existen varios métodos para la toma de muestras, algunos de éstos ya estandarizados; sin embargo, se opta por aquellos métodos que más se ajusten al área de estudio y a los objetivos del muestreo en sí. Para esto se deben tomar en cuenta factores como (12): Practicidad, Representatividad, Simplicidad o Facilidad de Operación, Accesibilidad y Seguridad.

##### 4.1.1.1 Tipos de Muestreo

El muestreo efectuado fue del tipo manual y predeterminado, es decir, que no se utilizaron aparatos o equipos para la toma de muestras y que los puntos de muestreo ya fueron identificados previamente.

##### 4.1.1.2 Tipos de Muestras

Las muestras tomadas son del tipo *Puntual*. Éstas son muestras discretas colectadas en un tiempo específico y son consideradas representativas para ese sitio y momento específico.

### **4.1.1.3 Ubicación y Número de Muestras**

La ubicación de los puntos de muestreo se basó en los puntos establecidos en los estudios ambientales previos de la zona, identificándose un total de 8 puntos de muestreo relevantes en el tramo del SOTE, Lago Agrio – Lumbaqui.

## **4.2 PROTOCOLO DE MUESTREO**

### **4.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar información sobre la calidad del agua de los ríos que atraviesan el derecho de vía del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) en el tramo comprendido entre Lago Agrio – Lumbaqui.

### **4.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Garantizar la seguridad del personal de muestreo
- Realizar un muestreo eficiente
- Reducir los márgenes de error en el proceso de muestreo
- Asegurar la integridad y preservación de las muestras

#### **4.2.2.1 Metodología del Muestreo y Ubicación de los Puntos de Muestreo**

A fin de localizar con exactitud los puntos de muestreo, se recurrió a tres cartas topográficas a escala 1:50.000 a cargo del IGM: Nueva Loja, El Dorado de Cascales y Lumbaqui, las cuales abarcan toda la zona de estudio.

Como el objetivo principal, es determinar la calidad del agua de los ríos que atraviesan el derecho de vía del SOTE en ese tramo, y, al ser la ruta del oleoducto paralela al de la carretera, la ubicación de los puntos de muestreo resultó relativamente sencilla, al ser puntos exactos de intersección con la vía.

En el archivo fotográfico (ver Anexo 5), se encuentran fotografías de cada uno de los puntos de muestreo, con las coordenadas geográficas respectivas.



La recolección de muestras se efectuó de 5 – 15 cm de profundidad, lo más lejano posible de la riera del río, y cada uno de los puntos de muestreo fue determinado por coordenadas a través del GPS, marca Magellan, modelo 315, proporcionado por la Gerencia de Protección Ambiental de Petroecuador.

#### 4.2.2.2 Parámetros de Muestreo y Número de Muestras

Se determinaron 8 puntos de muestreo entre Lago Agrio y Lumbaqui. Para cada uno de estos puntos, se recolectó un volumen total de alrededor de 5 litros de agua.

Existió una dificultad al momento de intentar recolectar la muestra en el punto correspondiente al Río Puchuchoa, ya que el acceso al mismo resultó imposible y sumamente riesgoso, debido a las fuertes pendientes y a los suelos inestables. Los obstáculos son visibles claramente en el archivo fotográfico referente a este punto.

**Tabla 4.1 Puntos de Muestreo**

N° PM	Corriente	Cód. Campo	Localización		Provincia
			Norte	Este	
1	Río Conejo	MA - 01	10°009.669	279.952	Sucumbíos
2	Río Aguas Blancas	MA - 02	10°009.752	269.366	Sucumbíos
3	Río Lumbaqui	MA - 03	10°005.286	240.575	Sucumbíos
4	Río Est. Lumbaqui	MA - 04	10°005.801	242.505	Sucumbíos
5	Río Aguarico puente	MA - 05	10°006.190	243.481	Sucumbíos
6	Río Cascales	MA - 06	10°009.294	254.780	Sucumbíos
7	Río Aguarico	MA - 07	10°005.008	298.881	Sucumbíos
8	Río Puchuchoa	INACCESIBLE			Sucumbíos

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Los parámetros de muestreo, son aquellos descritos en la Tabla 9 y en la tabla 4 a) del RAOH; así como algunos parámetros adicionales detallados en los criterios de calidad del agua en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del TULAS.

**Tabla 4.2 Parámetros Analizados *In Situ***

Parámetro	Expresado en	Unidad
Potencial Hidrógeno	pH	----
Conductividad Eléctrica	CE	µS / cm
Oxígeno Disuelto	OD	mg / l
Temperatura	° C	° C

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

**Tabla 4.3 Parámetros Analizados en Laboratorio**

Parámetro	Expresado en	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l
Nitratos	---	mg/l
Nitritos	---	mg/l
Sulfatos	---	mg/l
Cloruros	---	mg/l
Plomo	Pb	mg/l
Cadmio	Cd	mg/l
Cromo	Cr	mg/l
Bario	Ba	mg/l
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l
Níquel	Ni	mg/l
Vanadio	V	mg/l
Fenoles	---	mg/l
Coliformes Fecales	---	Col / 100ml
Coliformes Totales	---	Col / 100ml
Hidrocarburos Totales	TPHs	mg/l
Sustancias Tensoactivas	MBAS	mg/l

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

#### 4.2.2.3 Equipos de Muestreo, Tamaño y Etiquetado de la Muestra

El muestreo, se realizó de forma manual, haciendo uso de 5 envases de distintas clases para la toma de muestras en cada uno de los puntos (ver Anexo 5):

- 1 envase de plástico estéril de 125 ml (análisis microbiológico).
- 2 botellas de vidrio ámbar de 1 litro de capacidad (análisis de fenoles, MBAS, TPHs, Amonio y DQO).
- 1 envase winkler (Análisis de DBO<sub>5</sub>).
- 1 botella plástica de 2 litros (análisis físico – químico).

Cada uno de los envases, fue respectivamente etiquetado con la siguiente codificación y numeración:

**MA – XX – DMA**

Donde:

MA: Iniciales de la persona responsable del muestreo (María Arteaga).

XX: Número de muestra (rango desde la 00 – 07).

DMA: Día, mes y año en que se efectuó el muestreo.

El equipo utilizado para la medición de parámetros en campo fue el Multiparámetros WTW Multi 340i; que consta de electrodos específicos para la determinación del pH, CE, T° y OD.

#### **4.2.2.4 Cadena de Custodia y Transporte hasta el Laboratorio Analítico**

El técnico de muestreo, asignado por el Laboratorio de Protección Ambiental de PETROPRODUCCIÓN (LAB – PAM); el biólogo Spartaco Endara, preparó el material necesario para la toma de muestras, cerciorándose que los envases para la recolección estuvieran limpios y en óptimo estado.

Para el muestreo, se emplearon guantes de látex, así como botas de caucho para poder tomar muestras lo más alejadas posible de la rivera de los ríos. Cada una de las botellas, fue identificada con la codificación anterior, utilizando un marcador permanente y cinta adhesiva para evitar que el agua desvanezca el código.

Para evitar una posible contaminación cruzada de las muestras, se utilizó agua destilada y papel absorbente libre de pelusa; para lavar y secar los electrodos del multiparámetros después de cada punto de muestreo.

Los parámetros registrados en campo, así como observaciones sobre el clima y métodos de preservación empleados, se registraron en la hoja de campo bajo el formato empleado por el personal del LAB – PAM (ver Anexos: Hoja de Campo).

#### **4.2.2.5 Preservación, Almacenamiento y Métodos de Análisis**

Debido a que el punto de muestreo más alejado se encuentra a dos horas del Laboratorio Analítico, LAB – PAM, el único método de preservación utilizado fue el transporte en frío, el cuál se lo realizó transportando las muestras en *coolers* dotados de gran cantidad de hielo artificial, para mantener una temperatura promedio de 4° C, tal como se indica en los métodos estándares de la EPA.

Una vez que las muestras llegaron al laboratorio, la persona responsable de la recepción de las muestras registró los códigos de campo y asignó nuevos códigos

correspondientes a la numeración utilizada en el laboratorio. Los códigos son los siguientes:

**Tabla 4.4 Códigos de Muestras**

Código de Campo	Código de Laboratorio
MA – 01 – 15/01/2008	A – 9318
MA – 02 – 15/01/2008	A – 9319
MA – 03 – 15/01/2008	A – 9320
MA – 04 – 15/01/2008	A – 9321
MA – 05 – 15/01/2008	A – 9322
MA – 06 – 16/01/2008	A – 9323
MA – 07 – 16/01/2008	A – 9324

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Los métodos analíticos para la determinación de los diferentes parámetros de calidad del agua utilizados por el LAB – PAM, son aquellos validados por el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (ver anexo 4). Los métodos analíticos utilizados junto con los resultados del análisis, se encuentran detallados en el informe del laboratorio (ver Anexo 6).

## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS *IN SITU*

Tras haber realizado el muestreo personalmente, se procedió a la determinación de los parámetros *in situ* haciendo uso del equipo multiparámetros WTW Multi 340i, obteniendo los siguientes resultados para los parámetros de potencial hidrógeno, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto:

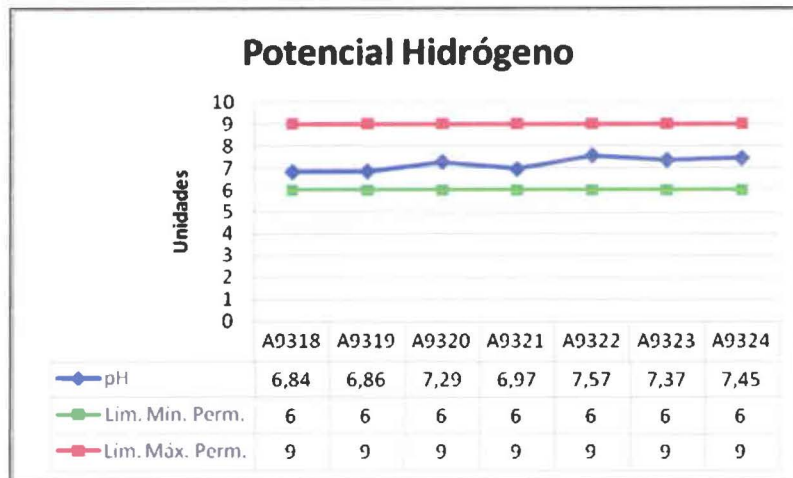
**Tabla 4.5 Resultados del Análisis *in situ***

Parámetro	Unid.	Límite Perm.	Muestras						
			A-9318	A-9319	A-9320	A-9321	A-9322	A-9323	A-9324
Potencial Hidrógeno	.....	6 - 9	6,84	6,86	7,29	6,97	7,57	7,37	7,45
Conductividad	μS/cm	170	34	21	39	45	84	37	77
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mín. 6	3,81	3,39	4,51	4,40	4,65	4,05	4,04
Temperatura	° C	+/- 3° C	24,2	25,3	24,0	23,6	22,9	22,8	22,2

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.



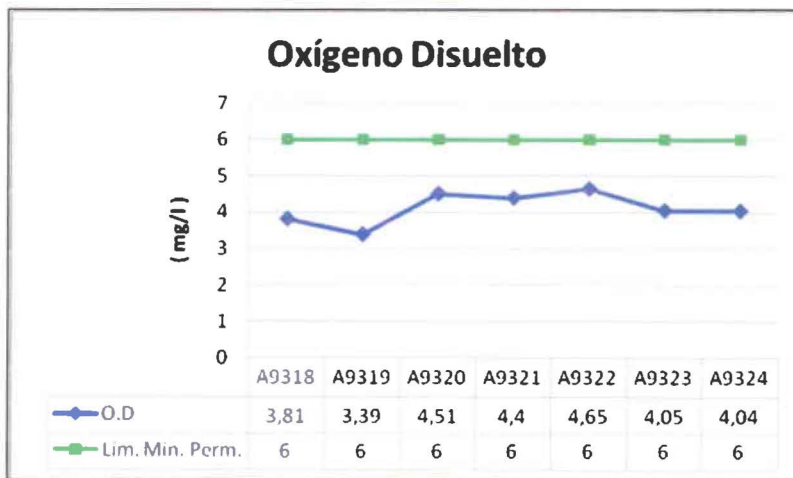
**Gráfico 4.1 Resultados del DIAG-ACTUAL: Potencial Hidrógeno – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

En cuanto, a lo que a Potencial Hidrógeno se refiere, todas las corrientes muestreadas reportan valores dentro del rango permisible según el RAOH.

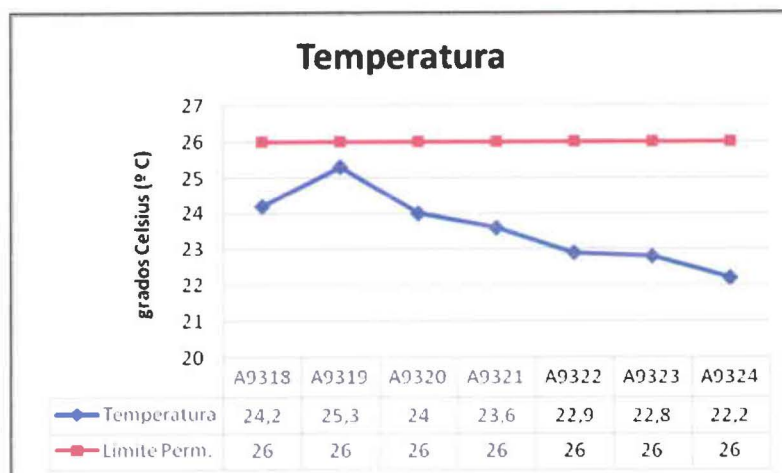
**Gráfico 4.2 Resultados del DIAG – ACTUAL: Oxígeno Disuelto – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Todos los valores medidos en campo de oxígeno disuelto se encuentran por debajo del valor límite mínimo requerido, incumpliendo con lo establecido en la normativa ambiental.

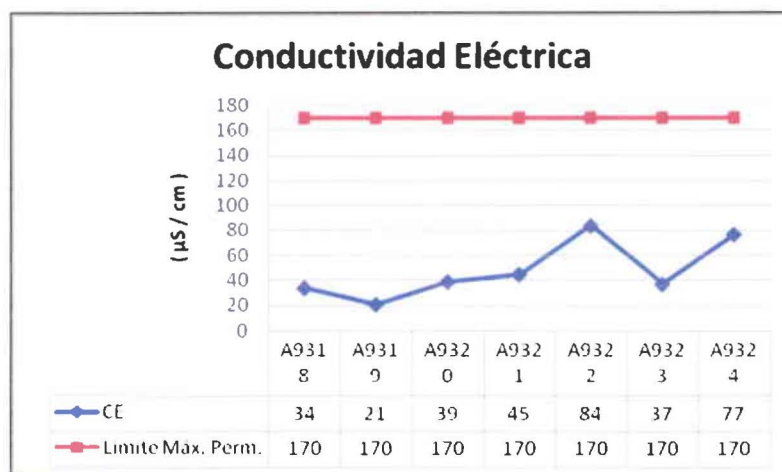
**Gráfico 4.3 Resultados del DIAG – ACTUAL: Temperatura – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

La temperatura del agua de los distintos cauces, se encuentra dentro del rango permisible.

**Grafico 4.4 Resultados del DIAG – ACTUAL: Conductividad – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

La mayoría de las aguas de los ríos, presentaron valores de conductividad eléctrica relativamente bajos; con excepción del Río Aguarico (A-9322) con un valor de 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; sin embargo, todos se encuentran bajo el límite máximo permisible.

En la tabla 5.6, se muestran los resultados obtenidos en los análisis del Laboratorio de Protección Ambiental de PETROPRODUCCIÓN (LAB – PAM); en los que se participó de manera directa, siendo responsable por la mayoría de éstos.

## 4.3.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS EN EL LABORATORIO

El análisis de las muestras en laboratorio, fue llevado a cabo en las instalaciones de la Unidad de Protección Ambiental (UPA) de PETROPRODUCCIÓN en Lago Agrio. Allí se cuenta con un laboratorio altamente equipado "LAB – PAM" (Laboratorio de Protección Ambiental), donde entidades como la DINAPA realizan siempre el análisis de muestras de suelos o aguas contaminadas por hidrocarburos.

### 4.3.2.1 Equipos utilizados para el análisis

Una gran parte de los parámetros, son medidos a través del denominado Equipo HACH; el cual es un Espectrofotómetro de Lectura directa utilizado netamente para el análisis de aguas. A través de éste equipo, se midieron los valores de: color, turbidez, nitratos, nitritos y sulfatos (ver registro fotográfico).

Para la lectura de fenoles, amonio y MBAS; se utilizó el Espectrofotómetro (ver registro fotográfico), configurándolo para las diferentes longitudes de onda necesarias.

Para la medición de la concentración de cloruros en el agua; se utilizó la técnica de titulación con óxido de plata, a través de un titulador digital.

Los hidrocarburos totales, fueron leídos en el cromatógrafo de gases; los sólidos fueron obtenidos mediante diferencias gravimétricas; los coliformes, fueron incubados utilizando láminas "Millipore"; los metales pesados, fueron leídos en el equipo de Absorción Atómica; la demanda química de oxígeno mediante el método de digestión de ácido – caliente y la demanda biológica a través de la lectura con el electrodo para oxígeno del equipo Multiparámetros Mi 480.

Las técnicas utilizadas se encuentran en el informe de resultados del laboratorio que consta en el Anexo 6 y todas éstas son validadas por el RAOH (ver Anexo 4).

**Tabla 4.6 Resultados del Análisis de Laboratorio**

Parámetro	Unidad	Límite permisible	Muestra						
			A - 9318	A - 9319	A - 9320	A - 9321	A - 9322	A - 9323	A - 9324
Sulfatos	mg/l	400	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	7	< 7
Cloruros	mg/l	250	37	46	44	36	46	53	55
Nitratos	mg/l	10	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
Nitritos	mg/l	1,0	< 0,033	0,0396	< 0,033	< 0,033	0,3828	0,5511	0,3597
Color	Unid. Pt-Co	100	60	48	43	53	51	307	74
Amonio	mg/l	1,0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Turbidez	FTU	100	12	10	3	6	6	63	12
Sólidos Disueltos	mg/l	500	31	28	0	88	14	631	19
Sólidos Totales	mg/l	1000	77	59	23	139	109	2131	103
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5	0,063	0,033	0,073	0,061	0,071	0,023	0,031
Fenoles	mg/l	0,002	0,08248	0,07647	0,06265	0,02718	0,33435	0,56878	*<0,01
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5	0,06	0,04	0,08	0,09	0,10	0,08	0,07
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	30	9	5	5	6	7	12	18
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	2	0,89	0,65	0,90	1,19	1,50	1,18	1,18
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Cons. Humano	Ausencia	300	Ausencia	100	Ausencia	1100	400
		200: Uso Recreativo	Ausencia	300	Ausencia	100	Ausencia	1100	400
Coliformes Totales	Col/100ml	3000	3800	5200	3600	4500	2900	6300	4100
Bario	mg/l	1,00	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,48	< 0,25	0,85	< 0,25
Cadmio	mg/l	0,001	*< 0,012	*< 0,012	*< 0,012	*< 0,012	*< 0,012	*< 0,012	*< 0,012
Cromo	mg/l	0,05	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08
Níquel	mg/l	0,025	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08	*< 0,08
Plomo	mg/l	0,05	*< 0,1	*< 0,1	*< 0,1	*< 0,1	*< 0,1	*< 0,1	*< 0,1
Vanadio	mg/l	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

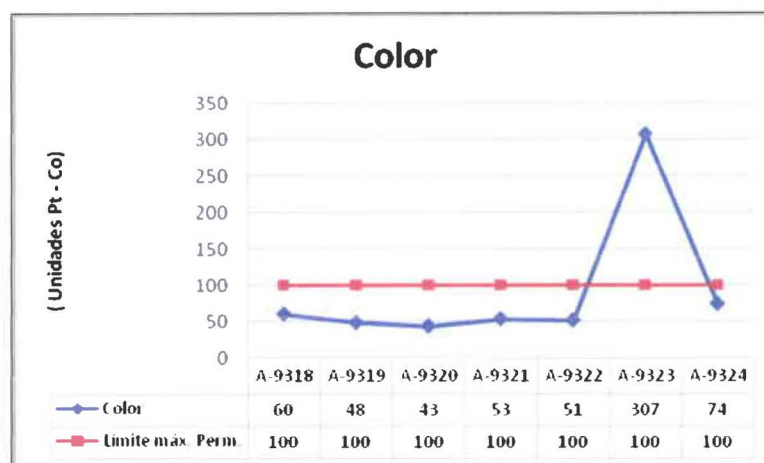
Elaborado por: María del Carmen Arteaga.



### 4.3.2.2 Comparación de los Datos obtenidos con la Norma Ambiental

A continuación se muestran los gráficos de aquellos parámetros cuyos valores no cumplen con la normativa ambiental vigente.

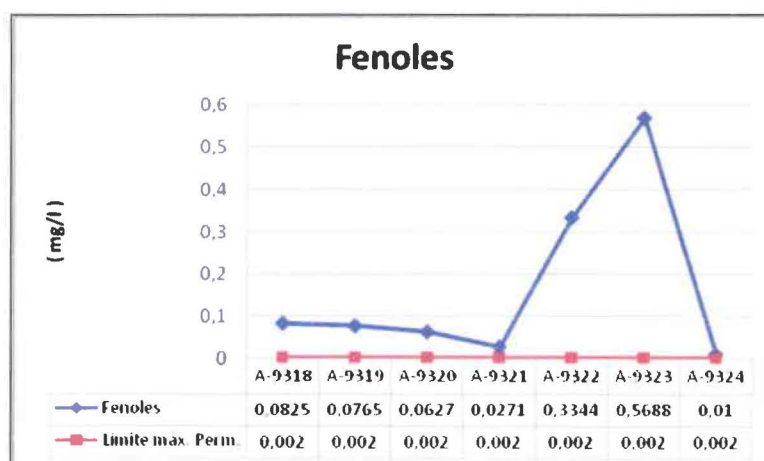
**Gráfico 4.5 Resultados del DIAG – ACTUAL: Color – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Todas las corrientes cumplen con los límites máximos permisibles, con excepción del Río Cascales (A-9323), cuyo valor de Color en unidades de platino – cobalto fue de 307, sobrepasando en una proporción de 3:1 el límite establecido para este parámetro.

**Gráfico 4.6 Resultados del DIAG – ACTUAL: Fenoles – Límites Permisibles**

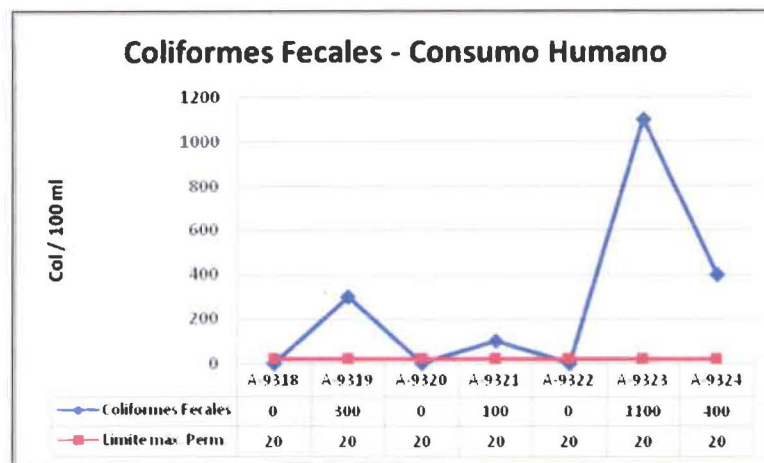


Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Todas las muestras, incumplen con el límite máximo permisible con excepción de la muestra correspondiente al Río Aguarico (A-9324), que reportó una concentración de compuestos fenólicos menor al límite de detección del equipo ( $< 0,01$  mg/l). Cabe recalcar, que la muestra que reportó el valor más alto es la correspondiente al Río

Cascales (A-9323), con una concentración total de fenoles igual a 0,5688 mg/l, siendo casi 300 veces mayor a lo permitido.

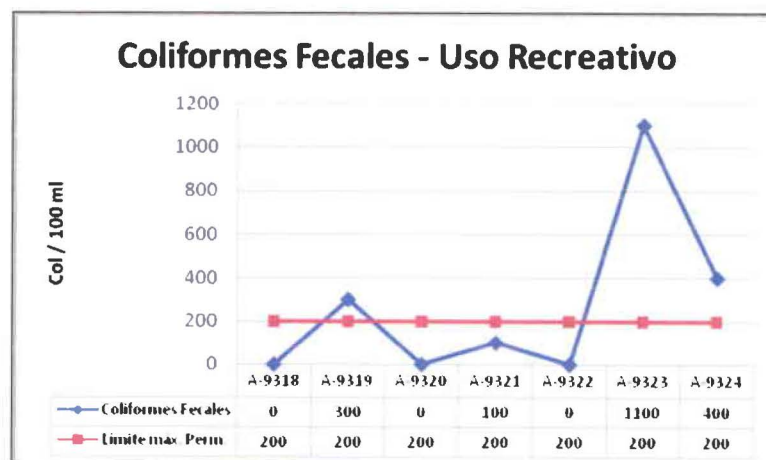
**Gráfico 4.7 Resultados del DIAG – ACTUAL: Coliformes Fecales – Límites Permisibles para Aguas destinadas a Consumo Humano**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Los valores de Coliformes Fecales más altos fueron los de los ríos Cascales y Aguas Blancas Chico; esto puede ser efecto de los asentamientos humanos cercanos al río, ya que el cuerpo receptor sirve como ecosistema sumidero para todos los residuos orgánicos de estas poblaciones. Se reportó la ausencia de colonias en tres muestras; la de los ríos Conejo, Lumbaqui y Aguarico; siendo las únicas muestras, que cumplen con límite máximo permisible para aguas destinadas a consumo humano.

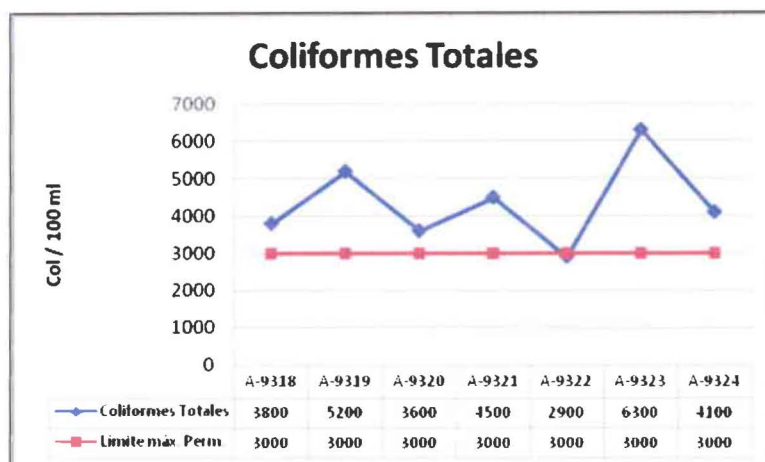
**Gráfico 4.8 Resultados del DIAG – ACTUAL: Coliformes Fecales – Límites Permisibles para Aguas destinadas a Uso Recreativo**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Tres de las siete muestras, no cumplen con el límite máximo permisible para aguas destinadas a uso recreativo, éstas son las correspondientes a los ríos: Aguas Blancas Chico, Cascales y Río Aguarico en puente.

**Gráfico 4.9 Resultados del DIAG – ACTUAL: Coliformes Totales – Límites Permisibles**



Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Todas las muestras reportaron valores superiores al valor máximo permisible para aguas destinadas a consumo humano; con excepción de la muestra correspondiente al río Aguarico, que reportó un valor de 2900 Col/100ml.

En el caso de los metales pesados, se encontró que los equipos de laboratorio utilizados para la lectura de los mismos, tienen límites de detección que no aseguran el cumplimiento con la norma, ya que el valor mínimo que pueden detectar es mayor al límite máximo permisible. Los metales cuya concentración no puede ser determinada con exactitud debido a este problema son: Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTUDIOS DE LÍNEA BASE SOBRE CALIDAD DEL AGUA (1989, 2000, 2006 y 2008)

#### 5.1 DATOS HISTÓRICOS

Los denominados *Datos Históricos*, son todos aquellos analizados en el capítulo III, de este trabajo investigativo. Corresponden, a los datos sobre la calidad del agua en Microcuencas del Río Aguarico (para el tramo Lago Agrio – Lumbaqui) de tres estudios de línea base:

1. Plan Integral de Manejo Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas, ESEN-AMBIENTEC, PETROECUADOR, 1989.
2. Estudios de Línea Base – Calidad del Agua, para la Construcción del Oleoducto para Crudos Pesados, ENTRIX, OCP, 2000.
3. Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental para las Operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) y Sistema de Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito, ESINGECO, PETROECUADOR, 2006.

Es por esto, que tras haber recopilado los datos históricos sobre la calidad del agua de los cursos hídricos que atraviesan el derecho de vía del SOTE, se procede a realizar una comparación entre dichos datos registrados para poder determinar la tendencia de cambio en los parámetros medidos en los tres estudios ambientales citados, para posteriormente, realizar la comparación con los datos obtenidos en el Diagnóstico Actual.

##### 5.1.1 COMPARACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Como ya se ha determinado anteriormente, la zona de estudio de este trabajo investigativo, es aquella comprendida entre la estación de bombeo “Lago Agrio” y la Estación de Bombeo “Lumbaqui”, pertenecientes al Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE).



Básicamente, lo que se hizo fue identificar los puntos de muestreo comunes entre los tres estudios ambientales realizados que se encuentra dentro del área de interés (provincia de Sucumbíos). Se logró identificar los siguientes puntos de muestreo:

**Tabla 5.1 Puntos de Muestreo Comunes entre los Estudios**

DESCRIPCIÓN	PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL	X	Y
Río Aguarico	PM5	A67	R.AGU	A-9324	298.882 E	10'005.009 N
Río Conejo	*PM4	A65	R.CON	A-9318	279.995 E	10'009.682 N
Río Cascales	PM3	A61	R.CAS	A-9323	254.705 E	10'009.300 N
Río Aguarico puente.	PM1	A52	R.AGU.pte	A-9322	243.554 E	10'006.192 N
Río Lumbaquí	N.E	A68	R.LUM	A-9320	240.658 E	10'005.352 N
Río Est. Lumbaquí.	PM6	A70	Af.R.AGU	A-9321	230.310 E	9'998.906 N
Río Puchuchoa	PM2	A58	N.E	N/A	245.700 E	10'009.500 N

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

N.E: Se refiere a que no existe tal punto de muestreo en el estudio ambiental correspondiente.

N/A: Punto de muestreo inaccesible.

\*: Punto de Muestreo Homologado.

Como se puede observar, se tomó sólo aquellos puntos de muestreo que coincidieran en por lo menos dos de los estudios ambientales analizados. Con esto se determinó, que existen 4 puntos de muestreo que coinciden tanto en su descripción como en su localización geográfica, en el número total de los estudios: Río Aguarico, Río Cascales, Río Aguarico en puente y el Estero Sin Nombre descrito como Río Estación Lumbaquí.

