



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

IMPACTO DEL CAMBIO DEL USO DE SUELO SOBRE LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO TOMBAMBA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGISTER EN GESTION AMBIENTAL

AUTOR

Ing. Juan Melchor Segarra Rojas

DIRECTOR

Ing. Carlos Javier Fernandez de Cordova Webster, Msc

Cuenca- Ecuador

2016

Resumen

La presente investigación se realizó en la subcuenca del río Tomebamba, parroquia Sayausí, cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador

El río Tomebamba constituye fuente de agua para los Cuencanos, actualmente trata un promedio de 800 l/s.

Esta investigación busca identificar cambios físico – químicos del agua, que se den producto del cambio de uso del suelo. Se analizaron cinco parámetros, donde Coliformes fecales y Nitratos, evidencian alteraciones significativas y acepta la hipótesis. Esto se confirma con un análisis WQI, Índice de Calidad del Agua, que demuestra variación en los parámetros.

El crecimiento acelerado de las actividades agropecuarias y turísticas (cambio de uso de suelo) afecta directamente sobre la calidad del agua del río Tomebamba.

Mediante el método “regresión lineal”, se analizó tendencias a mediano plazo, prueba que arroja con el 99% de seguridad, que todos los parámetros estudiados serán sujetos de alteración.

Palabras claves: Cambio de uso de suelo, contaminación del agua, deforestación, subcuenca, río, Tomebamba

ABSTRACT

This research was carried out in the sub-basin of the *Tomebamba* River, *Sayausí* parish, Cuenca Canton, province of Azuay, Ecuador. The *Tomebamba* River, which constitutes the source of water for the inhabitants of Cuenca, currently treats an average of 800 l / s.

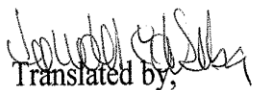
This research aims at identifying the water physical - chemical changes resulting from the change of land use. The hypothesis was accepted through the analysis of five parameters, where Fecal Coliforms and Nitrates evidenced significant alterations. This is confirmed by a WQI analysis, Water Quality Index, demonstrating variation in the parameters.

The accelerated growth of agricultural and tourist activities (change of land use) directly affects the quality of the *Tomebamba* River water. Medium-term trends were analyzed by means the "linear regression" method, a test that yields with 99% safety that all parameters studied will be subject to alteration.

Keywords: Land Use Change, Water Pollution, Deforestation, Sub Basin, River, *Tomebamba*



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE

Resumen	2
Abstrat	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE MAPAS	7
ÍNDICE DE IMÁGENES	7
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I	10
1. IMPACTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOMEBAMBA	10
1.1 Agua	10
1.1.2. Cuenca Hidrográfica como unidad de planificación y gestión	10
1.1.3. Indicadores de la calidad del agua	10
1.1.4. Actividades que alteran la calidad del agua	11
1.1.5. Cobertura vegetal	13
1.1.6. Servicios Ambientales que brinda la subcuenca Hidrográfica	14
1.1.6.1. Servicios Vitales	14
1.1.6.2. Servicios de Regulación hídrica,	14
1.1.6.3. Servicios Culturales	15
1.1.6.4. Servicios Esenciales	15
1.1.7. Funciones de la cubierta vegetal del suelo:	15
1.1.7.1. Intercepción de la lluvia	15
1.1.7.2. Disminuye la fuerza de llagada de las gotas de agua al suelo. -	15
1.1.7.3. Sombra. -	15
1.1.7.4. Capta lluvia horizontal. -	15
1.1.7.5. El suelo de páramo negro andino	16
1.2 PROBLEMÁTICA DEL AGUA A NIVEL REGIONAL Y MUNDIAL	16
1.2.1 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN EL ÁREA DE APOORTE HÍDRICO	18
1.2.1.1 Tenencia de la tierra.	18
1.2.1.2 Actividades Productivas.	19
1.2.1.3 Apertura de vías	20
1.2.1.4 Pastoreo extensivo de ganado.	21
1.2.1.5 Irrespeto a la normativa existente.	21
1.2.1.6 Funciones de la vegetación nativa	22
1.2.1.7 Vegetación de ribera	23
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 GENERAL	23
1.3.2 ESPECÍFICOS	23

1.4 HIPÓTESIS	23
CAPITULO II.....	24
2. METODOLOGIA.....	24
2.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	24
2.1.1. Clima	25
2.1.2. Vegetación.....	26
2.1.3. Suelos	26
2.2 DISEÑO DEL TRABAJO.....	27
2.2.1 Ubicación.....	27
2.2.2 Selección del sitio de estudio.....	27
2.2.3 Estaciones de monitoreo en la subcuenca.....	28
2.2.4 Frecuencias de monitoreo	31
2.2.5 Protocolo para monitoreo de parámetros físico - químico.....	32
2.2.6 Parámetros permitidos por el TULSMA.....	33
2.2.7 Obtención de la información	34
CAPITULO III	35
3.1 IMPACTO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TOMEBAMBA, SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO	35
3.2. REVISIÓN DE LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE	36
3.2.1. Monitoreo de la calidad del agua,.....	40
3.2.2. Fósforo.....	40
3.2.3. Nitratos y Nitritos	41
3.2.4. Turbiedad.....	41
3.2.5. Coliformes	42
CAPITULO IV	44
RESULTADOS	44
4.1. PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EMPLEADOS	44
4.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5).	44
4.3 COLIFORMES FECALES.....	46
4.4 SÓLIDOS TOTALES	48
4.5 TURBIEDAD	49
4.6. pH.....	50
4.7 NITRATOS	52
4.8 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (WQI).....	53
4.9 Principales amenazas.	57
4.10 Cambio de uso de suelo en los años 1995, 2005 y 2010.....	57
4.11 Proyección de datos y pronóstico	61
CAPITULO V	63
5.1 Coliformes Fecales	63
5.2 Nitratos	64
5.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5).....	64
5.3 Sólidos Totales	65
5.4 Turbiedad.....	65

CAPITULO VI.....	68
ALTERNATIVAS DE MANEJO	68
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA.....	72
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Parámetros permisibles para aguas de consumo TULAS.....	12
Tabla 2.- Parámetros permisibles para aguas de consumo TULAS.....	13
Mapa 2.- Cobertura vegetal. Tabla 3.- Cobertura vegetal 1995, 2005, 2010, en ha.	14
Tabla 4.- Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	30
Tabla 5.- Parámetros permisibles para agua de diferentes usos TULSMA	33
Tabla 6.- Valores permisibles de los principales parámetros para aguas de diferentes usos según el TULAS	43
Tabla 7.- Demanda bioquímica de oxígeno, en el agua de dos zonas del río Tomebamba (1994-2012)....	44
Tabla 8.- Prueba t para significación para las diferencias de parámetros de calidad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).....	46
Tabla 9.- Coliformes fecales del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).	46
Tabla 10.- Sólidos totales del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).....	48
Tabla 11.-Turbiedad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).....	49
Tabla 12.- pH del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).	51
Tabla 13.- Nitratos en el agua de dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).	52
Tabla 14. Pesos asignados para cada parámetro	54
Tabla 15. Tabla de interpretación del índice general WQI.....	55
Tabla 16.- Análisis multitemporal del uso de suelo en la cuenca del río Tomebamba	60
Tabla 17.- Proyección de parámetros de calidad por el método de regresión lineal, en dos zonas del río Tomebamba (2013-2020).	61
Tabla 18.- Medidas de tendencia central y dispersión para datos proyectados de los parámetros de calidad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (2013-2020).	62
Tabla 19.- Prueba de significación de diferencias proyectadas, con parámetros del agua de las dos zonas del río Tomebamba, 2013-2020.	62
Tabla 20.- Promedio de lluvias mensuales	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Fosforo	41
Gráfico 2.- Nitratos, nitritos	41
Gráfico 3.- Turbiedad	42
Gráfico 4.- Coliformes totales	42
Gráfico 5.- Demanda bioquímica de Oxígeno, en el agua de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).....	45
Gráfico 6.- Coliformes fecales, en el agua de las zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).	47
Gráfico 7.- Sólidos totales, en el agua de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).....	49
Gráfico 8.- Turbidez del agua, en zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).....	50
Gráfico 9.- pH del agua, en zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)	51
Gráfico 10.- Nitratos en el agua, de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).....	53

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.- Áreas de aporte de agua para Cuenca.....	9
Mapa 2.- Cobertura vegetal.....	14
Mapa 3.- Ubicación de la subcuenca.....	24
Mapa 4.- Cobertura vegetal.....	24
Mapa 5.-Áreas de Bosque y Vegetación Protectores en la subcuenca del río Tomebamba.....	25
Mapa 6.- Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	30
Mapa 7.- Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	35
Mapa 8.- Categorización de la zona según Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca.....	58
Mapa 9.- Uso de suelo del año 1995, en hectáreas.....	58
Mapa 10.- Uso de uso de suelo 2006, en hectáreas.....	59
Mapa 11.- Uso de suelo del año 2010, en hectáreas.....	59

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Área de recarga hídrica.....	9
Imagen 2.- Problemática en las cuencas hídricas.....	22
Imagen 3.- Gestión Integrada del Agua en Cuenca.....	29

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.- Vista panorámica de la subcuenca.....	20
Fotografía 2.- Identificación de especies acuáticas en laboratorio.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Ordenanza de Control de la Subcuenca del río Tomebamba relativa a la Captación para la planta del Cebollar.....	74
Anexo 2.- Registro de monitoreo y análisis de la calidad del agua.....	77
Anexo 3.- Cuadro de denuncias presentadas a la autoridad competente.....	78
Anexo 4.- Mapa de pendientes.....	82
Anexo 5.- Mapa de uso potencial de suelo.....	82
Anexo 6.- Mapa de incompatibilidades en el uso de suelo.....	83
Anexo 7.- Mapa de las cuencas hidrográficas del Ecuador.....	83
Anexo 8.- Mapa de bosques protectores.....	84

INTRODUCCIÓN

La dotación de agua para la ciudad de cuenca y las comunidades aledañas es absolutamente dependiente de la precipitación, que se almacena y/o regula en la esponja hídrica que constituye los bosques nativos, los páramos y los suelos negros andinos; Por su riqueza en materia orgánica, tienen alta porosidad, por lo que pueden almacenar agua en aproximadamente el doble de su peso (Tobon y Conrado, 2009)

Estas características intrínsecas de los ecosistemas alto andinos y sus suelos negros hacen que las zonas altas de bosques nativos y páramos sean consideradas las verdaderas esponjas hídricas donde se regula el agua y que si queremos disponer del líquido vital de calidad y en cantidades suficientes debemos garantizar la permanencia de la cobertura vegetal nativa (bosque nativo y páramo).

En los últimos años hemos sido testigos del deterioro ambiental que han sufrido las cuencas hídricas, mediante un avance progresivo e imperceptible de la frontera agropecuaria. Los propietarios de predios ubicados en estas zonas poco a poco talan la vegetación nativa para transformarla en pastizales, cultivos u otros usos no compatibles con la conservación, esta actividad es común entre los propietarios.

Según información del Ministerio del Ambiente del Ecuador, para el periodo 1990 – 2000 la deforestación promedio fue de 89.944 ha/año con una tasa de deforestación de -0.71 %, mientras tanto que para el período 2000 - 2008 la deforestación promedio fue de 77.647 ha/año con una tasa de -0.66%.

En el período 2008-2012 la deforestación alcanzó alrededor de 65.880 ha/año y una tasa del -0,54% (Ministerio del Ambiente, 2014).

La pérdida de la cobertura vegetal de las cuencas hidrográficas deja los suelos desprotegidos, el viento y la lluvia genera erosión, arrastre de sedimentos que alcanzan el agua. El material arrastrado, partículas, minerales y otros componentes alteran la calidad del agua. Al degradarse estos ecosistemas que actúan como una esponja hídrica, consecuentemente debe también reducir la regulación hídrica.

La cordillera central que atraviesa de norte a sur el continente sudamericano divide al Ecuador en dos partes; oriental cuyas aguas drenan hacia el océano atlántico y la occidental que drena hacia el océano pacifico; la primera está influenciada por la humedad de los bosques amazónicos, mientras que la otra está influenciada por la evaporación del océano Pacifico.

La escases de lluvia prolongada pone en graves aprietos la dotación del líquido vital en algunas ciudades, así como la destrucción de la esponja hídrica. Investigaciones recientes demuestran que el suelo de páramo puede retener agua dos veces más que su peso, son considerados ecosistemas altamente vulnerables con una muy baja capacidad de resiliencia, es decir poca

capacidad de recuperar sus características naturales de retención y regulación luego de una alteración severa. (Tobon y Conrado, 2009)



Imagen 1.- Área de recarga hídrica

Elaboración: J. Rojas
Fuente: ETAPA EP



Mapa 1.- Áreas de aporte de agua para Cuenca

Elaboración: J. Lucero
Fuente: ETAPA EP

La presente investigación busca identificar las alteraciones de las características físico – químicas del agua del río Tomebamba, producto del cambio del uso del suelo, que se ha dado en la cuenca hídrica, por el lapso de diez y ocho años (1994- 2012). Para el efecto se ha tomado la información de la base de datos de ETAPA EP, que realiza monitoreos periódicos a fin de analizar la evolución de los parámetros, que den indicios de una alteración de la calidad del agua, el informe anual 2015, que se presenta por parte de ETAPA EP concluye que la calidad del agua del río aún es de buena calidad y los parámetros están ubicados por debajo de los requeridos por el TULSMA, sin embargo es necesario analizarla en todo el periodo de monitoreo de diez y ocho años a fin de determinar la evolución de la calidad del agua del río Tomebamba. Para ello la investigación, plantea como objetivo: Determinar los parámetros físico – químicos del agua que se alteran debido al cambio de uso de suelo en los últimos diez y ocho años.

Luego del análisis realizado se acepta la hipótesis de la investigación, misma que se confirma con la implementación del Índice de Calidad del Agua, WQI, metodología que mejor se adapta a la zona y ha sido desarrollado por la NFS de los Estados Unidos de América, esta metodología nos muestra una variación en la calidad del agua entre los dos sitios analizados. (National Sanitation Fundation NFS USA)

Los resultados obtenidos en la investigación muestran claramente, cómo, el cambio en el uso del suelo, altera significativamente algunos parámetros de la calidad del agua, entre estos: Coliformes fecales y Nitratos, se ven afectados por actividades productivas, como el incremento de la ganadería, excesivo uso de abono de pollo, agroquímicos y otras actividades humanas.

CAPITULO I

1. IMPACTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOMBAMBA

1.1 Agua

Se define al agua como el líquido vital esencial en todos los procesos de los seres vivos, está compuesto por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno, sin embargo no es algo sencillo como una fórmula, el agua es el líquido vital y es necesario garantizar su calidad, cantidad y continuidad.

Se la considera un solvente universal, capaz de disolver la mayoría de sustancias con la que tiene contacto y con ellas formar partículas, debido a las propiedades físico - química y los componentes orgánicos e inorgánicos presentes en ella. (Barrenechea, 2005)

1.1.2. Cuenca Hidrográfica como unidad de planificación y gestión

La nueva Ley Orgánica de Uso y Aprovechamiento del Agua, expedida en el año 2014, declara expresamente en el artículo 28, que la cuenca hidrográfica constituye la unidad de planificación. La cuenca hídrica es el área o superficie de terreno cuyas aguas drena hacia un río principal y está delimitada por los filos de montaña. (López 1995)

La captación de agua potable para la ciudad de Cuenca, se ubica en el sector de Gulag, dota agua a la planta de El Cebollar, que fue construida en los años 60 (ETAPA EP, 2014), en ese entonces se constituía la única fuente de agua para los cuencanos. A partir de los años noventa se construyen otras plantas de agua potable como la de Tixán, que capta agua del río Machángara, posteriormente se construye la planta de Sustag y la del Culebrillas, disminuyendo la presión sobre la planta de El Cebollar, que actualmente trata un promedio de 700 litros por segundo, para brindar servicio alrededor del 40% de la población urbana de cuenca, que actualmente oscila alrededor de 500.000 habitantes (ETAPA EP, 1990).

1.1.3. Indicadores de la calidad del agua

El término calidad “calidad del agua” es relativo y solo tiene importancia universal cuando está relacionado con el uso que se lo da al recurso. (Tejero, 2010). Bajo estas premisas, se dice que el agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. (Barrenechea 2005, Organización Panamericana de la Salud 2005).

En los últimos años se ha posicionado el tema de los indicadores de calidad de agua biológicos (Prat y Munné, 1999), mientras que hasta hace algunos años se consideraban como indicadores únicamente los físico – químicos; entre los indicadores de la calidad que se utiliza en la empresa ETAPA EP, para su análisis, se pueden citar los siguientes:

Biológicos:

- Hidromorfología
- Colonias de macro invertebrados
- Vegetación de ribera

Bacteriológicos:

- Colonias de coliformes totales y fecales

Físico – químicos:

- Color
- Turbidez
- Ph
- Sólidos en suspensión
- Oxígeno Disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días
- Nitratos y nitritos
- Color
- Conductividad

1.1.4. Actividades que alteran la calidad del agua

Estas se pueden dividir en dos directas e indirectas

Directas:

- Alteración física y biológica del cauce, orilla del río
- Alteración de temperatura, pH y salinidad
- Vertido de desechos tóxicos directamente al río
- Regulación del flujo y desviación del agua
- Desfogue de aguas residuales

Indirectas:

- Desarrollo de actividades productivas inapropiadas
- Incendios forestales
- Construcción de infraestructura (vías, viviendas)
- Cambio de uso de suelo

Con el objetivo de garantizar la dotación de agua para los cuencanos en calidad y cantidad la Ilustre Municipalidad de Cuenca, el Ministerio del Ambiente, SENAGUA y otras instituciones, han emprendido una serie de acciones tendientes a garantizar la dotación de agua, ofreciendo herramientas para limitar, regular y gestionar de mejor manera el recurso hídrico:

La Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, en el capítulo XI, artículo 75 señala: “Por los recursos naturales, procesos, ecosistemas y el alto valor paisajístico que contienen y en particular por constituir recursos insustituibles para el abastecimiento actual y futuro del agua para la población del Cantón, se asignan, como categorías de ordenación territorial, la conservación estricta de las cuencas hidrográficas de los ríos Tomebamba y Yanuncay y la conservación activa de las cuencas de los ríos Machangara, Tarqui, Jadan y Sidcay”. Anexo 1.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio del Ambiente, en el libro VI, anexo 3, tabla 1, determina los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Tabla 1.- Parámetros permisibles para aguas de consumo TULAS

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	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 ⁻	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	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Fuente: TULSMA, 2015

Tabla 2.- Parámetros permisibles para aguas de consumo TULAS

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
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
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 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 totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Tolueno		µg/l	1 000

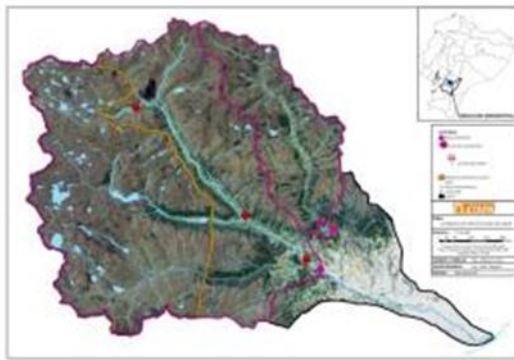
Fuente: TULSMA, 2015

1.1.5. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal del suelo constituye la protección en contra de agentes climáticos, ambientales naturales, animales y humanos. Cualquier alteración de esta, también altera las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

El área de aporte de agua de la subcuenca hidrográfica del río Tomebamba, para los años 1995 tenía una cobertura del 95% de bosque nativo y páramo, para los años 2006 esta cobertura disminuye a un 90 %, mientras que para el año 2010 esta cobertura vegetal de bosque nativo y páramo disminuye a un 85%. Estos espacios de bosque y páramo pasan a convertirse en cultivos, pastos y viviendas, según se indica en el capítulo de análisis de la cobertura vegetal.

Mapa 2 .- Cobertura vegetal.



Elaboración: J. Lucero
Fuente: ETAPA EP

Tabla 3.- Cobertura vegetal 1995, 2005, 2010, en ha.

USO DE SUELO/AÑO	1995	2006	2010
Páramo	23293	22998	23113
Pasto	2007	2421	2002
Pasto 70% cultivos 30%	1139	870	124
Bosque quinua	915	796	878
Población	819	1320	2406
Bosque nativo	3654	3536	3543
Bosque eucaliptos	670	495	269
Lagunas	493	578	574
Degradación	89	65	27
Bosque coníferas	43	47	139
S/i	5	1	8
Via			44
TOTAL	33127	33127	33127

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

1.1.6. Servicios Ambientales que brinda la subcuenca Hidrográfica

1.1.6.1. Servicios Vitales

Son usados para satisfacer necesidades primordiales/básicas de los seres humanos como agua y alimentos. En la subcuenca hidrográfica se emplazan dos captaciones de la Empresa ETAPA EP, Gulag y Culebrillas, además de 12 captaciones de agua para los sistemas comunitarios de la parroquia Sayausí. Se trata un promedio de 700 l/s del río Tomebamba y 150 l/s del río Culebrillas. El río Tomebamba alimenta al canal de riego que dota de agua para la parroquia San Joaquín. En la zona alta de Minas – Bellavista se ubica la captación de agua para riego del sistema Minas que dota de agua para riego a 75 socios cubriendo un área de 50 ha y el sistema de riego Rambran que da agua a 30 socios en la zona de Bellavista.

1.1.6.2. Servicios de Regulación hídrica,

El páramo (pajonal) y bosque nativo funcionan como una esponja hídrica, durante las lluvias absorben el agua y poco a poco van soltando hacia las lagunas, quebradas y ríos, por lo tanto durante los eventos fuertes de lluvia, estos ecosistemas tienen la función de regular la entrada y salida del agua de las cuencas hidrográficas.

Una cuenca hidrográfica que no dispone de mayor cobertura vegetal el agua que ingresa sale inmediatamente, causando crecientes y aumento de los caudales y luego en verano escasea el agua, mientras que en una cuenca hidrográfica con altos niveles de conservación el agua que ingresa sale uniformemente durante un tiempo prudencial de tal forma de no aumentar significativamente los caudales, garantizando un caudal permanente también en eventos de sequía.

1.1.6.3. Servicios Culturales

Tiene relación directa con las creencias, tradiciones y usos recreativos de la población, en el sector de Quinuas (La Virgen) se ven constantemente la realización de rituales ancestrales en torno al agua.

1.1.6.4. Servicios Esenciales

Tiene relación con los procesos naturales que se dan reproducción fauna, flora, aporte de nutrientes, fotosíntesis. Algunas culturas andinas consideran a la Naturaleza como un ser superior, al cual se le debe brindar el mayor de los cuidados y respeto, se lo conoce como Pachamama que significa Madre Naturaleza, utiliza sus plantas como medicina y como áreas de recreación.

1.1.7. Funciones de la cubierta vegetal del suelo:

1.1.7.1. Intercepción de la lluvia

La cobertura vegetal arbórea tiene como una de sus funciones la interceptación de la lluvia, es decir que un importante porcentaje de la lluvia no llega directamente al suelo, sino que se queda retenida en las hojas de los árboles, que posteriormente con el sol se evapora. Es decir que las mediciones de lluvia en sitios descubiertos difieren de las mediciones en sitios con cubierta vegetal arbórea

1.1.7.2. Disminuye la fuerza de llegada de las gotas de agua al suelo.-

La cubierta vegetal del suelo minimiza la fuerza con la que las gotas de agua llegan al suelo, por lo tanto disminuyen las posibilidades de erosión por la fuerza de la lluvia

1.1.7.3. Sombra.-

Provee sombra al suelo y minimiza la llegada de los rayos del sol, evitando el calentamiento y la evaporación del agua manteniendo la humedad.

1.1.7.4. Capta lluvia horizontal.-

En las estribaciones de los andes ecuatorianos, los bosques cumplen una importante función, interceptar la lluvia horizontal (neblina) que se acumula en las hojas de los árboles y cae al suelo aportando agua a los ecosistemas.

1.1.7.5. El suelo de páramo (negro andino)

Tiene la característica de ser altamente poroso, con altos contenidos de materia orgánica, lo que permite mantener importantes espacios con aire, que son ocupados por agua, al que sumado la vegetación de páramo, constituyen la esponja hídrica, cuya función es captar y retener el agua en época lluviosa y soltarla lentamente en épocas de sequía, de esta manera mantener regulado el sistema hídrico en las cuencas hidrográficas.

