

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE
LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

XAVIER ALEJANDRO REYES OCHOA
x.a.reyes-ochoa@hotmail.com

MARCO DANIEL SILVA RAMOS
daielsil@yahoo.es

DIRECTOR: ING. ANA LUCÍA BALAREZO PH. D.
ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, julio 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Xavier Alejandro Reyes Ochoa y Marco Daniel Silva Ramos, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Xavier Alejandro Reyes Ochoa

Marco Daniel Silva Ramos

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Xavier Alejandro Reyes Ochoa y Marco Daniel Silva Ramos, bajo mi supervisión.

Ing. Ana Lucía Balarezo Ph. D.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis estimados profesores y amigos, Luis Jaramillo y Ana Lucía Balarezo, por sus pensamientos tan positivos, su humildad y la gran ayuda que prestaron para la realización de esta tesis.

A mi compañero y amigo Daniel con quien nos sacamos el aire para que este proyecto pueda salir adelante.

A mi esposa, Hilde, por la presión, la motivación y el gran apoyo.

A la Secretaría de Ambiente por su búsqueda como institución de algo mejor para el ambiente en el Distrito Metropolitano de Quito y por proporcionar información esencial para este trabajo.

A mis compañeros Severo y Juan Carlos que también contribuyeron con este proyecto.

A mis profesores de la Poli que en su gran mayoría tienen cosas excelentes que ofrecer.

Xavier

AGRADECIMIENTO

Es para mí un gran honor haber estudiado en nuestra Escuela Politécnica Nacional mi humilde agradecimiento a esta institución mi casa.

Un agradecimiento muy especial a mis alumn(o/a)s que son mis maestr(o/a)s de Yoga una disciplina que tuve el honor de impartir durante un año y medio en mi querida Universidad.

Mi agradecimiento a la Dr. Anita Balarezo, Msc. Luis Jaramillo, Dr. Luis Albuja, Ing. Teresa Matos, Ing. César Narváez, Ing. Nathalia Valencia, Dr. Patricio Duque, sus conocimientos y visiones de vida han integrado mi existencia como un ser humano.

A mi amigo Xavier, por empezar y terminar la carrera desde primer semestre, la ayuda mutua y el compartir de experiencias; muchas gracias, mi hermano.

A mis compañer(o/a)s y amig(o/a)s de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, que sus caminos se llenen de logros que brinden progreso y bienestar concreto a la sociedad.

Daniel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia.

A mi esposa, Hilde, quien apoya todas mis locuras y corduras, quien me ha sabido entender totalmente, a quien quiero con toda mi mente. Éste es solo uno de los logros y alegrías que compartiremos juntos en nuestro camino por esta vida.

A mis padres que han dado todo sin pedir gran cosa a cambio. Mi mamita siempre me ha brindado su apoyo, generosidad y ha sido el ejemplo de una persona luchadora en el día a día. Mi papito, una persona de pensamientos únicos que siempre me ha demostrado pasión y amor en lo que hace.

A Juani y Ricardo, que son mis ñaños menores de los que he aprendido tanto.

A mis abuelitos, Augusto y Bachita, a quienes les tengo el más grande cariño.

A mis tíos Archi, Ana, Jimmy, Miriam, Pía, Panchín, Xime, porque son los amigos que me han sabido dar consejos, y estando junto a ellos durante toda mi vida, me han transmitido grandes enseñanzas.

A mis amigos por todas las vivencias, la amistad y los momentos especiales que matan la rutina.

A todos ustedes,

Les quiero muchísimo y siempre tengan en cuenta que son una parte esencial de mi vida.

Xavier

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi abuelita Beatriz, a mi abuelo Toto, a mis padres Ana Ramos y Joaquín Silva por su amorosa entrega para que culmine mis estudios, a Santiago Silva, Marco Ramos, Sandra Sánchez que son fuente de sabiduría, alegría y tranquilidad en mi vida.

A tod(o/a) estudiante que lea este trabajo, que le brinde una base para desarrollar sus proyectos, considero que el conocimiento no le pertenece a un pueblo, comunidad o persona, es una herencia de nuestr(o/a)s ancestr(o/a)s.