Por otro lado, en el muestreo de calidad del agua del EIA - OCP y del DIAG - SOTE, se especifica como punto de muestreo el Río Conejo, el cual no pertenece propiamente a la cuenca del Río Aguarico sino a la cuenca del Río San Miguel.

Es por este motivo, que se ha decidido tomar como punto de muestreo coincidente al PM4 del PIMA (Río San Miguel); para de esta forma obtener un quinto punto de muestreo común entre los tres estudios.

El sexto punto de muestreo, es el referente al Río Lumbaquí. Aunque, éste no existe en el PIMA, en los dos diagnósticos posteriores sí. Así, podremos determinar los cambios en los parámetros de calidad del agua en la línea de tiempo entre los años 2000, 2006 y 2008.

Finalmente, tanto en el PIMA como en el EIA – OCP, se tomó muestras provenientes del Río Puchuchoa, mientras que en el DIAG – SOTE no. Sin embargo, se esperaba incluir este punto en el diagnóstico actual, pero al ser topográficamente inaccesible, los datos de este séptimo punto sólo estarán comprendidos entre 1989 – 2000 (ver registro fotográfico).

## 5.2 DATOS DEL DIAGNÓSTICO ACTUAL

Se procederá a comparar los siete puntos de muestreo comunes entre los tres estudios de línea base (PIMA, EIA – OCP y DIAG – SOTE), con los puntos de muestreo del Diagnóstico Actual (DIAG-ACTUAL) que se realizó en Enero de 2008, cuyos detalles y datos se encuentran explicados en el Capítulo IV.

Esto permite realizar un análisis comparativo para determinar el grado de cumplimiento con la Normativa Ambiental vigente, así como, determinar las tendencias de cambio en los parámetros ambientales de calidad del agua en cada uno de los siete puntos de muestreo.

### 5.2.1 PUNTOS DE MUESTREO COMUNES

Los puntos de muestreo comunes entre los cuatro levantamientos de línea base sobre calidad del agua, son siete:

**Tabla 5.2 Ubicación de los Puntos de Muestreo en el Mapa**

Punto de Muestreo:	Ver en el Mapa 1 como:
Río Aguarico	PM7
Río Aguarico puente	PM5
Río Estación Lumbaqui	PM4
Río Lumbaqui	PM3
Río Cascales	PM6
Río Conejo	PM1
Río Puchuchoa	N/A

Elaboración: Marla del Carmen Arteaga.

### **5.3 COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA AMBIENTAL**

El marco legal aplicable que permite realizar una comparación entre los datos históricos registrados en los tres estudios y los datos obtenidos en el Diagnóstico Actual, es el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación, en lo relativo al recurso Agua (R.O 204, 5 – VI – 1989), ya que en los cuatro levantamientos de línea base se tomó como referencia los límites permisibles establecidos en dicho reglamento, que rige desde el año 1989, pudiendo ser aplicado en todos los estudios. Específicamente, la comparación se la realizará basándose en las tablas, que se encuentran detalladas en el Anexo 1.

También se realizará un análisis comparativo basándose en los límites permisibles detallados en el Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, en las siguientes tablas:

- Tabla 4 b) Para inmisión (punto de control en el cuerpo receptor).
- Tabla 9) Parámetros a determinarse en la Caracterización de Aguas Superficiales Estudios de Línea Base – Diagnóstico Ambiental.

Cabe recalcar, que para el caso del OCP, se aplicarán las tablas del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (Decreto No. 2982, R.O No. 766 24 – VIII - 1995), ya que este era el que regía en el momento en que se realizó el Estudio Ambiental de Línea Base. Ahora bien, puede resultar ilógico el comparar los datos del PIMA (1989) con la normativa ambiental vigente (RAOH); sin embargo, se consideró importante con el fin de crear una base comparativa común para luego poder determinar tendencias de cambio en los parámetros.

## **5.4 RESULTADOS DEL MONITOREO AMBIENTAL HISTÓRICO**

### **5.4.1 RÍO CONEJO**

El primer punto de muestreo "PM1" (ver Mapa 1), corresponde al Río Conejo, ubicado cerca del barrio Santa Cecilia a unos 20 minutos de Nueva Loja.

En el PIMA (1989), la muestra es la etiquetada como "PM4: Río San Miguel". En el EIA – OCP (2000) corresponde a la muestra "A65". En el DIAG-SOTE es la denominada "R.CON", y en el diagnóstico actual (2008) es la muestra A-9318.

De esta forma obtenemos la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 5.3 Datos del Río Conejo – Límites Permisibles**

RÍO CONEJO						
Parámetro	Unidad	Límite Permissible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	5,5	6,88	7,6	6,84
Conductividad	µS / cm	170	38	70	40	34
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	6,9	6,7	6,03	3,81
Temperatura	° C	+/- 3° C	24	25,1	24	24,2
Sólidos Disueltos	mg/l	500	114		0	31
Turbidez	NTU	100	20			12
Amonio	mg/l	1,00			0,27	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	2,51			37
Fenoles	mg/l	0,002	0,000133		0,006	0,08248
DBO5	mg/l	2,00			2,00	0,89
DQO	mg/l	30	633,9		17	9
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5			< 0,1	0,06
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5			0,004	0,06
Bario	mg/l	1,00			< 0,02	< 0,25
Cadmio	mg/l	0,001			* < 0,007	< 0,012
Cromo (total)	mg/l	0,05			< 0,04	< 0,08
Níquel	mg/l	0,025			< 0,006	< 0,08
Plomo	mg/l	0,05			* < 0,09	< 0,10
Vanadio	mg/l	0,1			< 0,06	< 0,10
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano			44	0
		200: Contacto Primario			44	0

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\*) Límites de detección de los equipos de laboratorio que no aseguran el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en rojo son aquellos que incumplen con la norma.



### 5.4.2 RÍO LUMBAQUI

El siguiente punto de muestreo común, es el correspondiente al Río Lumbaqui "PM3" (ver Mapa 1). Como se especificó previamente, los datos registrados para este curso hídrico están comprendidos entre los años 2000 y 2008, ya que en el PIMA no se consideró a este río como punto de interés.

**Tabla 5.4 Datos del Río Lumbaqui – Límites Permisibles**

RÍO LUMBAQUI						
Parámetro	Unidad	Límite Permissible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	N.E	7,18	7,6	7,29
Conductividad	μS / cm	170	N.E	50	160	39
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	N.E	7,4	5,74	4,51
Temperatura	° C	+/- 3° C	N.E	21,5	25	24
Sólidos Disueltos	mg/l	500	N.E		30	0
Turbidez	NTU	100	N.E			3
Amonio	mg/l	1,00	N.E		0,29	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	N.E			44
Fenoles	mg/l	0,002	N.E		< 0,001	0,06265
DBO5	mg/l	2,00	N.E		2,00	0,90
DQO	mg/l	30	N.E		11	5
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5	N.E		0,5	0,08
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5	N.E		0,004	0,07
Bario	mg/l	1,00	N.E		< 0,02	< 0,25
Cadmio	mg/l	0,001	N.E		*< 0,007	< 0,012
Cromo (total)	mg/l	0,05	N.E		< 0,04	< 0,08
Níquel	mg/l	0,025	N.E		< 0,006	< 0,08
Plomo	mg/l	0,05	N.E		*< 0,09	< 0,10
Vanadio	mg/l	0,1	N.E		< 0,06	< 0,10
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano	N.E		1000	0
		200: Contacto Primario	N.E		1000	0

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\*) Límites de detección de equipos de laboratorio que no garantizan el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que incumplen con la norma.

### 5.4.3 RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI

El siguiente punto de muestreo común, entre los estudios de línea base es el correspondiente a un estero sin nombre que atraviesa la Estación de Bombeo Lumbaqui, perteneciente al Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE). Este punto es el denominado como Río Estación Lumbaqui y en el Mapa 1 se lo puede identificar como el "PM4".

**Tabla 5.5 Datos del Río Estación Lumbaqui – Límites Permisibles**

RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI						
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	5,6	7,14	8,6	6,97
Conductividad	µS / cm	170	22	28,3	60	45
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	7,6	7,4	5,2	4,4
Temperatura	° C	+/- 3° C	23	21,5	24	23,6
Sólidos Disueltos	mg/l	500	29		30	88
Turbidez	NTU	100	3,4	3		6
Amonio	mg/l	1,00		< 0,06	0,20	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	1,6	0,9		36
Fenoles	mg/l	0,002	0,000029	* < 0,010	0,005	0,02718
DBO5	mg/l	2,00		* < 3	25,00	1,50
DQO	mg/l	30	36		89	6
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5		* < 5	< 0,1	0,09
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5		< 0,010	0,061	0,061
Bario	mg/l	1,00		< 0,5	< 0,02	0,48
Cadmio	mg/l	0,001		* < 0,016	* < 0,007	* < 0,012
Cromo (total)	mg/l	0,05		< 0,041	< 0,04	* < 0,08
Niquel	mg/l	0,025			< 0,006	* < 0,08
Plomo	mg/l	0,05		* < 0,079	* < 0,09	* < 0,1
Vanadio	mg/l	0,1			< 0,06	< 0,1
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano		7	60	100
		200: Contacto Primario		7	60	100

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\*) Límites de detección de equipos de laboratorio que no garantizan el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que incumplen con la norma.

#### 5.4.4 RÍO AGUARICO EN PUENTE

El punto de muestreo correspondiente al Río Aguarico en puente se encuentra camino a Lumbaqui, a una hora y media de Nueva Loja (ver en el Mapa 1 como "PM5"). En el PIMA, es el punto correspondiente a "PM1", en el EIA-OCP "A52", en el DIAG-SOTE "R.AGU.Pte" y en el Diagnóstico Actual a la muestra "A-9322".

**Tabla 5.6 Datos del Río Aguarico (puente) – Límites Permisibles**

RÍO AGUARICO EN PUENTE						
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	7,3	7,52	7,7	7,57
Conductividad	µS / cm	170	88	105,6	150	84
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	7,3	5,7	6,6	4,65
Temperatura	° C	+/- 3° C	23	20	22	22,9
Sólidos Disueltos	mg/l	500	367,6		50	19
Turbidez	NTU	100	82	15		6
Amonio	mg/l	1,00		< 0,06	0,29	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	23,8	0,8		46
Fenoles	mg/l	0,002	0,000044	*< 0,010	0,008	0,3343
DBO5	mg/l	2,00		4,20	1,00	1,50
DQO	mg/l	30	609,56		12	18
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5		*< 5	< 0,1	0,10
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5		< 0,010	0,005	0,031
Bario	mg/l	1,00		< 0,5	< 0,02	*< 0,012
Cadmio	mg/l	0,001		*< 0,016	*< 0,007	*< 0,08
Cromo (total)	mg/l	0,05		< 0,041	< 0,04	*< 0,08
Níquel	mg/l	0,025			< 0,006	*< 0,1
Plomo	mg/l	0,05		*< 0,079	*< 0,09	< 0,1
Vanadio	mg/l	0,1			< 0,06	*< 0,012
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano		<3	1000	0
		200: Contacto Primario		<3	1000	0

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\* ) Límites de detección de equipos de laboratorio que no garantizan el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que incumplen con la norma.

### 5.4.5 RÍO CASCALES

El siguiente punto de muestreo es el correspondiente al Río Cascales "PM6" (ver mapa). Este río, se encuentra dentro del pueblo de Cascales a una hora de Nueva Loja.

**Tabla 5.7 Datos del Río Cascales – Límites Permisibles**

RÍO CASCALES						
Parámetro	Unidad	Límite Permisible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	5,5	7,25	7,7	7,37
Conductividad	µS / cm	170	11	60,5	20	37
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	7,1	5,6	5,63	4,05
Temperatura	° C	+/- 3° C	24	24,3	25	22,8
Sólidos Disueltos	mg/l	500	116		0	2031
Turbidez	NTU	100	30	28		63
Amonio	mg/l	1,00		0,07	0,31	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	1,83	5,9		53
Fenoles	mg/l	0,002	0,000015	* < 0,010	0,004	0,56878
DBO5	mg/l	2,00		9,20	1,00	1,18
DQO	mg/l	30	585,17		14	12
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5		* < 5	< 0,1	0,08
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5		< 0,010	0,004	0,023
Bario	mg/l	1,00		< 0,5	< 0,02	0,85
Cadmio	mg/l	0,001		* < 0,016	* < 0,007	* < 0,012
Cromo (total)	mg/l	0,05		< 0,041	< 0,04	* < 0,08
Níquel	mg/l	0,025			< 0,006	* < 0,08
Plomo	mg/l	0,05		* < 0,079	* < 0,09	* < 0,1
Vanadio	mg/l	0,1			< 0,06	< 0,1
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano		< 3	2000	1100
		200: Contacto Primario		< 3	2000	1100

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\*) Límites de detección de equipos de laboratorio que no garantizan el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que incumplen con la norma.



### 5.4.6 RÍO AGUARICO

El Río Aguarico atraviesa el derecho de vía del SOTE rumbo al Coca, y se encuentra próximo a la ciudad de Nueva Loja, aproximadamente unos 15 minutos. Este punto, puede ser identificado en el mapa como "PM7". En el PIMA corresponde al "PM5", en el EIA-OCP al "A67", en el DIAG-SOTE al "R.AGU" y en el DIAG-ACTUAL al "A-9324".

Tabla 5.8 Datos del Río Aguarico – Límites Permisibles

RÍO AGUARICO						
Parámetro	Unidad	Límite Permissible	Resultados Estudios			
			PIMA	EIA-OCP	DIAG-SOTE	DIAG-ACTUAL
Potencial Hidrógeno	....	6 - 9	7,1	7,86	7,5	7,45
Conductividad	μS / cm	170	88	112	60	77
Oxígeno Disuelto	mg/l	Mínimo 6	7,4	7,3	6,03	4,04
Temperatura	° C	+/- 3° C	22	23,1	24	22,2
Sólidos Disueltos	mg/l	500	158		30	14
Turbidez	NTU	100	82	18		12
Amonio	mg/l	1,00		< 0,06	0,29	< 0,03
Cloruros	mg/l	250	2,29	0,7		55
Fenoles	mg/l	0,002	0,000081	* < 0,01	0,006	* < 0,01
DBO5	mg/l	2,00		3,80	2,00	1,18
DQO	mg/l	30	550,34		16	18
Hidrocarburos Totales	mg/l	0,5		* < 5	0,2	0,07
Sustancias Tensoactivas	mg/l	0,5		< 0,010	0,004	0,031
Bario	mg/l	1,00		< 0,5	< 0,02	< 0,25
Cadmio	mg/l	0,001		* < 0,016	* < 0,007	* < 0,012
Cromo (total)	mg/l	0,05		< 0,041	< 0,04	* < 0,08
Niquel	mg/l	0,025			< 0,006	* < 0,08
Plomo	mg/l	0,05		* < 0,079	* < 0,09	* < 0,1
Vanadio	mg/l	0,1			< 0,06	< 0,1
Coliformes Fecales	Col/100ml	20: Consumo Humano		4	5000	400
		200: Contacto Primario		4	5000	400

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

(\* ) Límites de detección de equipos de laboratorio que no garantizan el cumplimiento de la norma.

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que incumplen con la norma.

## 5.5 ANÁLISIS COMPARATIVO POR CADA PARÁMETRO

El análisis comparativo consiste en la elaboración de un gráfico donde se puedan apreciar todos los datos registrados en 1989, 2000, 2006 y 2008 de cada uno de los parámetros de calidad del agua, medidos en los puntos de muestreo en común entre los cuatro estudios de línea base. Esto permitirá obtener las tendencias de cada parámetro, a fin de poder realizar pronósticos que ayuden a decidir acciones correctivas oportunas así como a la elaboración de políticas ambientales futuras.

### 5.5.1 POTENCIAL HIDRÓGENO

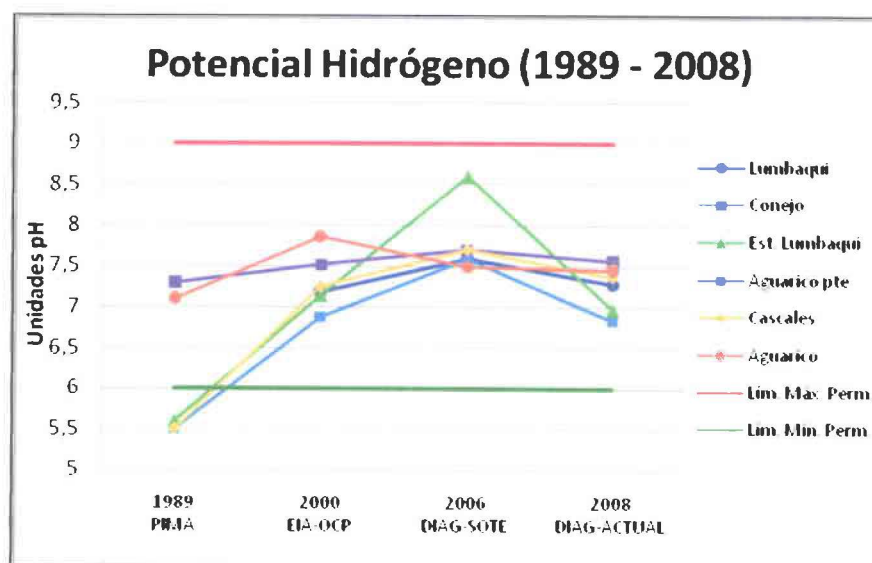
En la tabla 5.9 se muestran los valores obtenidos para este parámetro en los años 1989, 2000, 2006 y 2008; en cada uno de los seis puntos de muestreo.

**Tabla 5.9 Análisis Comparativo: Potencial Hidrógeno – Norma Ambiental**

POTENCIAL HIDRÓGENO (unidades pH)						
Ríos	*1989	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible	Límite Mín. Permisible
Lumbaqui		7,18	7,6	7,29	9	6
Conejo	5,5	6,88	7,6	6,84	9	6
Estación Lumb.	5,6	7,14	8,6	6,97	9	6
Aguarico pte	7,3	7,52	7,7	7,57	9	6
Cascales	5,5	7,25	7,7	7,37	9	6
Aguarico	7,1	7,86	7,5	7,45	9	6

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.1 Análisis Comparativo: Potencial Hidrógeno**

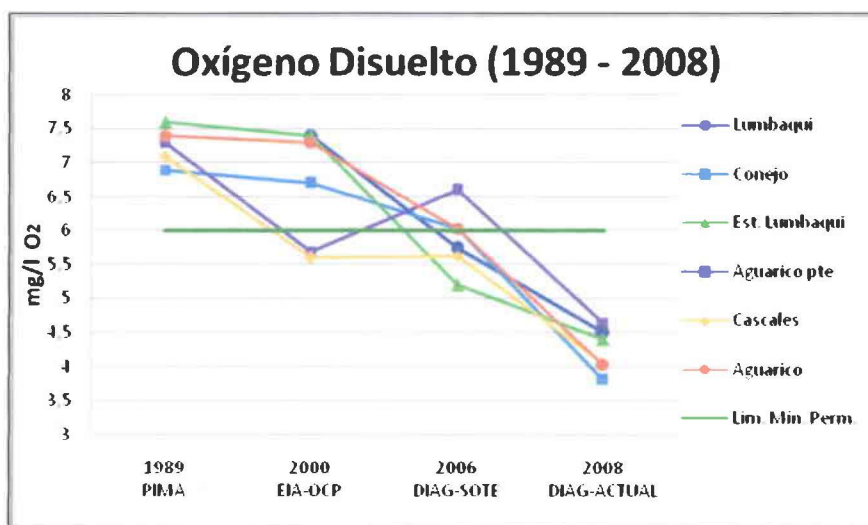


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Cascales	7,10	5,60	5,63	4,05	6
Aguarico	7,40	7,30	6,03	4,04	6

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

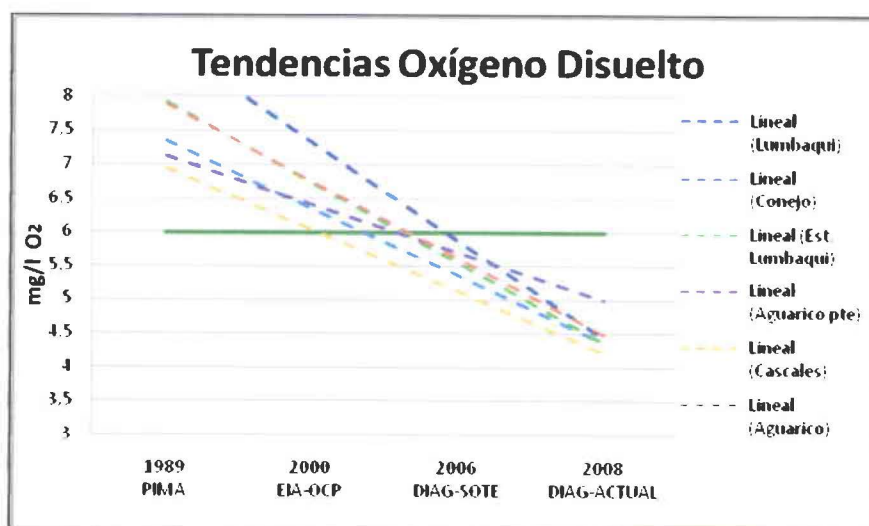
**Gráfico 5.3 Análisis Comparativo: Oxígeno Disuelto**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

La concentración mínima requerida de oxígeno disuelto para garantizar una buena calidad del agua es de 6 mg/l. Sin embargo, los gráficos correspondientes del año 2000 en adelante, indican que los valores de oxígeno disuelto disminuyeron drásticamente, por lo que todos los datos correspondientes al 2008 se encuentran por debajo del límite mínimo permisible, incumpliendo con la norma establecida.

**Gráfico 5.4 Tendencias de Oxígeno Disuelto por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Las tendencias para Oxígeno Disuelto en cada uno de los puntos de muestreo es clara. La concentración de oxígeno disuelto en el agua tiende a disminuir en una gran proporción, lo que podría conllevar consecuencias graves, sobre todo para la fauna acuática de los ríos.

### 5.5.3 TEMPERATURA

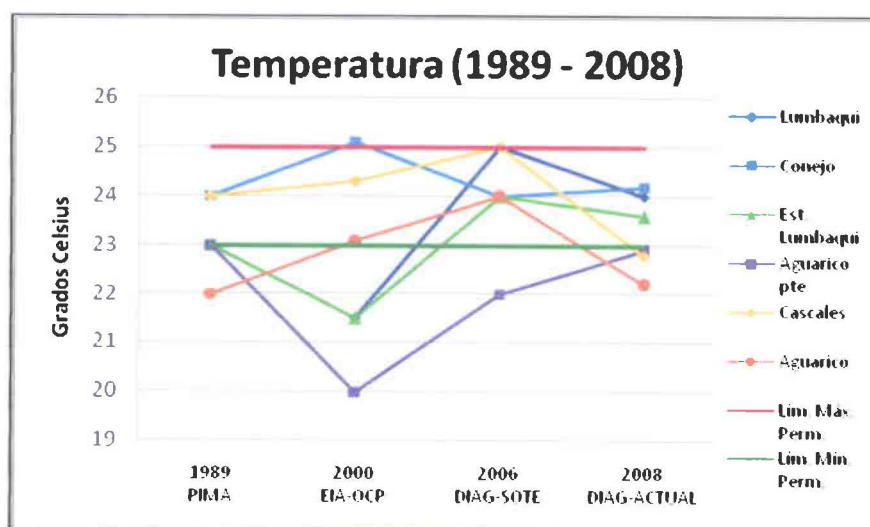
En la tabla 5.11, se encuentran los valores de temperatura de los seis ríos, que atraviesan el derecho de vía del SOTE, registrados en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.11 Análisis Comparativo: Temperatura – Norma Ambiental**

TEMPERATURA (°C)						
Ríos	*1989	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible	Límite Mín. Permisible
Lumbaqui		21,5	25	24	25	23
Conejo	24	25,1	24	24,2	25	23
Estación Lumb.	23	21,5	24	23,6	25	23
Aguarico pte	23	20	22	22,9	25	23
Cascales	24	24,3	25	22,8	25	23
Aguarico	22	23,1	24	22,2	25	23

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.5 Análisis Comparativo: Temperatura**

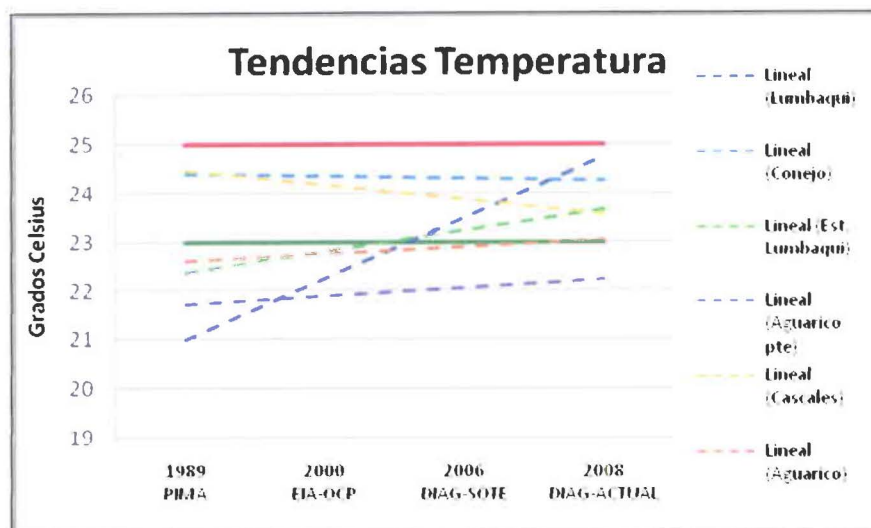


Elaboración: María del Carmen Arteaga.



En el gráfico, se observa que la mayoría de los datos de temperatura se encuentran en el rango establecido para la Región Amazónica, con excepción de algunos datos registrados en los ríos Aguarico, Aguarico (puente), Lumbaqui, Estación Lumbaqui y Cascales. Todos estos valores fueron inferiores al valor mínimo aplicable para esta zona.

**Gráfico 5.6 Tendencias de Temperatura por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Las tendencias de temperatura del agua de los seis ríos analizados, son variables para cada uno de ellos. Cabe recalcar, que los valores de temperatura que más se les debe prestar atención son aquellos que presentan tendencias a incrementar, ya que temperaturas por sobre de los 25 °C en ríos amazónicos, evidencian contaminación de las aguas, ya sea por fuentes de origen orgánicas o industriales.

#### 5.5.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

En la tabla 5.12, se presentan los datos de conductividad eléctrica en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

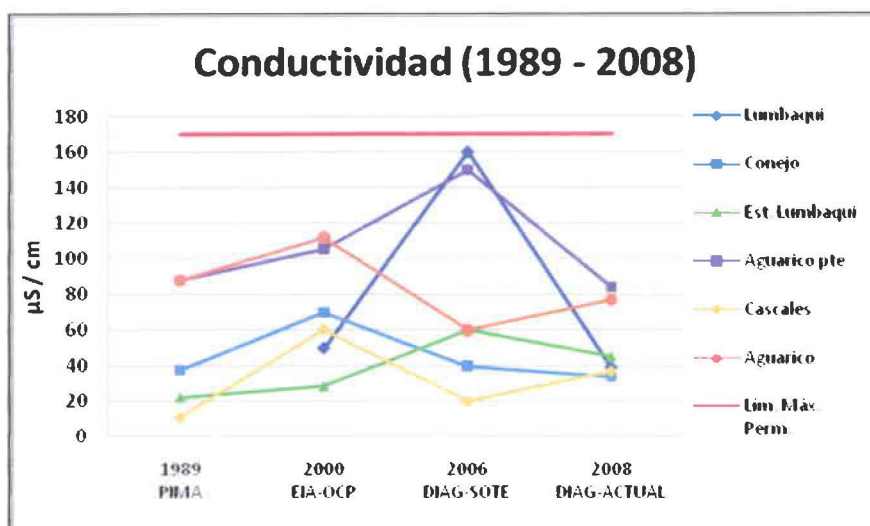
**Tabla 5.12 Análisis Comparativo: Conductividad – Norma Ambiental**

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )					
Ríos	*1989	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permissible
Lumbaqui		50	160	39	170
Conejo	38	70	40	34	170

Estación Lumb.	22	28,3	60	45	170
Aguarico pte	88	105,6	150	84	170
Cascales	11	60,5	20	37	170
Aguarico	88	112	60	77	170

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

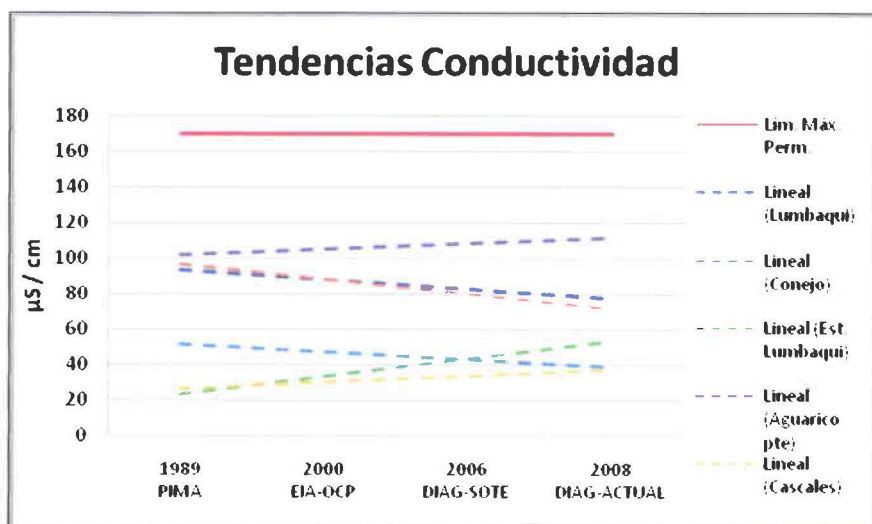
**Gráfico 5.7 Análisis Comparativo: Conductividad**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

La conductividad eléctrica de los seis ríos, registrada en los cuatro estudios de línea base; se mantuvo siempre por debajo del límite máximo permisible equivalente a los 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Gráfico 5.8 Tendencias de Conductividad por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Los valores de conductividad de los seis ríos, tienden por lo general a mantenerse por debajo del límite máximo permisible, sin presentar tendencias de cambio marcadas.