Las cuencas hidrográficas del Machángara, con su captación ubicada en Saymirin. La cuenca del Yanuncay, con su captación de Sustag y la cuenca del río Tomebamba, con su captación ubicada en Gulag, constituyen las fuentes de agua para los cuencanos y las comunidades aledañas.

El INFORME DE CALIDAD FÍSICO. QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA, realizado por ETAPA EP, en sus conclusiones manifiesta:

- “El río Tomebamba en sus estaciones de monitoreo presenta concentraciones de materia orgánica biodegradable que no es significativa, puesto que todas las estaciones registran valores promedios máximos que están dentro de los rangos normales, menor a 1 mg/l”.
- Elementos como: Fosforo y Nitrógeno, Turbiedad, Coliformes fecales y totales, en un análisis general, todavía se encuentran bajo los parámetros recomendados por el TULSMA, sin embargo existen eventos periódicos donde la gran mayoría de parámetros rebasan los límites permitidos, por tal razón se requiere implementar acciones de conservación.

1.2 PROBLEMÁTICA DEL AGUA A NIVEL REGIONAL Y MUNDIAL

El Ecuador, tiene una ventaja frente a otros países, en cuanto a recursos hídricos. Está catalogado entre los países con más alto volumen específico de agua (m³/km²). (Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador)

La Comisión para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ), en su informe de Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador, identifica claramente la problemática en torno a varios aspectos:

- Legales
- Institucionales
- Técnicos
- Ambientales
- Políticos
- Económicos

En el ámbito Legal, el Ecuador cuenta con una nueva Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, con su respectivo reglamento, que recoge aspectos importantes para la protección de las fuentes de agua, sin embargo la Autoridad Única del Agua, no se ha consolidado para exigir el cumplimiento de la normativa vigente.

En lo referente a los aspectos técnicos, un serio problema consiste en la contaminación que se da por deficiencias en el manejo de los desechos sólidos, mal manejo de animales, desechos de viviendas y cultivos, mientras que la falta de agua se da por algunas fallencias en el manejo y administración de los sistemas de agua comunitaria y los administrados por los GADs locales.

En cuanto a los aspectos políticos y económicos, el agua es un elemento que tiene poder de convocatoria, además de que hoy por hoy se vuelve un negocio muy lucrativo, sobre la cual existen multinacionales con intereses económicos muy poderosos al acecho.

A nivel de la provincia del Azuay la problemática en torno al agua se centra en varios temas entre los principales tenemos:

- Crecimiento de la frontera agropecuaria hacia las áreas de recarga hídrica
- Contaminación del agua producto de actividades agropecuarias, que se extienden sin control por las cuencas hidrográficas
- Existencia de una legislación ambigua, donde no están claras las competencias y responsabilidades de cada actor
- Débil cumplimiento de la normativa existente
- Falta de personal, presupuesto y claridad en la aplicación de la normativa por parte de la Autoridad Única del Agua

A nivel nacional la problemática del agua se agudiza, dado que existe provincias y cantones donde la problemática no se centra únicamente en torno a la gestión del agua sino va más allá a la escases del líquido vital, tema delicado al cual se suma otros complementarios. (Felipe Cisneros, Melio Sáenz, Leoncio Galarza, agosto 2008)

- Falta de información de las fuentes hídricas oferta y demanda
- Débil institucionalidad de la nueva Secretaría Nacional del Agua SENAGUA
- Falta de claridad en las competencias de diferentes instituciones involucradas en el tema
- Falta de compromiso y voluntad política de los GADs locales
- Conflictos por manejo y gestión del recurso
- Impacto ambiental negativo en las áreas de aporte hídrico

A nivel mundial la problemática del agua actualmente se centra en la mala gestión y distribución del agua, sin embargo para los años 2030, se prevé que la problemática se centrará en torno a la escasez, se prevé que la demanda sea un 56% mayor que la oferta. Alrededor del 50% del agua se pierde en las conexiones defectuosas, filtraciones, conexiones clandestinas, vandalismo, a medida que la población crece necesita más agua, mientras las áreas de regulación hídrica a diario disminuyen. La ecuación del agua es inversamente proporcional.

La problemática regional y mundial se centra en torno a temas de cantidad, calidad, distribución, acceso y gestión del agua.

1.2.1 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN EL ÁREA DE APOORTE HÍDRICO

“Toda actividad humana que se desarrolla en las zonas de recarga hídrica impactan en mayor o menor grado sobre la calidad y cantidad del agua” (Subcuenca del río Tomebamba, 2014)

Según (Mejía, 2005), la eliminación de cobertura vegetal, permite la llegada del agua, viento y otras condiciones climáticas, facilitando la erosión y la llegada de los agregados al agua, disminuyendo su calidad para los usos requeridos.

1.2.1.1 Tenencia de la tierra.

Constituye uno de los más grandes problemas sociales y ambientales en las cuencas hídricas. Las zonas altas de páramo, antiguamente no eran sujetas de división, más bien estos predios se consideraban zonas comunes de los propietarios de tierras en las zonas bajas. Posteriormente las tierras bajas parceladas que se transferían a otros propietarios, en varios casos no se transferían con los derechos a las áreas comunales quedando éstas sin un “propietario conocido” y con el paso del tiempo daba paso a que otras personas se apropien de estos territorios, generando una seria problemática social y ambiental por la tenencia de la tierra.

La subcuenca del río Tomebamba y Culebrillas, tienen características similares en la zona baja y media, la mayoría de habitantes son propietarios de terrenos que tienen entre 1 y 3 hectáreas en promedio, con límites bien definidos por medio de un título de propiedad, los predios van desde el río hacia el pajonal o área comunal, en esta área (comunal y/o pajonal) no existe una definición clara de los límites, dando paso que varios colindantes amplíen sus límites sin control hacia estos territorios usados y reconocidos ancestralmente como espacios comunales (Registraduría de la Propiedad, 1989).

En la zona alta los terrenos tienen algunas características particulares:

- 1.- Existencia de propiedades muy heterogéneas
 - Minifundios 1-3 ha.
 - Latifundios de más de 100ha.
- 2.- Existe una clara indefinición de límites entre propietarios, dado que varios de ellos poseen escrituras de derechos y acciones de carácter universal
- 3.- La tenencia de la tierra está dada por:
 - Posesión ancestral

- Por mantener derechos y acciones de sus antepasados en la microcuenca
- Contar con escrituras públicas de cuerpo cierto
- Por arrendamiento y comodato (Informe de la problemática de tenencia de la tierra ETAPA 2014)

Estas formas de posesión de terrenos se han dado debido a que varios de los “propietarios y/o poseionarios” se basan en similares títulos de propiedad de sus antecesores.

La problemática por la indefinición en la tenencia de la tierra, aporta significativamente para que varios poseionarios o “propietarios” de estos predios, con el afán de tomar posesión de los terrenos realicen actividades antrópicas (quemar, desmontes, cambio de uso de suelo, pastoreo de ganado), actividades que afectan directamente a la calidad y cantidad del agua. En un espacio reducido con bajas pendientes a orillas del río se concentran grandes cantidades de ganado vacuno y caballar, donde se ven pequeños lotes de terreno que en algunos casos varía entre 20 y 30 metros de ancho y van desde el río hasta el filo de la montaña a continuación de este espacio con bajas pendientes se encuentran terrenos muy escarpados con altas pendientes que no permiten realizar agricultura ni ganadería a pesar de ello muchos propietarios se ingenian para quemar el pajonal, talar la vegetación y pastorear animales.

La tenencia de la tierra en varios casos no define claramente linderos, área de cabida, ni localización de los predios y en otros casos los propietarios o poseionarios anteriores, han abandonado los predios (no han usado) y han permitido que otras familias tomen posesión de estos lotes.

Algunas familias reclaman posesión sobre estas tierras debido a que sus padres fueron propietarios de predios en la microcuenca, aunque ni siquiera conocen ubicación, límites u otras características de “sus” terrenos

1.2.1.2 Actividades Productivas.

La principal actividad económica de las familias de la parte baja de la microcuenca se basa en la venta de mano de obra en la ciudad de Cuenca, como segunda actividad está la producción hortícola que se caracteriza por la presencia de pequeños cultivos hortícolas familiares, la crianza de animales menores y considerables áreas de pastizales, además de la actividad artesanal (ladrilleras).

Fotografía 1.- Vista panorámica de la subcuenca



La actividad ganadera que se desarrolla en la cuenca media y alta a lo largo del corredor Tomebamba – Cajas, son ganaderías especializadas en la producción de leche con tecnología moderna, alta genética y altos rendimientos a pesar de las condiciones adversas de clima.

En la zona de páramo o pajonal se desarrolla una ganadería de carne de forma muy precaria únicamente para demostrar la posesión sobre la tierra, más que para obtener recursos económicos de esta actividad.

La actividad turística ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, dada la afluencia de personas que a diario transitan por la vía Cuenca – Molleturo - Naranjal. En los años 90 se conocía la existencia de tres restaurantes y cinco criaderos de peces (trucha), a la fecha de ha logrado identificar más de veinte criaderos de trucha y un número similar de restaurantes, mismos que no disponen de servicio de agua potable ni alcantarillado (informe de inspección aguas arriba de la captación de agua. (ETAPA, 2015)

1.2.1.3 Apertura de vías.

La subcuenca del río Tomebamba está atravesada por la vía Cuenca – Molleturo – Naranjal, por donde circulan alrededor de 1000 vehículos diarios, dando paso a un crecimiento acelerado y altos niveles de contaminación de las aguas

El interés de los propietarios por tener vías carrozables que lleguen hacia sus predios ha hecho que existan múltiples intervenciones:

- Apertura de la vía Bellavista – Minas, dada en 1999 a través del ex CREA, para la implementación de un sistema de riego en la comunidad

de Bellavista, actividad que fue paralizada por intervención de la Dirección de Gestión Ambiental de ETAPA y la CGA del Municipio de Cuenca. Va desde el centro de la comunidad de Bellavista hasta el pajonal, atravesando bosque nativo primario facilitando la extracción de plantas, tierra, madera y otros recursos del bosque, acciones que han motivado a la comunidad a tomar acciones para restringir el ingreso.

- Apertura de una vía en el sector Carcabón, junto a la captación de agua del Culebrillas el año 2006, por parte de varios propietarios interesados en llegar con la una vía carrozable a la cuenca alta del río Culebrillas, pretensión que fue detenida gracias a que en esos días se encontraba laborando personal de ETAPA EP en la construcción de la captación, dado que es una zona alejada de los centros poblados y persiste interés de los propietarios de llegar con una vía a la cuenca alta, ha motivado a que la Empresa ETAPA EP, responsable de la dotación de agua y la protección de las áreas de aporte, en el año 2009 adquiriera una propiedad de 7 hectáreas a lo largo de la vía, con el objetivo de mantener un control permanente de las actividades que se den en la cuenca hidrográfica y que puedan afectar la calidad y cantidad del agua.
- En el año 2010 se abrió una vía paralela al río de Rasullana en la cuenca del mismo nombre, ubicada junto a la laguna Dos Chorreras, en un largo de 9km, misma que travesaba dos bosques protectores del cantón Cuenca: Tomebamba - Machangara y Molleturo - Mollepongo y que afectó significativamente la calidad del agua del río Rasullana, ya que por efecto de la erosión los sólidos llegan al agua, sobre este tema se abrió una investigación de la cual hasta la fecha no se conocen los resultados.

1.2.1.4 Pastoreo extensivo de ganado.

Se da junto al río, en el pajonal o junto a las fuentes hídricas donde se ubican las captaciones de agua. Este pastoreo trae consigo otras acciones secundarias como las quemas, erosión, compactación de suelo, tala de bosques y chaparros, alambrados, construcciones, apertura de vías y otras actividades que alteran las fuentes hídricas.

1.2.1.5 Irrespeto a la normativa existente.

La zona alta de páramo y gran parte del bosque nativo se encuentra íntegramente dentro del Área de Bosque y Vegetación Protectora ABVP Tomebamba-Machángara, declaradas por el MAE en 1985 (MAE, 1985), por su calidad de bosque protector restringe ciertas actividades antrópicas; sin embargo con el objetivo de tomar posesión de terrenos, algunos propietarios desarrollan agricultura, ganadería, tala de bosques primarios y secundarios de quinua (*Polylepis spp*), construcciones precarias y quemas frecuentes del pajonal, irrespetando la normativa vigente (TULAS y Ordenanza de control de

la subcuenca del río Tomebamba relativa a la captación de agua para la planta de El Cebollar, entre otras normas)

En la zona se han identificado actualmente más 100 propietarios y-o posesionarios en las diferentes formas (Minga D, 2011).

Imagen 2.- Problemática en las cuencas hídricas



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

Un estudio realizado por Proaño en el año 2004 detalla la pérdida en el almacenamiento de agua en los suelos sin intervención alguna, mismo que tiene la capacidad de almacenar un 100%, (m³/ha.) en un suelo intervenido con laboreo la pérdida de almacenamiento alcanza hasta un 12% menos, mientras que en un suelo alterado por ganadería la pérdida alcanza a un 27%, menos y finalmente en un suelo alterado por plantaciones de pino la pérdida es mayor con un 51% menos del suelo no intervenido.

1.2.1.6 Funciones de la vegetación nativa

La vegetación nativa (bosques montanos, páramos) constituyen ecosistemas que prestan gran cantidad de servicios ambientales, entre éstos la más importante para la vida, la regulación de caudales y rendimiento hídrico, (Tobon C 2009), esta regulación se da mediante algunos mecanismos; la interceptación de la lluvia horizontal (neblina) es atrapada por las hojas de los árboles en el dosel, la sombra que proporciona la vegetación impide la llegada de los rayos solares y la consecuente disminución en la evapotranspiración, la capa de hojarasca del bosque cumple la función de una esponja que absorbe el agua y poco a poco libera hacia las fuentes de agua (Avendaño 2007).

La tala de los bosques y la pérdida de la vegetación nativa, hace que se modifique las propiedades hidrofísicas del suelo (Tobon C, 2009), esto hace que los suelos pierdan sus características hidrológicas como cambios en la evapotranspiración, en la capacidad de almacenar agua, en el régimen hidrológico, lo que afecta directamente a la calidad y cantidad del agua que sale de las cuencas hidrográficas.

1.2.1.7 Vegetación de ribera

Los bosques de ribera cumplen funciones de alta importancia en los ecosistemas terrestres y acuáticos por estar en relación directa con el cauce de los ríos, entre estas:

- Constituye la principal fuente de materia orgánica, mediante el aporte de hojas y ramas que constituyen alimentos y protección para los invertebrados del agua, invertebrados que pasaran a formar parte de la cadena trófica. (Morisawa, 1968)
- Ayudan a mantener la fauna silvestre, gran parte de la cual interactúa directamente con los ríos. (Geer, 1978)
- Minimizan la llegada de agentes contaminantes al agua, mediante la sedimentación de éstos y la retención en sus raíces. (Carrasco, 2010)
- Forman un soporte que ayuda a mantener los taludes, las raíces de la vegetación ribereña se “teje” en el suelo formando un soporte que impide la erosión de las márgenes del río
- La vegetación ribereña neutraliza y minimiza la velocidad de llegada de los flujos de agua hacia el cauce. (Scalley, Aide 2003).
- Constituye un corredor biológico para animales, aves, insectos. (Freshwater biology, 1998)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Determinar los parámetros físico – químicos del agua que se alteran con el cambio de uso de suelo.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Analizar el cambio de uso de suelo en los años 1995, 2005 y 2010
- Analizar los cambios físico – químicos del agua durante los años 1995, 2005 y 2010
- Identificar las principales amenazas a la calidad del agua del río Tomebamba
- Plantear estrategias de intervención para los próximos años.

1.4 HIPÓTESIS

El cambio de uso de suelo en la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río.

CAPITULO II

2. METODOLOGIA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Cobertura vegetal se la denomina a la vegetación natural o plantada que cubre la superficie del suelo, es importante el estudio de la cobertura vegetal para determinar su relación e impacto sobre el recurso hídrico. (López y Bocco 1999)

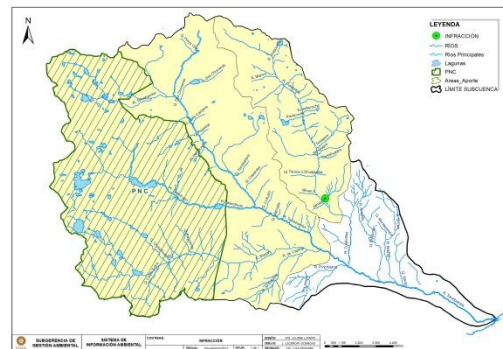
El área de estudio constituye la subcuenca del río Tomebamba en el tramo comprendido entre el centro parroquial de Sayausí hasta el sector conocido como Quinuas , parroquia Sayausí, cantón Cuenca, la provincia del Azuay, Subcuenca hidrográfica del río Tomebamba.

Mapa 3.- Ubicación de la subcuenca



Elaboración: J.Lucero
Fuente: ETAPA EP

Mapa 4.- Cobertura vegetal



Elaboración: J.Lucero
Fuente: ETAPA EP

Gran parte del área de aporte de agua constituye Área de Bosques y Vegetación Protectora Machángara-Tomebamba. Hacia el oeste de la ciudad de Cuenca se encuentra el Parque Nacional Cajas que ocupa 13.500 ha en la subcuenca del río Tomebamba. Ver mapa 4.

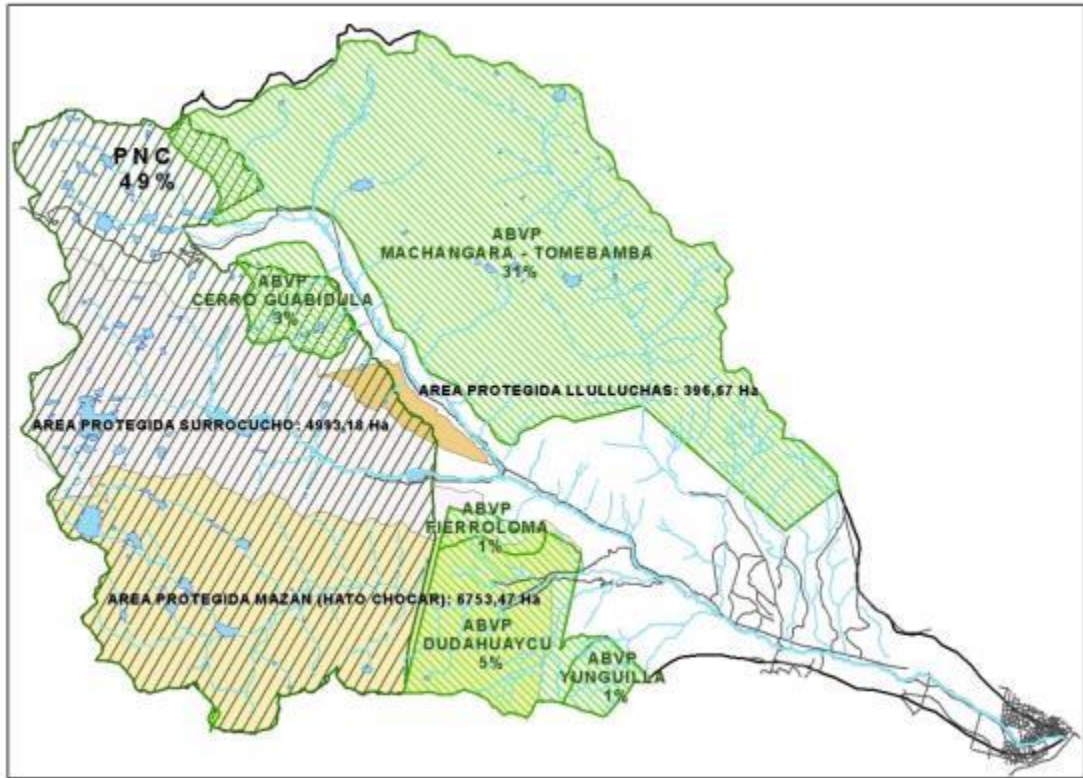
Área de bosque y vegetación protectora.- En el año 1985 el Ministerio del Ambiente, declaro como Áreas de Bosque y Vegetación Protectora, áreas de bosques nativos y páramos a fin de garantizar los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, entre estos el servicio de regulación hídrica.

En la subcuenca del río Tomebamba encontramos los siguientes Bosques protectores:

- Machángara – Tomebamba, con un área total de 42.912,68 ha, de las cuales 10341 ha se ubican en la subcuenca del río Tomebamba
- Dudahuayco, con un área de 1815 todas se encuentran en la subcuenca
- Yungilla, con un área 309 ubicadas dentro de esta subcuenca
- Guabidula, con 705 ha y en su totalidad está ubicada en la subcuenca
- Fierroloma, con una extensión de 213 ha en la subcuenca

- El Parque Nacional Cajas, con una extensión de 28.500 ha en su totalidad de las cuales 13500 ha se encuentran ubicadas en esta Subcuenca.

Mapa 5.-Áreas de Bosque y Vegetación Protectores en la subcuenca del río Tomebamba



Elaboración: J. Lucero
Fuente: ETAPA EP

2.1.1. Clima

Clima es una conjugación de varios elementos como la temperatura, humedad, presión, lluvia, viento y otros.

Según información recopilada por el equipo de elaboración del Plan de Ordenamiento del Cantón Cuenca POT, la Subcuenca del río Tomebamba cuenta con dos pisos climáticos bien definidos:

- Piso Templado Interandino
- Piso Climático Frío Andino

El clima Templado Interandino, va desde los 2500 hasta los 3200 m.s.n.m. su temperatura oscila entre 10 a 15 °C, este piso climático se caracteriza por presencia de lluvias frecuentes, vientos fuertes y aire seco y cálido

Temperatura

El piso Climático Frío Andino, está comprendido en zonas que van desde los 3200 hasta las 4700 m.s.n.m. y sus temperaturas varían entre 1 y 10 °C. Se dan torrenciales aguaceros, neblinas espesas y lloviznas casi constantes. Este clima es mayoritario de páramos de la región Andina.

Las temperaturas varían de acuerdo a la altura y van de 4 a 8°C., donde se alcanza una altitud de hasta 4.300msnm y en un rango de 12 a 14°C, donde se presentan altitudes promedio de 2.600msnm.

Pluviosidad

La Subcuenca del río Tomebamba, se caracteriza por tener alta pluviosidad en las zonas altas de bosque y paramo y una pluviosidad mediana en las zonas bajas de cultivos y vivienda, está comprendida en rangos de 750mm a 1400 mm. (POT Cuenca, RUP - ETAPA EP)

2.1.2. Vegetación

La cubierta vegetal en su mayor porcentaje corresponde a páramo con un 70% con 22.390 ha, seguido de bosque nativo en 14% con alrededor de 4.700 ha, seguida de pastos y cultivos con alrededor del 11% con 3.700 ha, el restante 5% está cubierto por otros usos.

Estos ecosistemas de cobertura vegetal de la Subcuenca, aportan en la regulación hídrica. (GIS, ETAPA EP)

2.1.3. Suelos

Según el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, United States Department of Agriculture, en la Subcuenca se puede clasificar a los suelos de la siguiente manera.

- AQUENTIC TROPOHUMULT, isothermic

Horizonte negro de 20 a 40cm de espesor. Suelo amarillo, arcillo-limoso con manchas de color o un poco rojizo. Posibilidad de algunas acumulaciones duras de hierro

- AQUENTIC TROPUDULT isothermic

Horizonte orgánico de algunos cm. Suelo amarillo arcillo-limoso con manchas de color o un poco rojizo de chroma bajo. Evolución a suelo podzólico

- CHROMUSTERT, isothermic.

Suelo arcilloso profundo de más de 60cm de espesor encima del material duro poco meteorizado

- FIBRIC ANDAQUEPT, isomesic

Materia orgánica poco meteorizada pardo a negro oscuro sobre 30 a 40cm de espesor. Más abajo se puede ver suelo alofónico.

- HISTIC HYDRANDEPT pseudo-limoso, isothermic

Suelo, negro pseudo limoso, muy untuoso y esponjoso. Retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación más de 100 de agua y menos de 200, agua p.100 de suelo seco a 105°C

- LITHIC, HISTIC HYDRANDEPT pseudo limoso isomesic

Suelo sobre rocas a < 50 cm, suelo muy negro, pseudo-limoso muy unctuosos esponjoso, tixotropico. Retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación de 100 a 200 de agua p 100 de suelo seco a 105°C. (USDA, United States Department of Agriculture)

2.2 DISEÑO DEL TRABAJO

2.2.1 Ubicación

País: Ecuador
Provincia: Azuay
Cantón: Cuenca
Parroquias: Sayausí, San Joaquín
Subcuenca hidrográfica: Tomebamba

2.2.2 Selección del sitio de estudio

El río Tomebamba constituye la fuente de agua más antigua de la ciudad de Cuenca, mediante la planta de agua de El Cebollar actualmente da servicio de agua potable alrededor del 40% del área urbana de Cuenca.