Daniel

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	VI
CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XX
RESUMEN	XXII
ABSTRACT	XXIV
PRESENTACIÓN	XXVI
CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVO GENERAL	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO 2 : ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS REDES DE MONITOREO	5
2.1.1 PROPÓSITO DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA	5
2.1.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE REDES	6
2.1.3 DISEÑO DE REDES DE MONITOREO	7
2.1.4 EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN EL DISEÑO DE REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA	10
2.2 MARCO LEGAL	10

2.2.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	10
2.2.2	OBJETIVOS DEL MILENIO DE LAS NACIONES UNIDAS.....	10
2.2.3	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	11
2.2.4	LEY DE AGUAS	11
2.2.5	LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	11
2.2.6	LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	12
2.2.7	TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”	12
2.2.8	NORMA INEN.....	12
2.2.9	ORDENANZA 213	12
2.2.10	REGLAMENTO GENERAL DE APLICACIÓN DE LA LEY DE AGUAS.....	13
2.2.11	AGENDA AMBIENTAL	14
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL		15
3.1	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	15
3.1.1	INFORMACIÓN BÁSICA	15
3.1.2	REVISIÓN DE ESTUDIOS	16
3.1.3	CRONOLOGÍA DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS DEL RECURSO HÍDRICO DEL DMQ.....	20
3.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICA BIÓTICA, SOCIO—ECONÓMICA, CULTURAL Y PAISAJÍSTICA DE LAS SUBCUENCAS.....	23
3.2.1	DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y CUENCAS DE DRENAJE.....	23
3.2.2	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	23
3.2.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS	24
3.2.4	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	24

3.2.5	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	28
3.2.6	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA.....	29
3.2.7	DEMOGRAFÍA	30
3.2.8	SALUD	34
3.2.9	AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	34
3.2.10	POLÍTICA	34
3.2.11	ASPECTOS ECONÓMICOS	35
3.2.12	PATRIMONIO CULTURAL	35
3.2.13	PAISAJE.....	35
3.2.14	SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP) Y BOSQUES PROTECTORES.....	36
3.2.15	TEXTURA DEL SUELO.....	37
3.2.16	COBERTURA VEGETAL.....	37
3.2.17	FLORA Y FAUNA	41
3.2.18	DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO	41
3.2.19	FENÓMENOS NATURALES	43
3.3	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ORIENTADO AL RECURSO HÍDRICO PARA LAS SUBCUENCAS	44
3.3.1	SUBCUENCA DEL RÍO PITA.....	44
3.3.2	SUBCUENCA DEL RÍO SAN PEDRO	49
3.3.3	SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA ALTO	55
3.3.4	SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA MEDIO.....	66
3.3.5	SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA BAJO	72
3.3.6	SUBCUENCA DEL RÍO PISQUE.....	77
3.3.7	SUBCUENCA DEL RÍO ALAMBI	82
3.3.8	SUBCUENCA DEL RÍO INTAG	85

3.3.9	SUBCUENCA DE LA QUEBRADA SAN ANDRÉS	89
3.3.10	SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO ALTO	93
3.3.11	SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO MEDIO	97
3.3.12	SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO BAJO	101
3.4	CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	104
3.4.1	CONTAMINACIÓN URBANA	104
3.4.2	CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL	105
3.4.3	CONTAMINACIÓN DE NUTRIENTES Y BACTERIAS PATÓGENAS	107
3.4.4	CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	108
3.5	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	108
3.5.1	PESTICIDAS	115
3.5.2	CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS.....	117
3.5.3	ÍNDICES BIOLÓGICOS.....	118
3.6	TRAMOS CRÍTICOS DE LOS CAUCES	121
3.6.1	RESPECTO AL CAUDAL LÍQUIDO.....	121
3.6.2	RESPECTO A LA CALIDAD DEL AGUA	122
3.7	TRABAJO DE CAMPO Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	128
3.7.1	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	129
3.7.2	METODOLOGÍA.....	129
3.7.3	INFORMACIÓN GENERADA	130
CAPÍTULO 4 : CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO PARA EL DMQ		144
4.1	METODOLOGÍA A APLICAR.....	144
4.1.1	ESTACIONES HIDROLÓGICAS	145
4.1.2	ESTACIONES DE SEDIMENTOS	147