### 5.5.5 SÓLIDOS DISUELTOS

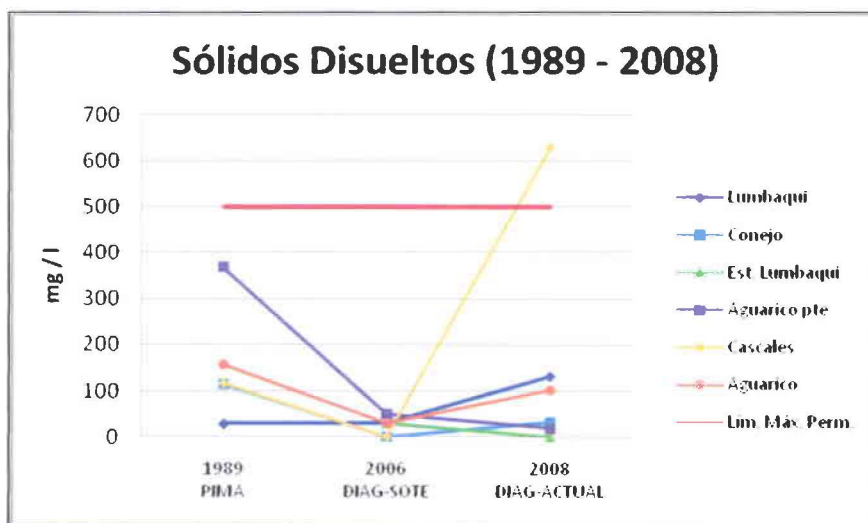
En la tabla 5.13, se presentan los valores de sólidos disueltos de los años 1989, 2006 y 2008. Se omitió el año 2000, puesto a que éste parámetro no fue analizado en el estudio del OCP.

**Tabla 5.13 Análisis Comparativo: Sólidos Disueltos – Norma Ambiental**

SÓLIDOS DISUELTOS (mg/l)				
Ríos	*1989	*2006	*2008	Límite Máx. Permissible
Lumbaqui	29	30	133	500
Conejo	114	0	31	500
Estación Lumb.	29	30	0	500
Aguarico pte	367,6	50	19	500
Cascales	116	0	631	500
Aguarico	158	30	103	500

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

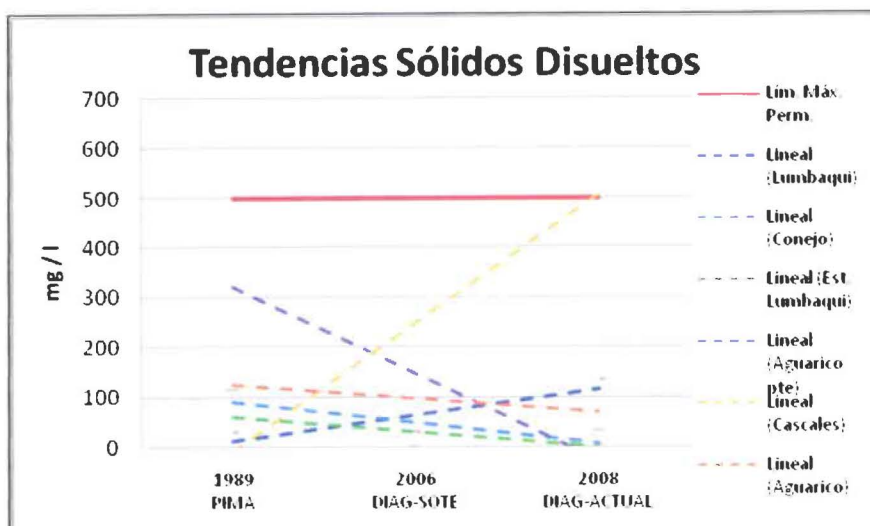
**Gráfico 5.9 Análisis Comparativo: Sólidos Disueltos**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Todos los valores de sólidos disueltos se encuentran bajo la norma, con excepción del valor registrado en el 2008 en el Río Cascales.

Gráfico 5.10 Tendencias de Sólidos Disueltos por cada río



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Las tendencias de sólidos disueltos son variadas para cada río. La mayoría presenta tendencias de cambio estables, la concentración de sólidos disueltos en el río Lumbaqui tiende a disminuir mientras que en río Cascales a aumentar drásticamente.

### 5.5.6 FENOLES

En la tabla 5.14 se encuentran los valores de concentración de compuestos fenólicos en los seis ríos analizados del tramo Lago Agrio – Lumbaqui.

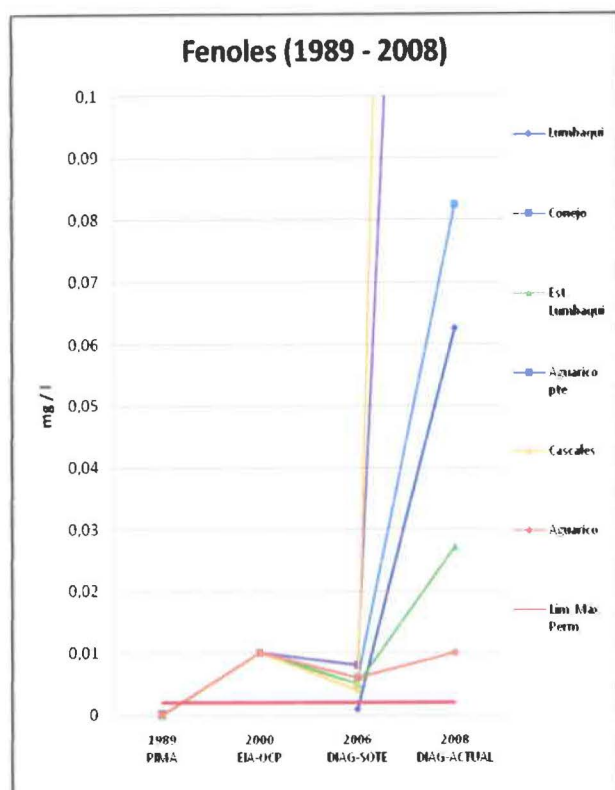
Tabla 5.14 Análisis Comparativo: Fenoles – Norma Ambiental

FENOLES (mg/l)					
Ríos	*1989	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permissible
Lumbaqui			0,001	0,06265	0,002
Conejo	0,000133		0,006	0,08248	0,002
Estación Lumb.	0,000029	0,01	0,005	0,02718	0,002
Aguarico pte	0,000044	0,01	0,008	0,3343	0,002
Cascales	0,000015	0,01	0,004	0,56878	0,002
Aguarico	0,000081	0,01	0,006	0,01	0,002

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

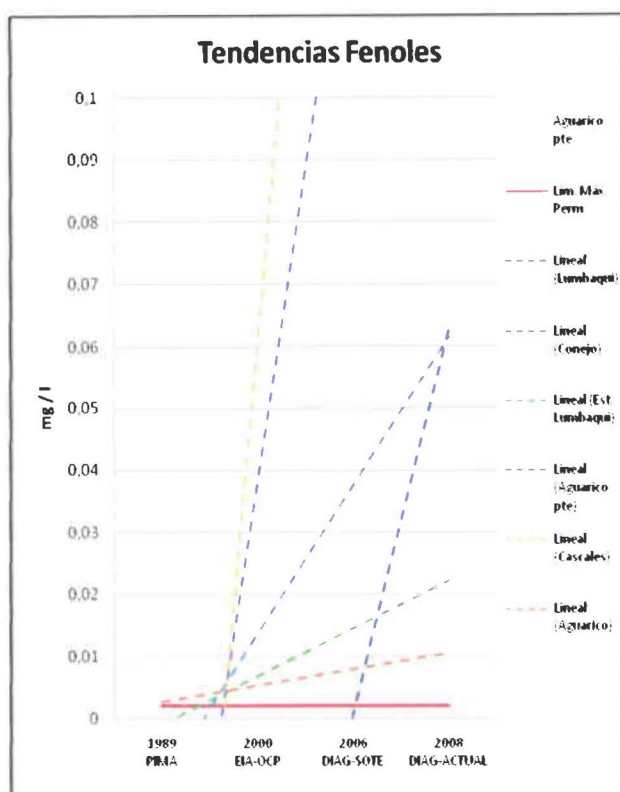


**Gráfico 5.11 Análisis Comparativo: Fenoles**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.12 Tendencias de Fenoles por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Los únicos datos que cumplen con la norma son los correspondientes a 1989, y el dato correspondiente al río Lumbaqui en el 2000. A partir de ese año, la concentración de fenoles en el agua sobrepasa el límite máximo permisible, registrándose los valores más altos en el 2008.

La concentración de compuestos fenólicos en todos los ríos tiende a incrementar drásticamente, lo que podría desencadenar escenarios futuros muy críticos, ya que las tendencias de cambio en este parámetro son las más altas registradas.

### 5.5.7 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)

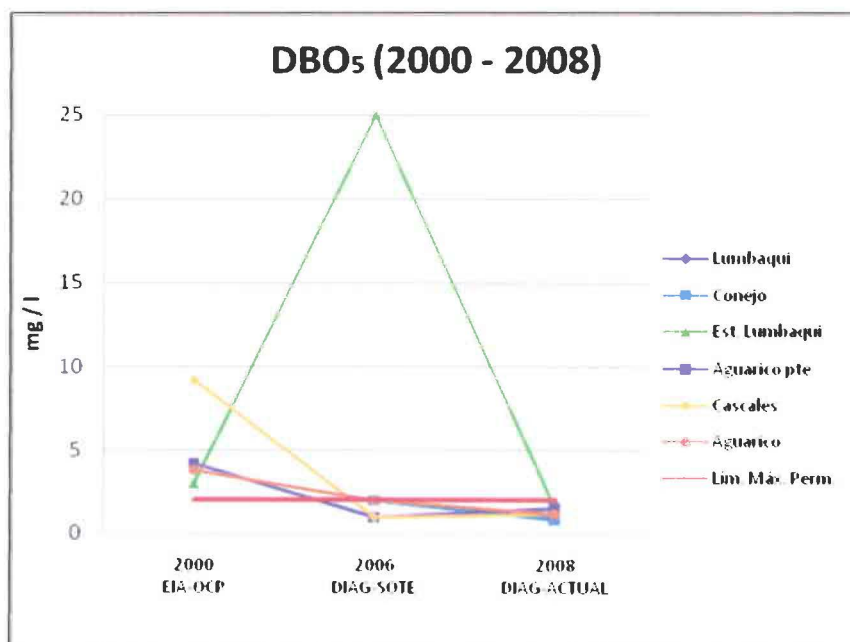
En la tabla 5.15, se muestran los datos de DBO<sub>5</sub> de los seis puntos de muestreo. En el estudio del Plan Integral de Manejo Ambiental "PIMA", no se tomó en consideración este parámetro, por lo que, no existen datos sobre la demanda bioquímica de oxígeno en el año 1989.

**Tabla 5.15 Análisis Comparativo: Demanda Bioquímica de Oxígeno – Norma Ambiental**

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)				
Ríos	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui		2,00	0,90	2
Conejo		2,00	0,89	2
Estación Lumb.	3,00	25,00	1,50	2
Aguarico pte	4,20	1,00	1,50	2
Cascales	9,20	1,00	1,18	2
Aguarico	3,80	2,00	1,18	2

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.13 Análisis Comparativo: Demanda Bioquímica de Oxígeno**

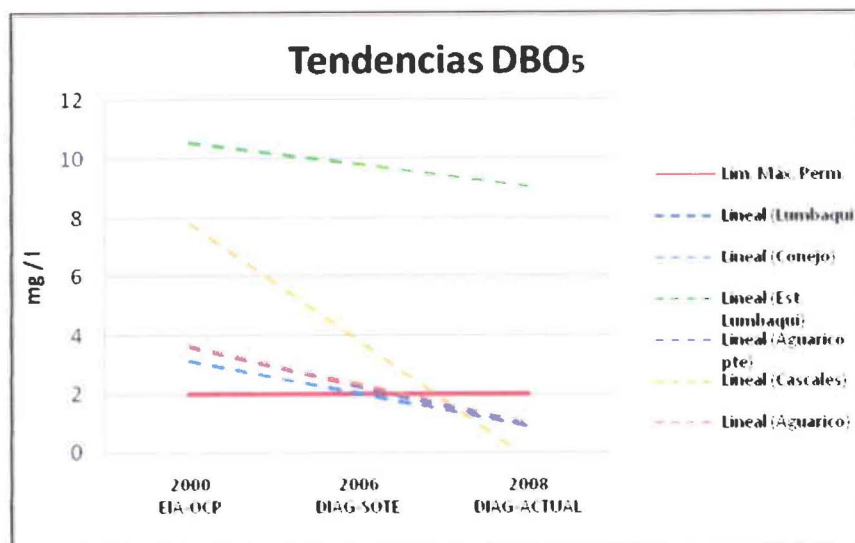


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Como se observa en el gráfico, los valores de DBO<sub>5</sub> registrados en el EIA – OCP en el 2000, se encontraban por encima del límite máximo permisible. Para el año 2006, en el DIAG – SOTE, los valores medidos fueron menores, cumpliendo con la norma; con excepción del valor correspondiente al Río Estación Lumbaqui que fue extremadamente alto.

En el DIAG-ACTUAL, efectuado en enero del 2008, los valores de DBO<sub>5</sub> bajaron aún más, enmarcándose por debajo del límite máximo permisible.

**Gráfico 5.14 Tendencias de Demanda Bioquímica de Oxígeno por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Todas las muestras tomadas en los seis puntos comunes, determinan que los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas superficiales de los ríos analizados, tienden a disminuir. Aún así, los valores correspondientes al Río Estación Lumbaqui podrían continuar ubicándose por encima del límite máximo permisible.

### 5.5.8 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O)

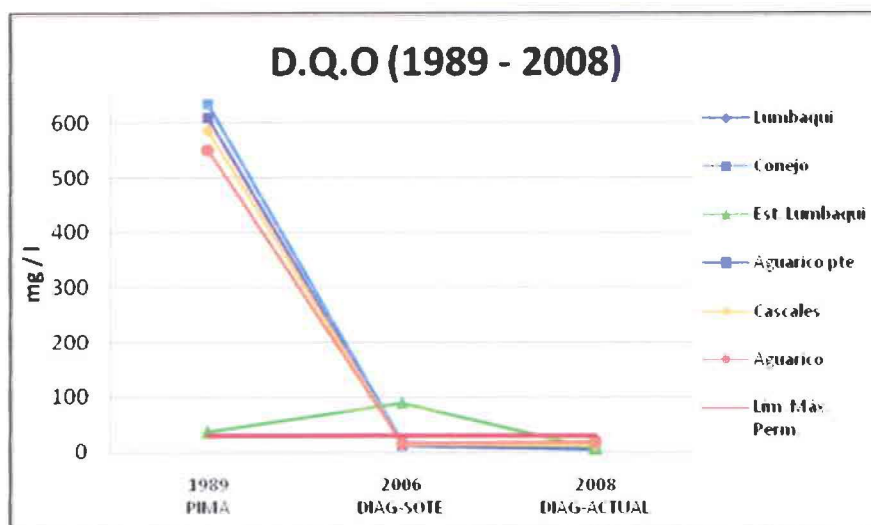
En la tabla 5.16, se muestran los datos DQO de los seis puntos de muestreo, obtenidos en los años 1989, 2006 y 2008.

**Tabla 5.16 Análisis Comparativo: Demanda Química de Oxígeno – Norma Ambiental**

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)				
Ríos	*1989	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui		11	5	30
Conejo	633,9	17	9	30
Estación Lumb.	36	89	6	30
Aguarico pte	609,56	12	18	30
Cascales	585,17	14	12	30
Aguarico	550,34	16	18	30

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

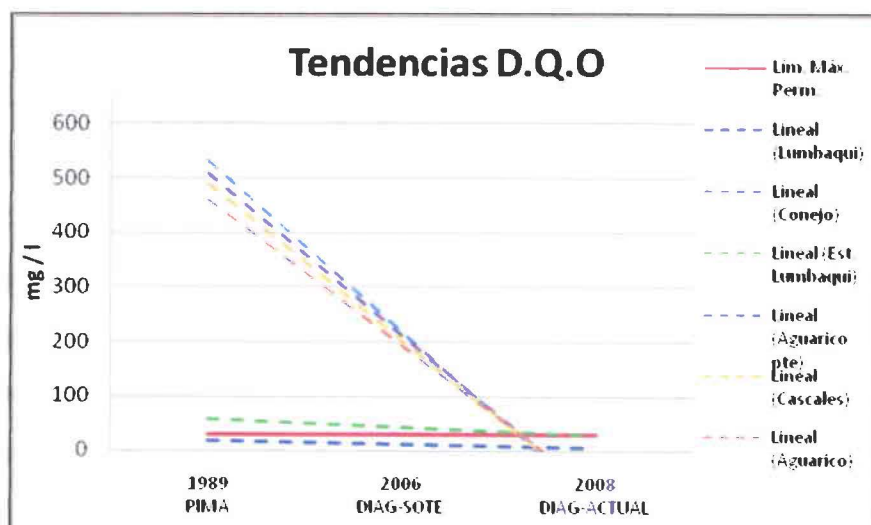
**Gráfico 5.15 Análisis Comparativo: Demanda Química de Oxígeno**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Los valores registrados de DQO en 1989, son extremadamente altos; sin embargo, a partir de 2006 éstos valores empezaron a disminuir drásticamente, y en el 2008, con el DIAG-ACTUAL, se determinó que las seis muestras se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido en el RAOH.

**Gráfico 5.16 Tendencias de Demanda Química de Oxígeno por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Las tendencias calculadas, indican que los valores de DQO tienden a disminuir drásticamente, lo que aseguraría una buena calidad del agua de los ríos.



### 5.5.9 SUSTANCIAS TENSOACTIVAS

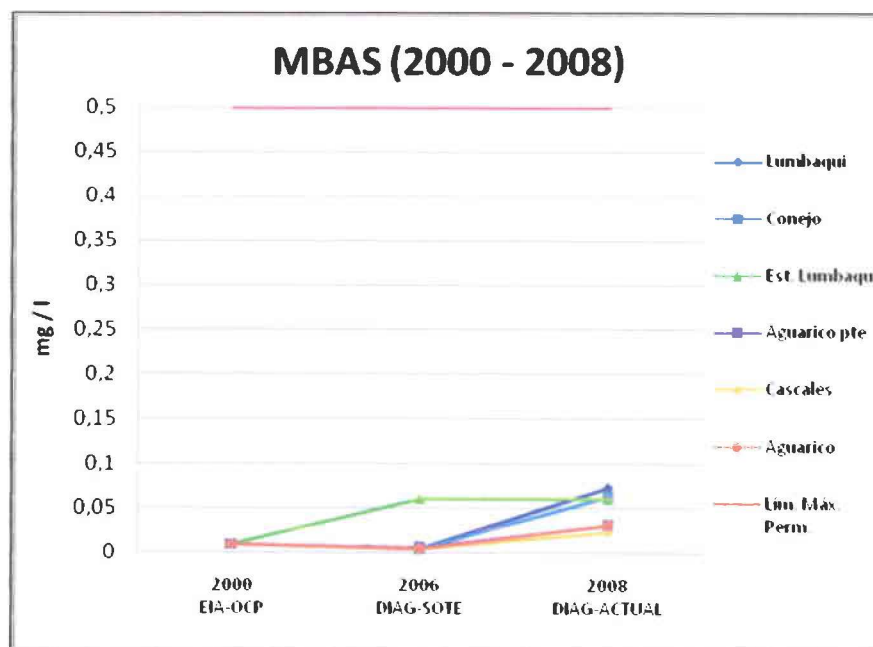
En la tabla 5.17, se muestran los valores de Sustancias Tensoactivas (MBAS), correspondientes a los años 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.17 Análisis Comparativo: Tensoactivos – Norma Ambiental**

SUSTANCIAS TENSOACTIVAS (mg/l)				
Ríos	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui		0,004	0,073	0,5
Conejo		0,004	0,063	0,5
Estación Lumb.	0,01	0,061	0,061	0,5
Aguarico pte	0,01	0,005	0,031	0,5
Cascales	0,01	0,004	0,023	0,5
Aguarico	0,01	0,004	0,031	0,5

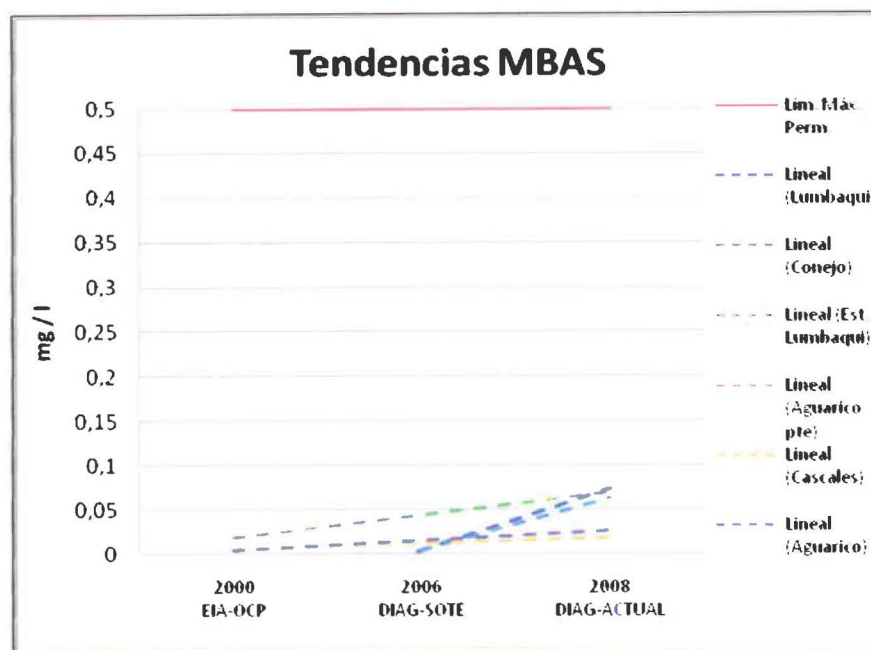
Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.17 Análisis Comparativo: Sustancias Tensoactivas**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

La concentración de Tensoactivos en las aguas superficiales de los ríos, ha sido siempre relativamente baja. Todas las muestras cumplen con el límite máximo permisible para este parámetro.

**Gráfico 5.18 Tendencias de Sustancias Tensoactivas por cada río**

La concentración de sustancias activas al azul de metileno (MBAS), tiende a aumentar levemente; sin embargo, se pronostica que se seguirá cumpliendo con la norma establecida para este parámetro en el futuro.

### 5.5.10 METALES PESADOS

Los metales pesados analizados son Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Vanadio (V). En la tabla 5.18 y 5.19, se encuentran los valores de concentración de metales pesados obtenidos en los seis puntos de muestreo en los años 2000, 2006 y 2008; ya que, cuando se hizo el PIMA no se tomaron en cuenta estos compuestos.

Es importante aclarar, que para algunos de los metales fue difícil establecer si se cumplía o no con los límites máximos permisibles, puesto que algunos de los equipos utilizados en los laboratorios para el análisis de este parámetro poseen límites mínimos de detección mayores a los valores máximos establecidos en el reglamento.

Debido a esto, se consideró tomar como valor real de concentración aquél equivalente al límite de detección de los equipos; asumiendo así, el escenario más crítico.

Ejemplo: El Río Lumbaqui en el 2008 reportó una concentración de Cadmio de <0,012 mg/l el cuál es el límite de detección del equipo utilizado en el análisis. Sin embargo, el límite máximo permisible para este metal es de 0,001 mg/l, y al ser el límite de detección del equipo mayor al límite máximo permisible; es imposible determinar, si la muestra cumple o no con lo establecido.

Es por esto, que se considerará como valor real de concentración de Cadmio a los 0,012 mg/l, siendo éste el valor más alto posible.

**Tabla 5.18 Análisis Comparativo: Metales Pesados – Norma Ambiental**

METALES PESADOS (mg/l)								
Ríos	BARIO				CADMIO			
	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui		0,02	0,25	1		0,007	0,012	0,001
Conejo		0,02	0,25	1		0,007	0,012	0,001
Estación Lumb.	0,50	0,02	0,48	1	0,016	0,007	0,012	0,001
Aguarico pte	0,50	0,02	0,25	1	0,016	0,007	0,012	0,001
Cascales	0,50	0,02	0,85	1	0,016	0,007	0,012	0,001
Aguarico	0,50	0,02	0,25	1	0,016	0,007	0,012	0,001
Ríos	CROMO				PLOMO			
	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui		0,04	0,08	0,05		0,09	0,1	0,5
Conejo		0,04	0,08	0,05		0,09	0,1	0,5
Estación Lumb.	0,041	0,04	0,08	0,05	0,079	0,09	0,1	0,5
Aguarico pte	0,041	0,04	0,08	0,05	0,079	0,09	0,1	0,5
Cascales	0,041	0,04	0,08	0,05	0,079	0,09	0,1	0,5
Aguarico	0,041	0,04	0,08	0,05	0,079	0,09	0,1	0,5

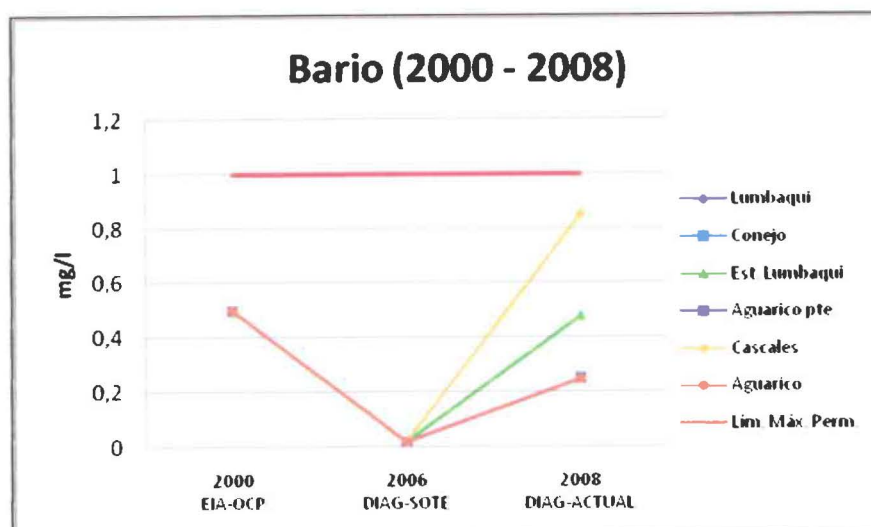
Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Tabla 5.19 Análisis Comparativo: Metales Pesados – Norma Ambiental**

METALES PESADOS (mg/l)						
Ríos	NIQUEL			VANADIO		
	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible	*2006	*2008	Límite Máx. Permisible
Lumbaqui	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1
Conejo	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1
Estación Lumb.	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1
Aguarico pte	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1
Cascales	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1
Aguarico	0,006	0,08	0,025	0,06	0,1	0,1

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

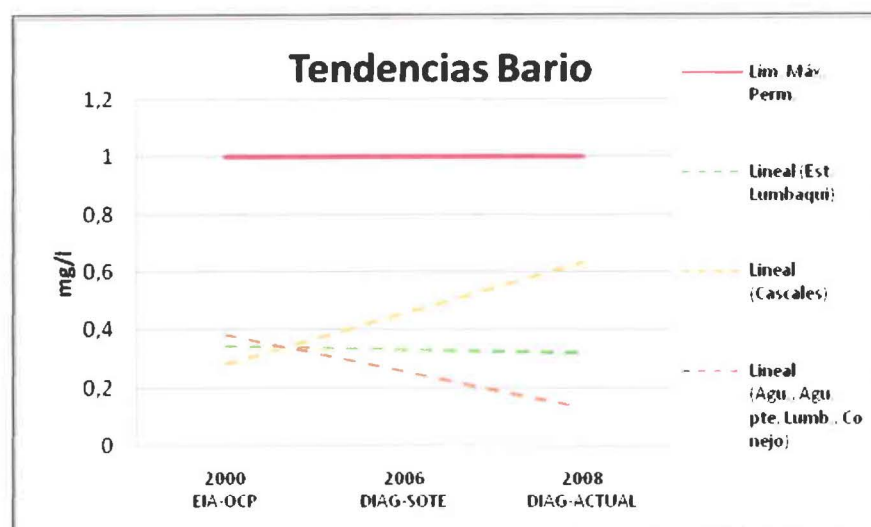
Gráfico 5.19 Análisis Comparativo: Bario



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Aún considerando como valores de concentración reales a los límites de detección de los equipos, todas las muestras se encuentran por debajo del límite máximo permisible.

Gráfico 5.20 Tendencias de Concentración de Bario por cada río

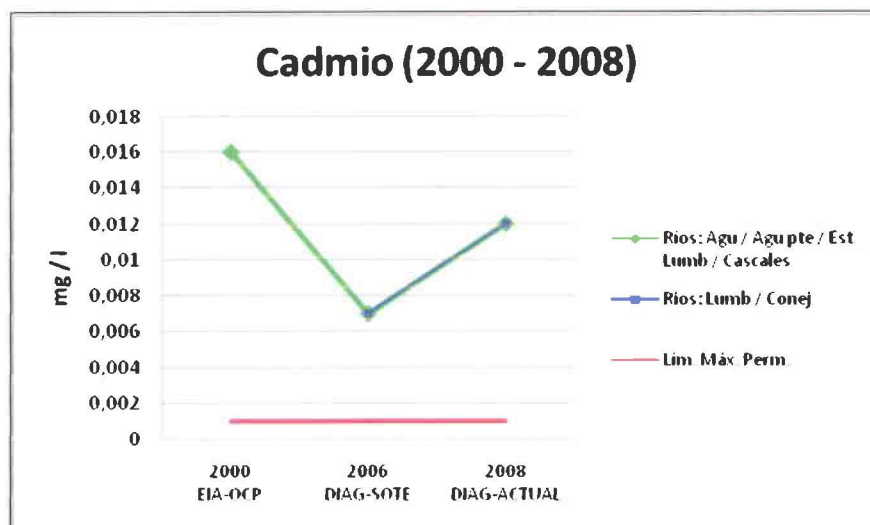


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Para el análisis de las tendencias, se agrupó a los ríos Aguarico, Aguarico en puente, Lumbaqui y Conejo; puesto a que los valores registrados de concentración de Bario en cada uno de los años eran los mismos. Así, obtenemos que, la concentración de Bario (Ba) en el Río Cascales tiende a aumentar; en el Río Estación Lumbaqui se mantiene estable; y en los ríos citados anteriormente, tiende a disminuir.



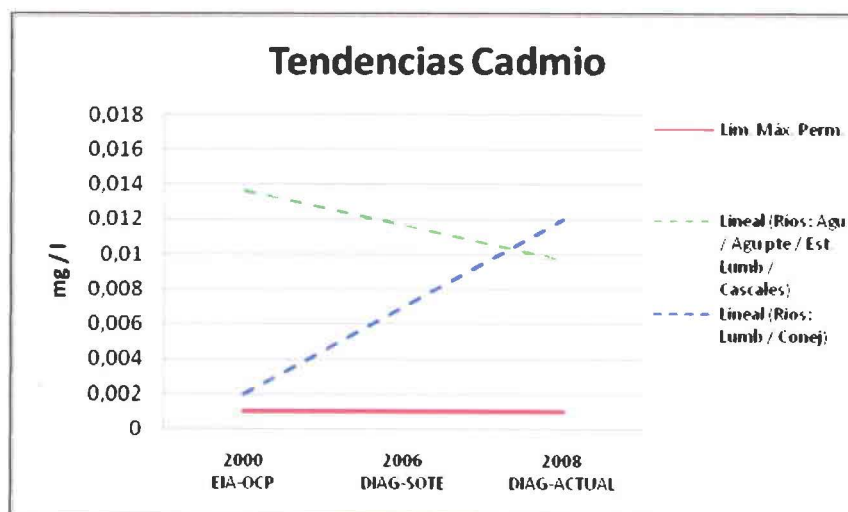
Gráfico 5.21 Análisis Comparativo: Cadmio



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Al tomar en cuenta, como valor real de concentración al valor del límite de detección de los equipos de laboratorio, se asume que todas las muestras se encuentran por encima del límite máximo permisible para la concentración de Cadmio en aguas superficiales.