Además de constituirse la más antigua e importante fuente de agua para los cuencanos, también es fuente de agua para las comunidades de la parroquia Sayausí, agrupadas en doce juntas de agua comunitarias.

Uno de los servicios ambientales más importantes que brinda la subcuenca es el agua para consumo humano de los ciudadanos de Cuenca y sus parroquias

rurales constituye un factor de importancia para buscar alternativas de manejo de sus áreas de recarga hídrica.

2.2.3 Estaciones de monitoreo en la subcuenca

La Ordenanza que Regula la Constitución, Organización y Funcionamiento de ETAPA EP, determina como funciones de ETAPA EP, entre otras, la que establece el Artículo 3.- A ETAPA EP le corresponde la gestión ambiental relacionada con la prestación de servicios que desarrolle la Empresa, en el marco de la ley y de las políticas y estrategias dictadas por la I. Municipalidad de Cuenca. También le compete la administración y gestión de aquellas áreas y sistemas naturales o artificiales que por su importancia para la preservación de los recursos hídricos o de cualquier otra naturaleza, le encargare la I. Municipalidad u otras instituciones del Estado.

Artículo 4, literal j *“Ejecutar y coordinar políticas ambientales y programas de acción, dirigidos a proteger, cuidar y recuperar los recursos hídricos y las fuentes de agua, los bosques y vegetación naturales protectores del cantón Cuenca y de las cuencas hídricas...”*

Para el cumplimiento de este mandato ETAPA EP implementa una serie de programas y proyectos tendientes a garantizar agua en cantidad y calidad en las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua al cantón Cuenca y sus comunidades.

La gestión integral del agua que se realiza en el cantón Cuenca, involucra tres ámbitos principales:

- Cuidado y protección de las áreas de aporte o recarga hídrica
- Captación, distribución a las viviendas, con altos estándares de calidad
- Tratamiento de aguas residuales, antes de devolverlas nuevamente al río.

Imagen 3.- Gestión Integrada del Agua en Cuenca



Elaboración: J. Rojas
Fuente: ETAPA EP

El cuidado de protección de las áreas de recarga hídrica incluye una serie de actividades tendientes a asegurar la calidad y cantidad de agua para los cuencanos; entre estas el monitoreo permanente de las condiciones físico – químicas y biológicas de las fuentes hídricas, ríos, quebradas y lagunas a fin de establecer una línea base sobre la calidad de agua. En la subcuenca del río Tomebamba encontramos estaciones de monitoreo dentro del Parque Nacional Cajas y fuera del PNC a lo largo del río Tomebamba, a fin de monitorear las alteraciones de las condiciones del agua en cada estación.

ETAPA EP, obtuvo la certificación ISO 9001, por lo que implementa una serie de acciones tendientes a garantizar la prestación del servicio, entre éstos el monitoreo permanente de parámetros físico, químico, bacteriológico y biológicos del agua.

“Contamos con la Certificación ISO 9001:2008 a los procesos de producción de Agua en nuestras Plantas Potabilizadoras de El Cebollar, Tixán y Sustag, así como la Acreditación ISO 17025 de nuestro Laboratorio de Agua Potable el cual realiza el control de calidad del agua distribuida en el sector urbano y rural de la ciudad.

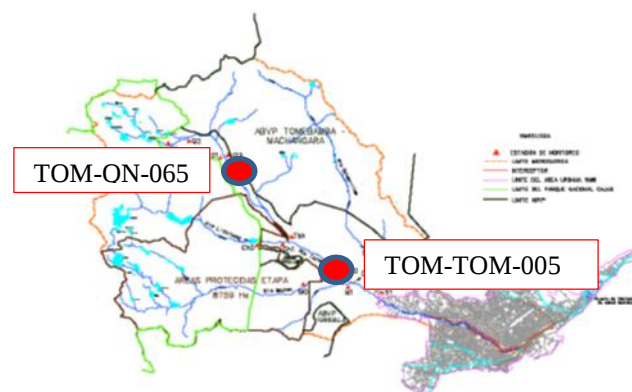
Las Plantas de Potabilización con las que cuenta ETAPA EP son:

- Planta de El Cebollar con una capacidad instalada de 1000 l/s
- Planta de Tixán con una capacidad instalada de 840 l/s
- Planta de Sustag con una capacidad instalada de 460 l/s
- Planta de Culebrillas con una capacidad de 100 l/s
- Planta de San Pedro con una capacidad instalada de 40 l/s
- Planta de Cumbe con una capacidad instalada de 14 l/s
- Planta de Irquis con una capacidad instalada de 35 l/s

- Planta de Quingeo- Pillachiquir con una capacidad instalada de 7l/s
- Planta de Sinincay con una capacidad instalada 30 l/s
- Planta de Zhizho con una capacidad instalada 3 l/s
- Planta de Tutupali Grande con una capacidad instalada 7 l/s
- Planta de Tutupali Chico con una capacidad instalada 3 l/s
- Planta de Fárez con una capacidad instalada 3 l/s
- Planta de Santa Ana con una capacidad instalada 5 l/s
- Planta de Sayausí con una capacidad instalada 15 l/s
- Planta de Maluay con una capacidad instalada 2 l/s
- Planta de Checa con una capacidad instalada 22l/s
- Planta de Santa Teresita de Chiquintad con una capacidad instalada 7 l/s
- Planta de Atuc-Loma con una capacidad instalada 5 l/s
- Planta de Putucay con una capacidad de 15 l/s.

Para garantizar la continuidad del servicio de Agua Potable la empresa cuenta con 33 Centros de Reserva ubicados estratégicamente en varios sectores de la ciudad, con capacidad total de 120.000 metros cúbicos de reserva para la ciudad. En el área rural, cada una de las Plantas cuenta con la reserva necesaria y suficiente para la población abastecida. Las redes de distribución de Agua Potable alcanzan una cobertura del 96% en el área Urbana y del 88% en el área Rural.” (ETAPA EP, 2016).

Mapa 6.- Ubicación de las estaciones de monitoreo



Elaboración: J. Lucero
Fuente: ETAPA EP

Tabla 4.- Ubicación de las estaciones de monitoreo

ESTACION	CODIGO	COORDENADAS		ALTURA
Unión de los ríos Quinuas y Taquiurco	TOM-QN-065	9692766	700490	3783 msnm
Sayausí	TOM-TOM-005	9682796	712656	2773 msnm

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

2.2.4 Frecuencias de monitoreo

Los monitoreos físicos, químicos y bacteriológicos en varias estaciones empieza en el año 1994, posteriormente dependiendo de las necesidades de disponer de información sobre las actividades productivas que puedan afectar la calidad del agua, se implementaron nuevas estaciones. La estación de monitoreo TOM-TOM-005, se inició en el año 1994, misma que se ubica antes de la junta con el río Mazan en el sector conocido como Gulag, desde entonces se realiza monitoreos trimestrales.

Los parámetros analizados se detallan a continuación: oxígeno disuelto, temperatura, pH, DBO₅, turbiedad, coliformes, nitratos, fósforo total, sólidos totales y conductividad.

Para determinar con mayor exactitud la salud del ecosistema del río no se evalúa únicamente parámetros físico – químicos también se efectúa un monitoreo biológico cada año.

Este tipo de monitoreo usa a los invertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de los ríos, ha sido usado a nivel mundial, y en algunos casos está reemplazando a los tradicionales análisis de parámetros físico-químicos de calidad del agua debido a que son adaptables fácilmente, tienen un costo más bajo, es fácil de realizar.

Mediante el uso de una malla fina se realiza la captura de los invertebrados acuáticos. El área que se debe cubrir es de dos metros cuadrados para cada estación. El contenido de las redes se coloca en bandejas de color blanco y se colectan todos los organismos de la muestra. Estos se colocan en frascos con alcohol al 90 % correctamente identificado.

En los laboratorios se identifican las familias, especies y demás características, mediante el uso de un estéreo microscopio.

Fotografía 2.- Identificación de especies acuáticas en laboratorio



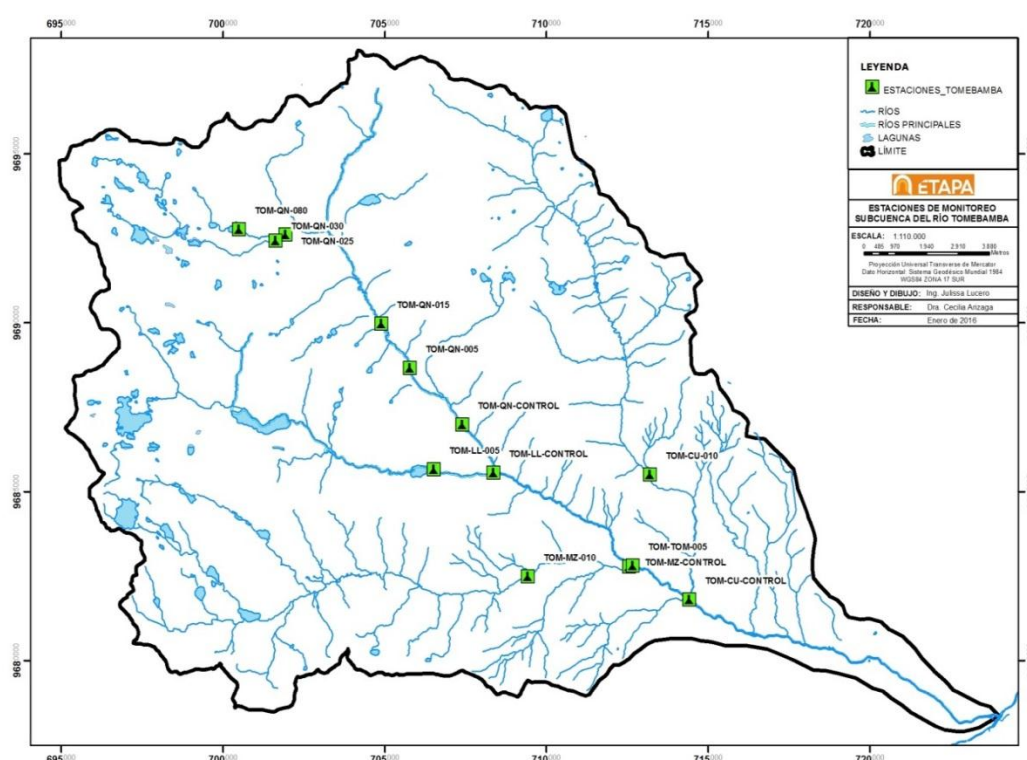
Al final se obtiene un índice biótico que permite definir la categoría en la que se ubica el cuerpo de agua evaluado.

2.2.5 Protocolo para monitoreo de parámetros físico - químico

Para el monitoreo de parámetros físico – químico y dependiendo de los objetivos del monitoreo se debe tener algunas consideraciones, entre las siguientes (Universidad de Cuenca, SENAGUA - DHS, ETAPA EP, 2015):

- Seleccionar una zona permanente y que preferentemente coincida con sitios de monitoreo biológicos, morfo métricos, entre otros
- Algunos parámetros deben ser medidos in situ, como temperatura, pH, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, conductividad eléctrica
- Toma de muestras y traslado
- Los frascos pueden ser de vidrio o plástico, dependiendo de los parámetros que se quiera analizar, etiquetados correctamente y esterilizados para la toma de coliformes y lavados con una solución caliente de ácido clorhídrico para el análisis de fósforo.
- Antes de tomar la muestra se debe enjuagar y homogenizar con el agua de la fuente por varias veces
- Los frascos deben ser llenados completamente para evitar burbujas de aire, excepto en el caso de muestras para coliformes (Jáimez – Cuéllar, 2002).
- Para mantener las muestras estables se debe mantener a una temperatura promedio de 4 grados centígrados, en algunos casos se puede adicionar conservantes y no puede almacenarse por mucho tiempo. (Universidad de Cuenca, SENAGUA - DHS, ETAPA EP, 2015).
- A fin de disponer de una información certera y confiable, para la toma de decisiones, ETAPA EP, monitorea en varios puntos a lo largo de los ríos

de Cuenca, según mapa adjunto.



2.2.6 Parámetros permitidos por el TULSMA

Tabla 5.- Parámetros permisibles para agua de diferentes usos TULSMA

PARAMETRO	UNIDAD	PARAMETROS PERMISIBLES PARA AGUA DE CONSUMO HUMANO						
		Consumo humano	Preservación de fauna	Uso Agrícola	Uso Pecuario	Recreativo contacto 2°	Recreativo contacto 1°	Uso estético
Oxígeno disuelto	mg/l	> 80% Osat y > 6mg/l	> 80% Osat y > 6mg/l.		3	> 80% Osat y > 6mg/l.	> 80% Osat y > 6mg/l.	> 80% Osat y > 6mg/l.
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2						
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3000		1000	<5000 promedio mensual	4000	1000	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	600	200		1000	1000	200	
Potencial de hidrógeno		6,0 – 9	6, 5-9	6,0 - 9	6-9	6,5-8,5	6,5-8,6	
Temperatura	°C	Condición naturales + 3°C	Condición naturales ± 3°C					
Sólidos disueltos totales	mg/l	1000		3000	3000			
Turbiedad	NTU	100						20
Aceites y Grasas		0,3	0,3			0,3		ausencia
Amoniaco	mg/l	1	0,02 NH3					
Cloruro	mg/l	250						
Dureza	mgCaCO3 /l	500						
Materia flotante		ausencia	ausencia		ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Nitritos	mg/l	1			1			
Nitrato	mg/l	10			10			

Fuente: TULSMA, 2015

2.2.7. Obtención de la información

Los datos usados para la presente investigación fueron obtenidos de la base de datos del programa “Monitoreo de los ríos de Cuenca”, de la Subgerencia de Gestión Ambiental de ETAPA EP, este programa mantiene un calendario mensual de monitoreo, cuyas muestras son enviadas al laboratorio ambiental de la Empresa, mismo que dispone de un certificado de acreditación ISO-IEC-17-025, que constituye una norma de estandarización Internacional que avala los procedimientos de Gestión, Documentación y Análisis de los servicios de los laboratorios.

Los datos obtenidos a lo largo del año, se promedian para disponer de un dato anual con los cuales se trabajó para la presente investigación.

Con la información obtenida del muestreo y los análisis físico – químicos y bacteriológicos, los responsables del programa, elaboran un informe anual que da cuenta de la calidad del agua del río, año por año, sin lograr identificar una curva en el tiempo y disponer de una proyección a futuro, los informes muestran que la calidad del agua del río aun es “buena”, sin embargo era necesario articular la información de todo el periodo de monitoreo de diez y ocho años, con los cuales se realizó el análisis.

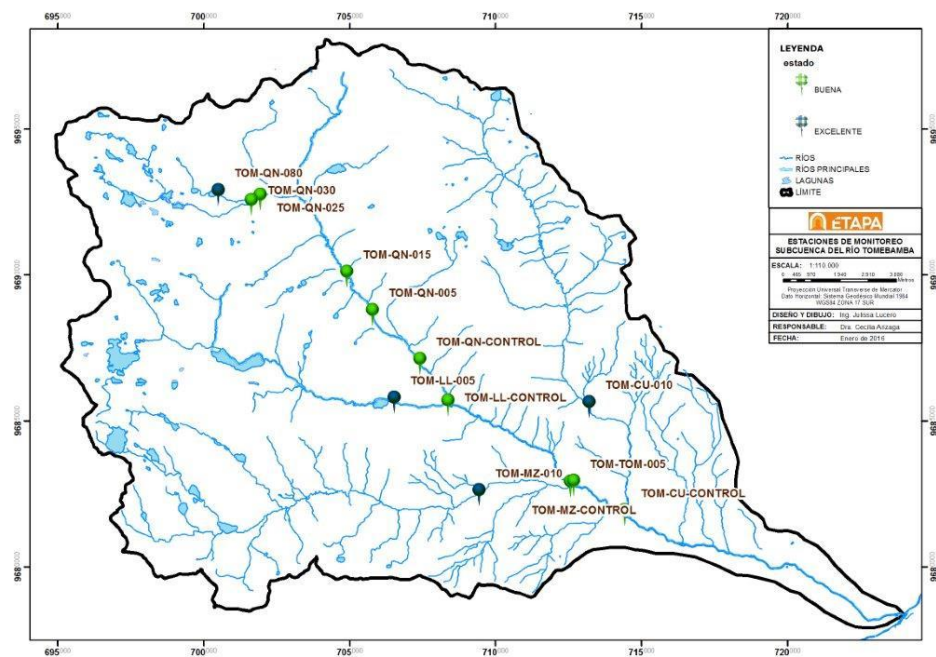
El programa de monitoreo de los parámetros físico – químicos, está a cargo de la doctora Cecilia Arizaga Maruri, funcionaria de la Empresa ETAPA EP, quien monitorea los ríos de Cuenca.

CAPITULO III

3.1 IMPACTO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA, SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO

En la Subcuenca del río Tomebamba, fuente de agua de la ciudad de Cuenca (MICPA, 2012), en un período de diez y ocho años, comprendido entre 1994 – 2012, se midió el impacto del cambio, del uso del suelo sobre la calidad del agua; para ello se realizó el análisis estadístico de los parámetros de calidad en dos puntos 1.- TOM-QN-065 es la estación en el sector Quinuas, cercana al Parque Nacional Cajas y en el punto 2.- TOM-TOM-005, se ubica cerca del centro poblado de Sayausí, con datos registrados por ETAPA EP, en estas dos zonas alta TOM-QN-065 y baja TOM-TOM-005, tramo comprendido entre el centro parroquial de Sayausí hasta el sector conocido como Quinuas, parroquia Sayausí, cantón Cuenca, provincia del Azuay, Subcuenca hidrográfica del río Tomebamba

Mapa 7.- Ubicación de las estaciones de monitoreo



Elaboración: J. Lucero, C. Arizaga
Fuente: ETAPA EP

El monitoreo de las características **físico-químicas**, se da en los puntos indicados en el mapa 07 y pertenecen al área de aporte de la captación de agua para la planta de El Cebollar, de la ciudad de Cuenca, en la provincia del Azuay.

De conformidad con los objetivos de esta investigación, el análisis de las variables estudiadas que corresponden a los parámetros de calidad del agua, se presentarán en el siguiente orden: demanda bioquímica de oxígeno en cinco días DBO5, coliformes fecales, sólidos totales, turbiedad, pH y Nitratos, por año y zona (baja y alta) del río Tomebamba.

3.2. REVISIÓN DE LA NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE

- La **Constitución del Ecuador**, en su Artículo 3, Título I, de los Principios Fundamentales, que son deberes primordiales del Estado, entre otros: "...defender el patrimonio natural y cultural del país y proteger el medio ambiente. (Registro oficial No. 449, 20 octubre de 2008).

Constitución de la República del Ecuador, Artículo. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Constitución de la República del Ecuador, Artículo. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

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

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

El Artículo 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque eco sistémico.

- El **Plan Nacional del Buen Vivir**, aprobado en el 2009, elaborado por SENPLADES y aprobado por el Consejo Nacional de Planificación. El «Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013» fue aprobado en sesión de 05 de noviembre de 2009, mediante Resolución No. CNP-001- 2009
- El **Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomías y Descentralización COOTAD**, promulgado en 2010 señala en su Art. 136 que el ejercicio de las competencias de gestión ambiental se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.

- **Ley de Gestión Ambiental.** (Ley 99- 37), en el Artículo 13 establece que los Municipios como Organismos descentralizados de gestión ambiental, dictarán políticas ambientales locales y calificarán las actividades que puedan causar impactos ambientales. En relación a la determinación de los usos de suelo deben respetar las regulaciones sobre el Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas.
- **Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA):**

Libro VI: Calidad Ambiental

Cuenta con siete anexos, cada uno de los cuales abordan y regula, distintos temas ambientales:

Anexo 1.- Hace referencia a las normas de calidad ambiental que deben tener las aguas para los distintos usos:

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

Anexo 2.- Se refiere a las normas de calidad ambiental del recurso suelos y los criterios para la remediación de suelos contaminados:

- a) Normas de aplicación general para suelos de distintos usos.
- b) Criterios de calidad de un suelo.
- c) Criterios de remediación para suelos contaminados.
- d) Normas técnicas para evaluación de la capacidad agrológica del suelo

Anexo 3.- Se refiere a las normas de para la prevención y el control de contaminación ambiental

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para emisiones de contaminantes del aire hacia la atmósfera desde fuentes fijas de combustión.
- b) Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las cantidades emitidas de contaminantes del aire desde fuentes fijas de combustión.

Anexo 4.- Este anexo de refiere la preservación de la calidad del aire

- a) Los objetivos de calidad del aire ambiente.
- b) Los métodos y procedimientos a la determinación de los contaminantes en el aire ambiente.

Anexo 5.- Este anexo hace referencia a los límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones

- a) Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- b) Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- c) Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- d) Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

Anexo 6.- En este anexo se encuentra las normas de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos

- a) De las responsabilidades en el manejo de desechos sólidos
- b) De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos
- c) Normas generales para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.
- d) Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- e) Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- f) Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- g) Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- h) Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- i) Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- j) Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.
- k) Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- l) Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- m) Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

Anexo 7.- Este anexo da un listado de los productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido en el Ecuador, determina como productos químicos peligrosos sujetos de control por el Ministerio del Ambiente y que deberán cumplir en forma estricta los reglamentos y las Normas INEN que regulen su gestión adecuada.

- En la **Ley forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre** se indica que el Ministerio del Ambiente tendrá como Objetivos y Funciones Artículo 5, literal g) Promoverá la acción coordinada con entidades, para el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas, así como, en la administración de las áreas naturales del Estado, y los bosques localizados en tierras de dominio público; h) Estudiar, investigar y dar asistencia técnica relativa al fomento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales, áreas naturales y de vida silvestre;

Mediante Acuerdo Ministerial (AM) No-292, de 1985, se declaró Área de Bosque y Vegetación Protectora Machángara - Tomebamba con una extensión aproximada de 42.912,68 ha. Se ubica en el cantón Cuenca, provincia del Azuay y en cantones Déleg, Biblián y Cañar en la provincia de Cañar. Esta área tiene conectividad física con el Parque Nacional Cajas y los Bosques Protectores Fierroloma, Guabidula, Dudahuayco, Molleturo - Mollepongo,

Se ubica al Área de Bosque y Vegetación Protectora en un rango altitudinal que va desde los 2.880msnm hasta los 4.400msnm, integrada por ecosistemas Páramo, humedales, Bosques nativos, matorrales y Agro ecosistemas con significativos niveles de intervención humana.

- **Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y Aprovechamiento del Agua.-** Artículo 12, 14, 33, 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

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

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

- **Normas para el Manejo de los Bosques Andinos**

Regula en ancho que debe tener las márgenes de protección de ríos, quebradas y fuentes de agua, además el manejo del bosque andino, sus recursos y sus usos.

El Ecuador es poseedor de un importante cumulo de Normas y Leyes, encaminadas a la protección del ambiente, sin embargo somos testigos que a diario se pierden miles de hectáreas de bosques nativos, páramos, humedales y otros ecosistemas de importancia hídrica.

Uno de los serios problemas con los que nos enfrentamos al momento de aplicar una normativa es la sobre posición de competencias entre los organismos responsables de su aplicación.

La falta de claridad y actualidad en las Leyes constituye otro problema al momento de su aplicación.

Celo institucional y actuación en base a intereses del momento no permite una coordinación y aplicación efectiva de la Ley

Institución responsable de la aplicación de las Leyes, con alta burocracia, una deficiente gestión y casi nula operatividad en campo es otro tema que hay que superar a fin de mejorar la aplicación de las normas.

3.2.1. Monitoreo de la calidad del agua,

En las diferentes estaciones, desde el límite con el Parque Nacional Cajas hasta el centro parroquial de Sayausí.

Los resultados obtenidos por parte del Programa de Vigilancia y monitoreo de los recursos hídricos que lleva adelante la Subgerencia de Gestión Ambiental de ETAPA EP, muestran claramente como las actividades productivas implantadas aguas arriba de las captaciones, alteran algunos parámetros analizados.