4.1.3	ESTACIONES DE CALIDAD DEL AGUA	147
4.2	DEFINICIÓN DE CRITERIOS	148
4.2.1	CALIDAD DEL AGUA.....	148
4.2.2	DISTANCIA A CENTROS POBLADOS	148
4.2.3	DISTANCIA A ZONAS INDUSTRIALES	149
4.2.4	USO Y COBERTURA DEL SUELO	149
4.2.5	ORDEN DE LA CORRIENTE	149
4.2.6	USOS DEL AGUA	149
4.2.7	ESTACIONES HIDROLÓGICAS	150
4.2.8	CRITERIOS SECUNDARIOS	151
4.3	PONDERACIÓN DE CRITERIOS	152
4.4	MATRÍZ DE VALORACIÓN	154
4.4.1	VALORACIÓN PARA EL FACTOR POBLACIÓN EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN	155
4.4.2	VALORACIÓN PARA EL FACTOR HIDROELÉCTRICAS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN.....	156
4.4.3	VALORACIÓN PARA EL FACTOR PASTOS Y CULTIVOS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN.....	157
4.4.4	VALORACIÓN PARA EL FACTOR INDUSTRIAS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN	158
4.4.5	VALORACIÓN PARA EL FACTOR CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN	159
4.5	CONSIDERACIONES PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREO	160
4.5.1	VARIABLES A MONITOREAR	160
4.5.2	TIPOS DE ESTACIONES.....	161
4.5.3	EQUIPAMIENTO	162

4.5.4	FRECUENCIA DE OBSERVACIONES.....	163
4.5.5	ALMACENAMIENTO DE DATOS	169
4.5.6	PROCESAMIENTO BÁSICO.....	171
CAPÍTULO 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		173
5.1	CONCLUSIONES	173
5.2	RECOMENDACIONES	175
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		177
ANEXOS		181

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Fuentes de información	15
Cuadro 2.	Cronología de los estudios del recurso hídrico del DMQ	21
Cuadro 3.	Ombrotipos presentes en el Ecuador continental.....	26
Cuadro 4.	Termotipos presentes en el Ecuador continental	27
Cuadro 5.	Número de habitantes por provincia	30
Cuadro 6.	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).....	36
Cuadro 7.	Áreas de la cobertura del DMQ	38
Cuadro 8.	Cantones en la subcuenca del río Pita	44
Cuadro 9.	Cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Pita	46
Cuadro 10.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Pita	47
Cuadro 11.	Actividades económicas en los cantones de la subcuenca del río Pita	48
Cuadro 12.	Centrales Hidroeléctricas en la subcuenca del río Pita	48
Cuadro 13.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Pita	49
Cuadro 14.	Cantones de la subcuenca del río San Pedro.....	50
Cuadro 15.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río San Pedro	51
Cuadro 16.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río San Pedro	53
Cuadro 17.	Centrales hidroeléctricas en la subcuenca del río San Pedro	54
Cuadro 18.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río San Pedro	55
Cuadro 19.	Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba alto	55

Cuadro 20.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba alto.....	57
Cuadro 21.	Incremento del área urbana de la ciudad de Quito (1760-2003).....	60
Cuadro 22.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba alto.....	61
Cuadro 23.	Hidroeléctricas en la subcuenca del río Guayllabamba alto.....	62
Cuadro 24.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Guayllabamba alto	63
Cuadro 25.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Machángara	64
Cuadro 26.	Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	67
Cuadro 27.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	68
Cuadro 28.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	70
Cuadro 29.	Hidroeléctricas en la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	70
Cuadro 30.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Guayllabamba medio	72
Cuadro 31.	Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba bajo.....	73
Cuadro 32.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba bajo.....	74
Cuadro 33.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba bajo.....	76
Cuadro 34.	Cantones en la subcuenca del río Pisque.....	77
Cuadro 35.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Pisque	80
Cuadro 36.	Hidroeléctricas en la subcuenca del río Pisque	81
Cuadro 37.	Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Pisque	81

Cuadro 38.	Cantones en la subcuenca del río Alambi.....	82
Cuadro 39.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Alambi	83
Cuadro 40.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Alambi	85
Cuadro 41.	Cantones en la subcuenca del río Intag	86
Cuadro 42.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Intag	89
Cuadro 43.	Cantones en la subcuenca de la quebrada San Andrés	90
Cuadro 44.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca de la quebrada San Andrés	92
Cuadro 45.	Cantones en la subcuenca del río Blanco alto	93
Cuadro 46.	Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Blanco alto.....	94
Cuadro 47.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco alto.....	96
Cuadro 48.	Cantones en la subcuenca del río Blanco medio	97
Cuadro 49.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco medio.....	100
Cuadro 50.	Cantones en la subcuenca del río Blanco bajo	101
Cuadro 51.	Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco bajo.....	103
Cuadro 52.	Categorización de 52 industrias representativas de Quito	106
Cuadro 53.	Caracterización de las principales industrias de Quito	106
Cuadro 54.	Resumen de parámetros de calidad de agua para las quebradas afluentes al río Machángara	110
Cuadro 55.	Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Machángara	111