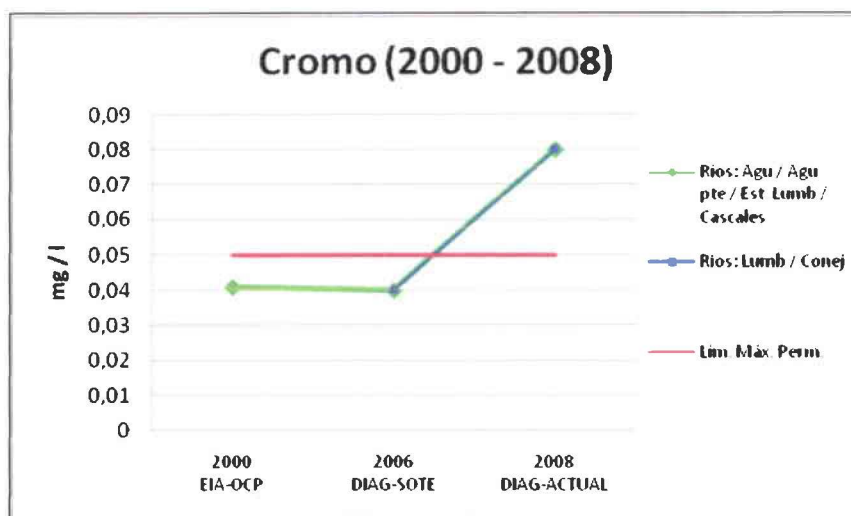
Gráfico 5.22 Tendencias de Concentración de Cadmio por cada río



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

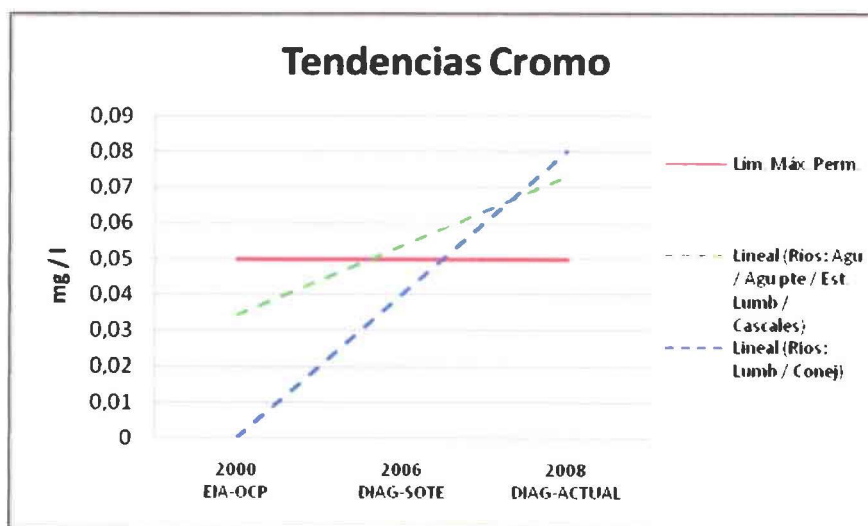
La concentración de Cadmio (Cd), en los ríos Aguarico, Aguarico en puente, Estación Lumbaqui y Cascales tiende a disminuir, mientras que en los ríos Lumbaqui y Conejo tiende a aumentar. Esto, se debe a que, no se cuenta con un valor de concentración de este metal en los ríos Lumbaqui y Conejo en el año 2000; lo que hace que la tendencia sea diferente a la del resto de los ríos.

Gráfico 5.23 Análisis Comparativo: Cromo



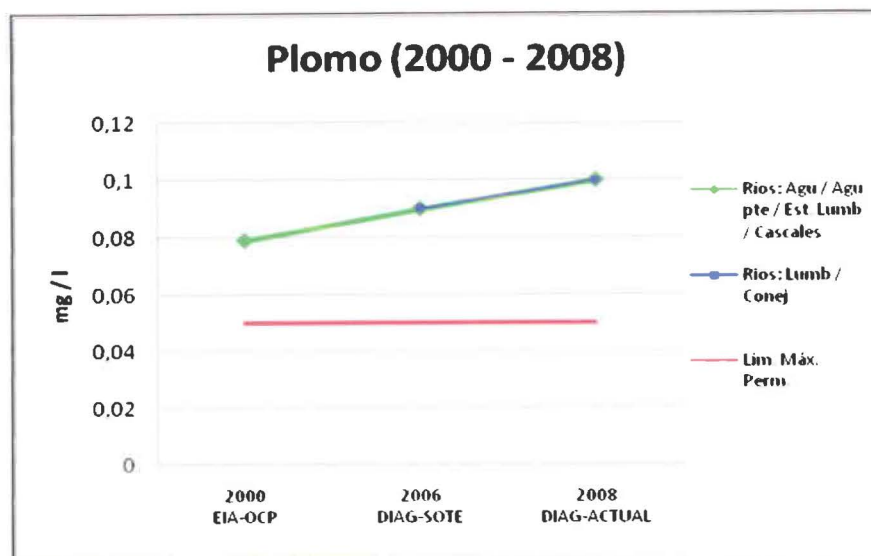
Asumiendo, que los valores de concentración real de Cromo, son iguales a los valores de detección de los equipos; se determina, que las muestras se encuentran por debajo del límite máximo permisible; con excepción de los valores registrados en el 2008.

Gráfico 5.24 Tendencias de Concentración de Cromo por cada río



La concentración de Cromo en el agua de los seis ríos tiende a incrementar. En los ríos Lumbaqui y Conejo la tendencia es más fuerte que en el resto, pero esto se debe, a que, no se cuenta con un dato para estos ríos en el año 2000.

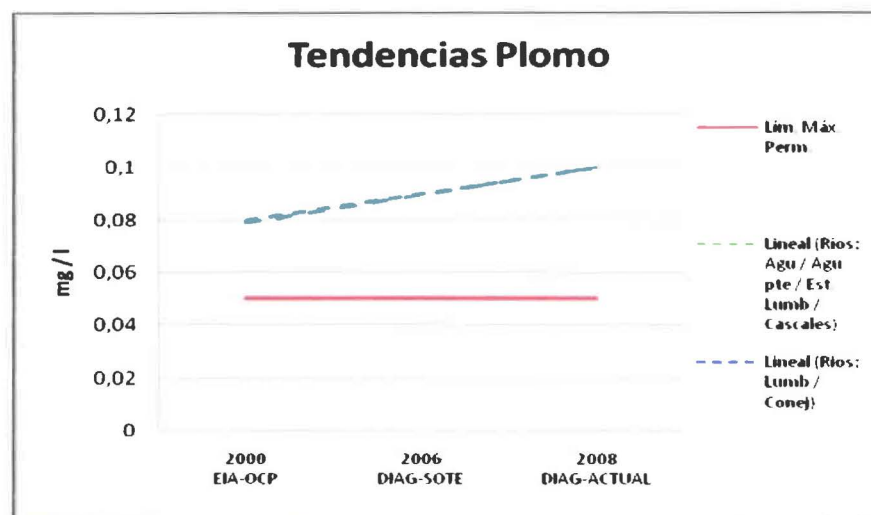
Gráfico 5.25 Análisis Comparativo: Plomo



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

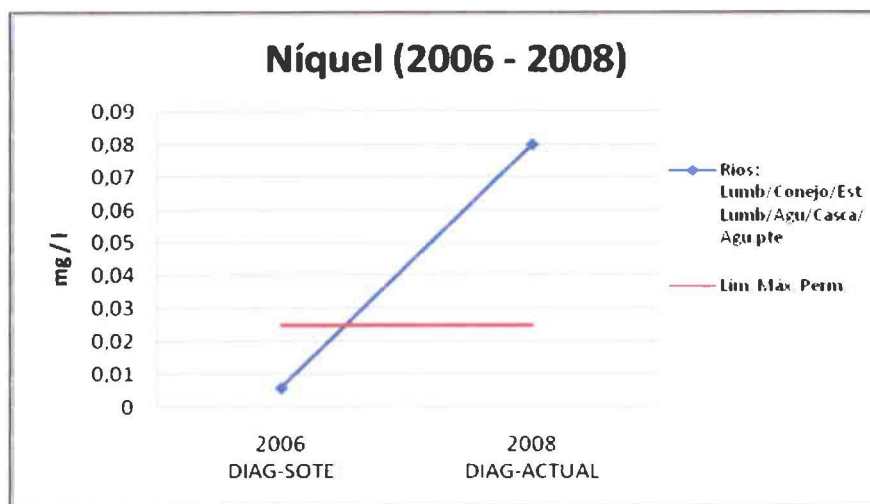
Para el caso del Plomo, al ser los límites de detección de los equipos mayores al valor máximo permisible; se asume que las muestras no cumplen con el límite máximo establecido.

Gráfico 5.26 Tendencias de Concentración de Plomo por cada río



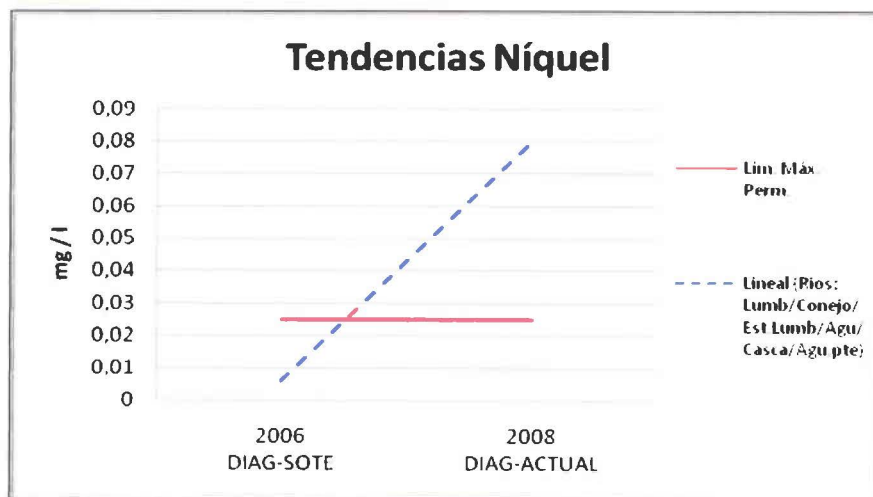
Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Todos los ríos, presentan exactamente la misma tendencia. Se estima, que la concentración de Plomo aumentará con el tiempo; sin embargo, hay que recalcar, que estas tendencias son calculadas asumiendo que los valores reales de concentración de plomo equivalen a los límites de detección de los equipos.

**Gráfico 5.27 Análisis Comparativo: Níquel**

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

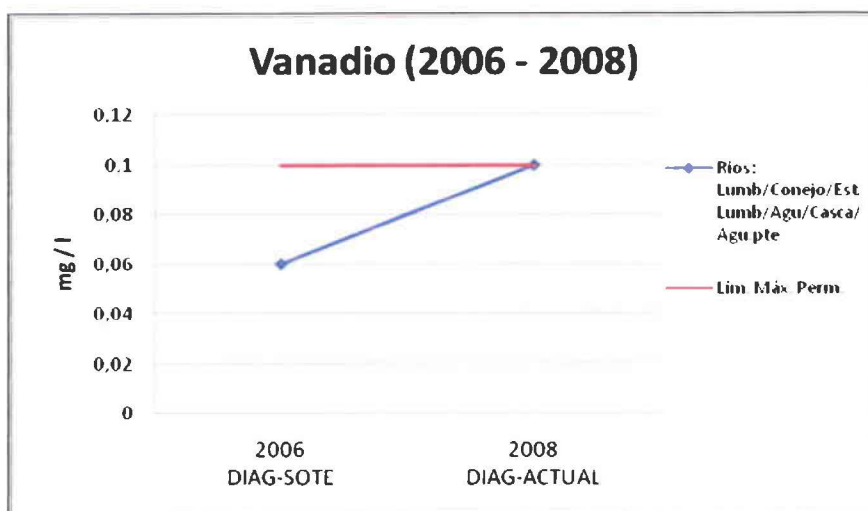
La concentración de Níquel en el agua fue medida tan sólo en los años 2006 y 2008, en el DIAG-SOTE y en el DIAG-ACTUAL. Al considerar, como valores reales a los límites de detección de los equipos, se asume que las muestras cumplen con el límite máximo permisible en el 2006; sin embargo, actualmente sobrepasan el valor máximo permisible.

**Gráfico 5.28 Tendencias de Concentración de Níquel por cada río**

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

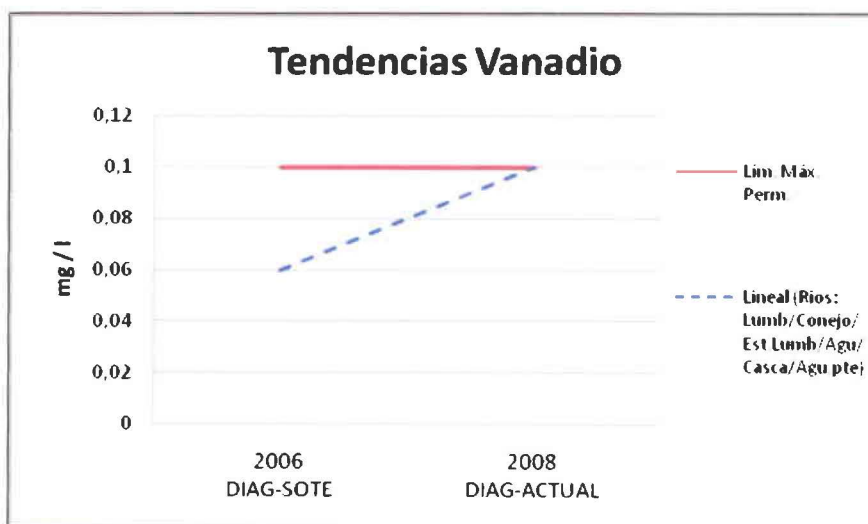
Las tendencias lineales para la concentración de Níquel (Ni) en el agua, fueron calculadas en base a los únicos dos puntos registrados para este parámetro. Así, se determina que la concentración de Níquel en los seis ríos analizados tiende a aumentar fuertemente con el tiempo.



**Gráfico 5.29 Análisis Comparativo: Vanadio**

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Asumiendo, que los valores de concentración de Vanadio (V) en el agua de los ríos son iguales a los límites de detección de los equipos utilizados en el análisis en los años 2006 y 2008; se determina, que las muestras se encuentran por debajo del límite máximo permisible.

**Gráfico 5.30 Tendencias de Concentración de Vanadio por cada río**

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Las tendencia lineal de los seis ríos, fue calculada en base a los únicos dos valores registrados para este parámetro (DIAG-SOTE y DIAG-ACTUAL). Se asume, entonces, que la concentración de Vanadio en el agua tiende a incrementar fuertemente con el tiempo.

### 5.5.11 HIDROCARBUROS TOTALES

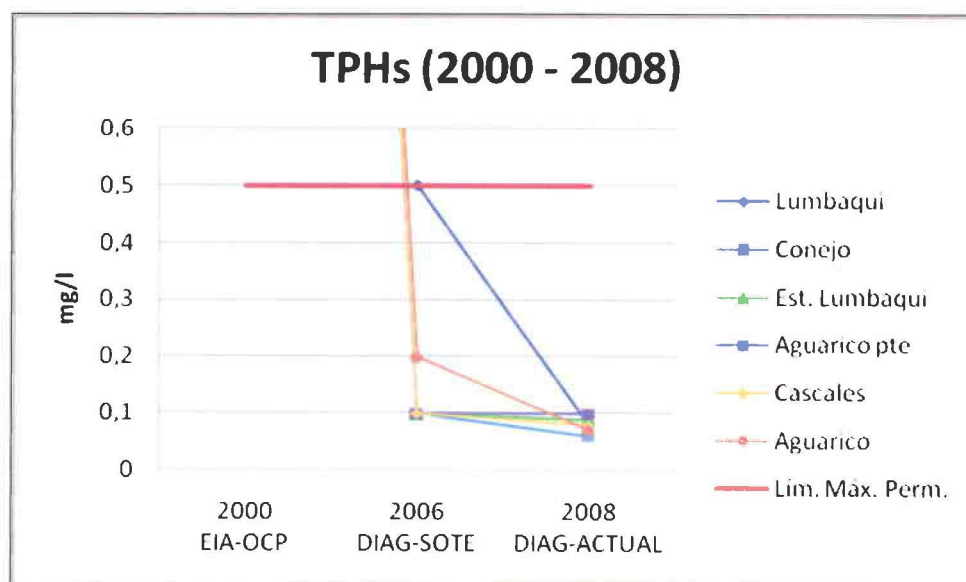
En la tabla 5.20, se presentan los datos sobre la concentración de hidrocarburos totales (TPHs), en las aguas superficiales de los seis ríos analizados en los años 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.20 Análisis Comparativo: Hidrocarburos Totales – Norma Ambiental**

SUSTANCIAS TENSOACTIVAS				
Ríos	*2000	*2006	*2008	Límite Máx. Permissible
Lumbaqui		0,5	0,08	0,5
Conejo		< 0,1	0,06	0,5
Estación Lumb.	* < 5	< 0,1	0,09	0,5
Aguarico pte	* < 5	< 0,1	0,1	0,5
Cascales	* < 5	< 0,1	0,08	0,5
Aguarico	* < 5	0,2	0,07	0,5

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

**Gráfico 5.31 Análisis Comparativo: Hidrocarburos Totales**

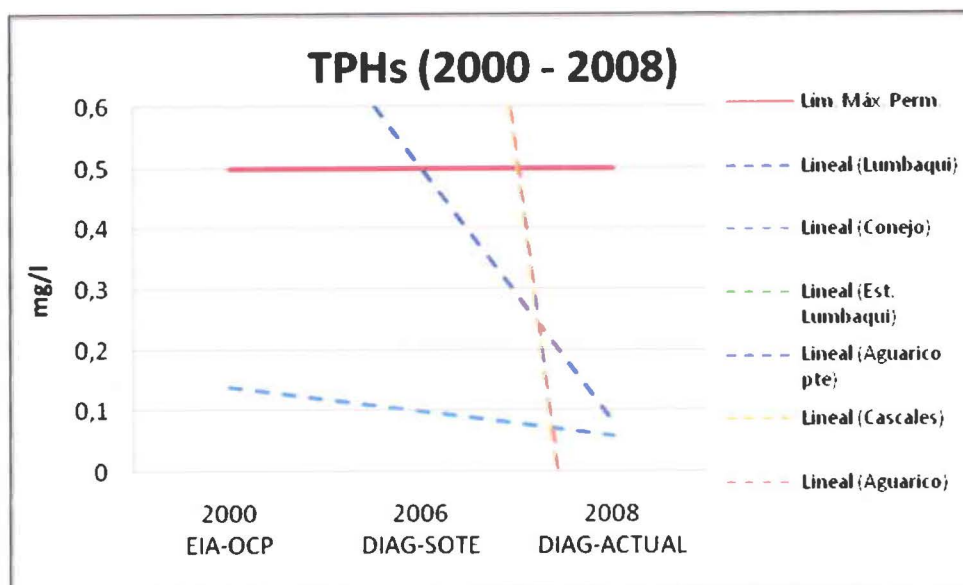


Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Como se observa en el gráfico 5.31, los datos sobre la concentración de hidrocarburos totales en el agua se ha mantenido por debajo del límite máximo permisible según los tres estudios de línea base que consideraron éste parámetro. Sin embargo, el equipo utilizado en el EIA – OCP en el año 2000, posee un límite de detección superior al

valor máximo permisible, lo que no permite conocer con certeza, si las muestras tomadas cumplen o no con la norma.

**Gráfico 5.32 Tendencias de la concentración de Hidrocarburos Totales (TPHs) por cada río**



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Para el caso de todos los ríos, la concentración de hidrocarburos totales en el agua, tiende a disminuir, lo que demuestra un eficiente control en las descargas líquidas industriales de las estaciones de bombeo cercanas.

## 5.6 CÁLCULO DEL ÍNDICE SIMPLIFICADO DE CALIDAD GENERAL DEL AGUA "ISQA" (13)

Aunque el Índice de Calidad General (ICG), sea uno de los más completos y exactos para poder evaluar la calidad del agua de un determinado cuerpo hídrico, no siempre se cuenta con la información de todos los parámetros involucrados en el cálculo del mismo.

Por lo que, muchas confederaciones hídricas de manejo de cuencas en España, han optado por evaluar la calidad de las aguas superficiales de los ríos a través del Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA); el cual no es sino una adaptación del ICG, y cumple con el objetivo básico de estimar una calidad aproximada del agua de los ríos con fines de control y prevención.

En este análisis comparativo, se ha decidido emplear el ISQA, ya que se cuenta con la mayoría de la información necesaria para su cálculo en los cuatro estudios de línea base analizados; sin embargo, aunque el cálculo del ICG habría aportado una calidad del agua más exacta, muchos de los estudios carecen de los datos necesarios para su empleo.

El procedimiento de obtención del ISQA, es el siguiente: a través de una fórmula matemática se obtienen valores adimensionales denominados "cargas", situados en la escala de 0 a 100 y que serán representativos de su calidad.

**Tabla 5.21 Calidad del Agua según el Valor del ISQA**

Valor del ICG	Calidad Asignada
Entre 100 y 90	Calidad Excelente
Entre 90 y 80	Calidad Buena
Entre 80 y 70	Calidad Intermedia
Entre 70 y 60	Calidad Admisible
Menor de 60	Calidad Inadmisible

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

El ISQA, se obtiene a partir de una sencilla fórmula que combina 5 parámetros físico – químicos (14): Temperatura, Demanda Química de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos y Conductividad.

El método utilizado para el cálculo de los factores se explica en el numeral 2.7.2 del capítulo II "Marco Teórico".

### 5.6.1 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO LUMBAQUI

El cálculo del Índice Simplificado de Calidad General del Agua para las muestras tomadas en el Río Lumbaqui en los años 2000, 2006 y 2008; se detalla a continuación.

**Tabla 5.22 Cálculo ISQA para el Río Lumbaqui (2000 – 2008)**

CÁLCULO ISQA: RÍO LUMBAQUI							
Variable	Parámetro	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	N.E	15	11	17,15	5	25
B	SDT	N.E	12,5	30	20,5	0	25



C	O.D	7,4	18,5	5,74	14,35	4,51	11,275
D	C.E	43	20	137,6	20	33,54	20
E	T	21,5	0,98125	25	0,9375	24	0,95
ISQA		64,7625		67,5		77,21125	
CALIDAD ASIGNADA		ADMISIBLE		ADMISIBLE		INTERMEDIA	

Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### 5.6.2 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO CONEJO

El cálculo del Índice Simplificado de Calidad del Agua para el Río Conejo se muestra en la tabla 5.23.

**Tabla 5.23 Cálculo del ISQA para el Río Conejo**

CÁLCULO ISQA: RÍO CONEJO									
Variable	Parámetro	PIMA	Resultado	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	633,9	0	N.E	<b>15</b>	17	15,05	9	21
B	SDT	114	9,02	N.E	<b>12,5</b>	0	25	31	20,35
C	O.D	6,9	17,25	6,7	16,75	6,03	15,075	3,81	9,525
D	C.E	32,68	20	60,2	20	34,4	20	29,24	20
E	T	24	0,95	25,1	0,93625	24	0,95	24,2	0,9475
ISQA		43,9565		60,1540625		71,36875		67,1540625	
CALIDAD ASIGNADA		INADMISIBLE		ADMISIBLE		INTERMEDIA		ADMISIBLE	

Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### 5.6.3 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO AGUARICO

En la tabla 5.24, se muestra el cálculo del ISQA correspondiente a las muestras tomadas en el Río Aguarico en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.24 Cálculo del ISQA para el Río Aguarico**

CÁLCULO ISQA: RÍO AGUARICO									
Variable	Parámetro	PIMA	Resultado	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	550,34	0	N.E	<b>15</b>	16	15,4	18	14,7
B	SDT	158	5,94	N.E	<b>12,5</b>	30	20,5	14	22,9
C	O.D	7,4	18,5	7,3	18,25	6,03	15,075	4,04	10,1

D	C.E	75,68	20	96,32	20	51,6	20	66,22	20
E	T	22	0,975	23,1	0,96125	24	0,95	22,2	0,9725
ISQA		43,329		63,2021875		67,42625		65,83825	
CALIDAD ASIGNADA		INADMISIBLE		ADMISIBLE		ADMISIBLE		ADMISIBLE	

Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

#### 5.6.4 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO AGUARICO (EN PUENTE)

En la tabla 5.25 se muestra el cálculo del Índice Simplificado de Calidad del Agua para las muestras de agua tomadas en el Río Aguarico (puente) en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.25 Cálculo del ISQA para el Río Aguarico (puente)**

CÁLCULO ISQA: RÍO AGUARICO (PUENTE)									
Variable	Parámetro	PIMA	Resultado	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	609,56	0	N.E	<b>15</b>	12	16,8	18	14,7
B	SDT	367,6	0	N.E	<b>12,5</b>	50	17,5	19	22,15
C	O.D	7,3	18,25	5,7	<b>14,25</b>	6,6	16,5	4,65	11,625
D	C.E	75,68	20	90,816	20	129	20	72,24	20
E	T	23	0,9625	20	1	22	0,975	22,9	0,96375
ISQA		36,815625		61,75		69,03		65,99278125	
CALIDAD ASIGNADA		INADMISIBLE		ADMISIBLE		ADMISIBLE		ADMISIBLE	

Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

#### 5.6.5 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO CASCALES

En la tabla 5.26 se muestra el cálculo del Índice Simplificado de Calidad del Agua para las muestras de agua tomadas en el Río Cascales en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.26 Cálculo del ISQA para el Río Cascales**

CÁLCULO ISQA: RÍO CASCALES									
Variable	Parámetro	PIMA	Resultado	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	585,17	0	N.E	<b>15</b>	14	16,1	12	16,8

B	SDT	116	8,88	N.E	<b>12,5</b>	0	25	631	0
C	O.D	7,1	17,75	5,6	14	5,63	14,075	4,05	10,125
D	C.E	9,46	20	52,03	20	17,2	20	31,82	20
E	T	24	0,95	24,3	0,94625	25	0,9375	22,8	0,965
ISQA		44,2985		58,194375		70,4765625		45,282625	
CALIDAD ASIGNADA		INADMISIBLE		INADMISIBLE		INTERMEDIA		INADMISIBLE	
Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.									

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### 5.6.6 CÁLCULO DEL ISQA PARA EL RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI

En la tabla 5.27 se muestran todos los datos de los parámetros que intervienen en el cálculo del ISQA, correspondientes al Río Estación Lumbaqui, registrados en los años 1989, 2000, 2006 y 2008.

**Tabla 5.27 Cálculo del ISQA para el Río Estación Lumbaqui**

CÁLCULO ISQA: RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI									
Variable	Parámetro	PIMA	Resultado	EIA - OCP	Resultado	DIAG-SOTE	Resultado	DIAG-ACTUAL	Resultado
A	D.Q.O	36	8,4	N.E	<b>15</b>	89	0	6	24
B	SDT	29	20,65	N.E	<b>12,5</b>	30	20,5	88	11,8
C	O.D	7,6	19	7,4	18,5	5,2	13	4,4	11
D	C.E	22	20	28,3	20	60	20	45	20
E	T	23	0,9625	21,5	0,98125	24	0,95	23,6	0,955
ISQA		65,498125		64,7625		50,825		63,794	
CALIDAD ASIGNADA		ADMISIBLE		ADMISIBLE		INADMISIBLE		ADMISIBLE	
Los valores en negrilla son valores intermedios asumidos debido a que no existen datos.									

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

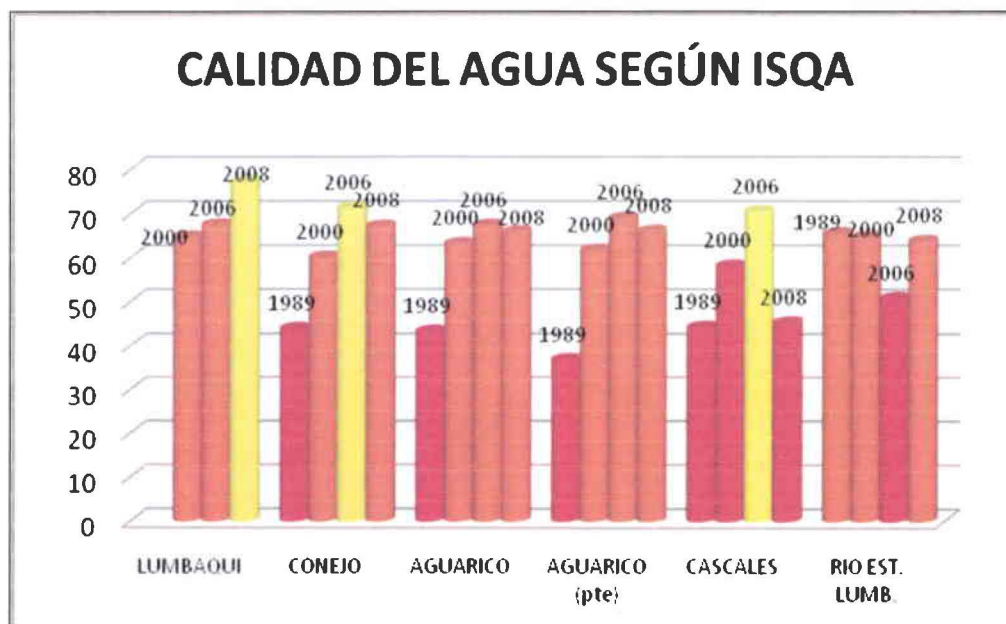
## 5.7 COMPARACIÓN ENTRE LAS CALIDADES OBTENIDAS PARA LAS AGUAS DE LOS SEIS RÍOS EN BASE AL CÁLCULO DEL ISQA

Al haber calculado el Índice Simplificado de Calidad del Agua, para cada una de las muestras tomadas en los distintos años en cada río; se procede a realizar una comparación entre los resultados del ISQA para poder observar la evolución de la calidad del agua en cada río desde 1989 hasta la actualidad. Para esto, se va a trabajar con una gama de colores que indican la calidad asignada por medio del valor del ISQA obtenido:

VALOR ISQA	CALIDAD	COLOR ASIGNADO
100 - 90	EXCELENTE	AZUL
90 - 80	BUENA	VERDE
80 - 70	INTERMEDIA	AMARILLO
60 - 70	ADMISIBLE	NARANJA
< 60	INADMISIBLE	ROJO

A continuación, se pueden observar las calidades de las aguas superficiales de los seis puntos de muestreo (Aguarico, Aguarico puente, Cascales, Lumbaqui, Estación Lumbaqui y Conejo).