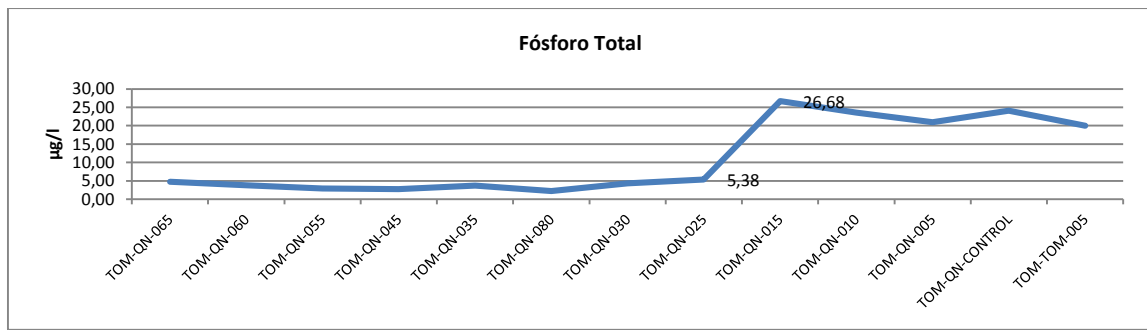
Se identificaron ciertos parámetros que presentaban cambios importantes en sus registros, según avanza el río aguas abajo en las diferentes estaciones de monitoreo, hacia las captaciones, los mismos que se presentan a continuación:

3.2.2. Fósforo

Altas concentraciones de fósforo en el agua representa contaminación por presencia de nutrientes y materia orgánica, producto de actividades agropecuarias o sus residuos.

A partir de la estación TOM – QN – 015 ubicada después de las piscícolas, los valores de fósforo total pasan de 5,38 ug/l a 26,68 ug/l, aumentando casi en 5 veces su valor.

Gráfico 1.- Fosforo



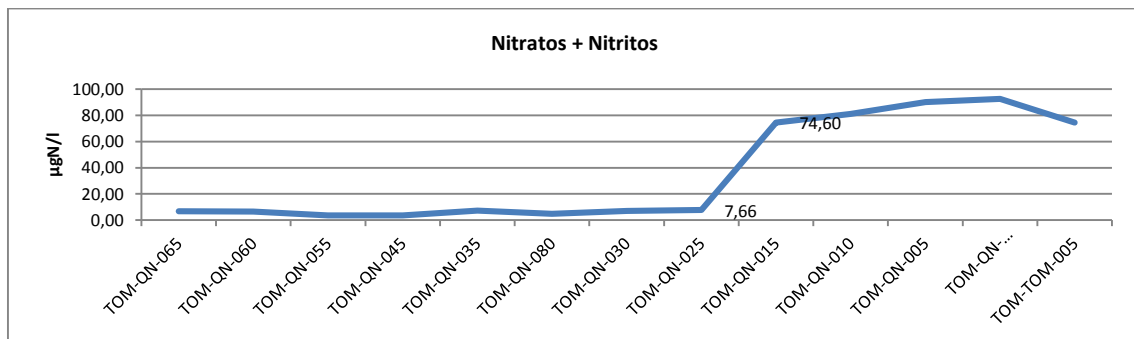
Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

3.2.3. Nitratos y Nitritos

Se encuentran en altas concentraciones cuando existe presencia de nutrientes producto de actividades productivas, fertilización con nitrógeno u otras descargas con alto contenido de nutrientes.

Los valores de nitratos y nitritos en esta misma estación tienen un incremento importante, de 7,66 ugN/l pasan a 74,6 ugN/l, es decir, aumenta 10 veces su valor con respecto a las estaciones ubicadas antes de este sector.

Gráfico 2.- Nitratos, nitritos



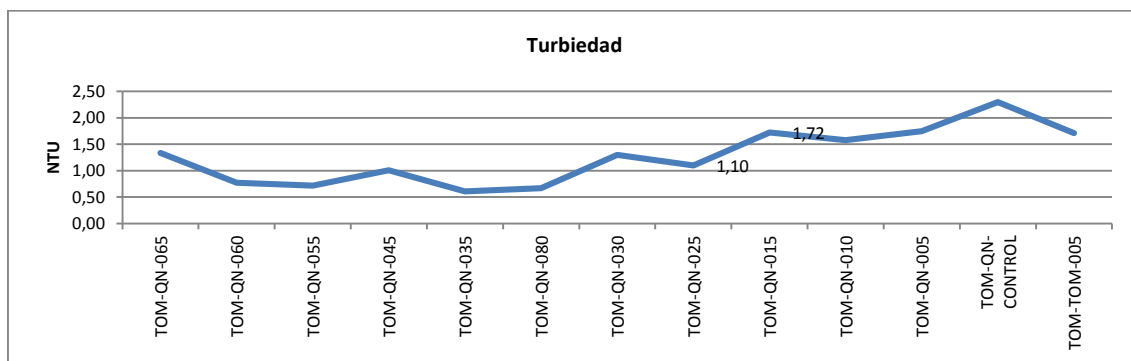
Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

3.2.4. Turbiedad

Es la presencia de sólidos en suspensión o sedimentos en el agua producto de la erosión de los suelos por la eliminación de la cubierta vegetal existente (perdida de bosques y páramos)

Se puede notar que en el sector Dos Chorreras, la turbiedad del agua se incrementa en sus valores de forma escalonada a partir de esta estación, como podemos observar en el siguiente gráfico. Los valores registrados cambian de 1,10 NTU a 1,72 NTU

Gráfico 3.- Turbiedad



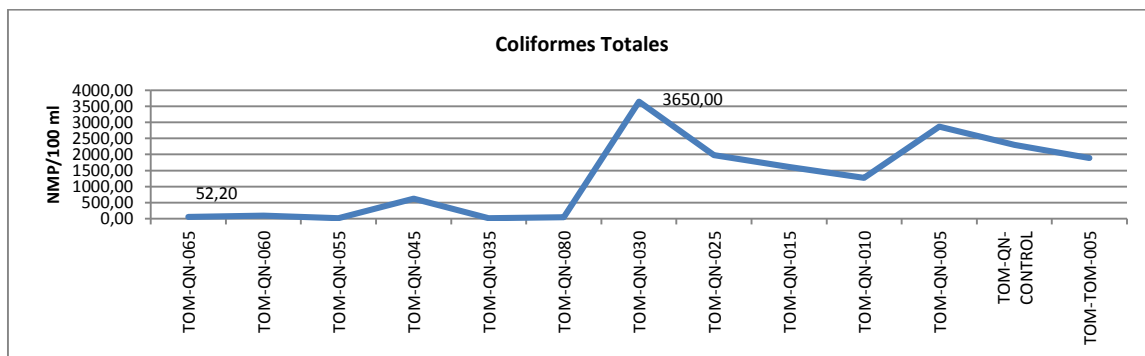
Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

3.2.5. Coliformes

Su presencia significa contaminación por materia orgánica es decir residuos o excretas de animales y/o personas

Estos valores tienen un aumento muy considerable en la estación ubicada en el río Quinuas antes de la junta con la quebrada del Taquiurcu, después del jardín de la Virgen del Cajas y de los restaurantes del sector.

Gráfico 4.- Coliformes totales



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

Tabla 6.- Valores permisibles de los principales parámetros para aguas de diferentes usos según el TULAS

PARAMETRO	UNIDAD	PARAMETROS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO						
		Consumo humano	Preservación de fauna	Uso Agrícola	Uso Pecuário	Recreativo contacto 2°	Recreativo contacto 1°	Uso estético
Oxígeno disuelto	mg/l	> 80% Osat y > 6mg/l	> 80% Osat y > 6mg/l.		3	> 80% Osat y > 6mg/l.	> 80% Osat y > 6mg/l.	> 80% Osat y > 6mg/l.
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2						
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3000		1000	<5000 promedio mensual	4000	1000	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	600	200		1000	1000	200	
Potencial de hidrógeno		6,0 – 9	6, 5-9	6,0 - 9	6-9	6,5-8,5	6,5-8,6	
Temperatura	°C	Condición naturales + 3°C	Condición naturales ± 3°C					
Sólidos disueltos totales	mg/l	1000		3000	3000			
Turbiedad	NTU	100						20
Aceites y Grasas		0,3	0,3			0,3		ausencia
Amoniaco	mg/l	1	0,02 NH3					
Cloruro	mg/l	250						
Dureza	mgCaCO3/l	500						
Materia flotante		ausencia	ausencia		ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Nitritos	mg/l	1			1			
Nitrato	mg/l	10			10			

Fuente: TULMAS

Si se consideran los resultados obtenidos en los diferentes análisis y puntos de monitoreo y se comparan con los rangos establecidos en el TULAS, se puede notar que los valores de coliformes identificados exceden ampliamente el rango establecido para agua de consumo humano y otros usos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EMPLEADOS

La determinación de calidad del agua es relativa al uso que se lo destine, mientras para un tipo de uso, el agua puede ser de buena calidad, para otros usos, puede ser deficiente. La presente investigación analizó seis parámetros a fin de identificar cambios positivos o negativos y de qué manera el cambio de uso de suelo ha influenciado sobre el agua, para lo cual se analizaron los siguientes parámetros:

- Coliformes fecales
- Demanda Bioquímica de oxígeno
- Sólidos totales
- Turbiedad
- Nitratos
- pH

4.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5).

La demanda bioquímica, se mide en miligramos de Oxígeno diatómico por litro en cinco días (mg/l) indica el grado de contaminación del agua, en las zonas estudiadas.

En la Tabla 5, se encuentran las medias y medidas de dispersión del oxígeno consumido por la población microbiana, al inhibirse los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno, en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

Tabla 7.- Demanda bioquímica de oxígeno, en el agua de dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

Año	Zona baja TOM TOM 005				Zona alta TOM QN 065			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	0,49	0,25	0,70	34,48	0,52	0,40	0,65	19,89
1995	0,77	0,25	1,20	37,12	0,89	0,75	1,00	10,06
1996	0,97	0,40	1,70	37,89	1,03	0,60	1,78	44,82
1997	0,70	0,25	1,00	33,01	0,56	0,13	0,98	47,14
1998	0,87	0,58	1,50	35,36	0,93	0,58	1,50	32,35
1999	0,68	0,60	0,90	19,25	0,65	0,40	1,00	39,97
2000	0,64	0,18	0,90	51,03	0,42	0,08	0,75	80,72
2001	0,79	0,33	1,00	26,18	0,82	0,82	0,82	-
2002	0,93	0,68	1,18	26,88	0,96	0,45	1,98	75,13
2003	0,70	0,50	0,83	17,36	0,61	0,35	1,00	38,78
2004	0,85	0,60	1,10	24,25	0,95	0,80	1,20	17,46
2005	1,51	0,50	3,90	80,96	1,84	0,60	4,20	73,45
2006	1,08	0,40	2,40	72,47	0,73	0,50	0,90	20,40

2007	0,73	0,60	0,80	11,44	0,65	0,40	0,90	27,74
2008	0,75	0,40	1,00	30,55	0,63	0,40	0,80	26,84
2009	0,85	0,70	1,10	19,51	0,83	0,50	1,30	35,73
2010	0,76	0,30	1,20	42,14	0,90	0,70	1,00	13,61
2011	0,90	0,40	1,20	34,25	0,95	0,58	1,10	22,71
2012	0,98	0,80	1,15	14,18	1,05	0,70	1,60	31,94
	0,84	0,46	1,30	34,12	0,84	0,51	1,29	34,67

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

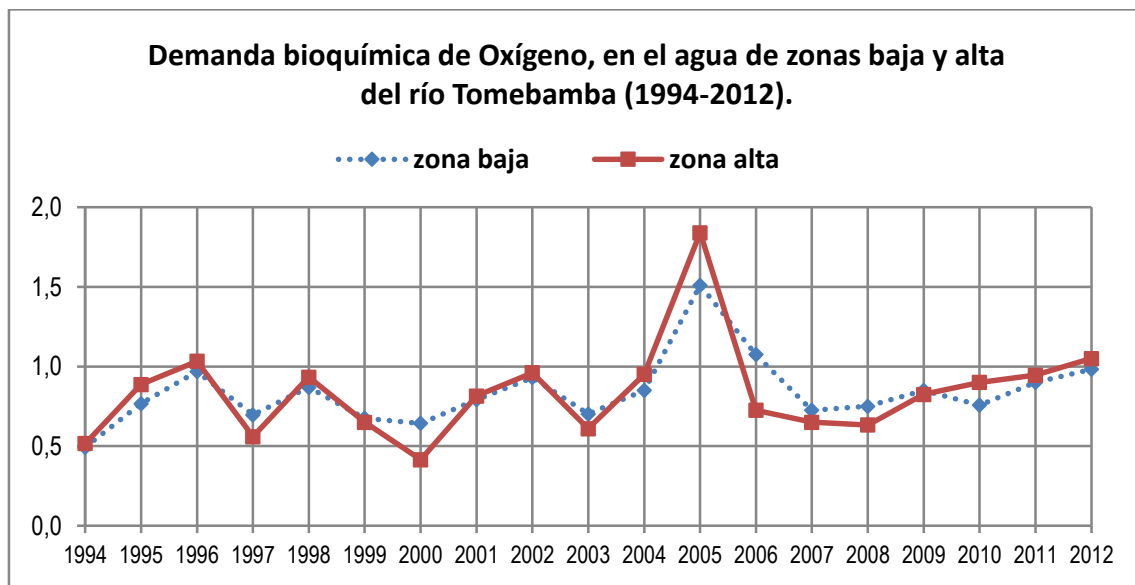
Como se observa en la Tabla 5, las medias de DBO5 son iguales en las dos zonas del río, pero en la alta, se produjo una mayor variación relativa (34,67%), con una más alta amplitud del rango de dispersión de datos, con respecto a la media; sin embargo, la prueba de significación de la Tabla 6, indica que las diferencias para la DBO entre las zonas de estudio del río Tomebamba son no significativas.

Prueba de hipótesis

En base a la prueba de significación de la Tabla 6, las diferencias en la DBO5, entre las zonas observadas, con un valor de $p = 0,915 > 0,05$, en el período 1994-2004, ocurrieron por casualidad durante el muestreo; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río.

Esta evidencia permite manifestar que el agua de las dos zonas del río Tomebamba, tienen iguales características con respecto a este parámetro de calidad.

Gráfico 5.- Demanda bioquímica de Oxígeno, en el agua de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

El gráfico 5, muestra los valores promedio de DBO de las dos zonas de la subcuenca del río Tomebamba, en el período de observación, cuyas diferencias fueron no significativas.

Tabla 8.- Prueba t para significación para las diferencias de parámetros de calidad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	Sig.			95% de IC de la		
	t	gl	al)	Diferencia de medias	diferencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	,108	18	,915	,00368	-,0677	,0751
Coliformes fecales	2,930	18	,009	479,63579	135,6639	823,6077
Sólidos totales	-1,889	18	,075	-4,77842	-10,0923	,5355
Turbiedad	,159	18	,875	,03421	-,4177	,4862
pH	-,429	18	,673	-,02368	-,1396	,0922
Nitratos	-2,163	18	,044	-,00737	-,0145	-,0002

4.3 COLIFORMES FECALES.

La siguiente tabla muestra el número más probable de coliformes fecales (NMP)/100 mililitros de agua de la dos zonas de estudio de la subcuenca del río Tomebamba.

Tabla 9.- Coliformes fecales del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

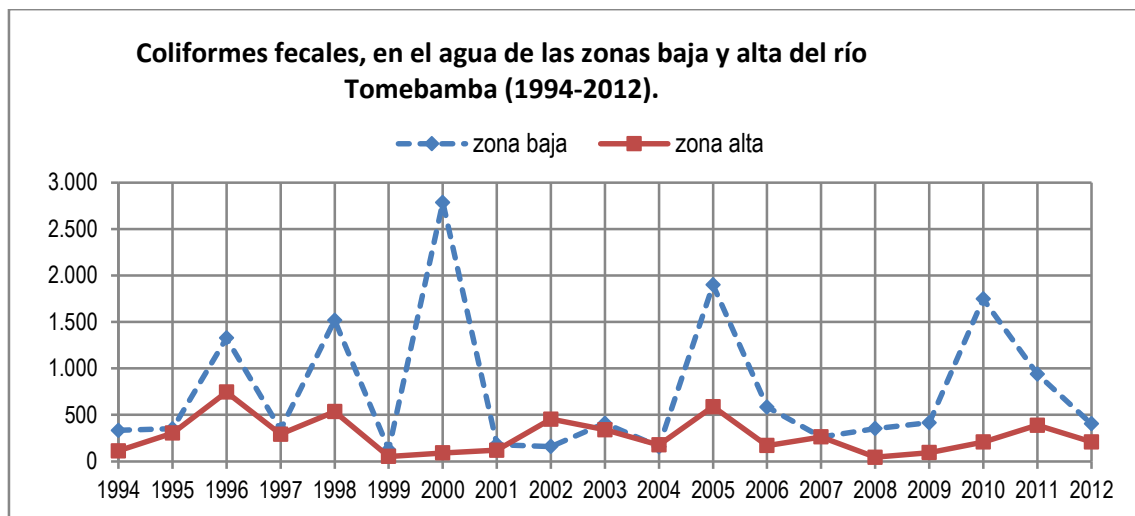
Año	Zona baja				Zona alta			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	334,25	11,00	1.600,00	128,09	112,50	20,00	220,00	65,13
1995	350,83	70,00	900,00	71,02	305,00	50,00	800,00	99,08
1996	1.327,50	130,00	5.000,00	105,85	745,00	50,00	2.000,00	104,82
1997	342,50	130,00	800,00	54,85	292,17	23,00	1.300,00	155,73
1998	1.519,17	70,00	8.000,00	144,47	535,29	17,00	1.300,00	75,31
1999	127,50	50,00	240,00	56,93	53,25	23,00	80,00	50,45
2000	2.786,67	140,00	8.000,00	132,29	90,00	50,00	130,00	44,44
2001	181,20	22,00	500,00	79,91	120,00	120,00	120,00	-
2002	160,00	80,00	240,00	50,00	455,00	110,00	800,00	75,82
2003	410,00	50,00	700,00	53,66	340,00	50,00	900,00	94,83
2004	157,50	110,00	240,00	34,01	177,50	30,00	300,00	57,78
2005	1.900,00	70,00	9.000,00	186,86	588,00	50,00	2.400,00	154,80
2006	585,00	110,00	1.300,00	84,48	170,25	31,00	350,00	67,82
2007	262,75	17,00	700,00	100,80	263,00	23,00	630,00	94,23
2008	352,50	170,00	540,00	37,12	45,00	23,00	79,00	54,19
2009	415,75	33,00	920,00	83,03	94,33	23,00	130,00	53,47
2010	1.747,50	170,00	5.400,00	121,37	208,00	23,00	490,00	87,14
2011	940,00	240,00	2.400,00	92,38	388,25	43,00	790,00	72,39

2012	405,00	130,00	540,00	39,83	210,00	110,00	330,00	38,69
	752,93	94,89	2.474,74	87,21	273,29	45,74	692,05	76,11

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En la Tabla 9, se observa que la media de concentración de coliformes fecales, es más alta en la zona baja del río, con una mayor amplitud de rango entre el valor mínimo y máximo de la media, lo que indica que los datos anuales, están más dispersos alrededor de la media; asimismo, se produjo una variación relativa del 87,21% en esta zona de esta subcuenca que es mayor al 76,11% de la parte alta.

Gráfico 6.- Coliformes fecales, en el agua de las zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012).



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En el gráfico anterior se aprecia que las mayores variaciones en la presencia de Coliformes fecales, ocurrieron entre los años 1999-2001; 2004-2006; y 2009-2012 de la parte baja del río.

Prueba de hipótesis

De la Tabla 6, se desprende que el valor $p = 0,009 < 0,05$ por lo tanto, las diferencias observadas entre las muestras de agua de las dos zonas del río, para el parámetro "Coliformes fecales" con el 95% de seguridad, son significativas y no ocurrieron por casualidad, durante los momentos y lugares del muestreo. Esta evidencia permite manifestar que el agua de las dos zonas del río Tomebamba, no tiene iguales características con respecto a este parámetro de calidad.

Por lo expuesto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río, ya que el contenido en coliformes es mayor en el agua proveniente de la zona baja del río Tomebamba.

4.4 SÓLIDOS TOTALES

En la siguiente tabla, se muestran las medias de sólidos totales (mg/l), encontradas en las muestras de agua de las dos zonas de la subcuenca del río Tomebamba.

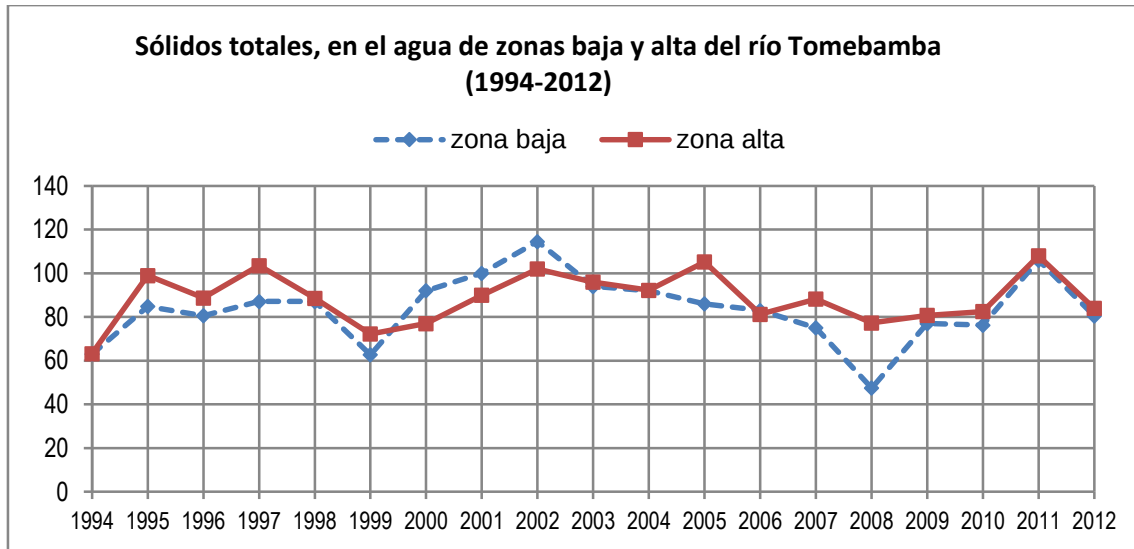
Tabla 10.- Sólidos totales del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

Año	Zona baja				Zona alta			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	63,00	40,00	101,00	29,26	63,25	43,00	81,00	67,98
1995	84,82	65,00	112,00	14,92	99,00	89,00	124,00	89,90
1996	80,58	11,00	125,00	34,63	88,75	52,00	113,00	58,59
1997	87,08	62,00	124,00	19,41	103,50	94,00	113,00	90,82
1998	87,08	65,00	113,00	16,47	88,57	61,00	103,00	68,87
1999	62,75	47,00	73,00	15,79	72,25	53,00	91,00	73,36
2000	92,00	82,00	102,00	10,87	77,00	77,00	77,00	100,00
2001	100,00	100,00	100,00	-	90,00	90,00	90,00	100,00
2002	114,50	111,00	118,00	3,06	102,00	73,00	130,00	71,57
2003	94,00	81,00	110,00	12,15	96,00	81,00	109,00	84,38
2004	92,00	81,00	97,00	6,96	92,25	80,00	105,00	86,72
2005	86,00	68,00	100,00	14,65	105,20	83,00	163,00	78,90
2006	83,00	61,00	109,00	21,43	81,25	60,00	107,00	73,85
2007	75,00	61,00	85,00	11,62	88,25	70,00	104,00	79,32
2008	47,50	16,00	72,00	46,54	77,33	76,00	78,00	98,28
2009	77,00	70,00	88,00	8,86	80,75	67,00	96,00	82,97
2010	76,25	70,00	89,00	10,17	82,50	78,00	93,00	94,55
2011	106,00	75,00	164,00	33,53	108,00	84,00	172,00	77,78
2012	80,50	74,00	86,00	6,36	84,00	71,00	104,00	84,52
	83,64	65,26	103,58	16,67	88,41	72,74	108,05	82,23

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En la tabla anterior, se muestran las medias de sólidos totales expresada en miligramos por litro (mg/l) que indica el grado de contaminación del agua, en las zonas de estudio. Las medias de sólidos totales de las dos zonas difieren muy poco y el porcentaje de variación es mayor en la zona alta. En la zona baja del río, se produjo una menor variación relativa promedio, con una amplitud del rango de dispersión de datos, ligeramente más alta, con respecto a la media; sin embargo, la prueba de significación de la Tabla 6, indica que estas diferencias son no significativas para la coliformes totales en el período 1994-2012.