Cuadro 56.	Resumen de parámetros de calidad de agua para el río San Pedro	112
Cuadro 57.	Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Monjas.....	113
Cuadro 58.	Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Guayllabamba	114
Cuadro 59.	Resumen de parámetros de calidad de agua para los afluentes al río Guayllabamba	115
Cuadro 60.	Clases, valores, y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP	119
Cuadro 61.	Sitios estudiados con macroinvertebrados acuáticos y su calidad ambiental en función del índice BMWP a nivel de subcuencas	120
Cuadro 62.	Sitios estudiados con macroinvertebrados acuáticos y su calidad ambiental en función del índice BMWP a nivel de microcuencas.	120
Cuadro 63.	Tramos con estrés hídrico.	121
Cuadro 64.	Criterios de calidad del agua propuestos.....	122
Cuadro 65.	Usos a preservarse en el río Guayllabamba.....	123
Cuadro 66.	Usos a preservarse en el río San Pedro	125
Cuadro 67.	Usos a preservarse en el río Machángara	125
Cuadro 68.	Usos a preservarse en el río Monjas	126
Cuadro 69.	Criterios para la obtención de la calidad del agua en el área de estudio.....	127
Cuadro 70.	Sitios de Muestreo – Subcuenca San Pedro	131
Cuadro 71.	Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río San Pedro	132
Cuadro 72.	Sitios de Muestreo – Subcuenca Pita	133

Cuadro 73.	Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río Pita	134
Cuadro 74.	Secciones de Muestreo – Subcuenca Guayllabamba alto	136
Cuadro 75.	Parámetros de calidad del agua - Subcuenca Guayllabamba Alto	137
Cuadro 76.	Sitios de Muestreo – Subcuenca del río Pisque.....	138
Cuadro 77.	Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río Pisque.....	140
Cuadro 78.	Cuadro comparativo de calidad resultados de macroinvertebrados acuáticos esperados y obtenidos	141
Cuadro 79.	Densidad mínima para estaciones hidrológicas.....	147
Cuadro 80.	Densidad mínima de la red de estaciones de sedimentos	147
Cuadro 81.	Densidad mínima para estaciones de calidad del agua	148
Cuadro 82.	Estaciones de monitoreo de la calidad del agua sugeridas por el Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito	150
Cuadro 83.	Matriz de ponderación	153
Cuadro 84.	Matriz de valoración	154
Cuadro 85.	Ponderación y valoración de acuerdo a la población	155
Cuadro 86.	Ponderación y valoración de acuerdo a la potencia de las hidroeléctricas	156
Cuadro 87.	Ponderación y valoración de acuerdo al porcentaje de área de pastos y cultivos	157
Cuadro 88.	Ponderación y valoración de acuerdo al número de industrias	158
Cuadro 89.	Ponderación y valoración de acuerdo a la calidad físico-química del agua.....	159
Cuadro 90.	Variables a monitorear para situaciones específicas	160
Cuadro 91.	Equipamiento básico – parámetros de cantidad del recurso.....	162

Cuadro 92.	Equipamiento básico para monitoreo de parámetros de campo	162
Cuadro 93.	Frecuencias anuales de muestreo recomendadas	164
Cuadro 94.	Parámetros y frecuencias de muestreo recomendados para la red metropolitana ambiental de la calidad del recurso hídrico.....	165
Cuadro 95.	Planilla de campo sugerida.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Pita.....	45
Figura 2.	Cobertura vegetal de la subcuenca del río San Pedro	50
Figura 3.	Poblaciones de las parroquias de la subcuenca del río San Pedro	52
Figura 4.	Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba alto.....	56
Figura 5.	Mayores poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba alto	58
Figura 6.	Poblaciones menores a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba alto	59
Figura 7.	Crecimiento urbanístico de la ciudad de Quito (1760-2003)	59
Figura 8.	Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	67
Figura 9.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba medio.....	69
Figura 10.	Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba bajo.....	74
Figura 11.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba bajo.....	75
Figura 12.	Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Pisque	78
Figura 13.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Pisque	79
Figura 14.	Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Alambi	82
Figura 15.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Alambi	84
Figura 16.	Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Intag	87