**Gráfico 5.33** Evaluación de la Calidad del Agua según el ISQA



Elaboración: María del Carmen Arteaga.

### 5.7.1 CALIDAD DEL AGUA SEGÚN ISQA

Como se observa en el gráfico 5.33, la calidad del agua en los diferentes ríos ha oscilado entre "Inadmisable" (color rojo), "Admisible" (color naranja) e "Intermedia" (color amarillo). En ninguno de los estudios de línea base efectuados en los años 1989, 2000, 2006 y 2008, se ha registrado valores adecuados de los parámetros que puedan arrojar un valor del alto de ISQA; por lo que, hasta el momento no se han establecido calidades de agua del tipo "Excelente" o "Buena". En general, la calidad del agua de los ríos ha evolucionado de la siguiente manera:



Río Lumbaqui: Presentó calidades calificadas como “Admisibles”, durante los años 2000 y 2006; sin embargo, en el 2008 con el Diagnóstico Actual, la muestra tomada reporta una calidad correspondiente a “Intermedia”.

Río Conejo: En 1989 con el PIMA se reportó una calidad del agua catalogada como “No Admisible”, en el año 2000 llegó a una calidad “Admisible”, notándose una mejoría en el 2006 al llegar a reportar una calidad “Intermedia”. Sin embargo, en el 2008, con el Diagnóstico Actual, la muestra tomada en el Río Conejo reportó un ISQA igual a 67,15; correspondiente a una calidad “Admisible”.

Río Aguarico: En el PIMA (1989) se reportó un valor de ISQA menor a 60, lo que corresponde a una calidad “No Admisible”. En los tres estudios de línea base sobre calidad del agua siguientes (2000, 2006 y 2008); las muestras tomadas en el punto correspondiente al Río Aguarico (cerca de Nueva Loja), reportaron calidades calificadas como “Admisibles”.

Río Aguarico (en el puente): Al igual que el punto de muestreo correspondiente al Río Aguarico, la muestra recolectada en el año 1989 reportó una calidad “No Admisible”, mientras que, en los años 2000, 2006 y 2008, se reportaron calidades del agua equivalentes a “Admisibles”.

Río Cascales: El caso del Río Cascales es muy particular, ya que en los años 1989, 2000 y 2008 se reportaron valores de ISQA menores a 60; es decir, calidades “No Admisibles”; pero sorpresivamente, durante el diagnóstico ambiental efectuado en el 2006, el ISQA obtenido en base a los datos de temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos y demanda química de oxígeno, equivale a una calidad “Intermedia”.

Río Estación Lumbaqui: Las muestras tomadas en el estero sin nombre cerca de la Estación de Bombeo Lumbaqui, denominado en este estudio como “Río Estación Lumbaqui”, reportaron calidades “Intermedias” en los años 1989, 2000 y 2008, con un declive en su calidad en el 2006 al obtenerse un valor de ISQA menor a 60 (Calidad No Admisible).

### 5.7.2 USO DEL AGUA SEGÚN ISQA

Es necesario aclarar, que, el ISQA sirve para determinar una calidad aproximada de las aguas superficiales de ríos, lagos y lagunas; sin embargo, esta calidad deberá ser interpretada, según el uso que se le dé a dichas aguas. El uso adecuado del agua de los ríos según la tabla 2.8 "Clasificación de las Aguas según el ISQA", será el siguiente:

**Tabla 5.28** Uso apto del Agua de los seis ríos analizados según el ISQA

RÍO	AÑO	USO APTO DEL AGUA
Lumbaqui	2000	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2006	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2008	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
Conejo	1989	Navegación Refrigeración
	2000	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2006	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2008	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
Aguarico	1989	Navegación Refrigeración
	2000	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2006	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2008	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
Aguarico en Puente	1989	Navegación Refrigeración
	2000	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2006	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)

	2008	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
Cascales	1989	Navegación Refrigeración
	2000	Riego Agua Industrial Agua Potable (mediante tratamientos especiales)
	2006	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2008	Riego Agua Industrial Agua Potable (mediante tratamientos especiales)
Estación Lumbaqui	1989	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2000	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)
	2006	Riego Agua Industrial Agua Potable (mediante tratamientos especiales)
	2008	Agua Potable (mediante tratamientos convencionales) Piscicultura Recreativo (incluso baño)

Elaborado por: María del Carmen Arteaga.

Fuente: Universidad Politécnica de Cataluña (UPC): "Técnicas Ambientales: Parámetros de Contaminación".  
<http://www.euetii.upc.es/continguts/APUNTS/CURTIDOS/Master/Aguas%20residuales/2%20PARAMETROS%20DE%20CONTAMINACI%C3%93N.pdf>

## CAPÍTULO VI

### PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE PETROECUADOR

#### 6.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO

El Plan de Manejo Ambiental para el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (PMA – SOTE), fue elaborado por la misma consultora que se encargó de la realización del Diagnóstico Ambiental para las operaciones del SOTE en el 2006, ESINGECO.

El Plan de Manejo Ambiental, está conformado por medidas, planes y programas; que evitaren, reducirán o compensarán cualquier tipo de impacto ambiental ocasionado por las operaciones del SOTE.

Los planes y programas establecidos en el PMA – SOTE, se agrupan en:

- Plan de Prevención y Mitigación de Impactos
- Plan de Contingencias
- Plan de Capacitación Ambiental
- Plan de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial
- Plan de Manejo de Desechos
- Plan de Relaciones Comunitarias
- Plan de Rehabilitación de Zonas Afectadas
- Plan de Abandono

Todos los costos necesarios para la implementación de estos planes y programas son asumidos en partes iguales por la Gerencia de Oleoducto y PETROCOMERCIAL; ya que, comparten el derecho de vía.



### 6.1.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS

MEDIDAS AMBIENTALES: CALIDAD DEL AGUA EN EL DERECHO DE VÍA DEL SOTE				
MEDIDA	OBJETIVO	RESPONSABLES	ZONA DE APLICACIÓN	PLANES ADICIONALES
Control de los espesores de las tuberías	Contrarrestar fugas en los tramos del ducto que atraviesan por cuerpos hídricos, considerados como ambientalmente sensibles, para evitar contaminación de los mismos.	Supervisores de Protección Ambiental y Seguridad Industrial de las estaciones más cercanas.	Cordillera Real y Cordillera Occidental.	
Vigilancia Visual periódica de los cuerpos de agua sensibles	Detectar a tiempo cualquier tipo de contaminación de los cauces hídricos, sobre todo de aquellos que reciben directamente las descargas provenientes de las estaciones de bombeo Baeza y Papallacta.	Encargados del control en el derecho de vía.	Cordillera Real (Tramos: El Reventador - El Chaco-Baeza -Papallacta). Cordillera Occidental (Quito - San Juan de Chillogallo - Alluriquín - Santo Domingo de los Colorados).	Plan de Monitoreo para Cuerpos de Agua Contaminados
Adecuada disposición de los desechos producto del mantenimiento del oleoducto en el Derecho de vía	Evitar que los desechos producidos durante el mantenimiento del derecho de vía del SOTE, por medio de acción de la lluvia, alteren la calidad del agua de los ríos cercanos.	Personal de mantenimiento del derecho de vía.	A lo largo de todo el oleoducto.	Plan de Manejo de Desechos (incorporación de sitios de almacenamiento transitorio)
Dar tratamiento a las descargas líquidas en todas las estaciones	Cumplir con los límites permisibles para descargas líquidas del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburiíferas vigente.	No definido en PMA	Todas las estaciones, tanto de bombeo como de reducción.	Plan de Manejo de Desechos (Manejo de Descargas Líquidas).
Reevaluación de las piscinas API <sup>1</sup>	Contratar a dos técnicos para que efectúen los respectivos análisis de laboratorio en aquellas estaciones donde ciertos parámetros incumplieron con la norma, a fin de comprobar el incumplimiento.	Técnicos Contratados	Estación Lumbaqui (muestra superó el límite permisible de DQO). Estación Papallacta (DQO y CE). Estación Quinindé (DQO y TPHs). Terminal Balao (TPH y DQO).	Plan de Manejo de Desechos.

<sup>1</sup> Piscinas utilizadas para la separación de hidrocarburos del agua a través de operaciones unitarias primarias.

Mantenimiento de drenajes, tanques, tuberías y sumideros en las estaciones.	Evitar percances como el derrame debido al mal manejo de descargas líquidas en diferentes actividades (liqueos <sup>2</sup> por evacuación del colchón de agua de los tanques de almacenamiento y/o fugas de productos en el sello de las válvulas de los equipos, lavado de motores, mantenimiento electromecánico, entre otros) que puedan afectar a los cauces cercanos. La Gerencia de Oleoducto debe realizar una inspección periódica de los equipos mencionados (tanques de almacenamiento: inspección semanal).	Personal Capacitado para Inspección (propio de la empresa).	Todas las estaciones, tanto de bombeo como de reducción.	
Contabilizar volumen de agua contaminada en el sitio de generación y darle tratamiento previo.	Evitar cualquier tipo de contaminación en los ecosistemas sumideros, debido a descargas sin tratamiento producto de lavado de tanques, piscinas API, lavado de motores, entre otros, a fin de cumplir con lo establecido en el RAOH y en el TULAS.	No definido en PMA	Todas las estaciones, tanto de bombeo como de reducción.	Plan de Manejo de Desechos (Manejo de Descargas Líquidas).
Controlar que los efluentes no sean vertidos directamente al mar sin previo tratamiento.	Todos aquellos efluentes producto del lavado de tanques de almacenamiento, lavado de cascos de las naves en los buques y otros desechos, no deben ser vertidos directamente al mar, a fin de evitar la contaminación de las playas y el agua marina.	No definido en PMA	Terminal de Balao (Provincia de Esmeraldas).	Plan de Manejo de Desechos (Manejo de Descargas Líquidas).

Elaboración: María del Carmen Arteaga C.

Fuente: Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental para las Operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, "Plan de Manejo Ambiental - Plan de Prevención y Mitigación de Impactos", ESINGECO, PETROECUADOR, 2006.

<sup>2</sup> "Liqueos": fugas de líquido.

## 6.1.2 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS

PLAN DE MANEJO DE EFLUENTES LÍQUIDOS (EN EL DERECHO DE VÍA DEL OLEODUCTO)		
MEDIDA	OBJETIVO / DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
Diagnóstico del cuerpo de agua	Identificar y Evaluar el grado de contaminación del cuerpo de agua.	Los diagnósticos ambientales son primordiales ya que conforman la línea base en la cuál se sustentarán las medidas y acciones a tomar.
Recolección del Desecho Líquido	Separar restos de hidrocarburos del agua, para que ésta pueda ser reincorporada al cuerpo de agua, dependiendo de su cantidad y calidad. De otra forma, este tipo de desechos líquidos serán incorporados al Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de cada Estación.	La separación petróleo - agua, será efectuada por la Estación que posea las facilidades para esta operación. Cada una de las Estaciones cuenta con un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales. La recolección y transporte de los residuos líquidos, deben ser efectuados por personal capacitado y entrenado. El equipo y vehículos (vacuum <sup>3</sup> ) son los adecuados para estas situaciones.
Reacción ante una emergencia	Siempre que ocurra un accidente producido durante la operación y mantenimiento en el DDV, se debe aplicar el Plan de Contingencias, iniciando con la cadena de notificación de la contingencia, la Gerencia de Oleoducto deberá informar a la Autoridad Ambiental competente de inmediato.	Estas medidas son aplicables, tanto en el Derecho de vía del oleoducto, así como en las estaciones de bombeo / reducción. Debe existir personal debidamente capacitado y entrenado para reaccionar ante una emergencia de este tipo.
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (EN EL DDV DEL OLEODUCTO)		
MEDIDA	OBJETIVO / DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
Medidas ante un Derrame	En caso de producirse un derrame en el derecho de vía del oleoducto, se lo debe contener mediante barreras absorbentes, bermas o barreras en serie o cascada, barreras para desviar el contaminante, entre otros; y aplicar el Plan de Contingencias.	Esta medida es aplicable a cualquier zona que haya sido afectada por el derrame de crudo, proveniente del SOTE.
Tratamiento de Residuos Aceitosos	Cada estación cuenta con las denominadas piscinas API para el tratamiento de este tipo de residuos. Consisten en operaciones unitarias primarias que separan los hidrocarburos del agua, siendo recuperado el hidrocarburo.	Algunos sistemas de tratamiento (estaciones Papallacta y Lumbaqui), no cumplen con su objetivo, ya que las muestras tomadas no cumplen con lo dispuesto en el RAOH.

<sup>3</sup> “Vacuum”: vehículos que poseen un sistema de succión integrado.

Evaluación de las piscinas API	Para el buen funcionamiento de las piscinas API, se debe evaluar su diseño civil, mecánico y eléctrico; con todos los sistemas conexos para la recolección, conducción, tratamiento y descarga; así como, el envío a los tanques de reproceso del "slop" <sup>4</sup> recuperado, entre otros.	El alcance del estudio realizado por ESINGECO, se limita a determinar a través del Diagnóstico Ambiental si las descargas están o no cumpliendo con el RAOH, sin embargo el dimensionamiento, rediseño y mantenimientos de los sistemas de tratamiento de efluentes deberá ser evaluado bajo otros estudios más profundos.
Asegurar que se cuente con los equipos necesarios	Los equipos mínimos requeridos para el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, son: sistema desnatador superficial, sistema de evacuación slop, rascador de fondo, tolva de decantación y drenaje, sistema de evacuación de lodos, válvulas y demás aditamentos, geomembrana y químicos.	Todas las estaciones del SOTE, cuentan con los equipos mínimo requeridos. Los desechos tratados en este sistema son catalogados como "peligrosos", por lo que, los lodos provenientes de este tratamiento pueden ser tratados a través de métodos de "Landfarming" <sup>5</sup> , piscinas de tratamiento e incineración; en el caso de la incineración el residuo deberá ser encapsulado y depositado en una celda de seguridad.
Operación y Mantenimiento del Sistema	Con el fin de mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento se debe realizar, con una frecuencia adecuada, el mantenimiento general del sistema en base al volumen de residuos líquidos a tratarse.	Se debe además: - Determinar la frecuencia de la evacuación del sobrenadante (a través del sistema de piscinas API o uso de un "Skimmer" <sup>6</sup> ). - Utilizar equipos manuales y materiales absorbentes para la remoción del sobrenadante en exceso y para el mantenimiento en general. - Re-evaluar las dimensiones y capacidad el sistema para evitar el rebose del agua en las piscinas. - Evaluar la operación y mantenimiento del sistema mediante la elaboración de bitácoras.

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Fuente: Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental para las Operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, "Plan de Manejo de Desechos – Plan de Manejo de Efluentes Líquidos", ESINGECO, PETROECUADOR, 2006.

<sup>4</sup> "Slop": es la masa líquida o semi-sólida de crudo recuperado en el proceso de separación de las piscinas API.

<sup>5</sup> "Landfarming": técnica de bioremediación de suelos contaminados por hidrocarburos que se basa en la degradación natural del crudo a través de bacterias.

<sup>6</sup> "Skimmer": es un dispositivo utilizado para rescatar hidrocarburos del agua, a través de un sistema rotatorio oleofílico que capta el crudo.



### 6.1.3 PLAN DE CONTINGENCIAS

PLAN DE CONTINGENCIAS - RIESGOS EN EL DERECHO DE VÍA DEL SOTE		
Vulnerabilidad	Amenaza	Riesgo
Del Ambiente a las Instalaciones		
Suceptibilidad o "debilidad" de un punto del SOTE, ante una amenaza ambiental	Todo factor de posible alteración de las condiciones normales de operación de los ductos, puede ser natural (erosión, socavamiento, avalancha, aceleración sísmica) o antrópica (sabotaje, operación y mantenimiento deficiente, etc).	Probabilidad; por ejemplo, de que los ductos sufran daños por corrosión o desplazamiento en un cruce sometido a fenómenos de socavamiento.
De las Instalaciones al Ambiente		
Sensibilidad o grado de recuperabilidad de un ambiente receptor ante la eventualidad de contaminación con petróleo	Factor de impacto probable severo sobre el ambiente a causa de una eventual fuga (por ejemplo: el derrame se considera amenaza para los cuerpos de agua cercanos).	Probabilidad; por ejemplo, de que por una ruptura se cause un derrame que impacte un ecosistema crítico, debido a su proximidad con las instalaciones (ductos o estación).
La calificación de la vulnerabilidad y la amenaza se hará bajo los siguientes rangos: crítico (4), alto (3), medio (2) y bajo (1)		

Elaboración: María del Carmen Arteaga.

Fuente: Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental para las Operaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, "Plan de Contingencias – Riesgos en el Derecho de Vía", ESINGECO, PETROECUADOR, 2006.

#### 6.1.3.1 Riesgos provocados por las Instalaciones hacia el Ambiente

En las actividades de transporte y almacenamiento en el derecho de vía del oleoducto, se identifican las siguientes amenazas: derrames, explosiones e incendios; cuya probabilidad de ocurrencia dependerá de la vulnerabilidad establecida. En la tabla a continuación, se analiza los riesgos sobre el componente hídrico en la zona del estudio:

Componente Ambiental	Características Principales	Vulnerabilidad	Amenaza
Hidrología y Calidad del Agua	Zona Oriental: Variación de caudales medios desde 0,20 a 18,83 m <sup>3</sup> /s en el caso del Río Aguarico. Calidad del agua presenta altos niveles de contaminación, no es apta para consumo humano ni uso recreativo.	3	4

Elaboración: María del Carmen A.

#### 6.1.3.2 Riesgos provocados por el Ambiente hacia las Instalaciones

Basándose en el Diagnóstico Ambiental efectuado, se establecieron las amenazas y vulnerabilidades, las cuáles se encuentran en la siguiente tabla de riesgos para el componente hídrico en la zona de estudio:

Componente Ambiental	Características Principales	Vulnerabilidad	Amenaza
Crecidas	Variación en los caudales de crecida, para un tiempo de retorno de venticinco (25) años, se tienen valores que van de 4,11 a 57 m <sup>3</sup> /s para ríos angostos, entre 63 a 280 m <sup>3</sup> /s para ríos anchos, alcanzando los 4000 m <sup>3</sup> /s para el Río Aguarico.	2	4

### 6.1.3.3 Matriz Base de Riesgo

AMENAZA \ VULNERABILIDAD	AMENAZA			
	CRITICA (4)	ALTA (3)	MEDIA (2)	BAJA (1)
CRITICA (4)	CRITICA (4)	CRITICA (4)	ALTA (3)	MEDIA (2)
ALTA (3)	CRITICA (4)	ALTA (3)	ALTA (3)	MEDIA (2)
MEDIA (2)	ALTA (3)	ALTA (3)	MEDIA (2)	MEDIA (2)
BAJA (1)	MEDIA (2)	MEDIA (2)	MEDIA (2)	BAJA (1)

Fuente: Plan de Contingencias, ESINGECO, PETROECUADOR, 2006.

### 6.1.3.4 Análisis de Riesgos

Aplicando la matriz base de riesgo, obtenemos que los riesgos, para la Zona de la Llanura Amazónica en cuanto al componente hídrico, son los siguientes:

DERECHO DE VÍA	Riesgos: instalaciones hacia el ambiente			Riesgos: Ambiente hacia instalaciones		
	Hidrología y Calidad del Agua			Crecidas		
ZONA	Vulnerabilidad	Amenaza	Riesgo	Vulnerabilidad	Amenaza	Riesgo
Oriental	3	4	4	4	2	3

Fuente: Plan de Contingencias, ESINGECO, 2006.

## 6.2 PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL (11)

El Plan de Monitoreo Ambiental, reúne una serie de actividades sistemáticas y ordenadas, orientadas a controlar y establecer un seguimiento de las afectaciones provocadas al medio ambiente en el área del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano.

El monitoreo, abarca la vigilancia de todas las acciones del Plan de Manejo Ambiental; y debe ser realizado por personal técnico especializado, capacitado y comprometido con la protección del medio ambiente.

El alcance del plan, se limita al monitoreo de los tres siguientes componentes ambientales: biótico, abiótico y antrópico; presentes en el área de influencia directa del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. El plan, abarca varios programas de monitoreo; sin embargo, los programas que son de interés para este estudio son: el Programa de Monitoreo de Efluentes y el Programa de Monitoreo de Cuerpos de Agua Contaminados.

### **6.2.1 PROGRAMA DE MONITOREO DE EFLUENTES**

Este programa tiene como objetivos principales:

- Controlar la alteración del medio ambiente.
- Proteger las fuentes hídricas de la zona.
- Analizar el grado de afectación de los efluentes a los cuerpos de agua para realizar su reducción en la fuente, mediante el mejoramiento de los procesos y sistemas de tratamiento.
- Evaluar el grado de eficiencia de los programas contemplados en el Plan de Manejo de Desechos del Plan de Manejo Ambiental.
- Cumplir con la normatividad vigente respecto a efluentes.

La toma de muestras de aguas en los efluentes de cada una de las estaciones del SOTE y la interpretación de los resultados; serán llevadas a cabo por una empresa consultora ambiental. Los parámetros a analizarse serán aquellos contemplados en las tablas 4 a), 4 b) y 5 del RAOH (ver Anexo 3).

Los resultados obtenidos en el monitoreo interno tendrán que ser presentados a la DINAPA bajo un formato establecido (ver Anexo 6).

El responsable del cumplimiento, será la Unidad de protección Ambiental y Seguridad Industrial (UPASI), y la encargada del monitoreo, será una empresa Consultora Ambiental contratada.

## **6.2.2 PROGRAMA DE MONITOREO DE CUERPOS DE AGUA NATURALES CONTAMINADOS**

Los objetivos principales de este programa son:

- Controlar la alteración del medio ambiente.
- Determinar las condiciones de calidad para aguas naturales contaminadas por efluentes domésticos e industriales, atribuibles o no a la actividad petrolera, donde los vertidos en estaciones provocan la presencia en el cuerpo receptor un punto de inmisión.
- Evaluar el grado de operatividad de los planes de Prevención y Mitigación de Impactos, Plan de Contingencias y Plan de Manejo de Desechos.

Por lo general, este programa de monitoreo, será efectuado tan sólo en los cuerpos de agua cercanos a estaciones, donde se ha determinado, que los efluentes no cumplen con la normativa ambiental establecida.

## **6.3 ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y DEL PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO.**

En este punto, se analizará el grado de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, en cuanto a los siguientes planes: Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, Plan de Manejo de Desechos y Plan de Contingencias.

Como se ha explicado, el Plan de Monitoreo Ambiental, sin duda, es uno de los mejores mecanismos para evaluar el grado de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental en lo referente a la calidad del agua en el derecho de vía del oleoducto, ya que, los dos programas de monitoreo (monitoreo de efluentes y monitoreo de cuerpos de agua contaminados), nos permiten evaluar fácilmente el grado de eficiencia de los sistemas de tratamiento, medidas ambientales y demás actividades contempladas en el Plan de Manejo Ambiental.

Es debido a esto, que, el Análisis de Cumplimiento, se basará en el último informe del "Monitoreo Ambiental Interno del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, SOTE,



correspondiente al primer semestre de 2007". Este informe, fue realizado por técnicos especializados de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental (FIGEMPA), de la Universidad Central del Ecuador; la cual, consta como una Consultora Ambiental, dentro de las listas de Consultores de la DINAPA. Dicho informe fue presentado a la Gerencia de Protección Ambiental de PETROECUADOR en octubre del 2007.

Los resultados del monitoreo ambiental interno, están presentados por cada una de las estaciones del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, y para cada uno de los diferentes análisis realizados:

- Emisiones Gaseosas en Fuentes Fijas de Combustión
- Descargas Líquidas
- Monitoreo de Suelos
- Monitoreo de Ruidos.

A continuación, se detalla los resultados del monitoreo de descargas líquidas obtenidos en las estaciones de bombeo del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano: Estación No. 1 "Lago Agrio" y Estación No. 2 "Lumbaqui", al encontrarse dentro de la zona de éste estudio.

### **6.3.1 DESCARGAS LÍQUIDAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO LAGO AGRIO (15)**

#### **6.3.1.1 Aguas Industriales**

En la tabla 6.1, se identifica el efluente industrial y su respectivo cuerpo receptor, y en la tabla 6.2, se detalla los resultados del informe respectivo.

**Tabla 6.1 Identificación de efluentes y puntos de control**

<b>Nombre de la Empresa:</b>	Gerencia de Oleoducto - PETROECUADOR	
<b>Nombre del Proyecto:</b>	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano SOTE	
<b>Nombre de la Estación:</b>	<b>Estación No. 1 Lago Agrio</b>	
<b>A) Punto de Descarga (efluente):</b>		
<b>Coordenadas (UTM):</b>	18/290512 E	0008207 N
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	00°04'27" N	76°52'57" O
<b>Descripción:</b>		

Tipo de descarga: Caudal promedio: Tratamiento previo a la descarga: Otras características:	Efluente industrial previamente tratado. 0.09 litros/segundo. Separador API por gravedad.
<b>B) Punto de Control (inmisión):</b>	Estero
<b>Distancia del Punto de Descarga:</b>	200 m
<b>Descripción:</b> Caudal promedio: Condiciones meteorológicas: Otras características:	0.71 litros/segundo Sin régimen de lluvia

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.2 Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno**

<b>Nombre de la Estación:</b>		Estación No. 1 Lago Agrio								
<b>Periodo / Año:</b>		Primer semestre 2007								
<b>Nombre del Laboratorio:</b>		Laboratorio de Análisis Químicos y Ambientales FIGEMPA								
<b>Punto muestreo /fecha /código de muestra</b>	<b>pH</b>	<b>CE (μS/cm)</b>	<b>TPH (mg/l)</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>ST (mg/l)</b>	<b>Ba (mg/l)</b>	<b>Cr (mg/l)</b>	<b>Pb (mg/l)</b>	<b>V (mg/l)</b>	<b>HAPs (mg/l)</b>
<b>A)Efluente M1 18 - 09 - 07</b>	7.87	147.8	3.34	56	548	<0.46	<0.041	<0.079	<1.0	-
<b>B)Inmisión M1 18 - 09 - 07</b>	7.68	238	<0.5	12	-	-	-	-	-	<2.79E-3

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

A continuación se presenta los cuadros comparativos de los resultados del monitoreo ambiental con el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOH).

Se empleará la tabla 4 "Límites para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos" de dicho reglamento (ver anexo 3).

**Tabla 6.3 Límites Permisibles para descargas líquidas en el efluente**

<b>Tabla 4 A) EFLUENTE (punto de descarga)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado en</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores Obtenidos</b>	<b>Valor Límite</b>	<b>Cumple Norma</b>
			<b>M1</b>		
Potencial Hidrógeno	pH	-	7.87	5<pH<9	SI
Conductividad Eléctrica	CE	μS/cm	147.8	< 2500	SI
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	3.34	<20	SI

Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	56	<120	SI
Sólidos Totales	ST	mg/l	548	<1700	SI
Bario	Ba	mg/l	<0.46	<5	SI
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.041	<0.5	SI
Plomo	Pb	mg/l	<0.079	<0.5	SI
Vanadio	V	mg/l	<1.0	<1	SI
Nitrógeno global (orgánico, amoniacal y óxidos)	Total - N	mg/l	1.05	<20	SI

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.4 Límites Permisibles para el Punto de Inmisión**

Tabla 4 B) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valores Obtenidos	Valor Límite	Cumple Norma
			M1		
Temperatura	-	° C	30.6	+ 3° C	SI
Potencial Hidrógeno	pH	-	7.68	6.0<pH<8.0	SI
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm	238	<170	NO
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.5	SI
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	12	<30	SI
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	HAPs	mg/l	<2.79E-3	<0.0003	NO

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

### 6.3.1.2 Aguas Negras y Grises

En la tabla 6.5, se presenta la identificación del punto de descarga de las aguas negras y grises de la estación de Bombeo Lumbaqui, y en la tabla 6.6, el respectivo informe de resultados.

**Tabla 6.5 Identificación del punto de descarga de aguas negras y grises**

<b>Nombre de la Empresa:</b>	Gerencia de Oleoducto – PETROECUADOR	
<b>Nombre del Proyecto:</b>	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano "SOTE"	
<b>Nombre de la Estación:</b>	Estación No. 1 Lago Agrio	
<b>Punto de Descarga:</b>		
<b>Coordenadas (UTM):</b>	18/291208 E	0009112 N
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	00°04'57" N	76°52'41" O

<b>Descripción:</b>	
Tipo de descarga:	Aguas grises
Caudal promedio:	0.13 l/s (intermitente)
Tratamiento previo a la descarga:	ninguno
Otras características:	

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.6 Informe sobre el monitoreo ambiental interno**

<b>Nombre de la Estación:</b>	<b>Estación No. 1 Lago Agrio</b>			
<b>Período / Año:</b>	Primer Semestre 2007.			
<b>Nombre del Laboratorio:</b>	Laboratorio de Análisis Químicos y Ambientales, FIGEMPA			
<b>Punto muestreo/ fecha/ código de la muestra</b>	<b>pH</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>Colonias (Col/100ml)</b>	<b>Cl<sub>2</sub> (mg/l)</b>
Aguas Negras y Grises, M1 18 - 09 - 07	8.73	23	<10	0.01

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

A continuación, se presenta el cuadro comparativo de los resultados del monitoreo ambiental interno con la tabla No. 5 del RAOH "Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises".

**Tabla 6.7 Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises**

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valores Obtenidos	Valor Limite	Cumple Norma
			M1		
Potencial de Hidrógeno	pH	-	8.73	5<pH<9	SI
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	23	< 80	SI
Coliformes Fecales	Colonias	Col/100ml	<10	< 1000	SI
Cloro Residual	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0.01	< 2.0	SI

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

## 6.3.2 DESCARGAS LÍQUIDAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO LUMBAQUI (7)

### 6.3.2.1 Aguas Industriales

En la tabla 6.8, se presenta la identificación del efluente (punto de descarga al ambiente) y su respectivo cuerpo receptor, mientras que en la tabla 6.9, se encuentra el informe de resultados.

<sup>7</sup> "Informe de Monitoreo Interno del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, SOTE, correspondiente al primer semestre de 2007", FIGEMPA, PETROECUADOR, 2007.