Gráfico 7.- Sólidos totales, en el agua de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En el gráfico anterior se aprecia las variaciones en los valores promedio de la presencia de sólidos totales de las dos zonas observadas que conforme a la prueba de significación (Tabla 6) ocurrieron por casualidad.

Prueba de hipótesis

El valor $p = 0,075 > 0,05$ (Tabla 2) permite manifestar que las diferencias observadas en el agua de las dos zonas monitoreadas para el parámetro “Sólidos totales” con el 95% de seguridad, son no significativas y se dieron por casualidad, durante los momentos y lugares del muestreo; por lo cual se rechaza la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río, ya que el contenido en sólidos totales, es igual en el agua proveniente de las dos zonas del río Tomebamba.

4.5 TURBIEDAD

En la tabla 11, se exponen los valores promedio de la turbidez del agua pertenecientes a las dos zonas de la subcuenca del río Tomebamba.

Tabla 11.-Turbiedad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

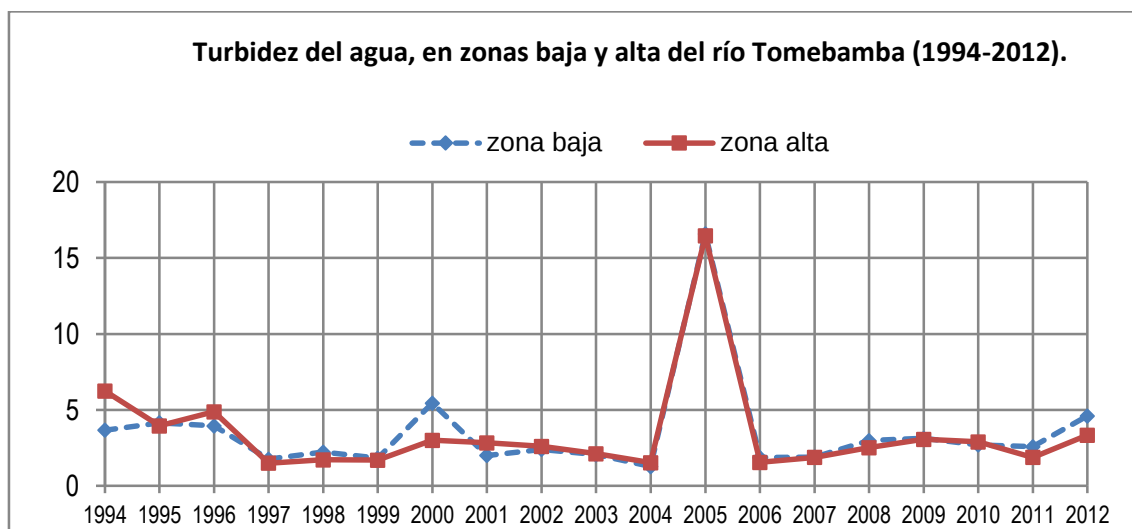
Año	Zona baja				Zona alta			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	3,67	2,22	5,90	128,09	6,25	5,40	7,10	65,13
1995	4,16	1,30	12,40	71,02	3,95	1,10	7,80	99,08
1996	3,95	0,75	10,00	105,85	4,88	2,30	9,00	104,82
1997	1,76	0,70	3,70	54,85	1,49	1,00	1,90	155,73
1998	2,22	1,00	5,90	144,47	1,71	0,80	2,50	75,31
1999	1,83	1,50	2,30	56,93	1,70	1,50	2,00	50,45
2000	5,45	2,20	8,70	132,29	3,00	3,00	3,00	44,44
2001	2,00	2,00	2,00	79,91	2,83	2,83	2,83	-
2002	2,40	1,80	3,00	50,00	2,60	1,00	4,50	75,82

2003	2,05	1,30	3,00	53,66	2,12	1,50	3,50	94,83
2004	1,28	1,00	1,50	34,01	1,53	1,00	1,90	57,78
2005	16,59	2,00	59,80	186,86	16,45	2,50	56,80	154,80
2006	1,86	1,45	2,80	84,48	1,55	1,46	1,60	67,82
2007	1,89	0,67	2,74	100,80	1,87	0,98	3,48	94,23
2008	2,98	2,77	3,22	37,12	2,52	1,94	3,18	54,19
2009	3,13	2,29	4,06	83,03	3,07	2,40	3,37	53,47
2010	2,70	1,91	3,96	121,37	2,90	1,97	4,02	87,14
2011	2,58	1,65	3,56	92,38	1,88	1,43	2,52	72,39
2012	4,60	3,09	7,42	39,83	3,34	2,06	4,88	38,69
	3,53	1,66	7,68	87,21	3,45	1,90	6,63	80,34

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En la tabla anterior se observa una ligera diferencia entre los valores de la media de las dos zonas estudiadas, los valores de dispersión de datos de la media también presentan ligeras variaciones que de conformidad con la prueba de significación (Tabla 6) fueron no significativas.

Gráfico 8.- Turbidez del agua, en zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

El gráfico 8, muestra las medias de turbidez del agua de las dos zonas del río Tomebamba. Las variaciones en las zonas observadas fueron no significativas.

4.6. pH

En la Tabla 12, se encuentran las medias del potencial de hidrogeniones de las dos zonas de estudio.

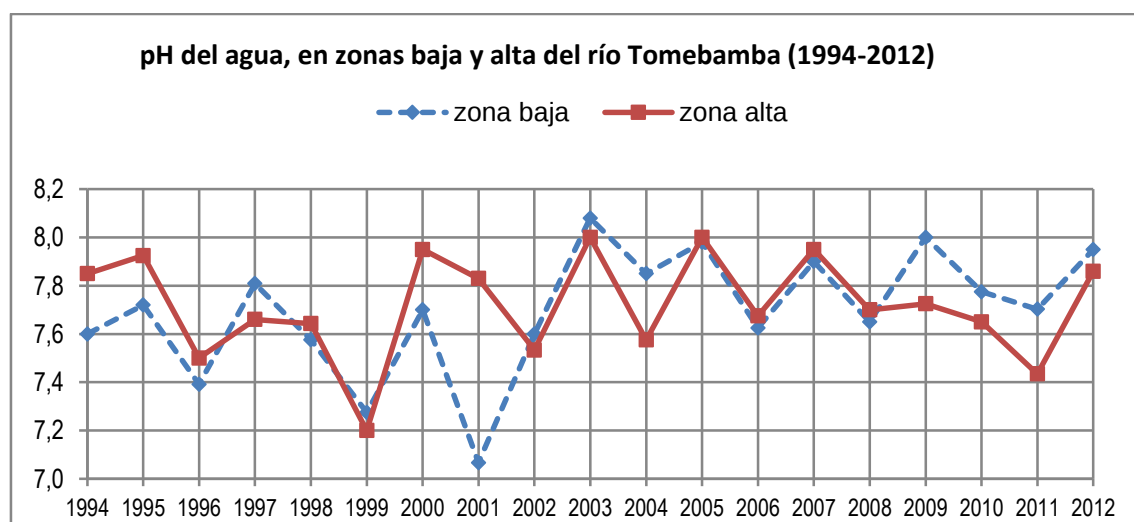
Tabla 12.- pH del agua, en dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

Año	Zona baja				Zona alta			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	7,60	6,80	8,10	128,09	7,85	7,70	8,00	65,13
1995	7,72	6,00	8,40	71,02	7,93	7,20	8,50	99,08
1996	7,39	7,00	7,80	105,85	7,50	7,30	7,70	104,82
1997	7,81	7,10	8,20	54,85	7,66	7,20	8,20	155,73
1998	7,58	6,90	8,10	144,47	7,64	7,20	8,10	75,31
1999	7,28	6,40	7,70	56,93	7,20	6,40	7,70	50,45
2000	7,70	7,30	8,10	132,29	7,95	7,90	8,00	44,44
2001	7,07	2,90	8,30	79,91	7,83	7,83	7,83	-
2002	7,60	7,30	7,90	50,00	7,53	7,20	7,90	75,82
2003	8,08	8,00	8,30	53,66	8,00	7,80	8,30	94,83
2004	7,85	7,50	8,30	34,01	7,58	7,10	8,20	57,78
2005	7,98	7,40	8,30	186,86	8,00	7,80	8,40	154,80
2006	7,63	7,20	8,00	84,48	7,68	7,40	8,00	67,82
2007	7,90	7,80	8,00	100,80	7,95	7,80	8,10	94,23
2008	7,65	7,30	8,20	37,12	7,70	7,30	8,00	54,19
2009	8,00	7,60	8,40	83,03	7,73	6,90	8,20	53,47
2010	7,78	7,50	8,00	121,37	7,65	7,40	7,80	87,14
2011	7,70	7,27	8,28	92,38	7,44	7,11	7,69	72,39
2012	7,95	7,87	8,03	39,83	7,86	7,59	8,13	38,69
	7,70	7,01	8,13	87,21	7,72	7,38	8,04	80,34

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

En la tabla anterior, se muestran las medias y los valores de dispersión de datos de las dos zonas del río Tomebamba en el período estudiado. El rango y Coeficiente de variación presentan ligeras diferencias en las dos zonas del río; las mismas que no fueron significativas a la prueba.

Gráfico 9.- pH del agua, en zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

El gráfico 9, presenta las medias de pH en las dos zonas del río Tomebamba, las diferencias entre este parámetro de calidad del agua, de las zonas durante el período 1994-2012, no fueron significativas a la prueba (Tabla2).

Prueba de Hipótesis

El valor $p = 0,673 > 0,05$ (Tabla 2) permite manifestar que las diferencias observadas en el agua de las dos zonas monitoreadas para el parámetro “pH” con el 95% de seguridad, son no significativas y se dieron por casualidad; por lo cual se acepta la hipótesis Nula (H_0) y se rechaza la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río, ya que el pH, es igual en el agua proveniente de la zona baja del río Tomebamba.

4.7 NITRATOS

La Tabla 13 contiene la media, rango y coeficiente de variación, de la presencia de Nitratos en el agua de las dos zonas de la subcuenca del río Tomebamba.

Tabla 13.- Nitratos en el agua de dos zonas del río Tomebamba (1994-2012).

Año	Zona baja				Zona alta			
	Media	Mínima	Máxima	CV %	Media	Mínima	Máxima	CV %
1994	0,14	0,14	0,14	128,09	0,16	0,16	0,16	65,13
1995	0,10	0,01	0,19	71,02	0,10	0,03	0,14	99,08
1996	0,09	0,03	0,19	105,85	0,11	0,04	0,18	104,82
1997	0,04	0,02	0,06	54,85	0,04	0,00	0,08	155,73
1998	0,05	0,01	0,10	144,47	0,03	0,01	0,04	75,31
1999	0,11	0,06	0,16	56,93	0,12	0,09	0,13	50,45
2000	0,05	0,03	0,08	132,29	0,08	0,08	0,08	44,44
2001	0,04	0,04	0,04	79,91	0,04	0,04	0,04	-
2002	0,03	0,01	0,05	50,00	0,03	0,01	0,05	75,82
2003	0,06	0,01	0,12	53,66	0,07	0,05	0,09	94,83
2004	0,03	0,01	0,05	34,01	0,04	0,01	0,12	57,78
2005	0,04	0,02	0,06	186,86	0,07	0,03	0,13	154,80
2006	0,08	0,05	0,11	84,48	0,09	0,05	0,14	67,82
2007	0,06	0,03	0,10	100,80	0,06	0,04	0,08	94,23
2008	0,06	0,05	0,08	37,12	0,05	0,04	0,06	54,19
2009	0,06	0,03	0,09	83,03	0,06	0,04	0,09	53,47
2010	0,09	0,07	0,15	121,37	0,11	0,04	0,19	87,14
2011	0,06	0,04	0,08	92,38	0,06	0,03	0,09	72,39
2012	0,06	0,04	0,12	39,83	0,06	0,03	0,11	38,69
	0,07	0,04	0,10	87,21	0,07	0,04	0,11	80,34

Elaboración: Autor

Fuente: ETAPA EP

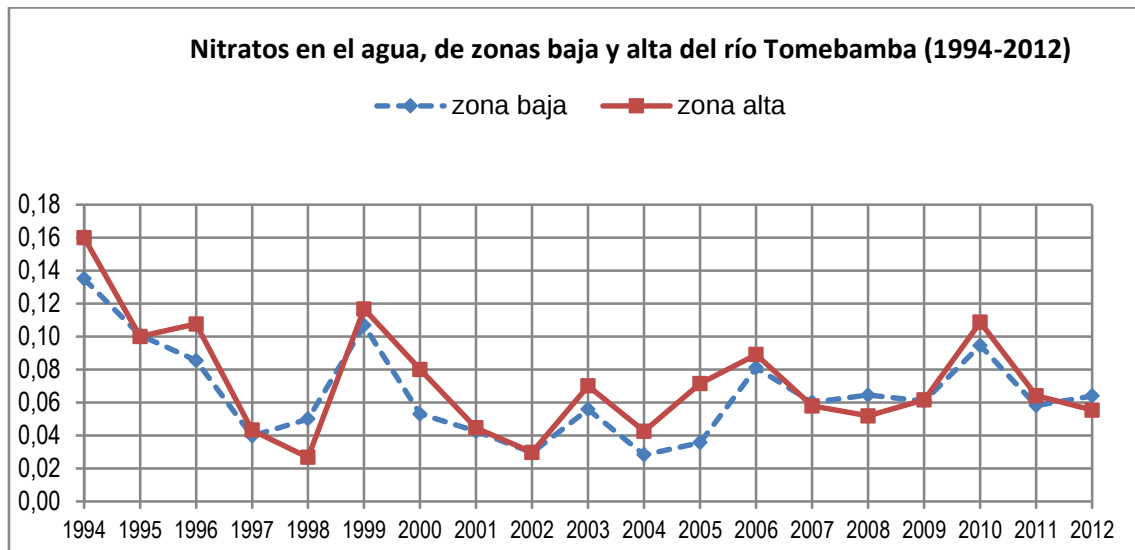
La diferencia de medias de “Nitratos” durante el período 1994-2012, en las dos zonas del río fue significativa a la prueba (Tabla 6).

Prueba de Hipótesis

El valor $p = 0,044 < 0,05$ (Tabla 6) permite manifestar que las diferencias observadas en el agua de las dos zonas monitoreadas para el parámetro “Nitratos” con el 95% de seguridad, son significativas y no se dieron por casualidad; por lo cual se rechaza la hipótesis Nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río, ya que el

contenido de nitratos, es mayor en el agua proveniente de la zona baja del río Tomebamba.

Gráfico 10.- Nitratos en el agua, de zonas baja y alta del río Tomebamba (1994-2012)



Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

El gráfico 10, muestra las medias del contenido de Nitratos en el agua de dos zonas monitoreadas del río Tomebamba, las cuales fueron significativas a la prueba (Tabla 6).

Dos de los 6 parámetros de calidad del agua, observados en las dos zonas de estudio de la subcuenca del río Tomebamba, como son, la presencia de coliformes fecales y nitratos, fueron más altos en la zona baja que en la alta, como repercusiones del cambio de uso de suelo, que afecta a la calidad de una de las fuentes de agua potable de la ciudad de Cuenca.

4.8 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (WQI)

En su publicación de agosto del 2008, titulada Agua y Energía, Actualidad y Futuro, los investigadores Felipe Cisneros, Leoncio Galarza y Melio Sáenz, concluyen:

“Los cambios en el comportamiento hidrológico de las cuencas son resultado de alteraciones de la superficie y cobertura vegetal no coherentes con una visión de desarrollo integral”.

Estas conclusiones se puede reafirmar en la presente investigación, especialmente en dos parámetros Coliformes fecales y Nitratos, cuyas diferencias significativas se visualizan al comparar las dos estaciones de monitoreo, mismas que confirman la hipótesis de la investigación (Ha) que el cambio de uso de suelo en la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río.

A fin de disponer de amplia información que sustente lo manifestado es necesario implementar metodologías alternativas de análisis de la calidad del agua del río Tomebamba, mediante la implementación de un índice de calidad del agua.

Existen varias metodologías para obtener los índices de calidad de agua, sin embargo el que más se adapta a nuestro medio es el Water Quality Index WQI, Desarrollado por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), creado con el objetivo de medir los cambios en la calidad del agua en diferentes tramos del río. Este método utiliza para el análisis nueve parámetros de acuerdo al siguiente procedimiento:

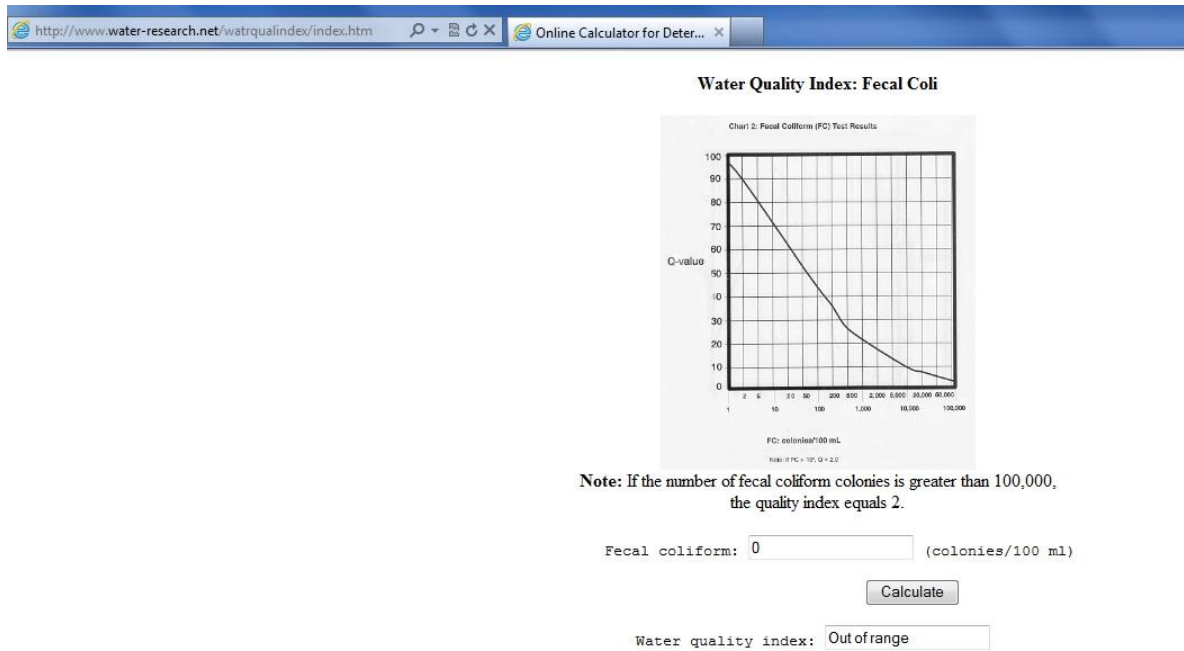
- Se selecciona nueve parámetros con los que se realizara el análisis, se detallan a continuación.
 - a. Coliformes fecales
 - b. Sólidos en suspensión
 - c. Oxígeno disuelto
 - d. pH
 - e. Turbiedad
 - f. DBO5
 - g. Nitratos – nitritos
 - h. Fosforo
 - i. Temperatura
- Se obtiene un PESO o valor para cada país o región, que sirve de base para los cálculos posteriores, en el caso de Ecuador- Austro, los valores asignados por defecto son los siguientes:

Tabla 14. Pesos asignados para cada parámetro

PARÁMETRO	PESOS
Coliformes fecales	0,15
Sólidos totales	0,08
Oxígeno disuelto	0,17
pH	0,12
Turbiedad	0,08
DBO5	0,1
Nitratos - nitritos	0,1
Fósforo	0,1
Temperatura	0,1

(Larry, 1998)

- Con la información anterior se procede a calcular el denominado **FACTOR**, el cual se realiza mediante una hoja de cálculo, que se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica <http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm> en la cual se ingresan los valores del laboratorio y se procede a calcular obteniendo el dato correspondiente.



- Los resultados del cálculo en la tabla anterior, denominado FACTOR, se multiplica por el PESO y se obtiene un valor.
- Se suma los valores de los nueve parámetros y se obtiene el valor sobre 100 puntos.
- Al final se suman los valores obtenidos y según ello se ubica en el rango de la siguiente tabla, asignando la calidad del agua según el valor y el color de cada celda.

Tabla 15. Tabla de interpretación del índice general WQI

DESCRIPTORES	ÁMBITO NUMÉRICO	COLOR
Muy Malo	0 – 25	Rojo
Malo	26 – 50	Naranja
Medio	51 – 70	Amarillo
Bueno	71 – 90	Verde
Excelente	91 – 100	Azul

(Larry, 1998)

TOM-TOM-005/zona alta					
PARAMETRO	UNIDADES	VALOR LAB	PESOS	FACTOR	AT10 PESO /FACTOR
Coliformes Termotoletantes(Fecales)	NMP/100ml	158,100	0,15	39	5,903
Solidos totales	mg/l	87,410	0,08	84	6,721
Oxigeno disuelto (% SATURACION)	mg/l	100,000	0,17	99	16,830
pH		7,678	0,12	91	10,946
Turbiedad	MTU	3,680	0,08	89	7,144
DBO5	mg/l	0,829	0,1	96	9,637
Nitratos + nitritos	ugN/l	0,00007	0,1	97	9,700
fosforo total	ug/l	0,230	0,1	89	8,900
Temperatura		0,300	0,1	97	
SUMATORIA					75,781
WQI					84,201
http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm					

TOM-QN-065/zona baja					
PARAMETRO	UNIDADES	VALOR LAB	PESOS	FACTOR	AT10 PESO /FACTOR
Coliformes Termotoletantes(Fecales)	NMP/100ml	370,700	0,15	28	4,235
Solidos totales	mg/l	86,170	0,08	84	6,729
Oxigeno disuelto (% SATURACION)	mg/l	105,000	0,17	99	16,745
pH		8,129	0,12	79	9,539
Turbiedad	MTU	3,680	0,08	89	7,144
DBO5	mg/l	0,859	0,1	96	9,613
Nitratos + nitritos	ugN/l	0,00007	0,1	97	9,700
fosforo total	ug/l	0,230	0,1	89	8,939
Temperatura		1,000	0,1	90	
SUMATORIA					72,643
WQI					80,715
http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm					

De acuerdo al cálculo del Indicador de Calidad del Agua WQI, en el punto de monitoreo de la zona alta TOM-QN-065, el valor alcanza a 84,201 puntos, color verde, agua de buena calidad.

En el punto de monitoreo en la zona baja TOM-TOM-005, el índice de calidad tiene un valor de 80,715 puntos, color verde, lo que significa que el agua es de calidad buena.

En conclusión se visualiza que el agua en los dos sitios de monitoreo es de buena calidad, sin embargo existe diferencias en los puntajes del rango, lo que claramente indica el cambio que sufre el río y la calidad del agua, en el tramo

de 11 km de recorrido, entre las dos estaciones de monitoreo, información que confirma la hipótesis de la investigación.

4.9 Principales amenazas.

La calidad y cantidad del agua de consumo de los cuencanos, siempre tendrá amenazas latentes, preocupan en un futuro no muy lejano, debido a las actividades antrópicas incrementadas por la confluencia de algunos factores entre otros:

- El cambio en el uso el suelo
- Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal.
- La actividad ganadería en las márgenes del río y áreas de aporte de las fuentes de agua.
- Cambio de uso del suelo.
- Los Incendios forestales frecuentes
- Práctica de deportes extremos en páramos.
- Irrespeto a la normativa vigente en la zona, pues todas las actividades puntualizadas como amenazas, están expresamente prohibidas y/o reguladas.

Los datos de calidad del agua disponibles al momento, permitieron identificar los tramos más críticos para concentrar los esfuerzos y los mecanismos de protección. Uno de ellos, es el tramo comprendido entre Sayausí hasta LLaviuco en el río Tomebamba.