**Tabla 6.8 Identificación de Efluentes y Puntos de Control**

<b>Nombre de la empresa:</b>	Gerencia de Oleoducto – PETROECUADOR
<b>Nombre del Proyecto:</b>	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano “SOTE”
<b>Nombre de la Estación:</b>	<b>Estación de Bombeo Lumbaqui</b>
<b>A) Efluente (punto de descarga):</b>	
<b>Coordenadas (UTM):</b>	18/230473 E 9998967 N
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	00°00'34" S 77°25'17" O
<b>Descripción:</b>	
Tipo de descarga:	Efluente industrial previamente tratado
Caudal Promedio:	0.41 l/s
Tratamiento previo a la descarga:	Separador API con filtros coalescentes y un suministro principal
Otras características:	
<b>B) Punto de Control (Inmisión):</b>	
<b>Distancia del punto de descarga:</b>	Río s/n
<b>Distancia del punto de descarga:</b>	150 m
<b>Descripción:</b>	
Caudal Promedio:	0.01 l/s
Condiciones Meteorológicas:	Sin régimen de lluvia
Otras características:	

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.9 Informe sobre el Monitoreo Ambiental Interno**

<b>Nombre de la Estación:</b>		Estación de Bombeo Lumbaqui								
<b>Periodo / Año:</b>		Primer semestre 2007								
<b>Nombre del Laboratorio:</b>		Laboratorio de Análisis Químicos y Ambientales FIGEMPA								
<b>Punto muestreo /fecha /código de muestra</b>	<b>pH</b>	<b>CE (μS/cm)</b>	<b>TPH (mg/l)</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>ST (mg/l)</b>	<b>Ba (mg/l)</b>	<b>Cr (mg/l)</b>	<b>Pb (mg/l)</b>	<b>V (mg/l)</b>	<b>HAPs (mg/l)</b>
<b>A)Efluente M1</b> 19 – 09 – 07	7.86	268.8	2.22	103	562	<0.46	<0.41	<0.079	<0.046	2.12E-2
<b>B)Inmisión M1</b> 19 – 09 - 07	8.57	20.9	<0.5	17	-	-	-	-	-	1.40E-2

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

En las tabla 6.10 y 6.11, se muestra la comparación de los resultados con la normativa ambiental vigente; en este caso, la tabla No. 4 del RAOH “Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos”. (Ver Anexo 3).

**Tabla 6.10 Límites permisibles para descargas líquidas en el Efluente**

<b>Tabla 4 A) EFLUENTE (punto de descarga)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado en</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores Obtenidos</b>		<b>Cumple Norma</b>
				<b>M1</b>	
Potencial Hidrógeno	pH	-		7.86	5<pH<9

Conductividad Eléctrica	CE	μS/cm	268.8	< 2500	SI
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	2.22	<20	SI
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	103	<120	SI
Sólidos Totales	ST	mg/l	562	<1700	SI
Bario	Ba	mg/l	<0.46	<5	SI
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.41	<0.5	SI
Plomo	Pb	mg/l	<0.079	<0.5	SI
Vanadio	V	mg/l	<1.0	<1	SI

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.11 Límites permisibles de descargas líquidas en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión)**

Tabla 4 B) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valores Obtenidos	Valor Límite	Cumple Norma
			M1		
Temperatura	-	° C	22.6	+ 3° C	SI
Potencial Hidrógeno	pH	-	8.57	6.0<pH<8.0	NO
Conductividad Eléctrica	CE	μS/cm	20.9	<170	SI
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.5	NO
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	17	<30	SI
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	HAPs	mg/l	1.40E-2	<0.0003	NO

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

### 6.3.2.2 Aguas Negras y Grises

En la tabla 6.12, se identifica el punto de descarga de aguas negras y grises en la estación de bombeo Lumbaqui, y en la tabla 6.13, su respectivo informe.

**Tabla 6.12 Identificación del punto de descarga de aguas negras y grises**

<b>Nombre de la Empresa:</b>	Gerencia de Oleoducto – PETROECUADOR
<b>Nombre del Proyecto:</b>	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano "SOTE"
<b>Nombre de la Estación:</b>	Estación de Bombeo Lumbaqui
<b>Punto de Descarga:</b>	
<b>Coordenadas (UTM):</b>	18/230527 E      9999132 N
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	00°00'28" S      77°25'15" O
<b>Descripción:</b>	
Tipo de descarga:	Aguas negras y grises previamente tratadas
Caudal promedio:	intermitente
Tratamiento previo a la descarga:	Coagulación – homogenización – sedimentación – cloración.
<b>Otras características:</b>	

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

**Tabla 6.13 Informe sobre el monitoreo ambiental interno**

<b>Nombre de la Estación:</b>	<b>Estación de Bombeo Lumbaqui</b>			
<b>Período / Año:</b>	Primer Semestre 2007.			
<b>Nombre del Laboratorio:</b>	Laboratorio de Análisis Químicos y Ambientales, FIGEMPA			
<b>Punto muestreo/ fecha/ código de la muestra</b>	<b>pH</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>Colonias (Col/100ml)</b>	<b>Cl<sub>2</sub> (mg/l)</b>
Aguas Negras y Grises, M1 19 – 09 - 07	7.92	57	<10	0.01

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE. Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

En la tabla 6.14, se compara los resultados obtenidos en el monitoreo ambiental interno con la tabla No. 5 del RAOH "Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises".

**Tabla 6.14 Límites Permisibles para Descargas de Aguas negras y grises**

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valores Obtenidos	Valor Límite	Cumple Norma
			M1		
Potencial de Hidrógeno	pH	-	7.92	5<pH<9	SI
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	57	< 80	SI
Coliformes Fecales	Colonias	Col/100ml	<10	< 1000	SI
Cloro Residual	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0.01	< 2.0	SI

Fuente: Informe del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE. Primer semestre de 2007, FIGEMPA, 2007.

### 6.3.3 CONCLUSIONES SOBRE ESTACIÓN LAGO AGRIO

Tras haber comparado, los resultados obtenidos en el Monitoreo Ambiental Interno, correspondiente al primer semestre de 2007, con los límites permisibles establecidos en el RAOH para descargas líquidas se puede concluir lo siguiente:

**Efluente Industrial:** Los resultados analíticos comprueban que el sistema de tratamiento previo a las descargas de aguas industriales en la Estación de Bombeo Lago Agrio, se encuentra funcionando óptimamente, ya que, la concentración de contaminantes es baja, cumpliéndose con los valores máximos permisibles de la tabla 4 del RAOH.

**Punto de Inmisión:** La muestra tomada en el punto de inmisión (punto de control en el cuerpo receptor), no cumple con los valores máximos permisibles respecto a conductividad eléctrica e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Esto, puede deberse a



la confluencia de las descargas líquidas provenientes de la estación central de PETROPRODUCCIÓN.

Aguas Grises: Todos los parámetros analizados cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla No. 5 del RAOH.

#### **6.3.4 CONCLUSIONES SOBRE ESTACIÓN LUMBAQUI**

Efluente Industrial: Todos los parámetros analizados se encuentran bajo los valores máximos permisibles establecidos en la tabla 4 del RAOH. Esto indica, que el sistema de tratamiento previo a la descarga es eficiente.

Punto de Inmisión: Las pruebas analíticas determinan, que no se cumple con los valores máximos permisibles establecidos para pH, hidrocarburos totales e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Esto, podría deberse, a remanencias de algún tipo de fuga o derrame cerca de la zona donde se encuentra el cuerpo receptor.

Aguas Negras y Grises: Todos los valores registrados, se encuentran bajo los límites máximos establecidos en la tabla No. 5 del RAOH. Esto, demuestra que, la planta de tratamiento de aguas negras y grises se encuentra funcionando eficientemente.



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

Tras haber realizado este trabajo investigativo, se concluye que la calidad del agua de las microcuencas del Río Aguarico que atraviesan el derecho de vía del SOTE, si ha cambiado a partir del primer estudio de línea base realizado en 1989. Los datos obtenidos sobre la calidad del agua de los ríos analizados indican que el tipo de contaminación presente; es en su mayoría de origen orgánico, antes que de origen industrial (hidrocarburífero). Motivo por el cual, el comportamiento de los parámetros ha sido el siguiente:

- Potencial Hidrógeno (pH): los valores registrados desde 1989 hasta enero del 2008, oscilan entre 5,5 y 8,6 unidades. En general, los valores se encuentran dentro del rango establecido en el RAOH<sup>1</sup>, con excepción de algunos datos en 1989 que se encontraron bajo el límite mínimo permisible. Este parámetro tiende a incrementar levemente; pero su incremento a futuro de acuerdo a datos estadísticos se encontrará dentro del rango establecido por la norma, lo que se evidencia en los gráficos 5.1 y 5.2 del Capítulo V.
- Temperatura: la temperatura del agua superficial de los ríos ha oscilado entre los 20 y 25 ° C. La mayoría de los datos registrados sobre temperatura se encuentran dentro del rango permisible, con algunas excepciones donde se registraron temperaturas un poco bajas según las características típicas de la zona de estudio. Cabe recalcar que, temperaturas bajas no afectan la calidad ambiental del recurso a diferencia de las temperaturas altas (por sobre los 26 ° C); perturbando directamente a la fauna acuática e indirectamente colabora en la intensificación los efectos de otro tipo de contaminantes, al actuar como un catalizador.

---

<sup>1</sup> Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Decreto Ejecutivo No. 1215.

- Concentración de Oxígeno Disuelto (OD): este parámetro es de por sí, uno de los indicadores más importantes de la calidad del recurso agua. El oxígeno disuelto asegura la sobrevivencia y el desarrollo adecuado de la fauna acuática. La concentración de OD, en las aguas de los ríos muestreados, se ha encontrado entre los 3,81 – 7,60 mg/l. A partir del año 2000, los valores de OD empezaron a disminuir drásticamente, incumpliendo con el límite mínimo permisible. Este parámetro indica una baja calidad del agua. Este cambio, puede deberse no sólo a descargas industriales que disminuyen el oxígeno disuelto en el agua debido a la reactividad de los contaminantes; sino también por la creciente explosión demográfica en la zona, lo que genera un incremento en la descarga de aguas negras y grises a ecosistemas sumideros; en donde la presencia de microorganismos reduce drásticamente el oxígeno disuelto en el agua.
- Conductividad (CE): todos los valores registrados se encuentran cumpliendo con la norma, y del análisis comparativo se determinó que este parámetro tiende a mantenerse bajo el límite máximo permisible sin presentar un cambio marcado.
- Sólidos Disueltos (SD): la concentración de sólidos disueltos en el agua ha permanecido bajo el límite máximo permisible, con excepción del punto correspondiente al Río Cascales en el 2008. Los sólidos disueltos, es uno de los parámetros que intervienen en el cálculo del ISQA, debido a que éstos son un gran indicador de partículas disueltas en el agua, que podrían llegar a ser nocivas para el consumo humano. En general, este parámetro tiende a disminuir, con excepción del Río Cascales en el cuál se presentó un fuerte incremento en la concentración de sólidos disueltos.
- Fenoles: las industrias carbonífera y petroquímica, son las principales fuentes de fenoles en el ambiente, puesto que estos compuestos se forman a partir de la degradación de la hulla del petróleo. La concentración de compuestos fenólicos en el agua de los ríos muestreados, ha aumentado considerablemente con el tiempo, y éste es el parámetro, que según su comportamiento, tiende a incrementarse más que cualquier otro en el tiempo, incumpliendo de esta manera con la normativa ambiental aplicable.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): De acuerdo a los valores obtenidos de DBO<sub>5</sub>, se concluye que al momento se encuentran bajo el límite máximo permisible, cabe indicar que en el punto de muestreo del Río Estación Lumbaqui, se presenta una fluctuación con tendencia al alza en el período 2000 – 2006, alcanzando los 25 mg/l, cambio tal vez por la operación conjunta del SOTE y el OCP en la zona. Actualmente la tendencia de este parámetro es la de mantenerse bajo la norma establecida.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): los valores de demanda química de oxígeno de los ríos estudiados en 1989 fue extremadamente alta, sin embargo con el tiempo la tendencia ha sido la de disminuir notablemente, en todos los ríos analizados, cumpliendo de esta manera con la norma establecida.
- Sustancias Tensoactivas (MBAS): este parámetro siempre se ha mantenido bajo la norma establecida, sin embargo tiende a incrementar levemente debido, principalmente, al crecimiento poblacional de la zona, ya que los habitantes del sector utilizan el agua de los ríos para actividades cotidianas como el lavado de ropa y otras actividades que descargan sustancias tensoactivas (detergentes, saponificantes), deteriorando de esta manera la calidad del recurso.
- Metales Pesados: los metales pesados representan el mayor de los problemas ha tratarse en los estudios siguientes de línea base de la zona, puesto que debido a la inexactitud de los equipos con los que se cuenta en los laboratorios para la medición de la concentración de metales pesados en el agua, no se puede determinar si se cumple o no con la norma establecida. Sin embargo, según lo asumido en este estudio, se puede concluir que:
  - Las concentraciones de Bario (Ba) y Vanadio (V) se encuentran debajo del límite máximo permisible y tiende a disminuir, con excepción del Río Cascales.
  - Se asume que las concentraciones de Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo (Cr) y Níquel (Ni), pueden no estar cumpliendo con la norma, debido a que el límite de detección de los equipos utilizados para su estimación es mayor al valor máximo permisible establecido en el RAOH.

- Hidrocarburos Totales (TPHs): la concentración de hidrocarburos totales en el agua se ha mantenido siempre bajo el límite máximo permisible. Sin embargo, en el año 2000, durante el estudio de línea base para la construcción del OCP, se utilizó un equipo de laboratorio cuyo límite de detección era de 5 mg/l, siendo la concentración máxima permitida en el RAOH de 0,5 mg/l, por lo que no se puede determinar si ese año las muestras de agua analizadas cumplían o no con la norma. Aún así, los TPHs tienden a disminuir.

Además de realizar el análisis por parámetros en los diferentes puntos de muestreo, en este estudio también se aplicó un índice de calidad del agua, basándose en diferentes parámetros obtenidos en los análisis de laboratorio. El índice aplicado fue el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), del cual se puede concluir para cada uno de los ríos:

- Río Lumbaqui: la calidad del agua de este río mejoró notablemente, presentando en el 2008 una calidad equivalente a "Intermedia", considerando que anteriormente la calidad de este recurso era "Admisible". Las aguas del Río Lumbaqui pueden ser utilizadas actualmente para Agua Potable (mediante tratamientos convencionales), Piscicultura y Uso Recreativo (incluso baño).
- Río Conejo: la calidad del agua ha sufrido un cambio, ya que en el análisis del período anterior era "Intermedia" y ahora está catalogada como "Admisible", presentando una pequeña decaída. Actualmente, las aguas de este río pueden ser utilizadas para Agua Potable (mediante tratamientos convencionales), Piscicultura y Uso Recreativo (incluso baño).
- Río Aguarico: la calidad del agua ha sufrido una afectación, si bien es cierto se mantiene dentro del rango de "Admisible", pero comparando con el período anterior hubo un decremento del 2.3 % en el ISQA. Las aguas de este río pueden ser utilizadas para Agua Potable (mediante tratamientos convencionales), Piscicultura y Uso Recreativo (incluso baño).
- Río Aguarico (en puente): De igual forma que en punto anterior este tramo presenta un decrecimiento de aproximadamente un 6% respecto al período anterior en lo que se refiere a la calidad dada por el ISQA, siendo la del 2008



deberse a la cercanía de la Estación de Bombeo con la Estación Central de Petroproducción (ver mapa 2).

- Tal como se determinó antes, los compuestos, cuya concentración es la más alarmante, son los fenoles. Según los informes del Monitoreo Ambiental Interno del SOTE, las estaciones de bombeo de la zona de estudio (Estación Lago Agrio y Estación Lumbaqui) no son las responsables de la gran cantidad de compuestos fenólicos presentes en las aguas superficiales de los ríos analizados, ya que las descargas líquidas de dichas estaciones cumplen con la normativa ambiental. En consecuencia, se puede inferir que estos compuestos provienen de otras actividades industriales o hidrocarbúricas en la zona ajenas a las operaciones del oleoducto, o también pueden ser producto de la degradación de agroquímicos y pesticidas provenientes de la actividad agrícola del sector.
- En cuanto al Plan de Contingencias, no se pudo obtener información clave que permitiría determinar el grado de cumplimiento con el mismo. Sin embargo, el desastre ocurrido el pasado 29 de febrero, es una muestra clara de la importancia de la aplicación correcta del Plan de Contingencia. El percance ocurrió cuando un alud ocasionó que se derramaran 4000 barriles de crudo en el sector de El Reventador a 60 km al este. El derrame contaminó las aguas del Río Coca, principal fuente de agua de la ciudad Francisco de Orellana, y ha sido el mayor en 20 años, ya que afectó a 80 m. del oleoducto y más de 18 Ha afectadas. Sin embargo las acciones del personal de PETROECUADOR fueron oportunas intentando en primera instancia contener el derrame haciendo uso de material oleofílico absorbente y encapsulantes. Por lo que se puede concluir y asumir en cierta parte que el Plan de Contingencias está siendo aplicado aunque no se haya podido tener acceso completo a la información necesaria para evaluar su cumplimiento, debido a que es información exclusiva de la Gerencia de Oleoducto.
- No se pudo contar con información detallada para evaluar el cumplimiento del Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, sin embargo se conoce de fuentes internas que sí existe un monitoreo frecuente de los espesores de la tubería y que continuamente cuadrillas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército

realizan el mantenimiento del derecho de vía del oleoducto y vigilancia visual del mismo. En el punto referente a si los desechos producto del mantenimiento del derecho de vía tienen una disposición final adecuada, no se cuenta con información al respecto.

## 7.2 RECOMENDACIONES

Aunque se ha concluido que las Operaciones del SOTE están siendo llevadas a cabo según lo establecido en el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOH), durante este estudio se pudo determinar varios puntos que deben ser tomados en consideración con el único fin de mejorar aún más en la relación entre la Actividad Petrolera y el Medio Ambiente, puesto a que hoy en día la sociedad es cada vez más exigente al respecto, y la conciencia ambiental debe estar a la par del crecimiento productivo y empresarial.

Entre las recomendaciones principales están:

- Equipos de Laboratorio: existe una inconsistencia clara entre los límites máximos permisibles establecidos en la norma y la exactitud de los equipos de laboratorio con los que se cuenta, por lo que se plantea dos opciones: la primera, y la más recomendable, sería la de contar con equipos de laboratorio que posean límites de detección menores a la norma para poder evaluar el cumplimiento de la misma, de lo contrario, el análisis de muestras en laboratorio resulta inútil y tan sólo representa un gasto para la empresa sin ningún tipo de beneficio; ahora bien, la otra opción sería la de proponer la reevaluación de la norma ambiental vigente, ya que, tal vez los estándares exigidos no se aplican a la realidad de nuestro país ni a la tecnología disponible.
- Derrame 29 de Febrero 2008: aunque se ha determinado que el derrame no contaminó las Aguas de la Cuenca del Río Aguarico (zona de estudio); se recomienda realizar un nuevo diagnóstico de la calidad del agua de los ríos pertenecientes a este sistema hídrico, para descartar cualquier tipo de afectación, al comparar los datos de este nuevo muestreo con los del diagnóstico realizado un mes antes del percance, en Enero de 2008.

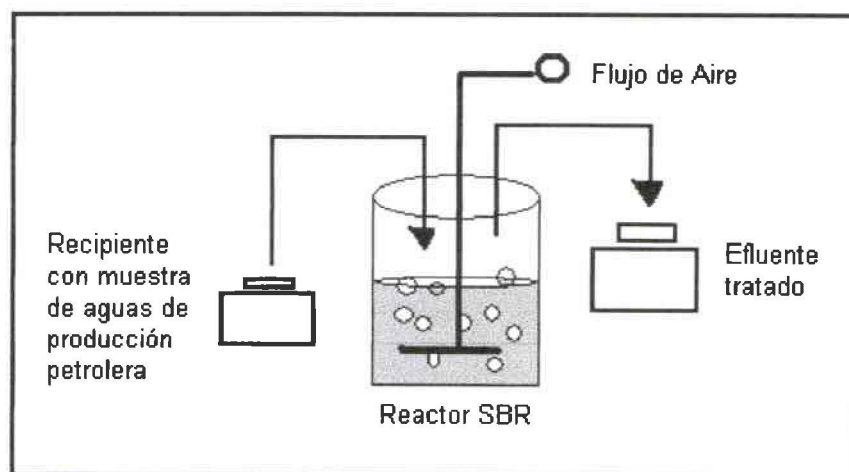
- Monitoreo Ambiental Interno: se recomienda caracterizar a la salida directa de las piscinas y no sólo en el punto de descarga al cuerpo receptor, para poder parametrizar el verdadero volumen proveniente de las operaciones de las estaciones y controlarlo antes de que sea descargado. También se recomienda el tomar muestras continuamente, tanto en el punto de descarga del efluente como en el punto de inmisión, haciendo uso de los laboratorios internos con los que cuenta PETROECUADOR para el análisis; utilizando estos resultados como posibles semáforos para el monitoreo ambiental interno. Esto se efectuaría con el propósito de adoptar cualquier medida que sea necesaria para asegurar el cumplimiento de la norma antes de que la Consultora Ambiental contratada (en este caso la FIGEMPA de la Universidad Central del Ecuador) efectúe el informe de monitoreo ambiental interno presentado a la Gerencia de Protección Ambiental de PETROECUADOR y a la DINAPA. Este monitoreo continuo (cada dos meses) permitiría contar con 6 datos anuales en vez de sólo 2 (al ser semestral), para poder determinar con mayor exactitud la causa de un cambio inesperado en uno de los parámetros, en caso de que se presente alguno.
- Plan de Manejo Ambiental: se recomienda que en el Plan de Manejo se establezcan responsables, asignación detallada de tareas y tiempos de ejecución de las mismas, para facilitar la evaluación del cumplimiento del mismo tanto para personal externo como para aquellos funcionarios encargados de dar el seguimiento correspondiente. Además, se recomienda el realizar un monitoreo más frecuente de los espesores y grado de corrosión de las tuberías a fin de prevenir futuros desastres ambientales ocasionados por derrames o fugas.
- Estudios de Línea Base: se recomienda realizar estudios de línea base cada 3 a 5 años, para poder mantener información base sobre la calidad del agua y las condiciones ambientales de los ríos que atraviesan el derecho de vía del SOTE, para que en caso de un nuevo derrame o fuga se pueda evaluar la eficiencia de los métodos utilizados para la remediación ambiental al ya contar con un escenario base para la comparación.

- **Concentración de Compuestos Fenólicos:** Al ser la concentración de fenoles el parámetro con mayor tendencia al alza y debido a que tanto la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) como la Unión Europea, han catalogado a estos compuestos como contaminantes prioritarios, la remoción de fenoles totales en las aguas de producción petrolera es sumamente relevante. Para lograr reducir la concentración de fenoles, se recomienda aplicar un sistema de degradación biológica aeróbica, a través de la implementación de reactores secuenciales por carga (SBR) que facilitan la degradación a través de microorganismos.

En varios estudios se ha comprobado que los siguientes microorganismos son capaces de degradar eficientemente los fenoles totales en las aguas de producción petrolera: *Flavobacterium* sp., *Rhodococcus chlorophenolicus*, *Rhodococcus* sp. *Arthrobacter* sp., *Mycobacterium* sp., *Sphingomonas* sp., y *Pseudomonas* sp.<sup>2</sup>

En la figura 7.1 se muestra un esquema de lo que sería un Sistema Experimental para la reducción de Fenoles en el agua a través de Degradación Biológica Aeróbica.

**Figura 7.1 Sistema Experimental de un Reactor SBR para degradación de Fenoles Totales**



Fuente: [www.scielo.org.ve](http://www.scielo.org.ve)

Como fuente de carbono y energía se puede utilizar una dilución de glucosa u otro nutriente, para garantizar la sobrevivencia de los microorganismos.

<sup>2</sup> McALLISTER K., LEE H., TREVORS J. *Biodegradation* 7: 1-40, 1996



## CAPÍTULO VIII

### BIBLIOGRAFÍA

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) PETROECUADOR: *"Cuencas Hidrográficas del Ecuador"*. Relaciones Institucionales, Quito – Ecuador, 2001.
- 2) PETROECUADOR: *"Hitos de la Industria Petrolera: 1829 – 2005"*. Segunda Edición, Quito – Ecuador, 2006.
- 3) PETROECUADOR; FIGEMPA: *"Serie Petróleo y Ambiente: El Proceso Hidrocarburífero en la Amazonía Ecuatoriana"*. Editorial Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, 2002.
- 4) PETROECUADOR; FIGEMPA: *"Serie Petróleo y Ambiente: El Componente Socio-ambiental en la Industria Hidrocarburífera"*. Editorial Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, 2002.
- 5) JARAMILLO, Luís: *"Parámetros Ambientales y Técnicas de Medición"*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil (Unidad de Medio Ambiente), 1997 – 1998.
- 6) MILIARIUM: *"Índices globales de calidad del agua"*.  
<http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>
- 7) PETROECUADOR; FIGEMPA: *"Serie Petróleo y Ambiente: Desarrollo Sustentable y Petróleo"*. Editorial Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, 2002.
- 8) PETROECUADOR; FIGEMPA: *"Serie Petróleo y Ambiente: Legislación Ambiental Hidrocarburífera del Ecuador"*. Editorial Universitaria, Universidad Central del Ecuador, Quito – Ecuador, 2002.
- 9) ESEN – AMBIENTEC; PETROECUADOR: *"Plan Integral de Manejo Ambiental de la Actividad Hidrocarburífera"*. Calidad Físico – Química del Agua. Quito – Ecuador, 1990.
- 10) ENTRIX S.A.; OCP Ecuador S.A.: *"Oleoducto para Crudos Pesados; Estudios Ambientales – Línea Base; Fase de Transporte, Almacenamiento y Obras Civiles"*, Quito – Ecuador, Mayo 2001.
- 11) ESINGECO; PETROECUADOR: *"Diagnóstico y Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Sistema de Poliductos Shushufindi –*

*Quito y Esmeraldas – Quito*". Capítulo III: Calidad del Agua. Quito – Ecuador, 2006.

12) Ministerio de Energía y Minas "MINEM" de la República del Perú: "*Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua*", Lima – Perú, 1999.

13) MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE: "*Portal de la Confederación Hidrográfica del Duero*". Gobierno de España.

<http://www.chduero.es/Inicio/ElaguaenlacuencaCalidad/Redesdecontroldecalidad/Nuevosprogramasdeseguimiento/tabid/168/Default.aspx>

14) Milliarum.com

<http://www.milliarum.com/Paginas/Prontu/Indices/IndicesCalidadAgua.html>

15) FIGEMPA; PETROECUADOR: "*Informe del Monitoreo Ambiental Interno del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) correspondiente al Primer Semestre de 2007*". Descargas Líquidas: Estación Lago Agrio y Estación Lumbaqui. Quito – Ecuador, 2008.

#### OTROS:

- "*Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOH)*", Decreto No. 2982, publicado en el Registro Oficial No. 766 del 24 de Agosto de 1995.
- "*Reglamento para la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua*", publicado en el Registro Oficial No. 204 del 5 de junio de 1989.
- "Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE): Glosario de Términos", Decreto Ejecutivo No. 1215, publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de Febrero del 2001.
- "*Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOH)*", Decreto Ejecutivo No. 1215, publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de Febrero del 2001.
- CANTER, Larry W.: "*Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*". Editorial Mc Graw Hill, Segunda Edición, Madrid – España, 1998.
- DIAZ, Altamira, RINCON, Nancy, MARIN, Julio César *et al*: "*Degradación de fenoles totales durante el tratamiento biológico de aguas de producción petroleras*". *Ciencia*, sep. 2005, vol.13, no.3, p.281-291. ISSN 1315-2076.

- PETROECUADOR: "*Gestión Ambiental Hidrocarburífera*". Volumen II: Normas Relacionadas. Quito – Ecuador, 2001.
- PETROECUADOR: "*Informe Anual 2006*". Quito – Ecuador, 2007.
- PROAÑO GABRIELA: "*Diagnóstico y Caracterización de derrames en zonas inundables o pantanosas*". FIGEMPA, Universidad Central del Ecuador, 2003.
- REPSOL YPF; PETROECUADOR: "*El Petróleo: qué es y para qué nos sirve*". Editorial Ediecuatorial, cuarta edición, Quito – Ecuador, Noviembre de 2007.
- RODRÍGUEZ, Fausto: "*Diccionario Ecológico, Energético Ecuatoriano*". M.E.C.N/ Fundación Natura/ Ministerio de Energía y Minas.
- LIBRO ELECTRÓNICO: "*Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente*":  
<http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>
- ECOAGUA: "*Contaminación del Agua*".  
<http://educasitios.educ.ar/grupo068/?q=node/61>
- AGENCIA CATALANA DEL AGUA: "*Índices de Calidad del Agua*".  
[http://mediambient.gencat.net/aca/es//aiguamedirius/indexs\\_qualitat.jsp](http://mediambient.gencat.net/aca/es//aiguamedirius/indexs_qualitat.jsp)
- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA: "*Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma – Chapala*".  
<http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA (UPC): "*Técnicas Ambientales: Parámetros de Contaminación*".  
<http://www.euetii.upc.es/continguts/APUNTS/CURTIDOS/Master/Aguas%20residuales/2%20PARAMETROS%20DE%20CONTAMINACI%C3%93N.pdf>
- PETROECUADOR, *Página Web*:  
<http://www.petroecuador.com.ec/Publicaciones/InformacionTecnica/index.htm>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM): "*Hoja Topográfica: Nueva Loja*" (escala 1:50.000).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM): "*Hoja Topográfica: El Dorado de Cascales*" (escala 1:50.000).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM): "*Hoja Topográfica: Lumbaqui*" (escala 1:50.000).



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Abiótico:** Elemento o sustancia que constituye el sustrato o medio físico en el cual se desarrollan los seres vivos, comprenden todos los compuestos inorgánicos y orgánicos básicos junto con minerales, aleaciones, que se encuentran formando el suelo, el agua y el aire.

**Abrasión:** proceso erosivo causado por el agua (lluvias, escorrentía).

**Acuático:** Organismo cuyo hábitat es el agua, por lo tanto es el individuo que vive o crece, cerca o sobre el cuerpo de agua.

**Acuífero:** Suelo o terreno con agua o bien capa subterránea de roca permeable, arena o gravilla que contiene o a través de la cual fluye agua. Se refiere a aguas subterráneas.

**Aerobio:** Tipo de respiración en la que se necesita el oxígeno molecular.

**Agente:** Participante de cualquier proceso en donde desempeñe un papel determinante y activo. (Ejemplo: agente contaminante).

**Agua subterránea:** Agua del subsuelo, especialmente la parte que se encuentra en la zona de saturación, es decir por debajo del nivel freático.

**Agua superficial:** Masa de agua sobre la superficie de la tierra, conforma ríos, lagos, lagunas, pantanos y otros similares, sean naturales o artificiales.

**Aguas negras y grises:** Residuo de agua de composición variada, proveniente de un proceso de actividad doméstica, en el cual su composición original ha sufrido una degradación. Las aguas negras provienen de los baños, las aguas grises de cocina y lavandería.