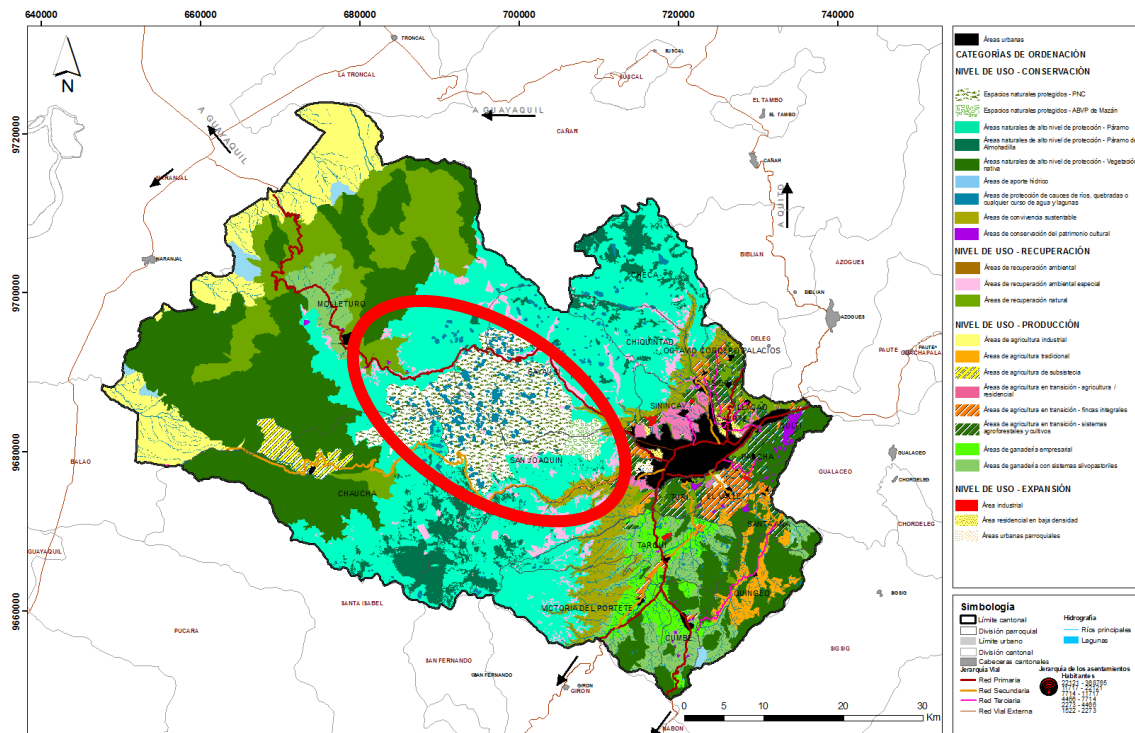
Se verificó que la principal actividad contaminante, es la ganadería y las actividades turísticas, generada por al menos 80 propiedades dedicadas a estas actividades que se ubican en este tramo y que aumentan significativamente la concentración promedio de coliformes, como se desprende de las pruebas de significación de la Tabla 9.

Como consecuencia de la ganadería extensiva se han eliminado por completo los bosques nativos, páramos y la vegetación ribereña, lo cual permite el ingreso y/o paso de animales directamente al agua ya sea para beberla o para trasladarse a otros pastizales, depositando sus excrementos directamente en el agua del río. A pesar de que varias normas y leyes demandan el cuidado y protección de estos ecosistemas.

4.10 Cambio de uso de suelo en los años 1995, 2005 y 2010

El crecimiento de la frontera pecuaria en la subcuenca del río Tomebamba, en gran medida se contrapone con el uso del suelo planteado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del 2011, generando un conflicto de uso, según el PDOT del cantón Cuenca, esta zona esta categorizada como “Áreas Naturales de Alta Protección biológica - Páramo”, combinado con Áreas de Recuperación Ambiental especial, sin embargo estas zonas han sufrido importantes cambios en su cobertura vegetal.

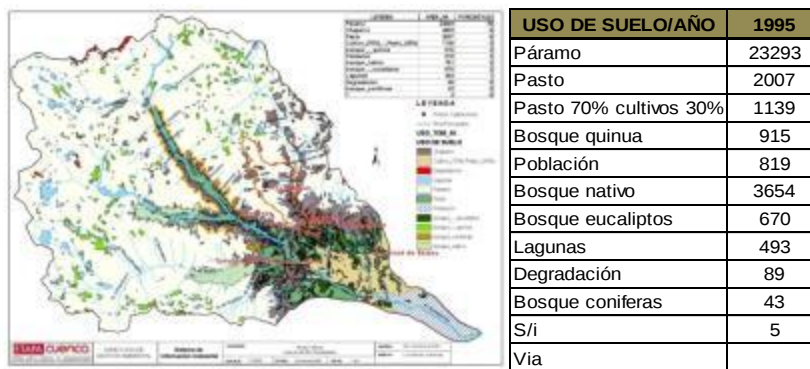
Mapa 8.- Categorización de la zona según Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca



Fuente: PDOT Cuenca

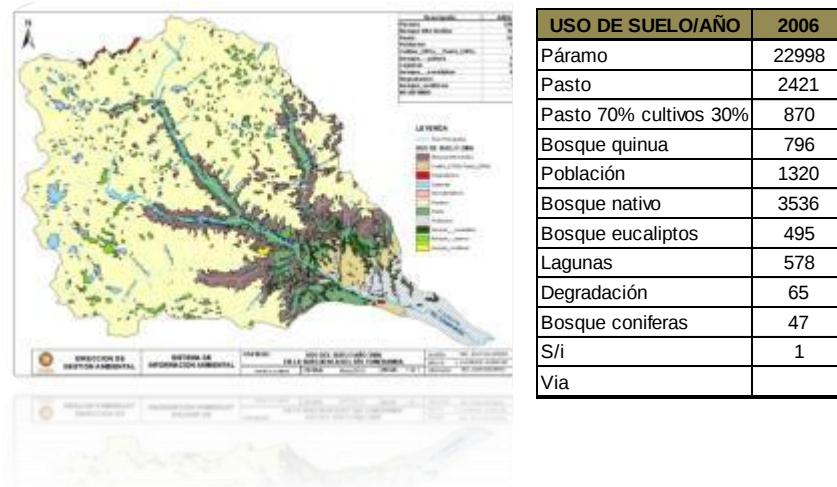
La cobertura vegetal constituye la protección del suelo que evita su deterioro, la topografía altamente irregular de las cuencas hídricas y en especial del Tomebamba que en su mayoría se ubica como altas pendientes, facilita la llegada de agentes contaminantes directamente al río, es así que cualquier cambio en la protección del suelo y en la capa vegetal que regula el agua se verá reflejada directamente sobre la calidad del agua de los ríos.

Mapa 9.- Uso de suelo del año 1995, en hectáreas



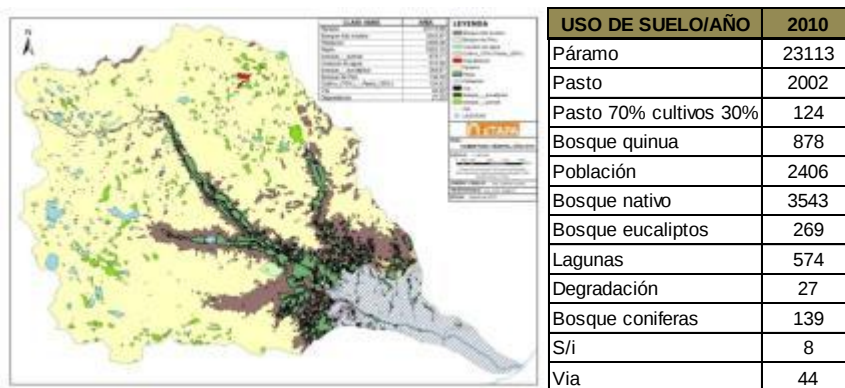
Elaboración: J. Lucero, Autor
Fuente: ETAPA EP

Mapa 10.- Uso de uso de suelo 2006, en hectáreas



Elaboración: J. Lucero, Autor

Mapa 11.- Uso de suelo del año 2010, en hectáreas



Elaboración: J. Lucero, Autor
Fuente: ETAPA EP

Tabla 16.- Análisis multitemporal del uso de suelo en la cuenca del río Tomebamba

USO DE SUELO/AÑO	1995	2006	2010
Páramo	23293	22998	23113
Pasto	2007	2421	2002
Pasto 70% cultivos 30%	1139	870	124
Bosque quinua	915	796	878
Población	819	1320	2406
Bosque nativo	3654	3536	3543
Bosque eucaliptos	670	495	269
Lagunas	493	578	574
Degradación	89	65	27
Bosque coníferas	43	47	139
S/i	5	1	8
Vía			44
TOTAL	33127	33127	33127

Elaboración: Autor

Fuente: ETAPA EP

Páramo.- En el periodo 1995 al 2006 se registra una disminución de 295 ha de páramo, lo cual se puede explicar como un cambio de uso de suelo para convertirlo en pastizales de pastoreo libre, en estos años el tema ambiental, especialmente la protección de los páramos no constituía un tema muy difundido, todavía varias personas usaban ciertas áreas de páramo como pastizales. En el periodo 2006 - 2010 se incrementan 115 ha de páramo en comparación con el periodo anterior, esto se puede atribuir a que en estos años se iniciaron campaña para preservar estos ecosistemas, además en estos años se dio un proceso importante de migración desde el campo hacia las ciudades y al extranjero. Algunas áreas de páramo usadas para el pastoreo durante un tiempo se pueden haber regenerado.

De cualquier modo se puede observar la pérdida de páramo, si comparamos el año 1995 con el año 2010 se redujo el páramo en 180 ha, producto del avance de la frontera agropecuaria.

Pasto.- Este cultivo sufre un crecimiento importante de 414 ha desde el año 1995 hasta el 2006 y luego sufre un descenso de 5 ha al año 2010, se atribuye al proceso migratorio que permitió la regeneración de ciertas áreas de bosque y páramo que se usaban para pastoreo.

Pasto – Cultivos.- Estos cultivos han sufrido una reducción progresiva y esto se atribuye al crecimiento poblacional que han ido ocupando áreas de cultivo, es así que la población ha crecido de 1.015 ha, en el periodo 1995-2010. Ver anexo 6.

Bosque de quinua.- Se nota una reducción de 37 ha, debido al avance de la frontera agropecuaria que es imperceptible, los propietarios cortan los árboles de quinua y otras especies uno a uno de tal forma de que la autoridad no se percate de la infracción o delito ambiental.

Bosque Nativo.- Existe una pérdida importante de bosque nativo de 111 ha, producto de la presión de la agricultura y ganadería. La información de la tasa

de deforestación del MAE a nivel nacional, que en década de los años noventa era de 0,71% y en la década de los años dos mil fue del 0,66%, en el caso del Tomebamba la tasa de deforestación es de 0,2% (ETAPA EP, 2014), que comparado con el promedio nacional está muy por debajo, podría atribuirse a la buenas gestión que se realiza en el cantón Cuenca por parte de las instituciones competentes y otras con interés en estos temas.

En síntesis es notoria la pérdida de cobertura vegetal y el crecimiento de la población y bosques de coníferas, prueba de ello es que desde la Subgerencia de Gestión Ambiental de ETAPA EP y la Corporación Municipal Parque Nacional Cajas, en el periodo de análisis se han presentado a la autoridad competente 75 denuncias sobre intervenciones en esta cuenca hídrica. Ver anexo 3

4.11 Proyección de datos y pronóstico

Con los datos históricos registrados durante el período 1994-2012, mediante el método de regresión lineal, se obtuvieron los valores de los parámetros de calidad del agua para el período proyectado 2013-2020, a fin de analizar la tendencia en las dos zonas del río.

En la Tabla 13, se observan los valores proyectados (2013-2020) de los parámetros de calidad del agua, en las dos zonas del río Tomebamba, si persisten las condiciones actuales de manejo en dichas áreas. Las columnas de la tabla muestran los valores pareados de las dos zonas por cada parámetro.

Tabla 17.- Proyección de parámetros de calidad por el método de regresión lineal, en dos zonas del río Tomebamba (2013-2020).

Año	DBO		Coliformes fecales		Sólidos totales		Turbiedad		pH		Nitratos	
	baja	Alta	baja	Alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta
2013	0,96	0,97	757,62	201,09	83,81	90,51	3,82	3,09	7,90	7,73	0,05	0,05
2014	0,95	0,95	707,19	166,14	81,31	87,87	3,90	3,36	7,93	7,74	0,06	0,06
2015	0,95	0,98	640,75	145,92	80,60	88,57	4,05	3,46	7,98	7,78	0,06	0,06
2016	0,98	1,02	674,02	177,92	79,28	88,36	4,21	3,70	7,99	7,77	0,06	0,07
2017	0,99	1,02	605,37	171,55	78,48	89,93	4,14	3,60	8,05	7,77	0,06	0,07
2018	1,00	1,05	660,96	195,70	77,65	90,25	4,07	3,47	8,08	7,77	0,06	0,06
2019	1,00	1,06	573,37	172,12	73,81	88,61	3,89	3,27	8,08	7,72	0,07	0,07
2020	0,99	1,03	784,56	145,59	72,50	86,90	4,09	3,17	8,12	7,73	0,07	0,07
Medias	0,98	1,01	675,48	172,00	78,43	88,88	4,02	3,39	8,02	7,75	0,06	0,06

Elaboración: Autor
Fuente: ETAPA EP

Como se puede observar en la tabla anterior, en base a las pruebas de significación (Tabla 15) a excepción de los valores de “Nitratos”, los promedios de la zona baja presentan diferencias altamente significativas con respecto a los de la parte alta.

Tabla 18.- Medidas de tendencia central y dispersión para datos proyectados de los parámetros de calidad del agua, en dos zonas del río Tomebamba (2013-2020).

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Demanda de Oxígeno	8	0,0318	0,0200	0,0071
Coliformes fecales	8	503,4770	75,0949	26,5501
Sólidos totales	8	10,4458	3,3225	1,1747
Turbiedad	8	0,6340	0,1341	0,0474
pH	8	0,2648	0,0826	0,0292
Nitratos	8	0,0005	0,0027	0,0009

Elaboración: Autor

Fuente: ETAPA EP

Los parámetros de mayor variación son, la presencia de coliformes fecales y los sólidos totales en el agua, confirmando que a futuro, si no se implementan las medidas correctivas que el caso amerita, se mantendrá vigente la hipótesis de investigación y será necesario realizar nuevos muestreos para verificarla, por lo menos con una periodicidad de 5 años.

Tabla 19.- Prueba de significación de diferencias proyectadas, con parámetros del agua de las dos zonas del río Tomebamba, 2013-2020.

Prueba de muestra única

Valor de prueba = 0						
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	IC al 95% de la diferencia	
					Inferior	Superior
Demanda de Oxígeno	4,483	7	0,003	0,0318	0,0150	0,0485
Coliformes fecales	18,963	7	0,000	503,4770	566,2579	440,6961
Sólidos totales	8,893	7	0,000	10,4458	7,6681	13,2234
Turbiedad	13,371	7	0,000	0,6340	0,7461	0,5219
pH	9,063	7	0,000	0,2648	0,3338	0,1957
Nitratos	0,529	7	0,613	0,0005	0,0017	0,0027

Elaboración: Autor

Como se observa en la tabla anterior, con el 99% de seguridad, todos los parámetros de evaluación del agua, excepto la presencia de Nitratos, presentan diferencias altamente significativas en las dos zonas del río Tomebamba. El IC al 95% muestra los límites de confianza mínimo y máximo entre los cuales se encuentran las diferencias de medias en las dos zonas.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros analizados:

- Demanda Bioquímica de oxígeno en cinco días
- Coliformes fecales
- Nitratos
- Solidos totales
- Turbiedad
- pH

5.1 Coliformes Fecales

Este parámetro nos indica únicamente niveles de contaminación por excremento de animales de sangre caliente y de seres humanos.

En la gráfica se puede evidenciar claramente la concentración de coliformes en las dos estaciones de monitoreo. Mientras en la estación ubicada en la zona alta TOM-QN-065, donde aún se conserva un importante porcentaje de bosque y vegetación nativa, existe una baja concentración de actividades humanas, por ello la concentración de coliformes fecales tiene una tendencia a mantenerse por debajo del rango especificado (TULSMA, 2015), para agua de consumo humano (600 NMP). En la zona baja TOM-TOM-005, donde, el cambio de uso de suelo el más acentuado y las actividades humanas se concentran mayoritariamente, los niveles de coliformes fecales tienen tendencia a mantenerse por sobre los límites permisibles para aguas de consumo humano.

Echerichia Coli, se encuentra normalmente en el intestino grueso y delgado de los seres humanos y animales de sangre caliente, cuando las concentraciones están en niveles normales son benéficas, dado que secretan sustancias que facilitan el desarrollo de otras bacterias benéficas, las altas concentraciones de *E. Coli*, pueden causar graves enfermedades. (Ortiz, Mendez, 2013)

Durante el periodo analizado existen picos que sobrepasan los niveles aceptables para cualquier actividad, en ciertos casos ha sobrepasado los 1500 NMP/ml, lo que debe ser motivo de un análisis más profundo, dado que estos picos no siempre coinciden con épocas de estiaje, sino corresponden a situaciones “normales” en el agua del río.

De las pruebas de hipótesis realizadas, se desprende que las diferencias de coliformes en las dos estaciones de monitoreo son significativas y no ocurrieron por casualidad por lo que se acepta la hipótesis de la investigación.

5.2 Nitratos

La alteración se da producto de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de terrenos con alta escorrentía de agua, los que acarrearán el nitrógeno de las actividades humanas como fertilizantes químicos. Cuando es superior los 50mg/l y llega a la sangre de los seres humanos, puede formar la metahemoglobina, misma que disminuye la capacidad de oxigenar la sangre.

La diferencia de medias de “Nitratos” durante el período 1994-2012, en las dos zonas del río fue significativa a la prueba (Tabla 6).

En la prueba de hipótesis el valor $p = 0,044 < 0,05$ (Tabla 6) permite manifestar que las diferencias observadas en el agua de las dos zonas monitoreadas para el parámetro “Nitratos” con el 95% de seguridad, son significativas y no se dieron por casualidad; por lo cual se rechaza la hipótesis Nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_a) que el cambio de uso de suelo de la subcuenca del río Tomebamba, afecta directamente a la calidad de agua del río.

5.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5)

La DBO5 es un indicador de contaminación, de materia orgánica que facilita los procesos de eutrofización del agua y consume oxígeno para tratar de estabilizarse, este parámetro nos ayuda a identificar los aportes de materia orgánica que llegan al cuerpo de agua.

Niveles bajos de DBO5, muestran un cuerpo de agua limpio, libre de materia orgánica, donde el oxígeno está próximo a la saturación, con alta riqueza y diversidad de fauna acuática, mientras que valores altos de DBO, determinan un cuerpo de agua muy contaminado, altos contenidos de materia orgánica, malos olores y donde únicamente logran sobrevivir individuos muy resistentes. (Fernández de Córdova, 2013).

Según el (TULSMA, 2015) el nivel de DBO para agua de consumo humano es de 2 mg/l, en la tabla anterior nos muestra que en el año 2005 se acerca a los valores máximos, mientras que los siguientes años los valores son similares en las dos estaciones de monitoreo y no son significativas, por lo que la hipótesis de la investigación no se acepta.

5.3 Sólidos Totales

Se clasifican en suspendidos, disueltos y totales, constituyen todas aquellas partículas que llegan al agua, se puede definir como la cantidad de materia que permanece después de una evaporación, entre 103 y 105 grados centígrados; se los conoce como sólidos suspendidos y sólidos disueltos. (Loja 2013)

Según el (TULSMA, 2015) se mide en mg/l y su límite máximo permitido es de 1000mg/l, para aguas de consumo humano.

Es notoria la similitud en la información tanto en la zona baja como en la zona alta y no existe una diferencia significativa que nos demuestre la existencia de una diferencia mayor, por lo que tampoco se acepta la hipótesis de la investigación.

5.4 Turbiedad

Hace referencia a la presencia de partículas en forma de coloides (material de tamaño muy pequeño), que aparentemente da un color oscuro característico al agua, las partículas de sólidos suspendidos son de origen orgánico e inorgánico

La turbidez del agua en los dos puntos de monitoreo son muy similares, con pequeñas diferencias que no son significativas. Según el TULSMA los límites permisibles son hasta de 100 NTU, para aguas de consumo humano.

pH del agua

El pH del agua, indica la reacción ácida y básica del agua que constituye una propiedad de carácter químico, tiene rangos ácidos, básicos y neutro, de 0 a 6 ácido, de 8 a 16 alcalino y 7 es neutro, el pH de las aguas de consumo deben situarse en rangos muy cercanos a neutro, entre 6 y 9. La tabla siguiente nos muestra la similitud de la información en la zona alta y baja, sin presentar diferencias significativas, desechando la hipótesis de la investigación.

Los gráficos anteriores, muestran picos inusuales e importantes en el año 2005, en todos los parámetros, que bien se podrían asociar a eventos de estiaje, donde se podrían concentrar algunos parámetros analizados, sin embargo la siguiente tabla (tabla 20) nos indica que el año 2005 no existen tales condiciones y por el contrario los picos de este año podrían tratarse de otros eventos o en su defecto podrían constituir los primeros indicios de incrementos en la concentración de los parámetros analizados.

Tabla 20.- Promedio de lluvias mensuales

LLUVIAS MENSUALES ESTACIÓN MATADERO EN SAYAUSI (ml)													
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1998	84,5	134,0	197,0	163,5	142,0	43,0	61,0	49,0	41,0	150,5	65,0	25,0	1155,5
1999	80,5	156,0	127,5	204,5	206,0	139,0	35,0	45,5	107,0	76,5	35,0	171,5	1384,0
2000	43,5	162,5	150,0	113,5	238,5	76,0	28,5	33,5	132,8	33,2	23,0	91,0	1126,0
2001	119,0	60,5	89,5	112,0	85,5	69,5	29,5	24,5	73,5	9,5	83,5	104,8	861,3
2002	67,5	53,0	122,0	146,0	90,0	63,5	15,0	14,0	15,0	121,5	140,0	103,2	950,7
2003	36,4	48,3	109,7	165,3	89,1	42,7	51,4	15,8	85,4	89,8	155,5	74,9	964,3
2004	34,0	88,0	114,0	35,0	47,0	11,5	35,9	7,6	64,5	56,5	14,0	50,0	558,0
2005	18,5	49,0	150,0	123,5	96,5	78,0	26,5	27,0	13,5	162,5	54,5	231,0	1030,5
2006	56,0	93,5	111,0	163,5	75,5	51,0	39,5	43,0	34,0	48,5	206,0	121,5	1043,0
2007	61,0	43,5	140,5	220,5	91,5	132,0	26,0	51,0	32,0	180,5	73,0	148,0	1199,5
2008	100,0	241,5	163,1	206,9	187,5	51,5	58,5	62,5	83,0	160,5	91,0	61,5	1467,5
2009	167,5	78,0	110,0	151,5	118,0	103,0	29,5	15,0	34,5	68,5	90,0	188,5	1154,0
2010	60,5	195,0	82,0	172,0	104,4	157,6	93,5	3,0	18,0	31,5	39,0	163,0	1119,5
2011	55,5	127,7	81,3	258,0	93,5	65,5	78,5	27,5	94,0	66,0	159,5	158,0	1265,0
2012	213,0	182,5	132,6	128,9	71,5	50,0	40,5	25,5	77,0	136,5	95,5	83,5	1237,0
2013	83,5	85,0	163,0	27,5	100,5	41,0	36,5	46,0	25,5	191,0	37,0	27,0	863,5
2014	90,5	55,0	130,5	175,5	149,3	58,7	50,0	29,0	87,0	193,0	123,5	46,0	1188,0
2015	107,0	35,5	136,0	118,0	81,5	47,5	80,0	18,0	33,0	91,5	111,0	16,5	875,5

Fuente: Red Hidro Meteorológica Unificada
Elaboración: Ing. Lenin Alvarez

En la tabla 20, de lluvias mensuales y promedio anual, no se aprecia la existencia de estiaje en el 2005, más bien los promedios son muy similares a otros años, por lo que no se podría atribuir a un estiaje.

Tabla 21.- Promedio de caudales medios

CAUDALES MEDIOS MATADERO EN SAYAUSI (m³/s)													
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Módulo
1998	2,64	7,15	8,55	11,78	7,11	8,56	14,40	7,57	2,82	5,34	4,68	0,62	6,78
1999	3,95	11,53	10,56	24,27	17,69	6,94	6,50	6,61	3,87	6,06	1,41	9,41	9,05
2000	2,20	9,63	13,86	17,14	19,29	11,20	5,79	4,71	9,23	5,73	0,53	1,11	8,35
2001	4,77	3,58	6,79	9,48	6,51	11,19	6,73	7,23	6,20	1,04	2,86	5,27	5,97
2002	3,57	1,64	5,64	7,36	7,98	4,23	6,38	4,93	1,07	5,44	6,38	5,02	5,00
2003	1,11	1,67	2,40	10,27	15,43	6,95	7,72	3,21	2,89	2,66	4,38	6,72	5,47
2004	2,99	1,44	6,42	8,09	9,64	15,12	7,20	6,08	7,92	5,17	5,68	7,85	6,97
2005	1,96	5,54	14,69	10,62	6,91	10,90	3,76	2,14	1,07	1,97	5,45	7,93	6,07
2006	5,40	10,81	8,18	11,89	7,40	5,76	2,51	1,75	1,78	1,54	6,86	9,37	6,06
2007	3,74	1,63	7,82	13,87	8,20	25,23	3,55	6,59	3,28	6,34	11,70	6,78	8,22
2008	7,38	20,51	13,83	14,59	14,61	10,24	10,88	7,27	9,03	11,01	9,76	3,54	11,00
2009	12,95	12,05	8,42	13,20	9,17	9,14	6,95	3,14	1,52	1,87	2,16	3,74	6,99
2010	2,81	11,09	3,98	11,59	13,57	18,81	7,56	5,51	1,46	0,57	1,47	6,01	6,99
2011	8,14	13,98	3,83	23,63	16,93	13,26	22,43	3,18	8,75	6,84	7,45	18,52	12,22
2012	17,06	19,39	17,75	13,34	5,97	8,09	3,61	1,94	1,18	4,07	4,02	1,33	8,10
2013	5,05	5,55	5,71	3,12	5,04	10,49	7,36	5,26	1,17	4,91	0,46	1,08	4,60
2014	2,98	1,23	7,93	9,11	14,87	8,99	6,26	4,85	3,11	10,57	1,45	1,64	6,13

Fuente: Red Hidro Meteorológica Unificada
Elaboración: Ing. Lenin Alvarez

En la tabla de caudales del río Tomebamba, de igual forma no se observa la existencia de estiaje en el año 2005, más bien estos picos se pueden atribuir a otras actividades puntuales, descargas puntuales, incremento de actividades productivas, ganaderas o el indicio del incremento en los niveles de contaminación en condiciones “normales”.

Deforestación y contaminación del agua

La cubierta vegetal (bosques y páramos) de las cuencas hidrográficas, tienen la función de regular el agua, mediante los procesos naturales propios de estos ecosistemas, regulación del flujo de agua, mantiene calidad del agua y

disminuye los efectos erosivos sobre el suelo y nos permite asegurar el suministro de agua. (Echavarria 2009)

CAPITULO VI

ALTERNATIVAS DE MANEJO

El manejo de cuencas hidrográficas debe tener en consideración algunas premisas, que permitan tener una intervención eficaz y eficiente, a continuación se detallan las siguientes:

- Integralidad.- Considera aspectos económicos, sociales y ambientales a fin de garantizar la sostenibilidad de las acciones que se implementen
- Gobernabilidad.- Facilita la cooperación entre actores gubernamentales, no gubernamentales y particulares
- Corresponsabilidad.- Involucra a todos los actores locales y externos con interés en estos temas (ETAPA EP, 2015).

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, en su artículo 35: *Principios de gestión... manifiesta.*

a) La cuenca Hidrográfica constituirá la unidad de gestión integrada de los recursos hídricos.

Este mandato deja en claro a los actores el camino por donde se tiene que transitar en estos temas. Para ello se ha dividido al Ecuador en 72 cuencas hidrográficas que desembocan en la vertiente del Océano Atlántico y 7 cuencas hídricas que desembocan hacia la vertiente del Océano Pacífico, dando un total de 79 cuencas hidrográficas y 9 demarcaciones hidrográficas en el Ecuador (SENAGUA, 2015), ver anexo 7.

Según la clasificación de Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA, al Tomebamba se considera como una microcuenca, parte de la cuenca del río Paute y la demarcación hidrográfica del río Santiago, sin embargo por la importancia que reviste para la dotación de agua para la ciudad y para la presente investigación se lo ha llamado subcuenca del río Tomebamba.

Para una adecuada gestión de esta subcuenca se plantea a continuación algunas propuestas:

- A) Conformación y/o fortalecimiento de un organismo interinstitucional a nivel de subcuenca hidrográfica, a fin que desde esta instancia se articulen y planteen políticas, alternativas de manejo del área e intervenciones en el área.
- B) Fortalecer a la Autoridad Ambiental competente en cuencas hidrográficas a fin de mejorar la aplicación de la normativa y reducir las intervenciones antrópicas que afectan a los recursos naturales en especial bosque y páramo.
- C) Identificar mecanismos de solución a la problemática de la tenencia de la tierra en las zonas altas de las cuencas hídricas (páramo y bosque

nativo), así como de la intervención en las márgenes de los ríos, que diario se ven afectados.

- D) Ampliación de áreas de protección, mediante la declaratoria de Patrimonio Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, en alguna de sus categorías.- Amplias zonas de bosques y páramos, cuya propiedad está en disputa y genera grandes conflictos socio ambientales desde hace muchos años, áreas conocidas como COMUNALES, donde la propiedad se disputan varias personas, quienes no poseen ningún título y aprovechan estos territorios en conflicto o en algunos casos “tierras baldías” para apropiarse.

CONCLUSIONES

- El crecimiento acelerado de las actividades productivas conlleva a intervenciones en el suelo y la cobertura vegetal nativa, de las cuencas hidrográficas, que afecta directamente sobre la calidad y cantidad de agua del río Tomebamba, fuente de agua para los cuencanos. “Toda actividad humana afecta en mayor o menor grado a las fuentes hídricas aledañas”, mientras mayor es la presión y/o concentración de estas actividades aguas arriba de las captaciones, mayores serán las amenazas al recurso.
- El análisis estadístico de algunos parámetros que determinan la calidad del agua y que se pueden ver afectados por los cambios de la cobertura vegetal en la cuenca del río Tomebamba, muestran un impacto importante y directo sobre los coliformes fecales y los nitratos, parámetros más sensibles al cambio del uso de suelo, reflejado en el crecimiento poblacional que en estos últimos años se ha visto a lo largo del corredor Sayausí – Cajas, el crecimiento turístico, mismos que desde el sector de Llaviuco aguas arriba, no dispone de ningún servicio básico, especialmente alcantarillado. A pesar que la Ordenanza de Control de la Subcuenca del río Tomebamba, prohíbe la subdivisión de predios, algunas propiedades grandes se han lotizado, permitiendo la implantación de asentamientos humanos aguas arriba de la captación.
- La proyección de los datos de calidad del agua, mediante el método de “Regresión Lineal” realizada en base a datos reales, alerta sobre las consecuencias que puede tener a futuro el incremento de actividades productivas y el crecimiento poblacional, e incita para que se tomen los correctivos que amerita una fuente hídrica de alta importancia para la ciudad y las comunidades ubicadas en la cuenca hídrica.

RECOMENDACIONES

- Hablar de gestión del agua, es hablar de un tema de interés general, por lo que se debe tratar como un tema público de interés colectivo y sobre esta base se debe tomar cualquier decisión. Es imperioso integrar a la presente investigación otras complementarias a fin de disponer de información local de primera mano que permita tomar las mejores decisiones sobre el manejo y gestión del agua en la cuenca hidrográfica del río Tomebamba.
- El crecimiento turístico y productivo acelerado que ha sufrido la zona aledaña a la vía Cuenca - Molleturo – Naranjal que conecta la costa con la sierra Ecuatoriana, por la cual circulan un promedio de 1000 vehículos diarios, hace que aumente la presión sobre todos los Recursos Naturales, en especial del agua. A fin de garantizar agua para la ciudad es necesario implementar acciones más contundentes, mediante la conformación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional, con la participación activa de los actores locales.
- Es prioritario hacer cumplir la normativa vigente en la zona, misma que fue creada para garantizar la dotación de agua para los cuencanos, dado que en los últimos años hemos sido testigos de un crecimiento poblacional no planificado y sin control efectivo.
- Las características socio – ambientales y económicas de la zona la hacen muy atractiva para ciudadanos nacionales y extranjeros quienes han adquirido predios en la zona alta, donde se pretenden construir viviendas de habitación, en algunos casos dentro de Áreas de Bosque y Vegetación Protectoras ABVP, Áreas que no disponen de un plan de manejo actualizado, que de lineamientos claros y ordene de mejor manera la zona, por lo que se debe gestionar la elaboración de un Plan de Manejo participativo involucrando a los actores locales.
- La Ilustre Municipalidad de Cuenca, mediante su Empresa ETAPA EP, cuyo mandato es la prestación de servicios básicos en la ciudad, según la Ordenanza que regula la Constitución, Organización y Funcionamiento de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca, en los artículos 3, 4 literal d, j, entre otros dispone implementar políticas y acciones tendientes a la protección de las fuentes de agua, debe plantear proyectos interinstitucionales en coordinación con la Autoridad del Agua SENAGUA, la Autoridad Ambiental Nacional MAE y Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable AAAR, acciones interinstitucionales más contundentes a fin de garantizar la protección de las márgenes de los ríos y los ecosistemas donde se regula el recurso. (declaratoria de uso público, compra, ampliación del PNC, u otras)

BIBLIOGRAFIA

- ETAPA EP. (2014). *Informe de actividades*.
- ACOTECNIC. (2014). *Plan de Manejo Integral de la Subcuenca hidrográfica del río Machángara*.
- Agència Catalana de l'Aigua. (2008). *La gestió i recuperació de la vegetació de ribera. Guia tècnica per a actuacions en riberes*. Cataluna - Espana: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Agencia Catalana del Agua. (2008). *Guia técnica per a actuacion en riberes*. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Alba J. (2005). *Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Alba J. (2005). *Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Álvarez L. (2010). *Aforos de Sólidos*. Documento interno de la red Hidrometereológica. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – ETAP EP.
- Álvarez L. (2010). *Memoria Técnica de las tres Campañas de Aforo en las Estaciones de la Red Hidrometereológica*. Documento interno de la red Hidrometereológica. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – ETAPA EP.
- Barros, M. C. (2011). *Estudio de la calidad de los Ríos Tomebamba, Yanuncay y Tarqui aguas arriba de las captaciones para las plantas potabilizadoras*. Informe Técnico de la Subgerencia Ambiental de ETAPA EP. Cuenca - Ecuador.
- Barros, S. y Carrasco, MC. (2009). *Estudio de la calidad de los ríos: Tomebamba, Yanuncay y Tarqui fuera del área urbana de la ciudad de Cuenca*. Documento interno de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - ETAPA EP.
- Basterrechea, D. (1986). *Limnología del lago de Amatitlán*. Universidad de San Carlos. Guatemala. 86 p.
- Carrasco, M. (2008). *Integridad biótica y su aplicación a una propuesta de gestión para los ríos Tomebamba y Yanuncay en Cuenca- Ecuador*. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas Universidad de Querétaro. Querétaro - México.
- Carrasco, MC; Fernández de Córdova, J; González, H; Mosquera, P. (2012). *Protocolo de Monitoreo Para Evaluar La Calidad Físico Química del Agua en Ríos*, Documento interno del Programa de Monitoreo y Vigilancia de los Recursos Hídricos / ETAPA EP.
- Dirección Nacional de Hidrografía. (2015). *ESTIMACIÓN DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES REGIONALIZADOS*. Obtenido de http://www.dnh.gub.uy/dnh/_RHescurrimiento.htm
- Echavarria M. (2009). *Valoración del servicio ambiental que prestan las áreas protegidas*. Manual preparado por la Unidad Técnica Regional The Nature Conservancy.
- ETAPA EP. (1990). *Plan Maestro de Cuenca I*.
- ETAPA EP. (2014). *Informe Interno*.
- ETAPA EP. (2015). *presentación Power Point*, Universidad de Quevedo.
- ETAPA EP. (2016). *PROYECTO "PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA CUENCA*. Obtenido de <http://www.etapa.net.ec/Agua-potable/Planes-maestros/Informacion-del-Proyecto>
- Fernández de Córdova W J, Biol. Hari González M. (2013). *Estudio de la calidad de los ríos Tomebamba, Yanuncay y Tarqui aguas arriba de las captaciones de agua para la ciudad de Cuenca*, Subgerencia de Gestión Ambiental. . Cuenca .
- Flachier A. (2005). *Determinación del Caudal Ecológico del Río Yanuncay*. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento – ETAPA EP. Cuenca .
- Flachier A. (2005). *Determinación del Caudal Ecológico del Río Yanuncay*. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento – ETAPA EP. Cuenca .
- Flachier A. (2005). *Determinación del Caudal Ecológico del Río Yanuncay*. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento – ETAPA EP. Cuenca - Ecuador .
- Gobierno de Navarra. (2014). *El agua en Navarra*. Obtenido de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm
- Gómez O. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca*. Cuenca .

- González H. (2012). *Informe del uso del índice BMWP/Col, para determinar la Calidad del Agua en el Programa de Vigilancia de la Calidad de Agua en los ríos de Cuenca / Subgerencia de Gestión Ambiental / ETAPA EP*. Cuenca .
- González H. (2012). *Informe del uso del índice BMWP/Col, para determinar la Calidad del Agua en el Programa de Vigilancia de la Calidad de Agua en los ríos de Cuenca / Subgerencia de Gestión Ambiental / ETAPA EP*. Cuenca .
- Larry W. . (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de Estudios de Impacto*. Manuales McGraw - Hill de ingeniería y ciencia. Editor: McGraw - Hill, Interamerican de España.
- López B, M. Enríquez y E. Escobar. (1995). *Manual de procedimiento forestal*. Quito: INEFAN.
- MAE. (1985). *Registro oficial*.
- Marco Normativo Ambiental del Ecuador. (2014). *Ecuador*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/marconormativoambiental/ecuador>
- MICPA. (2012). *Informe de actividades*.
- Minga D. (2011). *Informe final del proyecto diagnóstico de los bosques de ribera en la cuenca alta del río Yanuncay*. Universidad del Azuay – ETAPA EP. Documento no publicado. Subgerencia de Gestión Ambiental.
- Ministerio del Ambiente. (1999). *Normas para el Manejo Forestal Sustentable para Aprovechamiento de Madera en Bosque Húmedo*. Decreto Ejecutivo 505.
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI Calidad Ambiental. Anexo 3 Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recurso Agua*.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Norma para el Manejo Sustentable de los Bosques Andinos*. Acuerdo Ministerial 128.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Plan Nacional de Restauración Forestal*.
- Registraduría de la Propiedad. (1989). *Títulos de propiedad de los colindantes con área comunal*.
- Rojas J,. (2013). *Generación de Acuerdos Mutuos por el Agua en la Subcuenca del Yanuncay*. Documento interno del Programa Manejo Integrado de Cuencas Para la Protección del Agua. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado .
- SENAGUA. (2015). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento*.
- Subcuenca del río Tomebamba. (2014). *Informe de actividades*.
- Tobon y Conrado. (2009). *Los Bosques Andinos y el Agua. Serie Investigación y sistematización # 4. Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos*. ECOBONA.
- Universidad de Cuenca, SENAGUA - DHS, ETAPA EP. (2015). *Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región austral del Ecuador*.
- www.aguamarket.com. (2014). *Sólidos*. Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2082&termino=Solidos>.

ANEXOS

Anexo 1.- Ordenanza de Control de la Subcuenca del río Tomebamba relativa a la Captación para la planta del Cebollar

Ordenanza de Control de la Subcuenca del Río Tomebamba Relativa a la Captación de Agua para la Planta de El Cebollar.

**Registro Oficial
13/07**

Art. 1.- Las disposiciones de esta Ordenanza están dirigidas a proteger y conservar las aguas que se encuentran entre las siguientes coordenadas U.T.M., dentro del territorio del Cantón Cuenca, constantes en mapa nuevo, que se incorpora a esta disposición: desde la coordenada UTM 9 687 251 N, 695 380 E (punto 1 del mapa que se anexa), sigue por el divortium aquarium de la Cuenca del Río Tomebamba con el Río Yanuncay hasta la UTM 9 680 765 N, 713 255 E (punto 2), desde aquí continua por el límite del área de influencia inmediata de la Ciudad de Cuenca hasta la UTM 9 683 693 N, 713 213 E (punto 3), desde este punto en línea recta hasta la UTM 9 685 000 N, 715 000 E (punto 4), luego en línea recta en dirección este hasta la UTM 9 685 000 N, 718 000 E (punto 5), desde aquí sigue el límite del área de influencia hasta la UTM 9 685 439 N, 718 019 E (punto 6); desde este punto siguiendo la divisoria de aguas de los Ríos Tomebamba y Machángara hasta la UTM 9 698 245 N, 706326 E (punto 7); desde este punto continúa por la divisoria de aguas de los Ríos Tigsay, Patul y Migüir con el Río Tomebamba, hasta cerrar en la UTM 9 687 251 N, 695 380 E (punto 1)

Art. 2.- El uso y ocupación del suelo se regulará por las siguientes determinaciones:

- a)** En estos territorios se permitirá excepcionalmente las subdivisiones de suelo, de conformidad con las disposiciones del Art. 240 de la Ley de Régimen Municipal.
- b)** Se prohíbe igualmente toda otra forma de actuación antrópica que conlleve a la alteración del medio físico natural que se desea conservar, tales como la tala de bosques nativos y chaparro y el consecuente cambio de uso del suelo. Con respecto a aquellos predios destinados, al momento de la aprobación de esta Ordenanza, a actividades agrícolas y ganaderas en forma total o parcial, podrá obligarse su cambio a usos de suelo compatibles con la conservación estricta de estos territorios.
- c)** Se declaran como usos incompatibles en esta zona, el aprovechamiento de canteras, las explotaciones mineras, la implantación, manejo o explotación de industrias de cualquier tipo y la edificación de obras civiles que implique uso no residencial, quedando en consecuencia suspendidas las existentes al momento de la aprobación de la presente Ordenanza y las personas naturales o jurídicas responsables de las mismas, deberán llevar adelante los respectivos planes de restauración de las áreas afectadas, a fin de recuperarlas, en la medida de lo posible a sus condiciones iniciales.
- d)** Solamente se permitirá la construcción de edificaciones en aquellos predios en explotación con actividades agrícolas y pecuarias, siempre y cuando éstas se destinen exclusivamente a usos complementarios a tales actividades y a la vivienda unifamiliar.
- e)** La edificación deberá contar con un sistema de disposición sanitaria de excretas debidamente aprobado por ETAPA.

Art. 3- Los propietarios de casas de habitación o viviendas existentes en el área descrita en el Art. 1 deben construir un sistema de disposición sanitaria de excretas aprobado por ETAPA.

Art. 4- De acuerdo al Art. 15 de la Ordenanza que Actualiza y Complementa el Plan de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Cuenca, promulgada en el Registro Oficial # 244 del 30 de julio de 1993, los propietarios de predios que colindan con ríos, embalses, lagunas, quebradas, riachuelos o cualquier cuerpo de agua, deben respetar 50m de cada lado de estos cuerpos de agua, medidos desde la orilla correspondiente, debiendo realizar un tratamiento de conservación de estas áreas, quedando, en consecuencia, prohibida toda actividad antrópica que pueda deteriorar de cualquier manera los recursos agua, aire, suelo, flora y fauna.

Deberán los propietarios de estas áreas, delimitarlas con cercas vivas u otros sistemas a fin de proteger estas márgenes y cumplir, además, tareas de forestación y reforestación con especies nativas de la zona.

Art. 5.- Se prohíbe la tala o incendio de bosque nativo, chaparro o pajonal en toda el área descrita en el Art. 1. Quienes lo hicieren serán juzgados de acuerdo a la Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre.

Art. 6.- La construcción de obras civiles, incluyendo de nuevas vías o caminos secundarios, así como el desvío o rectificación de cauces naturales en el área descrita en el Art. 1, deberán contar con la aprobación municipal y estudios de impacto ambiental.

El Comisario Municipal juzgará al infractor, disponiendo la demolición en forma preventiva, así como el decomiso de equipos y herramientas que estuvieren utilizándose; el cumplimiento de estas acciones deberá ser pagado por el infractor con un recargo del treinta por ciento de los costos que generen dichas acciones.

Art. 7.- Se prohíbe el uso de pesticidas y biocidas en toda el área, así como el uso de gallinaza como abono, dentro de los 50 metros de protección de márgenes de los cuerpos de agua.

Art. 8.- La C.G.A. reglamentará las características de los vehículos que podrán circular por la zona y los flujos de tránsito.

Art. 9.- Se prohíbe la conducción, por cualquier medio, de derivados de petróleo y el tránsito, por la zona, de vehículos que transporten combustibles, lubricantes, agroquímicos, materiales radioactivos, pesticidas, biocidas o productos calificados como tóxicos o peligrosos.

Art. 10.- Se prohíbe cualquier actividad antrópica que pueda deteriorar los recursos agua, aire, suelo, flora, fauna.

Art. 11.- Cualquier plan de explotación de bosques de producción por parte de entidades de carácter público o privado dentro de la zona, debe contar con la aprobación previa de la Comisión de Gestión Ambiental.

Art. 12.- Cualquier plan o programa de forestación, reforestación, investigación, explotación, manejo y protección de bosques naturales y plantados, cuencas hidrográficas, áreas naturales y vida silvestre por parte de entidades de carácter

público o privado dentro de la zona debe contar con la aprobación previa de la Comisión de Gestión Ambiental.

Art. 13.- Independientemente de las atribuciones que corresponden al INEFAN, la Municipalidad protegerá las áreas naturales y vida silvestre, a fin de asegurar su conservación.

Art 14.- La pesca en los diferentes cursos de agua naturales únicamente podrá ser del tipo deportivo, quedando prohibido el uso de redes y otros métodos de capturas masivas. Se establecerán anualmente épocas de veda a fin de garantizar la reproducción de las especies. La Comisión de Gestión Ambiental y la Municipalidad de Cuenca informarán por los medios de difusión la temporada de pesca; quienes desacaten esta disposición serán juzgados de acuerdo a la Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre.

Art. 15.- Se concede acción popular pública para denunciar cualquiera de los hechos tipificados como infracciones.

Art. 16.- La colocación de rótulos de publicidad se someterá a las normas municipales, salvo los que tengan relación con la protección de la zona.

De acuerdo a la infracción cometida, el juzgamiento será por parte del INEFAN o del Comisario Municipal. En el caso que el INEFAN no tenga jurisdicción sobre la infracción cometida, el Comisario Municipal podrá imponer a sus causantes, multas que oscilarán entre las treinta y las mil U.V.C. (Unidades de Valor Constante) calculadas a la fecha en que se cometa la infracción, según la gravedad del daño causado, a más de la demolición de obras realizadas, el decomiso de equipos o vehículos empleados, de instalaciones construidas que hubieran sido utilizadas para la Comisión de la infracción; se condenará también al infractor, al pago, con un recargo del treinta por ciento, del costo que implique el cumplimiento de tales acciones, así como de los trabajos de recuperación que fueren posibles efectuar.

DISPOSICION TRANSITORIA

Art. 17.- Se concede un plazo de 180 días calendario para que aquellas personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, cumplan con lo prescrito en los Artículos 2, 3 y 4 de la presente Ordenanza, caso contrario la Municipalidad de Cuenca procederá de conformidad con las disposiciones pertinentes.

DISPOSICION FINAL

Esta Ordenanza entrará en vigencia a partir de su publicación.