**Aguas residuales:** Aguas resultantes de actividades industriales que se vienen como efluentes.

**Ambiental:** Referido al medio ambiente y relativo, generalmente, a las condiciones dadas en los ecosistemas urbanos e industriales.

**Ambiente:** Conjunto de elementos bióticos y abióticos, y fenómenos físicos, químicos y biológicos que condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos. Generalmente se le llama medio ambiente.

**Anaerobio:** Microorganismo capaz de vivir sin presencia de oxígeno libre, el cual obtiene a partir de la descomposición de diversos compuestos orgánicos.

**Antropogénico:** De origen humano, sinónimo, por tanto, de humanizado.

**API:** American Petroleum Institute — la gravedad específica del petróleo se determina sobre la base de los estándares del API, que clasifica al crudo según su densidad.

**Área (natural) protegida:** Área de propiedad pública o privada, de relevancia ecológica, social, histórica, cultural y escénica, establecidas en el país de acuerdo con



la Ley, con el fin de impedir su destrucción y procurar el estudio y conservación de especies de plantas o animales, paisajes naturales y ecosistemas.

**Área de influencia directa:** Comprende el ámbito espacial en donde se manifiesta de manera evidente, durante la realización de los trabajos, los impactos socio – ambientales.

**Área de influencia:** Comprende el ámbito espacial en donde se manifiestan los posibles impactos ambientales y socioculturales ocasionados por las actividades hidrocarburíferas.

**Área útil:** Superficie ocupada por plataforma, helipuerto y campamento.

**Asentamiento Humano:** Proceso por el cual las poblaciones toman posesión y permanecen en una nueva área, donde los recursos dan abasto suficiente para el desarrollo óptimo de las mismas.

**Auditoría ambiental:** Análisis, apreciación y verificación de la situación ambiental y del impacto de una empresa o proyecto determinado sobre el medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales, verificando, además, el cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales ecuatorianas, y del Plan de Manejo Ambiental.

**Basura:** Desperdicio o resto eliminado que puede tener muchas diferenciaciones, pero suele clasificárselo de acuerdo a su origen, a saber: basura industrial, basura doméstica, etc.

**Biodegradación:** Proceso de transformación y descomposición de sustancias orgánicas por seres vivos, cambiando las características del producto original.

**Biodiversidad:** Cantidad y variedad de especies diferentes (animales, plantas y microorganismos) en un área definida, sea un ecosistema terrestre, marino, acuático, y en el aire. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre varias especies y entre los ecosistemas.

**Bioremediación:** Proceso de remediar sitios contaminados que aprovecha el potencial de ciertos microorganismos de degradar y descomponer los contaminantes orgánicos, optimizando a través de técnicas mecánicas y físico - químicas las condiciones para la acción microbiológica.

**Biota:** Conjunto de todos los seres vivos de un área determinada (animales, plantas, microorganismos). Biótico: perteneciente a los seres vivos.

**Biótico:** Relativo a los seres vivos.

**Bosque primario:** Formación arbórea que representa la etapa final y madura de una serie evolutiva, no intervenida por el hombre.

**Bosque protector:** Formación forestal cuya función es proteger de la erosión una zona, regularizando su régimen hidrológico.

**Bosque Tropical:** Bosques ubicados en áreas caracterizadas por altas temperaturas (promedio mínimo de 18°C) y alta precipitación (mínimo anual sobre 1.5 m).

**Bosque:** Asociación vegetal en la que predominan los árboles y otros vegetales leñosos; además contiene arbustos, hierbas, hongos, líquenes, animales y

microorganismos que tienen influencia entre sí y en los caracteres y composición del grupo total o masa.

**Cambio Climático:** Variación del clima que se presenta durante los espacios de tiempo geológico, y que afecta a un punto geográfico determinado. Puede ser consecuencia de los factores físicos que condicionan el planeta, como la relación tierra – agua, la dirección del viento por modificaciones térmicas en la atmósfera, por radiaciones cósmicas elementales o por causas intrínsecas del mismo, como podrían ser la disminución de la velocidad de rotación, de traslación o su paulatino enfriamiento endógeno.

**Capa Freática:** Nivel de agua del subsuelo que se ubica frecuentemente en el horizonte B y condiciona la fertilidad y humedad del terreno.

**Cartografía:** Rama de la geografía que desarrolla las técnicas que se requieren para la elaboración de mapas y cartas, con el propósito de visualizar distribuciones espaciales en varias disciplinas científicas.

**Caudal:** Volumen de agua por unidad de tiempo.

**Caza:** Actividad encaminada a matar animales, ya sea por necesidad o por fines deportivos.

**Clima:** Estado medio de los fenómenos meteorológicos que se desarrollan sobre un espacio geográfico durante un largo periodo. Está determinado por una serie de factores: inclinación del eje terrestre, proporción tierra - mar, latitud, altitud, exposición a los vientos, etc., y se encuentra articulado a un conjunto de elementos tales como presión, humedad, temperatura, pluviosidad, nubosidad, etc.

**Cobertura (vegetal):** Capa herbácea que recubre una zona de suelo determinada, evitando así una posible erosión, ya sea eólica o por abrasión.

**Coliformes fecales.** Los Coliformes fecales en el agua, es un parámetro que revela la cantidad de materia orgánica en los cuerpos hídricos, es un factor importante en la evaluación de la calidad de agua ya que permite identificar la presencia de contaminación por aguas servidas domésticas al determinar la concentración de colonias bacterianas por cada 100 ml de agua.

**Conductividad:** La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica; depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, concentración relativa y temperatura de medición. Es un parámetro que indica el contenido de sales disueltas o de minerales en el agua (mineralización).

**Contaminación:** Proceso por el cual un ecosistema se altera debido a la introducción, por parte del hombre, de elementos sustancias y/o energía en el ambiente, hasta un grado capaz de perjudicar su salud, atentar contra los sistemas ecológicos y organismos vivientes, deteriorar la estructura y características del ambiente o dificultar el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

**Control (ambiental):** Vigilancia y seguimiento (monitoreo externo) periódico y sistemático sobre el desarrollo y la calidad de procesos, comprobando que se ajustan a un modelo preestablecido. En las operaciones hidrocarburíferas, el control se realiza a través de la DINAPA; sinónimo de fiscalización ambiental. Véase también Monitoreo.

**COV:** Compuestos orgánicos volátiles (inglés: VOC). Tienen capacidad de formar oxidantes fotoquímicos por reacciones con los óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar; algunos COV son peligrosos para la salud.

**Crudo:** Mezcla de petróleo, gas, agua y sedimentos, tal como sale de las formaciones productoras a superficie.

**Cuenca Hidrográfica:** Sistema de vertientes forestales que canalizan el aporte hídrico de las lluvias, en un solo sistema de drenaje, que constituye un curso fluvial o río.

**Cuerpo de agua:** Acumulación de agua corriente o quieta, que en su conjunto forma la hidrósfera; son los charcos temporales, esteros, manantiales, marismas, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, reservas subterráneas, pantanos y cualquier otra acumulación de agua.

**Deforestación:** Proceso mediante el cual se tala árboles de un bosque. Se lo hace con fines de explotación comercial, industrial o doméstica.

**Degradación:** Proceso destructivo en el que un área pierde parte de su riqueza en especies.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** La DBO<sub>5</sub> es un buen indicador de la calidad general del agua, concretamente de la contaminación orgánica. Este parámetro refleja la cantidad de oxígeno disuelto en el agua necesario para la oxidación bioquímica aerobia de las sustancias orgánicas presentes en el agua. Valores superiores a diez (10) mg/l reflejan aguas muy contaminadas e inferiores a tres (3) mg/l corresponden a aguas limpias.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** Una medida para el oxígeno equivalente al contenido de la materia orgánica presente en un desecho o en una muestra de agua, susceptible a oxidación a través de un oxidante fuerte (expresado en mg/l). La DQO es una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en los efluentes de aguas domésticas y plantas industriales.

**Derecho de vía:** Franja de terreno de dimensiones específicas, en que se ha instalado un ducto y/o vía de acceso, que atraviesa una o varias propiedades y a la cual tiene acceso y servidumbre de tránsito el propietario del ducto, y dentro de cuya área se establecen las limitaciones de dominio.

**Derrame de hidrocarburos:** Escape de hidrocarburos producidos por causas operacionales imprevistas o por causas naturales, hacia los diversos cuerpos de agua y suelos.

**Desarrollo Sustentable:** Proceso que permite "mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan" (UICN/PNUMA/WWF, 1991). Otra definición es "asegurar que las necesidades actuales se satisfagan sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (MEC/UNESCO/ECOCIENCIA, 1994).

**Descarga:** Vertido de agua residual o de líquidos contaminantes al ambiente durante un periodo determinado o permanente.



**Desecho:** Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales o basuras procedentes de las actividades humanas o bien producto que no cumple especificaciones. Sinónimo de residuo.

**Diagnóstico ambiental:** Entiéndase la descripción completa de la Línea Base en los Estudios Ambientales.

**DINAPA:** Dirección Nacional de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador.

**Ecología:** Ciencia que estudia las condiciones de existencia de los seres vivos y las interacciones que existen entre dichos seres y su ambiente.

**Ecosistema:** Unidad básica de integración organismo — ambiente constituida por un conjunto complejo y dinámico, caracterizado por un substrato material (suelo, agua, etc.) con ciertos factores físico - químicos (temperatura, iluminación etc.), los organismos que viven en ese espacio, y las interacciones entre todos ellos en un área dada.

**Educación Ambiental:** Sistema renovado del conocimiento de la naturaleza mediante el cual se incluye al hombre como otro elemento más del sistema ecológico. Es utilizada para desarrollar campañas de conservación de recursos naturales y protección del medio ambiente.

**Efluente:** Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo: por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales.

**Emisión:** Descarga de contaminantes hacia la atmósfera.

**Endémico:** Organismo oriundo del país o la región donde habita.

**Erosión:** Proceso geológico de desgaste de la superficie terrestre y de remoción y transporte de productos (materiales de suelo, rocas, etc.) originados por las lluvias, escurrimientos, corrientes pluviales, acción de los oleajes, hielos, vientos, gravitación y otros agentes.

**Escorrentía:** Caudal superficial de aguas, procedentes de precipitaciones por lo general, que corre sobre o cerca de la superficie en un corto plazo de tiempo.

**Especie:** Conjunto de individuos con características biológicas semejantes y con potencialidad para intercambiar genes entre si dando descendencia fértil.

**Estación de bombeo:** Una de las facilidades construida a intervalos, a lo largo de un oleoducto que contiene tanques de almacenamiento, bombas y otros equipos para dirigir y mantener el flujo petrolero.

**Estudio de Impacto Ambiental (EIA):** Es el documento mediante el cual se da a conocer en base a estudios multidisciplinarios descriptivos, analíticos y predictivos, el impacto ambiental significativo y potencial que generarían o generan algunas actividades de desarrollo en un área específica.

**Exploración de hidrocarburos:** Fase de las operaciones hidrocarburíferas que dispone de un conjunto de técnicas que permiten ubicar y detectar en el subsuelo formaciones geológicas con posible acumulación de hidrocarburos.



**Explotación de hidrocarburos:** Fase de las operaciones hidrocarburíferas que dispone de un conjunto de técnicas destinadas a la producción de hidrocarburos.

**Fase de desarrollo:** Etapa en la que se ejecutan los trabajos necesarios para desarrollar los campos descubiertos y ponerlos en producción.

**Fase de producción:** Etapa comprendida entre el inicio de la explotación y el abandono de un campo petrolero. En industrialización, la fase de producción comprende todo el periodo de operación de las refinerías.

**Fases de la actividad (operaciones) hidrocarburífera(s):** Para efectos de este estudio, se clasifican de la siguiente manera: Exploración, explotación, transporte, almacenamiento y comercialización.

**Flora:** Conjunto de especies vegetales que pueblan determinados territorios o ambientes.

**Forestación:** Siembra de árboles en un determinado sitio para crear un bosque; reforestación - sembrar árboles en un sitio donde anteriormente había un bosque.

**Gestión ambiental:** Conjunto de políticas, estrategias, normas, actividades operativas y administrativas de planeamiento, financiamiento y control estrechamente vinculadas y orientadas a lograr la máxima racionalidad en los procesos de conservación y protección del medio ambiente para garantizar el desarrollo sustentable, ejecutadas por el Estado y la sociedad.

**GLP:** Gas licuado de petróleo.

**GPS:** Sistema global de posicionamiento. Permite la determinación exacta de coordenadas a través de equipos y satélites.

**Hábitat:** Lugar que ocupa el organismo, puede definirse como la suma total de las condiciones ambientales características del sitio específico ocupado o adecuado a las demandas de la población.

**HAPs:** Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH -abreviación del término inglés). Los HAPs son un grupo de compuestos de los cuales algunos son conocidos por su alto potencial cancerígeno.

**IGM:** Instituto Geográfico Militar.

**Impacto Ambiental:** Cualquier alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas resultante de las actividades humanas que directamente afecten a: la salud, la seguridad y bienestar de la población; las actividades socioeconómicas, la biota; las condiciones estéticas y sanitarias del medio ambiente y la calidad de los recursos ambientales.

**Inmisión:** Materiales o sustancias sólidos, líquidos o gaseosos, provenientes de una posible fuente de contaminación, que se reciben en el ambiente sea en aguas o suelos o en la atmósfera.

**Límite permisible:** Valor máximo de concentración de elemento(s) o sustancia(s) en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados, y reglamentado a través de instrumentos legales.

**Medidas ambientales:** Son las siguientes:

- De compensación: que se requieren para compensar y contrarrestar el deterioro v/d sustracción de algún elemento tangible o intangible del ambiente existente antes o durante la ejecución de las operaciones hidrocarburíferas.
- De contingencia (emergencia): diseñadas para dar respuesta inmediata ante cualquier siniestro.
- De control: que permiten garantizar la mínima ocurrencia de imprevistos que inciden negativamente sobre el ambiente. Se pueden basar en programas de control de contaminación, mantenimiento, seguridad industrial, etc.
- De mitigación: que se implementan para atenuar y reducir los efectos ambientales negativos de las operaciones hidrocarburíferas.
- De prevención: que anticipadamente se implementan para evitar el deterioro del ambiente.
- De rehabilitación: para minimizar el deterioro del ambiente y procurar su mejoramiento durante o después de las operaciones hidrocarburíferas.

**Mg/l, mg/kg:** Unidades de concentración: mg/l (miligramos por litro);- mg/kg (miligramos por kilogramo). Las dos unidades se refieren en la bibliografía muchas veces como ppm (partes por millón).

**Monitoreo (ambiental):** Seguimiento permanente mediante registros continuos, observaciones y mediciones, muestreos y análisis de laboratorio, así como por evaluación de estos datos para determinar la incidencia de los parámetros observados sobre la salud y el medio ambiente (= monitoreo ambiental).

**Monitoreo ambiental interno (automonitoreo):** Seguimiento permanente y sistemático mediante registros continuos, observaciones y/o mediciones, así como por evaluación de los datos que tengan incidencia sobre la salud y el medio ambiente, efectuado por la propia empresa.

**Nivel freático:** Altura que alcanza la capa acuífera subterránea más superficial.

**OCP:** Oleoducto para Crudos Pesados.

**Oleoductos:** Son las tuberías que sirven para transportar petróleo crudo contenido la mínima cantidad de impurezas.

**Oxígeno disuelto:** Es el oxígeno que esta disuelto en el agua. Esto se logra por difusión del aire del entorno, la aireación del agua que ha caído sobre saltos o rápidos; y como un producto de desechos de la fotosíntesis. Un adecuado nivel de oxígeno disuelto es necesario para una buena calidad del agua ya que es un elemento necesario para todas las formas de vida. Los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren adecuados niveles de oxígeno para proveerlo a las formas de vida aeróbicas. Un alto nivel de oxígeno disuelto en una comunidad de suministro de agua es bueno porque esto hace que el agua sea mejor. Sin embargo, los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua.

**Paisaje:** Unidad fisiográfica básica en el estudio de la morfología de los ecosistemas, con elementos que dependen mutuamente y que generan un conjunto único e insoluble en permanente evolución.

**pH:** Su valor define el contenido de materia orgánica (DQO, DBO), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados.

**Plan de Manejo Ambiental:** Conjunto de medidas ambientales de mitigación, control, prevención, compensación, rehabilitación y contingencia para maximizar los beneficios y reducir los daños de las acciones a ejecutarse en el ambiente natural y social.

**Pluvial:** Referido a la lluvia, calificativo de condiciones meteorológicas de abundantes y regulares precipitaciones en el año.

**Poliductos:** Tuberías que sirven para transportar derivados del petróleo y gas licuado de petróleo.

**Recurso:** Materia prima que es patrimonio natural y los medios de producción aprovechables en la actividad económica humana.

**Recursos Naturales:** Todos los bienes de la naturaleza que permiten al hombre subsistir en el planeta o fuera de él; pueden ser recursos naturales renovables (agua, bosques, aire, fauna, etc.) y recursos naturales no renovables (petróleo, carbón natural, gas, minas, etc.).

**Reforestación:** proceso que conlleva la restauración de la cobertura de árboles, por medio de la siembra de semillas o de plántulas en tierras de bosque que no logran recuperarse naturalmente (usualmente debido a la magnitud de la alteración [tamaño del área impactada] y cambios significativos de las condiciones del suelo).

**Rehabilitación ambiental:** Conjunto de acciones y técnicas con el objetivo de restaurar condiciones ambientales originales o mejoradas substancialmente en sitios contaminados y/o degradados como consecuencia de actividades humanas. Sinónimos: remediación ambiental, reparación ambiental, restauración ambiental.

**Relieve:** La diferencia de altura entre el punto alto y el punto bajo de una superficie.

**Residuo:** Cualquier material que el propietario/productor ya no puede usar en su capacidad o forma original, y que puede ser recuperado, reciclado, reutilizado o eliminado.

**Residuos peligrosos:** Aquellos residuos que debido a su naturaleza y cantidad son potencialmente peligrosos para la salud humana o el medio ambiente. Requieren un tratamiento o técnicas de eliminación especial para terminar o controlar su peligro. Se las denomina también "residuos especiales", desechos peligrosos o desechos especiales.

**Revegetación:** Siembra de especies vegetales de interés colectivo, generalmente como última etapa en trabajos de remediación ambiental.

**Sedimentación:** Proceso por el cual los materiales erosionados se depositan en lugares diferentes al lugar de origen.

**Sedimento:** El material que ha sido transportado y depositado por agua, viento, glaciar, precipitación o gravedad; una masa de material depositado.

**SIG (GIS):** Sistema de Información Geográfica (SIG). Son técnicas y programas de computación que permiten el almacenamiento y procesamiento de datos espaciales y la producción de mapas.

**Sólidos totales disueltos:** La cantidad total de sólidos que son disueltos en agua.



**Soluble:** Se refiere a una sustancia que se disuelve en un líquido.

**SOTE:** Acrónimo en español para Sistema de Oleoducto Transecuatoriano.

**Suelo:** Capa superficial de la corteza terrestre, conformado por componentes minerales provenientes de la degradación físico - química de la roca madre y compuestos orgánicos en proceso de degradación y/o transformación, íntimamente mezcladas, con poros de diferentes tamaños que dan lugar al agua y al aire del suelo, así como a microorganismos y animales del suelo y a las raíces de plantas a las cuales el suelo sirve de sustrato y sustento.

**Temperatura:** La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este parámetro influye en el comportamiento de otros parámetros de calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables físico - químicas.

**Toxicidad:** Una medida del potencial de la sustancia para causar daños a humanos, plantas o animales.

**TPH:** Total de hidrocarburos de petróleo (solubles o recuperables en ciertos solventes). Sinónimo: hidrocarburos minerales.

**Turbidez:** Una reducción en la transparencia del agua debido a la presencia de materia suspendida.

**Vegetación:** Conjunto de plantas que ocupan una determinada zona o región, término utilizado para referirse a las plantas abundantes y dominantes del lugar.

**Viable:** Tecnológicamente factible, ambientalmente preferible y económicamente sólido.

#### **Bibliografía:**

- Rodríguez Sarmiento Fausto, Diccionario Ecológico, Energético Ecuatoriano. M.E.C.N/ Fundación Natura/ Ministerio de Energía y Minas.
- Glosario de términos que consta en el Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúferas en el Ecuador (RAOHE).



## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, EN LO RELATIVO AL RECURSO AGUA

Publicado en el Registro Oficial No. 204 de 5 de Junio de 1989

#### A) CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO QUE SÓLO NECESITAN TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	Pt-Co	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2,0
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	Min. 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos		mg/l	1 000
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	400
Temperatura		°C	+/- 3° cond.nat
Tensoactivos	MBAS	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Nota: se han omitido aquellos parámetros que no sean de interés para comprobar contaminación por operaciones hidrocarburíferas.

**B) CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO QUE SÓLO NECESITAN DESINFECCIÓN**

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Pt-Co	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250
Compuestos fenólicos	fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			<b>Ausencia</b>
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	MBAS	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Nota: se han omitido aquellos parámetros que no sean de interés para comprobar contaminación por operaciones hidrocarburíferas.

**C) CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA USO RECREATIVO**  
**(CONTACTO PRIMARIO)**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	Mín 80% saturación, mín. 6 mg/l
Materia flotante	visible		Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0 m.
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

Nota: se han omitido aquellos parámetros que no sean de interés para comprobar contaminación por operaciones hidrocarburíferas.



## ANEXO 2

### REGLAMENTO AMBIENTAL PARA LAS OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS EN EL ECUADOR (RAOH)

Decreto No. 2982, publicado en el Registro Oficial  
No. 766 de 24 de Agosto de 1995

A) CUADRO No. 4: LÍMITES PERMISIBLES DE DESCARGAS DE  
FLUIDOS Y AGUAS DE FORMACIÓN (EXPLORACIÓN,  
EXPLOTACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite Máximo Permissible
Potencial Hidrogeno	pH	---	6 - 9
Temperatura	° C	° C	---
Material Flotante	---	---	Ausencia
Hidrocarburos	---	Mg/l	< 15
Grasas	---	Mg/l	< 15
Sólidos Totales Disueltos	STS	Mg/l	< 2500
Cloruros	Cl	Mg/l	< 2500
Sulfatos	Sulfatos	Mg/l	< 1200
Sólidos en Suspensión	SS	Mg/l	Remoción > 80% Carga < 40
Sólidos Sedimentales	---	Mg/l	< 40
Demanda Química de Oxígeno	DQO	Mg/l	< 80
Cadmio	Cd	Mg/l	< 0.1
Zinc	Zn	Mg/l	< 0.5
Cobre	Cu	Mg/l	< 3.0
Cromo	Cr	Mg/l	< 0.5
Fenoles	Fenoles	Mg/l	< 0.15
Fluoruros	Fluoruros	Mg/l	< 5.0
Mercurio	Hg	Mg/l	< 0.01
Níquel	Ni	Mg/l	< 2.0
Plomo	Pb	Mg/l	< 0.5
Vanadio	V	Mg/l	< 1.0

## ANEXO 3

### REGLAMENTO SUSTITUTIVO AL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA LAS OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS EN EL ECUADOR (RAOHE)

Decreto No. 1215, publicado en el Registro Oficial  
No. 265 de 13 de Febrero de 2001

**Tabla 4.- Límites Permisibles para el Monitoreo Ambiental Permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.**

#### 4a) EFLUENTE (punto de descarga)

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Limite Permissible <sup>1)</sup>	Promedio Anual <sup>2)</sup>	Destino de Descarga
Potencial Hidrógeno	pH	-----	5<pH<9	5<pH<9	Todos
Conductividad Eléct.	CE	μS/cm	<2500	<2000	Continente
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<20	<15	Continente
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<30	<20	Mar Abierto
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80	Continente
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<350	<300	Mar Abierto
Sólidos Totales	ST	mg/l	<1700	<1500	Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3	Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8	Todos
Nitrógeno Global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos) <sup>3)</sup>	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	<20	<15	Todos
Fenoles <sup>3)</sup>		mg/l	<0.15	<0.10	Todos

- 1) En cualquier momento.
- 2) Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el artículo 11 de este Reglamento.
- 3) Parámetro exigido únicamente para refinerías dentro del programa de monitoreo ambiental interno rutinario.

#### 4b) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Limite Permissible <sup>1)</sup>	Promedio Anual <sup>2)</sup>	Aplicación
Temperatura <sup>3)</sup>		° C	+ 3° C		General
Potencial Hidrógeno <sup>4)</sup>	pH	-----	6.0<pH<8.0	6.0<pH<8.0	General
Conductividad Eléctrica <sup>5)</sup>	CE	μS/cm	<170	<120	Continente
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.3	General
Demanda Química de Oxígeno <sup>6)</sup>	DQO	mg/l	<30	<20	General
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.0003	<0.0002	General

- 1) En cualquier momento.
- 2) Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el artículo 11 de este Reglamento.
- 3) A una distancia o en un radio de 300 metros, comparado con un punto representativo en el cuerpo receptor aguas arriba a la entrada del efluente.
- 4) De presentar el cuerpo receptor un pH natural menor a los límites establecidos, se pueden disminuir los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.
- 5) De presentar el cuerpo receptor una conductividad eléctrica natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.
- 6) De presentar el cuerpo receptor una DQO natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

**Tabla 5.- Límites Permisibles para descargas de Aguas Negras y Grises**

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Límite Permissible
Potencial Hidrógeno	pH	-----	5<pH<9
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<80
Coliformes Fecales	Colonias	Col/100ml	<1000
Cloro Residual	Cl <sub>2</sub>	mg/l	<2.0

**Tabla 9.- Parámetros a determinarse en la Caracterización de Aguas Superficiales Estudio de Línea Base – Diagnóstico Ambiental**

Parámetro	Expresado en	Unidad
Temperatura	° C	° C
Potencial Hidrógeno	pH	---
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm
Coliformes Fecales	Colonias	Col/100ml
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l
Bario	Ba	mg/l
Cadmio	Cd	mg/l
Cromo (total)	Cr	mg/l
Níquel	Ni	mg/l
Plomo	Pb	mg/l
Vanadio	V	mg/l
Sustancias tensoactivas (azúl de metileno)	MBAS	mg/l
Fenoles	-----	mg/l
Hidrocarburos Totales	TPHs	mg/l



## ANEXO 4

### MÉTODOS ANALÍTICOS PARA AGUAS ESTABLECIDOS EN EL REGLAMENTO SUSTITUTIVO DEL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS EN EL ECUADOR

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
Muestreo	Recolección y Preservación de Muestras	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 1060 DIN 38402 (Serie A11 – A22)
Temperatura	Determinación directa con termómetro de mercurio o alcohol, graduación de 0.1 °C. Alternativa: determinación con sensor de temperatura.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 2550 B
Potencial Hidrógeno	Determinación potenciométrica con electrodo calibrado en dos puntos.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 4500 H <sup>+</sup> -B
Conductividad Eléctrica	Determinación con electrodo calibrado en dos puntos.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 2510
Hidrocarburos Totales (TPHs)	Extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID). Alternativa: Extracción con freón, remoción de sustancias polares en el extracto y determinación por espectroscopia infrarrojo.	Publication No. ECY 97-602 (Washington, Junio de 1997) EPA 418.1; 1664 (SGT-HEM); ASTM D3921-96; DIN 38409-H18
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	Extracción con cloruro de metileno, separación por cromatografía: GC o HPLC y determinación por UV o FID, respectivamente.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 6440 B DIN 38407 – F8
Demanda Química de Oxígeno	Digestión ácido-caliente de la muestra con dicromato y ácido sulfúrico en presencia de un catalizador y sulfato de mercurio para eliminar interferencias de cloruros y determinación del exceso de dicromato por titulación.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 5220
Sólidos Totales	Secado de la muestra a 105° C hasta peso constante y determinación gravimétrica.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 2540 B
Bario	Filtración y acidificación de la muestra, determinación directa por espectroscopia de Absorción Atómica (AAS).	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 3030 B, 3111 B, D
Cromo (total)		
Plomo		
Vanadio		
Coliformes Fecales	Filtración por membrana e incubación a 44.5 ° C. Alternativa: Número más probable.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 9222, 9221
Cloro Residual	Determinación de cloro residual total con DPD por titulación o colorimetría.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 4500-CI F, G
Nitrógeno Global	Destilación de la muestra y determinación de Amonio (NH <sub>4</sub> ) por titulación, fotometría o electrodo ionosensitivo.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 4500-NH <sub>3</sub> ; DIN 38406-E5
Fenoles	Destilación, extracción con cloroformo y determinación fotométrica.	APHA/AWWA/WEF Standard Methods No. 5530



## ANEXO 5

### REGISTRO FOTOGRÁFICO

#### A) PUNTOS DE MUESTREO

##### A1) RÍO CONEJO (PM1)



Muestras tomadas el 15 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

##### A2) RÍO AGUAS BLANCAS CHICO (PM2)



Muestras tomadas el 15 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

##### A3) RÍO LUMBAQUI (PM3)



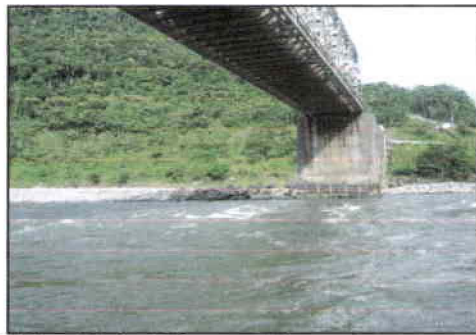
Muestras tomadas el 15 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

**A4) ESTERO SIN NOMBRE (RÍO ESTACIÓN LUMBAQUI, PM4)**



Muestras tomadas el 15 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

**A5) RIO AGUARICO EN PUENTE (PM5)**



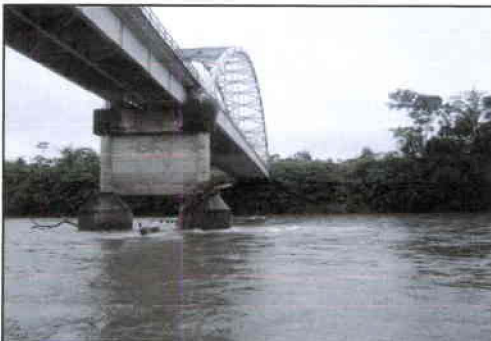
Muestras tomadas el 15 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

**A6) RÍO CASCALES (PM6)**



Muestras tomadas el 16 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.

**A7) RÍO AGUARICO (PM7)**



Muestras tomadas el 16 de Enero de 2008. Fotos: María del Carmen Arteaga.



**A8) RÍO PUCHUCHOA (PUNTO DE MUESTREO INACCESIBLE, PM N/A)**



Punto de Muestreo Visitado el 15 de Enero de 2008. Fotos: Maria del Carmen Arteaga.