Anexo 2.- Registro de monitoreo y análisis de la calidad del agua

AÑO	Tb0	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
DBO5	Maximo	0,70	1,20	1,70	1,00	1,5	0,9	0,9	1,0	1,2	0,8	1,1	1,2	2,4	0,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,15
	Minimo	0,25	0,25	0,40	0,25	0,6	0,6	0,2	0,3	0,7	0,5	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,7	0,3	0,4	0,8
	Promedio	0,49	0,77	0,97	0,70	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	1,1	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,983
C.FECALES	Maximo	1600	900	5000	800	8000	240	8000	500	240	700	240	9000	1300	700	540	920	5400	2400	540
	Minimo	11	70	130	130	70	50	140	22	80	50	110	70	110	17	170	33	170	240	130
	Promedio	178	260	761	297	615	108	627	128	139	305	149	270	355	128	326	230	822	623	355
SOLIDOS.T	Maximo	101	112	125	124	113	73	102	72	118	110	97	100	109	85	72	88	89	164	86
	Minimo	40	65	11	62	65	47	82	46	111	81	81	68	61	61	16	70	70	75	74
	Promedio	63	85	81	87	87	63	92	62	115	94	92	86	83	75	48	77	76	106	81
TURBIEDAD	Maximo	5,9	12,4	10,0	3,7	5,9	2,3	8,7	2,3	3,0	3,0	1,5	59,8	2,8	2,7	3,2	4,1	4,0	3,6	7,4
	Minimo	2,2	1,3	0,8	0,7	1,0	1,5	2,2	1,5	1,8	1,3	1,0	2,0	1,5	0,7	2,8	2,3	1,9	1,7	2,0
	Promedio	3,7	4,2	3,9	1,8	2,2	1,8	5,5	1,8	2,4	2,1	1,3	16,6	1,9	1,9	3,0	3,1	2,7	2,6	4,0
P.H	Maximo	8,10	8,36	7,79	8,19	8,12	7,74	8,10	8,25	7,86	8,26	8,28	8,26	8,00	8,03	8,2	8,4	8,0	8,3	8,3
	Minimo	6,75	6,00	6,98	7,12	6,90	6,36	7,26	2,90	7,30	7,98	7,51	7,44	7,19	7,77	7,3	7,6	7,5	7,3	7,9
	Promedio	7,60	7,72	7,39	7,79	7,59	7,28	7,69	7,05	7,58	8,08	7,85	7,99	7,62	7,90	7,63	8,0	7,8	7,7	8,1
AÑO	Tbh	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
DBO5	Maximo	0,65	1,00	1,78	0,98	1,5	1,0	0,8	0,1	2,0	1,0	1,2	4,2	0,9	0,9	0,8	1,3	1,0	1,1	1,6
	Minimo	0,40	0,75	0,60	0,13	0,6	0,4	0,1	0,2	0,5	0,4	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,7	0,6	0,7
	Promedio	0,52	0,89	1,03	0,56	0,9	0,7	0,4	0,7	1,0	0,6	1,0	1,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	1,1
C.FECALES	Maximo	220	800	2000	1300	1300	80	130	490	800	900	300	2400	350	630	79	130	490	790	330
	Minimo	20	50	50	23	17	23	50	20	110	50	30	50	31	23	23	23	23	43	110
	Promedio	82	170	319	113	320	46	81	120	297	198	132	200	124	126	39	73	121	249	194
SOLIDOS.T	Maximo	81	124	113	113	103	91	77	90	130	109	105	163	107	104	78	96	93	172	104
	Minimo	43	89	52	94	61	53	77	52	73	81	80	83	60	70	76	67	78	84	71
	Promedio	63	99	89	104	89	72	77	71	102	96	92	105	81	88	77	81	83	108	84
TURBIEDAD	Maximo	7,1	7,8	9,0	1,9	2,5	2,0	3,0	0,2	4,5	3,5	1,9	56,8	1,6	3,5	3,2	3,4	4,0	2,5	4,9
	Minimo	5,4	1,1	2,3	1,0	0,8	1,5	3,0	12,7	1,0	1,5	1,0	2,5	1,5	1,0	1,9	2,4	2,0	1,4	2,1
	Promedio	6,3	3,9	4,9	1,5	1,7	1,7	3,0	4,0	2,6	2,1	1,5	16,5	1,5	1,9	2,5	3,1	2,9	1,9	3,5
P.H	Maximo	8,01	8,46	7,69	8,20	8,12	7,66	7,98	7,25	7,88	8,25	8,24	8,35	7,97	8,11	8	8,2	7,8	7,7	8,4
	Minimo	7,70	7,19	7,30	7,20	7,19	6,36	7,94	2,80	7,20	7,81	7,07	7,84	7,36	7,76	7,26	6,9	7,4	7,1	7,6
	Promedio	7,86	7,90	7,51	7,65	7,63	7,16	7,96	7,02	7,53	7,98	7,59	8,00	7,65	7,94	7,67	7,7	7,7	7,4	8,0

Anexo 3.- Cuadro de denuncias presentadas a la autoridad competente

N.	N.OFICIO	FECHA	NUT:	DIRIGIDO A	TIPO INFRACCIÓN	PRESUNTO INFRACTOR	SECTOR	ESTADO DE DENUNCIA
77				Control urbano	Cercado	Paolo Spinelli	Quinuas	
76				Control urbano	Construcción	Raúl Carrasco	Cruzpamba	
75		21 julio 2014	0-0204-2014-SGA	Control Municipal, CGA	Construcción	Paolo Spinelli	Quinuas	En juzgamiento
74		30 julio 2014	TEMP-ETAPA EP-2014-608	Control Municipal, CGA	Construcción	Ranald Buchannon	Llaviuco	
73	2013-385- SGA	01 agosto 2013		Control Municipal, CGA	Construcción baños	Curia Cuenca	La Virgen	
72	2013-03229-GG	16-julio-2013	10019938	Control Municipal	Infracciones reincidentes	Maria Gerardina Ginin Gualpa	Chirimachay	
71	2013-2655- GG	12 junio 2013		Ministra Ambiente	Tomar posesión terreno	Lupercio Naranjo	Yanacocha	
70								
69	2013-2401- GG	23 mayo 2013	20130094 43	MAE R-6	Tala bosque	Teodoro Bernal	Vía Minas	
68	2013-2399- GG	23 mayo 2013	10130094 41	CGA	Tala bosque	Teodoro Bernal	Vía Minas	
67	2013-0000785-GG	05 marzo 2013	01001993 8	Control Municipal	Reincidencia en construcción	Gerardina Shinin Gualpa		
66	2013-605- GG	22 febrero-2013		SENAGUA	Intervenciones en fuentes hídricas y adjudicaciones	Maria Guerrero – Jorge Alejandro Cabrera	Dos Chorreras	
65	2013-0000606-GG	22-02-2013	20130032 30	Control Municipal	Infracciones reincidentes	Jorge Cabrera Maria Guerrero	Dos Chorreras	
64	2013-606- GG	22 febrero	01300323 0	Control Municipal	Nuevas piscinas,	Jorge Cabrera Maria Guerrero	Dos Chorreras	
63	2013-0000607-GG	22-02- 2013	20130032 33	Alcalde Cuenca	Varias infracciones	Maria Guerrero – Jorge Cabrera	Dos Chorreras	
62	2013-000605-GG	22-02-2013	20130309	SENAGUA	Concesiones	Maria Guerrero, Jorge Cabrera	Dos Chorreras	
61	2012-0003222-GG	19-11-2012	20120251 55	CGA-MAE	Tala bosque	Luis Alberto Izquierdo	Mesarrumi	
				CGA-MAE	Tala bosque ripario	Rosario Paredes- Carlos Alvarez	Mesarrumi	
60				MAE -	Apertura de vía	Pedro Abel León	Dos Chorreras	
59	2045-GG	26-07- 2012	20120180 32	MAE R-6	Tala de chaparro nativo	Manuel Sergio Pintado	Cruzpamba	No se conoce
58	1322-GG	16-05-2012	20120121 23	MAE, Registro propiedad Cañar	Continúa actividades en Yanacocha	Lupercio Naranjo	Yanacocha	Realiza do inspección
57	1176-GG	02-05-2012	20770116 92	MAE R-6	Continúa abriendo la vía	Lupercio Naranjo	Yanacocha	Realiza do inspección
56	1143-GG	27 -04-2012	20120080 78	MAE, Control Municipal, CGA	Reincide en acciones perjudiciales	Jorge Alejandro Cabrera Prieto	Dos Chorreras	No se conoce
55	283-GG	31-01-2012	20120028 02	Ministerio del Ambiente	Tala bosque nativo Polilepys	Antonio Guevara	Dos Chorreras	Realiza do inspección
54	284-GG	31-01-2012	20120061 90	CGA-Ministerio del Ambiente	Aplicación de pluma y residuos de faenado de pollos	Luis Mario Izquierdo	Llaviuco	Realiza do inspección
53	243-GG	26-01-2012	20100210 03	MAE R-6	Adjunta denuncia anterior Pedro Galindo	Pedro Galindo	Culebrillas	No se conoce

Impacto del cambio de uso de suelo sobre la calidad del agua del río Tomebamba

52	3749-GG	04-08-2011	2011017603	Control Municipal	Construcción de edificación	Genaro Guerrero	LLulluchas	No se conoce
51	3454-GG	18-07-2011	2011017603	Control Municipal	Ampliación de construcción denunciada en 2009	Gerardo García	LLulluchas	Realiza do inspección
50	2942-GG	16-06-2011	2011014116	MAE R-6	Cambio uso de suelo	Wilson Izquierdo	Mesarrumi	No acata la sanción
49	1418- GG	21-03-2011	2011006051	Control Municipal	Cambio de uso de suelo (movimiento tierra)	Luis Córdova Gloria Guevara	Quinuas	Realiza do inspección
48	741-GG	10-02-2011	2011003064	Control Municipal	Construcción de vivienda	Georgina Villacis	LLaviuco	No se conoce
47	773-GG	11-02-2011	2011003159	Control Municipal	Construcción-Intervención Fiscalía	Sr. Luis León	Cruzpamba	En proceso en fiscalía
46	882-GG	14-02-2011	2011003280	Control Municipal	Ampliación construcciones	Sr. Guido Carrasco R	Dos Chorreras	No se conoce
45	0302-GG	19-01-2011	2011001403	Control Municipal	Incremento construcciones y actividades turísticas	Varios propietarios Cruzpamba	Biocorredor	No se conoce
44	4076-GG	09-08-2010		Propietarios	Informa normativa vigente		Biocorredor	
43	3695-GG	19-07-2010	2009017450	MAE	Apropiación área comunal	Alberto Nieves, Wilson Pallashco, Carlos Jarama	Minas	No se conoce
42	2855-GG	07-06-2010		Registrador de la propiedad	Irrespeto a normativa	Propietarios	Biocorredor	
41	2312-GG	04-04-2010		MAE-CGA-Control Municipal-Fiscalía	Encementado margen río, movimiento de suelo, construcción	Alejandro Cabrera	Dos Chorreras	No se conoce
40	219-SGA	8-04-2010		MAE	Problemática de la tenencia de tierra Culebrillas		Culebrillas	No se conoce
39	1648-GG	26-03-2010		Subgerente, CONTROL MUNICIPAL, DIRECCION DE PLANIFICACION	Construcción escuela LLulluchas	Padres de familia, maestros	LLulluchas	No se conoce
38	196-SGA	26-03-2010		MAE	Tala de bosque LLulluchas	José Santander	LLulluchas	No se conoce
37	908-DGA	14-12-2009		CGA, Control Municipal, Fiscalía	Construcción de muro en el río	Guido Carrasco	Dos Chorreras	No se conoce
36	902-DGA	08-12-2009		CGA	Intervención con maquinaria pesada en el río	Guido Carrasco	Dos Chorreras	No se conoce
35	0504-DGA	12-06-2009		Fiscalía Ambiental	Continua apertura de vía	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras - Yanacocha	No cumple la sanción y continúa actividades
34	0312-DGA	13-04-2009		Ministerio del Ambiente	Continua apertura de vía	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras - Yanacocha	
33	0313-DGA	13-04-2009		Control Urbano	Continua apertura de vía	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras - Yanacocha	
32	0168-DGA	20-02-2009		Control Municipal	Posible deslizamiento de tierra		San Vicente	
31	0161-DGA	19-02-2009		Ministerio del Ambiente MAE	Alejandro Cabrera y Transito Prieto	Cambio de uso de suelo (destrucción pajonal)	Dos Chorreras	Sancionado con multa
30	0067-DGA	26-01-2009		Comisión de Gestión Ambiental CGA	Construcción de edificación	Transito Prieto	Dos Chorreras	No se conoce

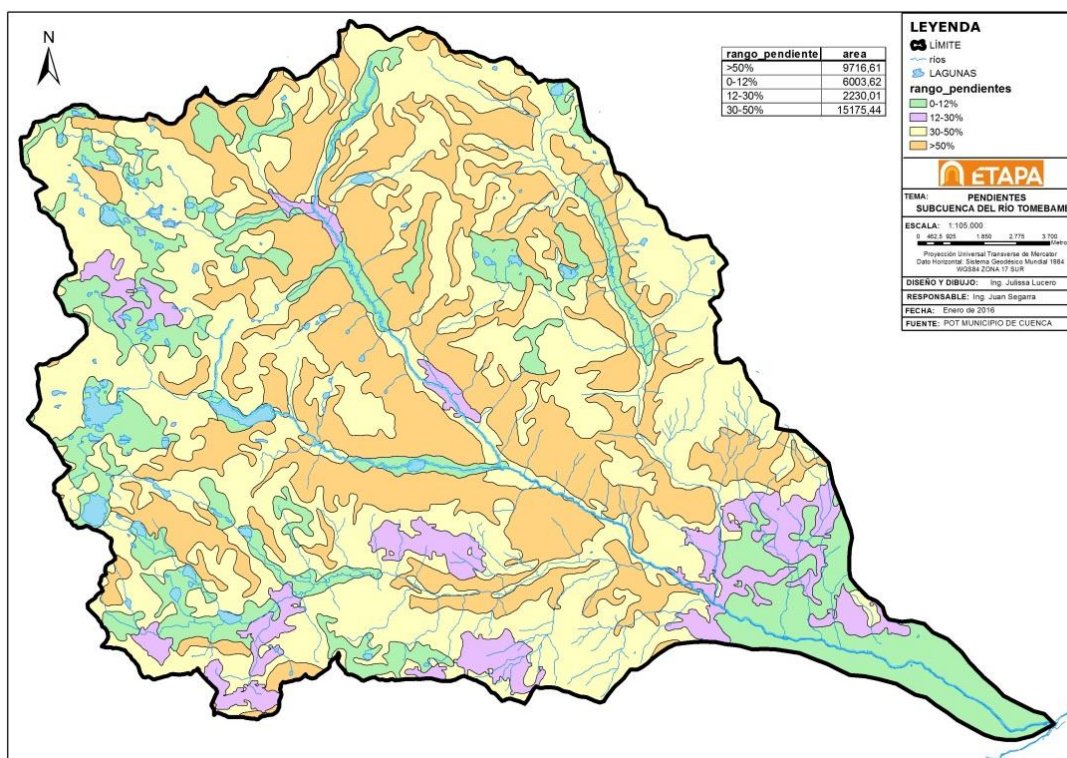
Impacto del cambio de uso de suelo sobre la calidad del agua del río Tomebamba

29	67-DGA	26-01-2009		Control Urbano Municipal	Construcción de vivienda - Tomebamba	Tránsito Prieto	Dos Chorreras	No se conoce
28	0066-DGA	26-01-2009		Control Municipal	Construcción de edificación para antena (MOVISTAR)	En la propiedad del Sr. Abel León	Dos Chorreras	
27	4343-DGA	31-12-2008		Control Urbano	Lotización LLuglluchas	Walter Goerke	LLuglluchas	No se conoce
26	117-DGA	4-03-2008		Ministerio del Ambiente	Tala de vegetación en Bellavista-Tomebamba	Teodoro Bernal	Bellavista	No se conoce
25	261-DGA	4-04-2008		Control Urbano Municipal	Construcción de edificación junto a la vía en sector Dos Chorreras-Tomebamba	Desconocido	Dos Chorreras	
24	499-DGA	24-06-2008		Control Urbano Municipal	Lotizaciones y construcciones -	Walter Goercke	LLuglluchas	No se conoce
23	500-DGA	24-06-2008		Control Urbano Municipal	Apertura de vía-Tomebamba	Juan León	LLuglluchas	No se conoce
22	502-DGA	24-06-2008		Control Urbano Municipal Comisión de Gestión Ambiental	Tala de vegetación nativa y apertura de vía - Tomebamba	Antonio Guevara	Cruzpamba	No se conoce
21	3530-GG	22-10-2008	2007011692	Comisario de Construcciones	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	No cumple la sanción y continúa intervenciones
20	4330-GG	31-12-2008		Concejales del cantón Cuenca	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
19	3335-GG	6-10-2008		Director Nacional del INDA	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
18	329-GG	29-09-2008		Comisaría de Ornato y Construcciones	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha-Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
17	581-DGA	16-06-2008		Ministra del Ambiente	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
16	541-DGA	6-09-2007		Comisión de Gestión Ambiental	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
15	543-DGA	6-09-2007		Control Urbano Municipal	Apertura de vía Dos Chorreras Yanacocha - Tomebamba	Lupercio Naranjo	Dos Chorreras-Yanacocha	
14	160-DGA	6-03-2006		Control Urbano/DGA/Comisarios	Movimiento de tierras - Tomebamba	Transito Prieto	Dos Chorreras	No se conoce
13	178-DGA	14-03-2006		Control Urbano Municipal/SEGEPLAN/CGA	Apertura de vía en Cartabón - Culebrillas	José Galindo	Culebrillas	Clausurado
12	100-DGA	10-02-2005		Control Urbano	Apertura de Vía - Tomebamba	Transito Prieto	Dos Chorreras	No se conoce
11	536-DGA	21-10-2005		Control Urbano/CGA/Comisarios	Construcción de edificación-Tomebamba	Sr. Malo		No se conoce
10	3595-DCM	23-04-2004		Comisario Municipal	Cambio de uso de suelo -	Sr. Gregorio Ginin	Chirimachay	No se conoce

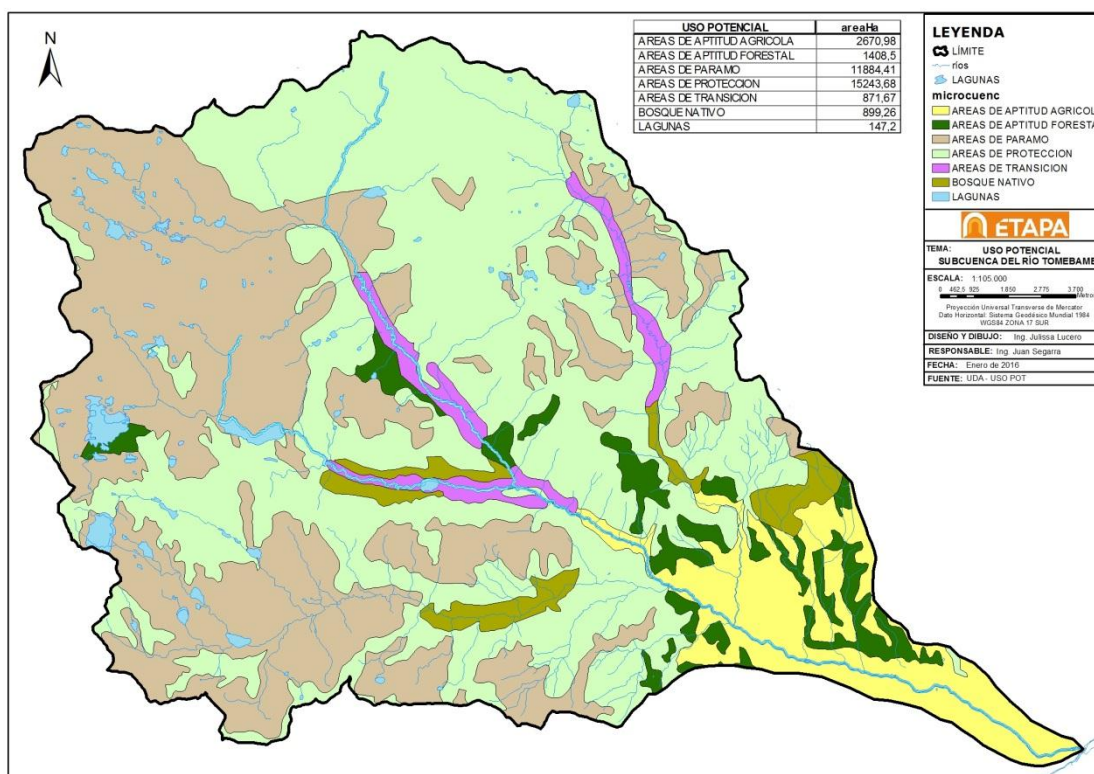
Impacto del cambio de uso de suelo sobre la calidad del agua del río Tomebamba

					Tomebamba			
9	1676-DCM	10-03-2004		Comisario Municipal	Construcción sin permisos - Tomebamba	Sr. Guido Carrasco	Dos Chorreras	No se conoce
8	152-DCM	19-01-2004		Comisario Municipal	Kioscos de madera - Tomebamba	Arq. Gastón Ramírez	Quinuas	No se conoce
7	14-DCM	6-01-2004		Comisario Municipal	Construcción y puente - Tomebamba	Sra. Gerardina Ginin	Chirimachay	No se conoce
6	4068-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Construcción de covacha - Tomebamba	Remigio Galindo	Cruzpamba	No se conoce
5	4063-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Ampliación de vivienda - Tomebamba	Bolívar Muñoz	Cruzpamba	No se conoce
4	4070-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Construcción de vivienda - Tomebamba	Transito Prieto	Dos Chorreras	No se conoce
3	4069-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Construcción de vivienda - Tomebamba	Fausto Pintado	Cruzpamba	No se conoce
2	4064-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Construcción de vivienda	Luis Pérez		No se conoce
1	4062-DCM	11-12-2003		Comisario Municipal	Construcción de vivienda	Félix Pacheco	Cruzpamba	No se conoce

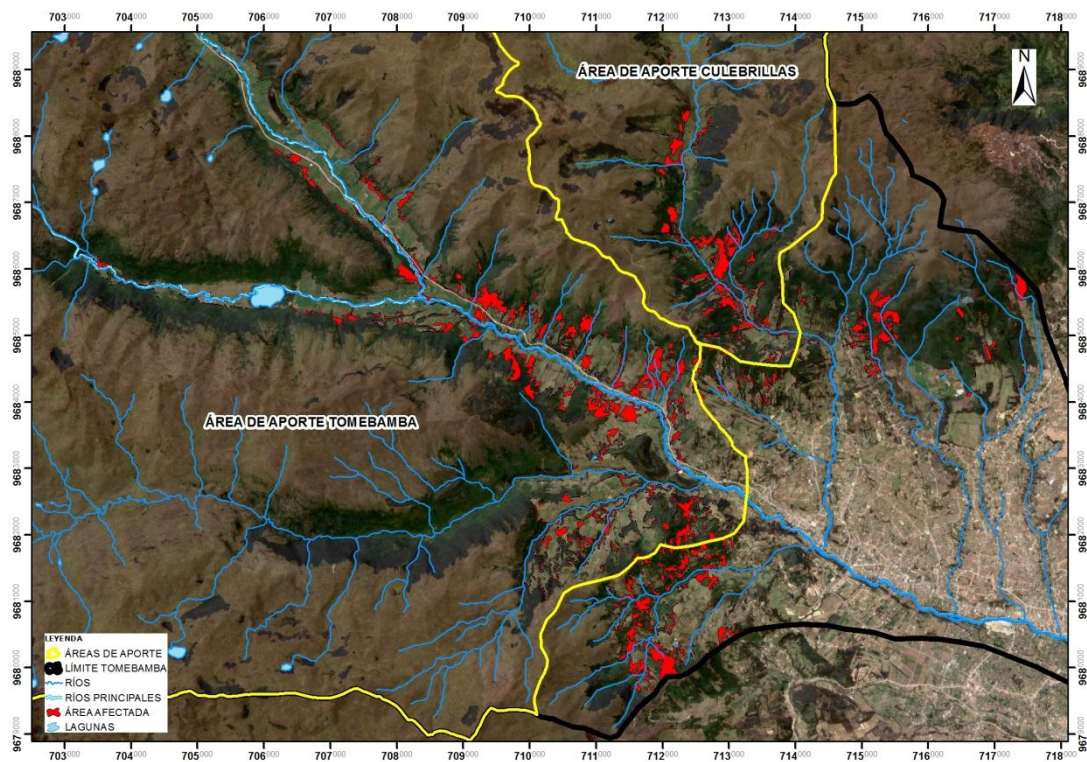
Anexo 4.- Mapa de pendientes



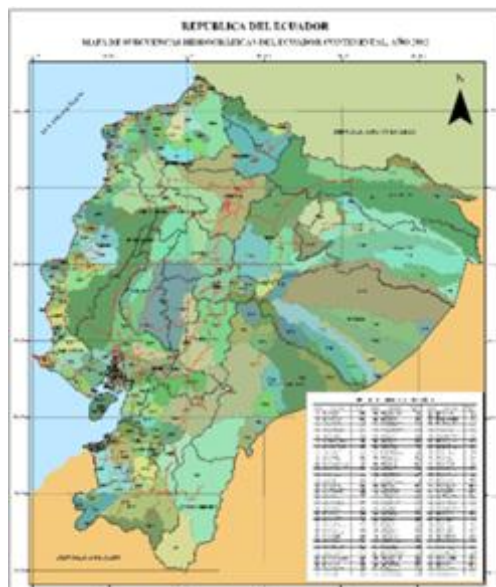
Anexo 5.- Mapa de uso potencial de suelo



Anexo 6.- Mapa de incompatibilidades en el uso de suelo



Anexo 7.- Mapa de las cuencas hidrográficas del Ecuador



Vertiente del Amazonas

72 Cuencas Hidrográficas

Vertiente del Pacífico

7 Cuencas Hidrográficas

Total

79 Cuencas hidrográficas

Anexo 8.- Mapa de bosques protectores