**B) METODOLOGÍA DE MUESTREO**

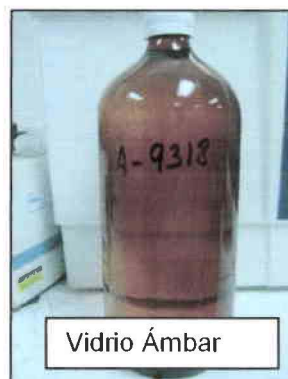
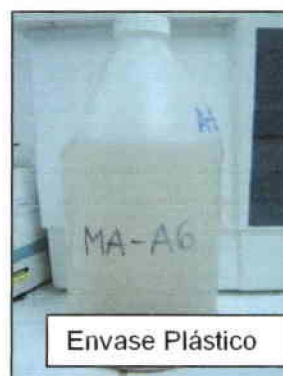
**B1) TOMA DE MUESTRAS**



**B2) MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA EVITAR CONTAMINACIÓN DE LAS MUESTRAS**



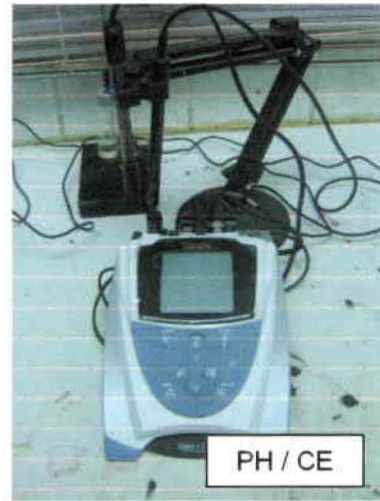
**C) RECEPCIÓN DE MUESTRAS Y ENVASES UTILIZADOS**





## D) ANÁLISIS DE LABORATORIO

### D1) EQUIPOS DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS DE AGUAS



## D2) ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA





# ANEXO 6

**PETROPRODUCCION**  
FILIAL DE PETROECUADOR



EL ECUADOR HA SIDO, ES  
Y SERÁ PAÍS AMAZÓNICO

## PETROPRODUCCIÓN Laboratorio Ambiental

Nueva Loja, Km 1 vía al Coca, Campamento de Petroproducción, Sucumbios - Ecuador

Pág. 01 de 02

IE/LABPAM/08 174

### INFORME DE ENSAYO

#### DESCRIPCION GENERAL

Fecha de Muestreo: 16/01/08      Fecha de Recepción: 17/02/08      Fecha de Emisión: 13/03/08

Peticionario:	Tesista Maria del Carmen (UDLA) Solicitud de Servicios 08-10
Estado de las muestras:	Aguas recolectadas en botellas de vidrio ámbar, envases esteriles, plástico, winkler.
Recolectado por:	Tesista María del Carmen (UDLA) BLog. Spartaco Endara
Método de muestreo:	Puntual en los puntos de intersección de los rios con el derecho de via del SOTE
Objetivo del muestreo:	Investigación de tesis de grado.

#### PARÁMETROS, METODOLOGÍA DE REFERENCIA Y LÍMITES PERMISIBLES

Parámetros	Expresado como	Unidad	Procedimiento de referencia <sup>(1)</sup>
Temperatura	°C	---	
Potencial de hidrógeno	pH	u de pH	PEE/LABPAM/AG/01
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm	PEE/LABPAM/AG/02
Coliformes fecales	Colonias	Col/100 ml	MILLIPORE METHOD
Oxígeno disuelto	OD	mg/L	PEE/LABPAM/AG/01
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/L	Spectroquant Merck 1.14752
Bario	BA	mg/L	APHA-AWWA WEF 3500-Ba B
Cadmio	Cd	mg/L	APHA-AWWA-WPCF 3500-Cd B
Cromo (total)	Cr	mg/L	APHA-AWWA WEF 3500-Cr B
Niquel	Ni	mg/L	APHA-AWWA WEF 3500-V B
Plomo	Pb	mg/L	APHA-AWWA WEF 3500-Pb B
Vanadio	V	mg/L	APHA-AWWA-WPCF 3500-Ni B
Sustancias tensoactivas (azul de metileno)	MBAS	mg/L	APHA-AWWA-WPCF 5540-SAAM-C
Fenoles	---	mg/L	PEE/LABPAM/AG/06
Hidrocarburos totales	TPH	mg/L	Publication N° ECY 97-602

(1) TABLA 9 RAOHE Parámetros a determinarse en la caracterización de aguas superficiales Estudios de Línea Base-diagnóstico Ambiental

#### CÓDIGOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Código de muestreo	Código LABPAM	Matriz de muestra	Descripción (De acuerdo a la hoja de campo N° 019)
MA-A1	A-9318	Agua	Río Conejo, ribera de río, 279952 E, 10009669 N.
MA-A2	A-9319	Agua	Río Aguas Blanca Chico, ribera de río, 269366 E, 10009752 N.
MA-A3	A-9320	Agua	Río Lumbaquí, ribera de río, 240575 E, 10005286 N.
MA-A4	A-9321	Agua	Río sin nombre cerca a la estación Lumbaquí, ribera de río, 242505 E, 10005801 N.
MA-A5	A-9322	Agua	Río Aguarico, puente, ribera de río, 243481 E, 10006190 N
MA-A6	A-9323	Agua	Río Cascales, ribera de río, 254780 E, 10009294 N.
MA-A7	A-9324	Agua	Río Aguarico, vía al Coca, ribera de río, 298881 E, 10005008 N.

- Entregar a Tesista Maria del Carmen.  
- DEJAR UNA COPIA  
16-03-2008  
E 9/08

Av. De los Shyris N° 34-382 y Portugal Teléfono: 2465-758 - www.petroproduccion.com.ec - Fax: 2449-000  
Av. 6 de Diciembre 4226 y Gaspar Cañero - Teléfonos: 2440-333 hasta 2440-342 - apartado postal: 17-01-1006  
Cable: PEPRO - Telex 22225 ED - Quito - Ecuador S.A.

Av. 6 de Diciembre 4226 y Gaspar Cañero - Teléfonos: 2440-333 hasta 2440-342 - apartado postal: 17-01-1006  
Cable: PEPRO - Telex 22225 ED - Quito - Ecuador S.A.



**IDENTIFICACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS**

Pág. 02 de 02

Parámetros	(Unidades)	A-9318	A-9319	A-9320	A-9321	A-9322	A-9323	A-9324
°C	---	24.20	25.30	24	23.60	22.90	22.80	22.20
pH	u de pH	6.84	6.86	7.29	6.97	7.57	7.37	7.45
CE	µS/cm	34	21	39	45	84	37	77
Colonias	Col/100 ml	n.d	300	n.d	100	n.d	1100	400
OD	mg/L	3.81	3.39	4.51	4.40	4.65	4.05	4.04
NH4	mg/L	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
BA	mg/L	<0.25	<0.25	<0.25	0.48	<0.25	0.85	<0.25
Cd	mg/L	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012
Cr	mg/L	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Ni	mg/L	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Pb	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
V	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
MBAS	mg/L	0.06	0.03	0.07	0.06	0.07	0.02	0.03
Fenoles	mg/L	0.08	0.08	0.06	0.03	0.33	0.57	<0.01
TPH	mg/L	0.06	0.04	0.08	0.09	0.10	0.08	0.07

*n.d = No determinado*

**FIRMAS Y RESPONSABLES**

Tigo. Rodrigo Lascano (rol: 91874)  
JEFE LABORATORIO/SUPERVISOR A


Dr. Luis Villacreces (Contrato Delta)  
TÉCNICO A / ANALISTA A

*Transcrito por: Ing. Juan Lascano (Contrato Delta)*

LAB-PAM garantiza al usuario interno resultados confiables y respaldo técnico respecto de la información relacionada con el contenido de este informe. Se mantiene reserva de los resultados obtenidos y su reproducción para los fines que PETROPRODUCCION disponga y autorice.



<b>SOLICITUD DE SERVICIOS</b>	Código	FO-PAM-LAB-026
	Fecha	20-Nov-07
	Revisión	00
	Elaborado por:	Director Técnico A
	Revisado por:	Secretaria A
Distribución:	Aprobado por:	Supervisor A

Lugar y Fecha	16/enero/2008		Número	ES-08-10
Para	JEFE PROTECCIÓN AMBIENTAL/JEFE LABORATORIO		IE/LABPAM/08	
De	Maria del Carmen Arteaga C.			
Departamento/Compañía	Universidad de las Americas (Convenio Petroecuador)			
Solicito la realización de:				
Muestreo de aguas	<input checked="" type="checkbox"/>	Análisis de aguas	<input type="checkbox"/>	
Muestreo de lodos/ripios	<input type="checkbox"/>	Análisis de lodos/ripios	<input type="checkbox"/>	
Muestreo de suelos/sedimento	<input type="checkbox"/>	Análisis de suelos/sedimento	<input type="checkbox"/>	
Otro (Especifique)				
Objetivo del Análisis	Muestreo para investigación de TSS de Grado			
Código de muestreo	MANA#	Código de LABPAM:		
Parámetros a Analizar	Tabla No. 9 RAOH			
Referencia Metodológica				
Estado del envase y etiquetado	2 botellas VA, 1 envase plomado, 1 envase winkler, 1 envase estéril ET.			
	 SOLICITANTE	 RECIBIDO POR FA	 APROBADO	92100.

# HOJA DE MUESTREO

Codigo	FO-PAM-LAB-VI4
Fecha	19-Nov-07
Revisión	00
Elaborado por	Director Técnico A
Revisado por	Laboratorista B
Aprobado por	Director Técnico A

Distribución:

Registro No.: 08-019

Pág. 1 de 1

**Descripción del Proyecto/Objetivo de Muestreo y Análisis**

Descripción General del Proyecto/Objetivo: Tesis de grado "Monitoreo y Evaluación Ambiental Histórica de los impactos generados por las operaciones del SOTE sobre Microcuencas del Río Aguarico", dentro de la cual se incluye un muestreo para determinar la calidad de las aguas superficiales de la zona de estudio

**Ubicación política, acceso y referencias:**

Campo: Provincia: Sucumbios  
 Pozo o Estación más próxima: Est. bombeo "Lumbagui" Cantón:  
 Otras referencias: Ríos: "Cangio", "Aguas Blancas Chico" Parroquia, Cooperativa/Recinto/Sector: "Aguarico", "Lumbagui", "sin nombre", "Cascades"

Fecha(s) de muestreo: 15-enero-2008 / 16-enero-2008

Resultados en Informe de Ensayo: IE-LABPAM

Documento de pedido: Contrato de Beca para Tesis de Grado No. 200702 Peticionario: María del Carmen Arteaga C.

\* SS08-10

**Responsabilidades, fechas, nombres y firmas**

Autorización LABPAM: C. Perálva Muestreo: Ma. del Carmen A. Arteaga  
 Ubicación Geográfica: Ma. del Carmen Arteaga Compañía/Contratista:  
 Supervisor de Campo: Representante Cía.:  
 Autoridad Gubernamental: Propietario/Rep. Comunidad:  
 Rotulado/Conservación: Ma. del Carmen Arteaga Transporte: Ma. del Carmen A. Arteaga  
 Determinación del sitio de muestreo: Ma. del Carmen Arteaga Recepción:  
 Asignación de la categoría y parámetros/tabla del RAOHE a analizar: Ma. del Carmen Arteaga  
 Otros:

**El muestreo se realiza por:**

Denuncia de la comunidad   
 Caracterización del sitio   
 Control y/o monitoreo   
 Autorización para disposición/entrega   
 Otro, especifique y/o amplie: investigación para Tesis de Grado.

**Clima durante los días de muestreo**

	1	2	3	4	5
Lluvioso	✓	✓			
Nublado	✓				
Soleado	✓				

**Personal, equipo, herramientas, accesorio, maquinaria, reactivos utilizados**

Personal para apertura de acceso a los sitios de muestreo:  
 Equipo para determinar la ubicación geográfica: GPS Magellan 315  
 Equipo para medición de parámetros de campo: WTW multi 340i  
 Equipo empleado para toma de muestras: Manual  
 Reactivos/Forma de Conservación: Transporte en frío (hielo)  
 Vehículo para el transporte de muestras: V-1020  
 Tipo de muestreo: Puntual (en los puntos de intersección de los ríos con el derecho de vía del SOTE)

**Adjunto:**

Figura del área y puntos de muestreo  Informe de coordenadas No.   
 Fotografías  Parámetros de campo   
 Documentación:  Otros: \_\_\_\_\_

**Observaciones Generales:**



Registro No.:

Pág. de

Hora de muestreo	Código de Muestreo	Código Laboratorio	Matriz / Tipo de muestra / Categoría	Número y Tipo de envase	Preserv.	Análisis / Tabla RAOH / Referencia	Rango / Prof. (m)	Coordenadas	Propietario	Descripción adicional
10:30	MA-A1 15/01/08	A-4318	AS/RR	1 PT				279.952 E 10°009.669 N		RÍO CONEJO
13:20	MA-A2 15/01/08	A-4319	AS/RR	+				269.366 E 10°009.752 N		RÍO AGUAS BLANCAS CHICO
14:50	MA-A3 15/01/08	A-4320	AS/RR	2 VA				240.575 E 10°005.286 N		RÍO LUMBAGUI
15:45	MA-A4 15/01/08	A-4321	AS/RR	+	TF	Tabla No. 9	10-15 cm	242.505 E 10°005.801 N		RÍO SIN NOMBRE (cerca Est. Lumbagui)
16:32	MA-A5 15/01/08	A-4322	AS/RR	1 ET				243.481 E 10°006.190 N		RÍO AGUARICO (puente)
09:41	MA-A6 16/01/08	A-4323	AS/RR	+				254.780 E 10°009.294 N		RÍO CASCALES
11:50	MA-A7 16/01/08	A-4324	AS/RR	1 W				248.881 E 10°005.008 N		RÍO AGUARICO (vía al CACA)

Tipo de muestra: SU: Suelo SD: Sedimento AS: Agua Superficial AB: Agua Subterránea AR: Descarga/Agua residual AC: Agua consumo RI: Lodo/Ripio

Categoría (caracterización): SCV: suelo con vegetación SSV: suelo sin vegetación RR: Riberas de ríos RL: Riberas de lagunas ZIP: Zonas inundables y pantanosas BRS: Bioremediación de suelos

Envases: VA: vidrio ámbar VC: vidrio claro PT: plástico FZ: funda Ziploc ET: Estéril W: Winkler

Preservación: TF: transporte en frío PQ: Preservación Química N: Ninguna

Referencia: ES: ecosistema sensible UA: Uso agrícola UI: Uso industrial





# PETROPRODUCCIÓN

## Laboratorio Protección Ambiental

### HOJA DE DATOS DE ANALISIS DE CAMPO

Hoja N° .....

ID Muestra	Parámetros	Unidad	Parámetros	Unidad	Hora
MA-A1	CE= 34		T°= 24,2		10:30
	pH= 6,84		OD= 3,81		
MA-A2	CE= 21		T°= 25,3		13:20
	pH= 6,86		OD= 3,39		
MA-A3	CE= 39		T°= 24		14:50
	pH= 7,29		OD= 4,51		
MA-A4	CE= 45		T°= 23,6		15:45
	pH= 6,97		OD= 4,40		
MA-A5	CE= 84		T°= 22,9		16:32
	pH= 7,57		OD= 4,65		
MA-A6	CE= 37		T°= 22,8		09:41
	pH= 7,37		OD= 4,05		
MA-A7	CE= 77		T°= 22,2		11:50
	pH= 7,45		OD= 4,04		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		
	CE=		T°=		
	pH=		OD=		

Equipo utilizado para medición: .....

Observaciones: .....

RESPONSABLE:

Nombre: Maria del Carmen Arteaga

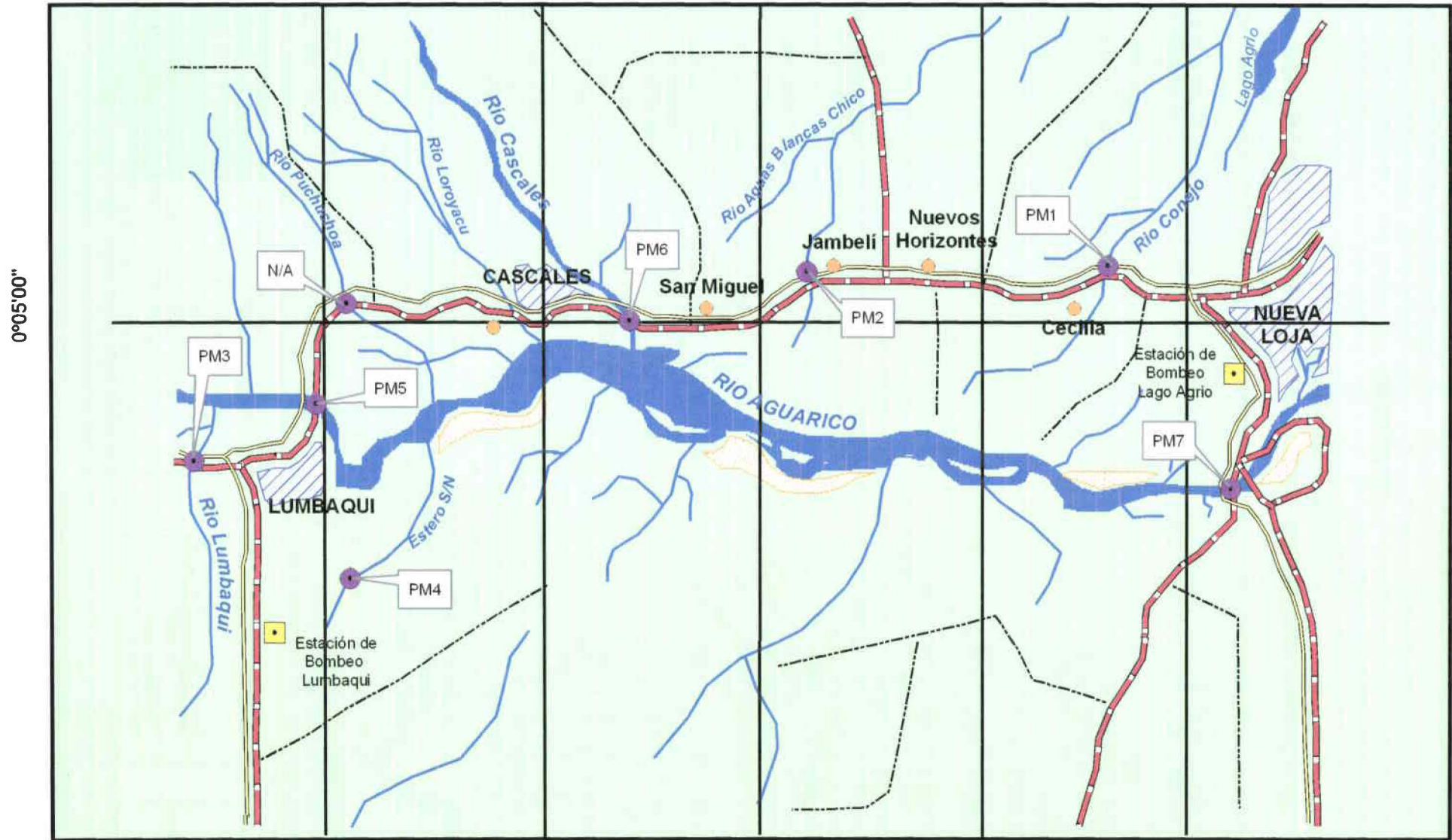
Firma: *Maria del Carmen Arteaga*



**MAPAS**

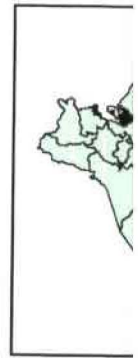
# MAPA 1: LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

77°15'00"      77°10'00"      77°05'00"      77°00'00"      76°55'00"



0°05'00"

0°05'00"



Centros Poblados  
 Estaciones de Bombeo  
 Puntos de Muestreo  
 Rios  
 Ciudades  
 Ciudades

## Legenda

- Centros Poblados
- Estaciones de Bombeo
- Puntos de Muestreo
- Rios
- Ciudades
- Grava
- SOTE
- Camino Secundario
- Carretera



## TESIS DE GRADO

"Monitoreo y Evaluación Ambiental Histórica de los Impactos generados por las Operaciones del SOTE sobre Microcuencas del Río Aguarico"

ELABORACIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
Ma. del Carmen Arteaga	28-ene-08	Puntos de Muestreo

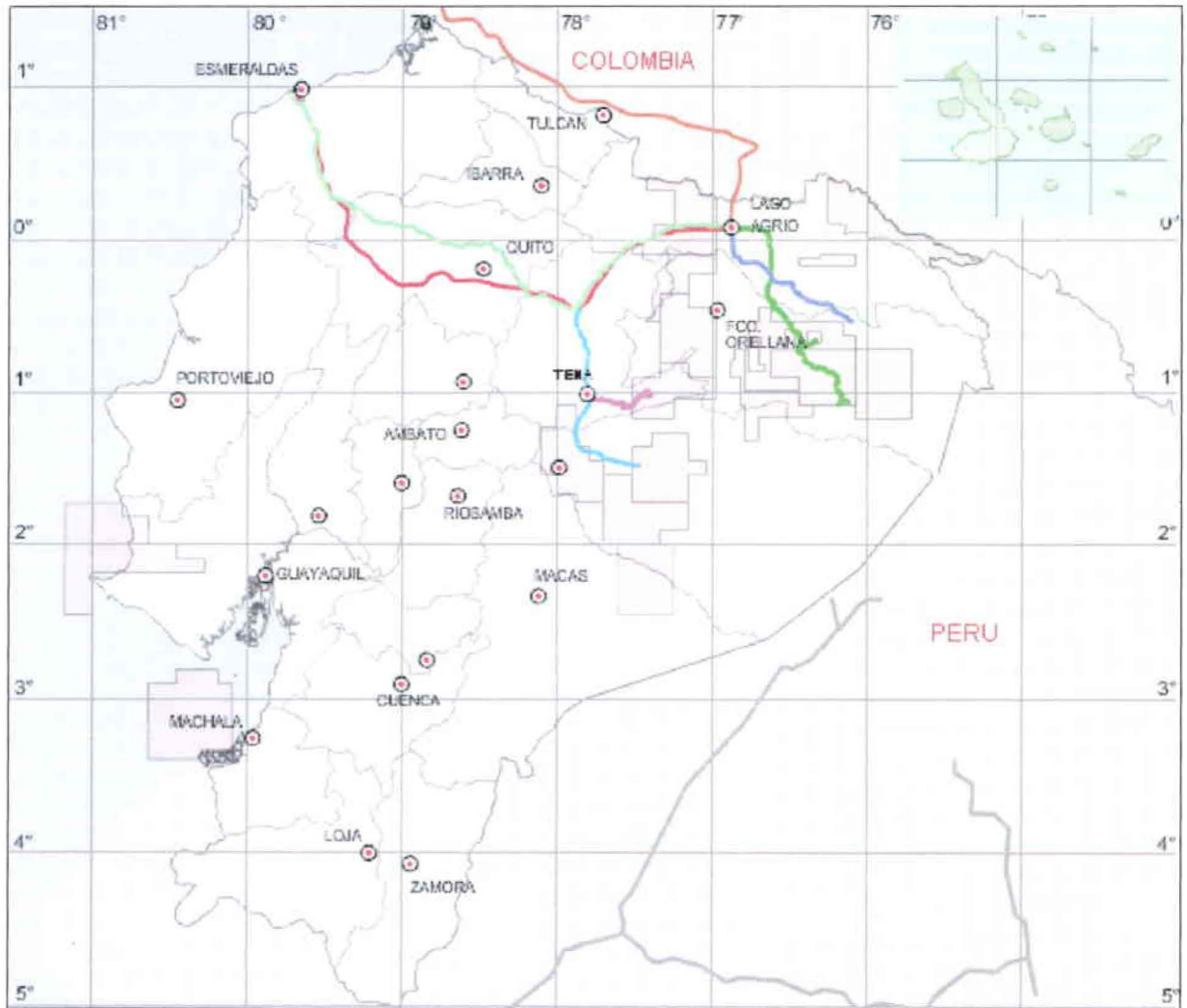
Escala: 1:150,000



Coordenadas Geográficas  
(Longitud y Latitud) PSAD 56

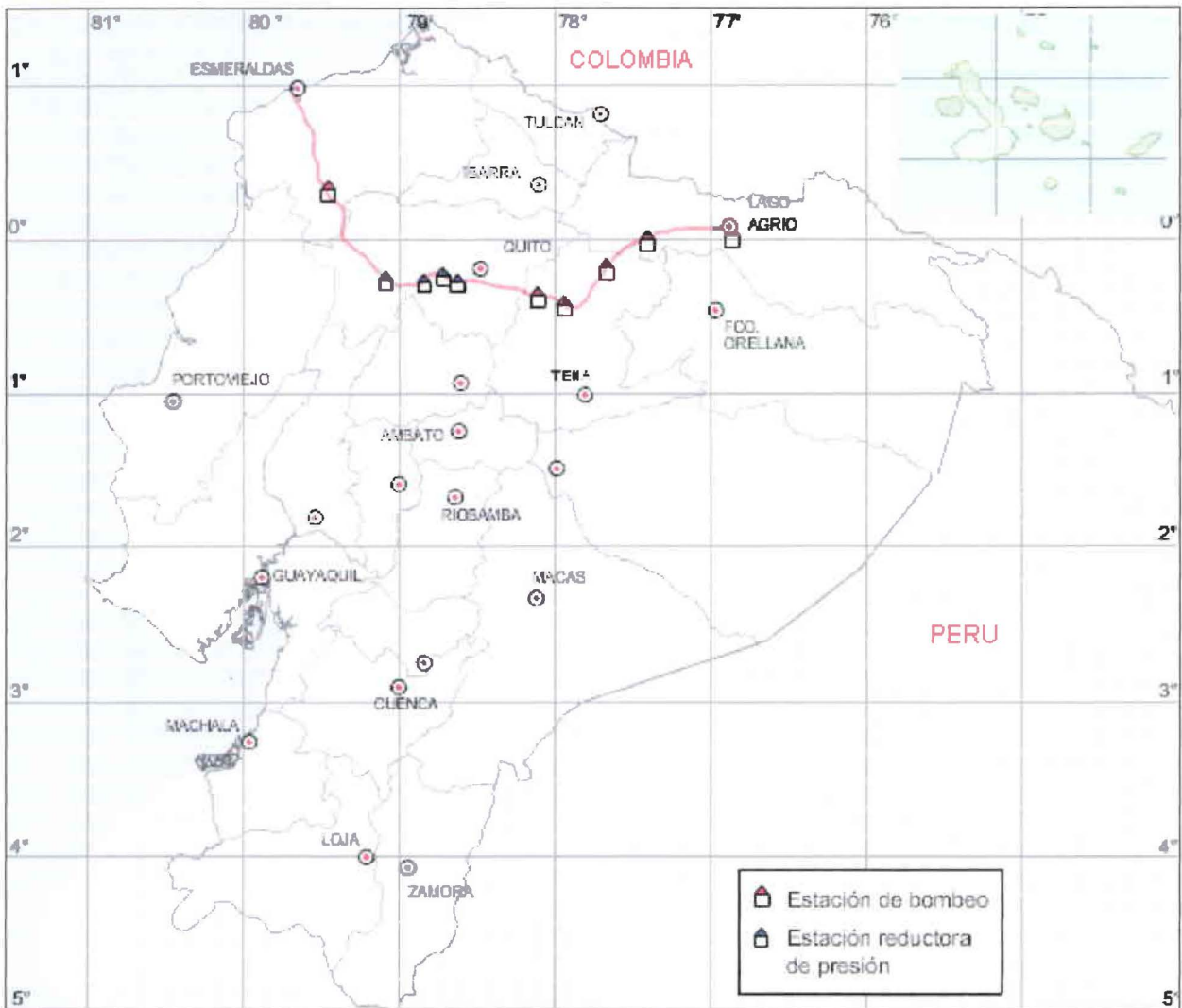
### MAPA 3

## RUTA DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUATORIANO (SOTE)



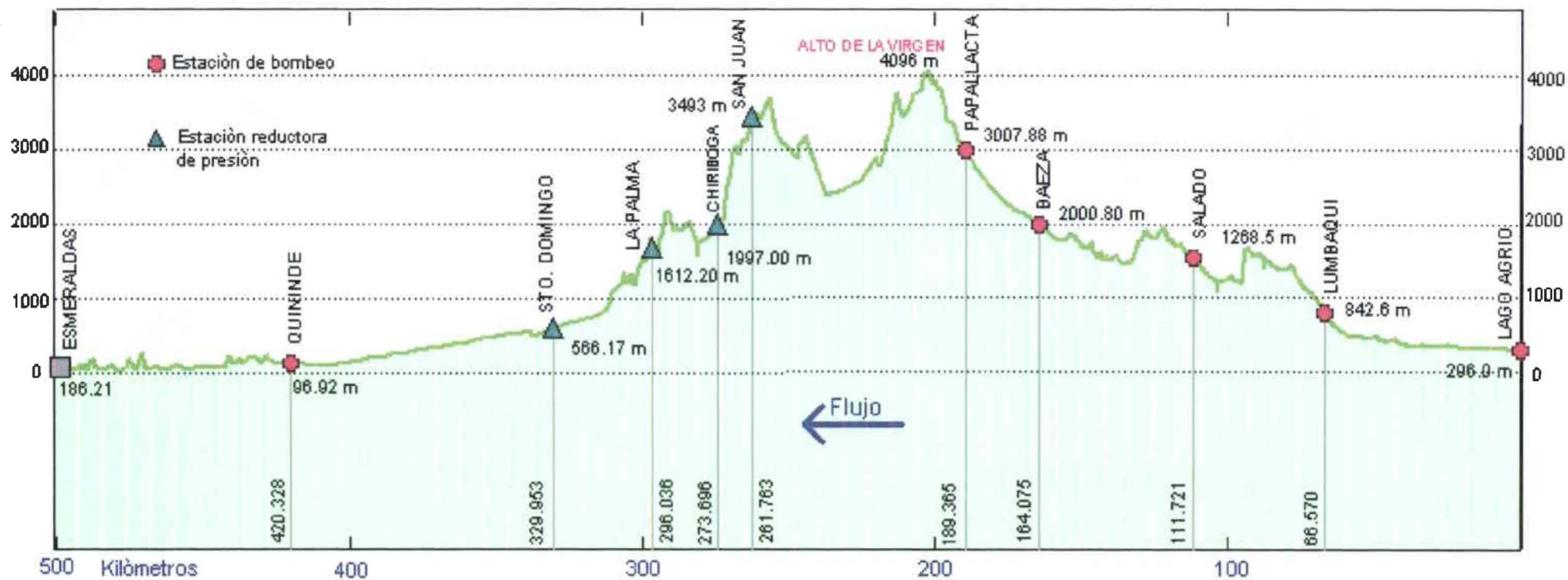
## MAPA 4

### ESTACIONES DE BOMBEO Y DE REDUCCIÓN DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUTORIANO (SOTE)





## MAPA 5 PERFIL DEL OLEODUCTO (SOTE)



## MAPA 6

### ÁREAS PROTEGIDAS POR LAS QUE ATRAVIESA EL SOTE