Figura 17.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Intag.....	87
Figura 18.	Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca de la quebrada San Andrés.....	90
Figura 19.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca de la quebrada San Andrés.....	91
Figura 20.	Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Blanco alto.....	94
Figura 21.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco alto.....	95
Figura 22.	Cobertura vegetal en la subcuenca del río Blanco medio	98
Figura 23.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco medio.....	98
Figura 24.	Cobertura vegetal en la subcuenca del río Blanco bajo	101
Figura 25.	Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco bajo.....	102
Figura 26.	Residuos de pesticidas en aguas de ríos contaminados del DMQ ($\mu\text{g/l}$).....	116
Figura 27.	Residuos de pesticidas en sedimentos de ríos contaminados del DMQ ($\mu\text{g/l}$).....	117
Figura 28.	Ubicación sugerida para las estaciones de monitoreo de la calidad del agua.....	144
Figura 29.	Población total en las subcuencas.....	155
Figura 30.	Potencia total generada por hidroeléctricas en las subcuencas.....	156
Figura 31.	Área total de pastos y cultivos en las subcuencas	157
Figura 32.	Número total de industrias en las subcuencas.....	158
Figura 33.	Cadena de custodia para asegurar la integridad de los datos.....	170
Figura 34.	Procesamiento de datos	171

RESUMEN

El presente trabajo de titulación presenta el diagnóstico ambiental y los criterios para el diseño de la red metropolitana de monitoreo de calidad del recurso hídrico en el Distrito Metropolitano de Quito.

Esta información fue generada por el estudio “Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico” de la Escuela Politécnica Nacional bajo contrato con la Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, en el que los autores de esta tesis participaron.

El área de estudio comprende a las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco que incluyen a las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro, Guayllabamba alto, Guayllabamba medio, Guayllabamba bajo, Pisque, Alambi, Intag, Blanco alto, Blanco medio y Blanco bajo.

El estudio presenta inicialmente una base teórica para el diseño de estaciones de monitoreo de la calidad del recurso hídrico y el respectivo marco legal.

Se realiza la recopilación de información secundaria relacionada a estudios de calidad del agua, que consideran el uso del suelo, cobertura vegetal, población, actividades económicas, entre otros. A partir de esto se genera una caracterización física, biótica, socioeconómica, cultural y paisajista de las subcuencas.

Junto a la caracterización, se presenta un diagnóstico ambiental para cada subcuenca en donde se considera la cobertura vegetal, riesgos naturales, bioclima, servicios, actividades económicas, proyectos hidroeléctricos, usos del agua y recursos hídricos.

Se presentan tramos críticos de contaminación, que pueden ser considerados por los tomadores de decisiones para gestionar sustentablemente los recursos hídricos en el Distrito Metropolitano de Quito. El diagnóstico ambiental y los tramos críticos de los principales ríos en el área de estudio, brindan una base para diseño de la red de monitoreo.

Se propone una matriz de ponderación para valorar parámetros como condiciones físico-geográficas, condiciones climáticas, desarrollo, contaminación antropogénica, y afectación biológica, considerados en porcentaje o grado de afectación. Ésta permitirá establecer las necesidades de cada subcuenca a ser monitoreada.

ABSTRACT

This thesis presents the environmental diagnosis and criteria for the design of a water quality monitoring network for the Metropolitan District of Quito.

This information was generated by the study "Metropolitan Environmental Network of Water Quality" of the Escuela Politécnica Nacional University under contract with the Ministry of Environment of the City Council of the Metropolitan District of Quito, in which the authors of this thesis participated.

The area of study includes the basins of the Guayllabamba and Blanco rivers which include the sub basins of the Pita, San Pedro, high Guayllabamba, medium Guayllabamba, low Guayllabamba, Pisque, Alambi, Intag, high Blanco, medium Blanco and low Blanco rivers.

The study initially presents a baseline theory for the design of water quality monitoring stations and the legal framework for the project.

Secondary information regarding water quality studies is compiled. This information takes into consideration the use of soil, vegetation cover, population and economic activities, among others. From this information, physical, biotic, socioeconomic, cultural and landscape characterizations of the sub basins were generated.

Along with the characterization, an environmental diagnosis for each sub basin is presented where the vegetation, natural hazards, bioclimate, services, economic activities, hydroelectric projects, water use and water resources are considered.

The critical sections of contamination are presented. These sections will allow authorities to manage in a sustainable way, the water resources in the Metropolitan District of Quito. The environmental diagnosis and the critical sections of the principal rivers in the study area offer a baseline for the design of the monitoring network.

We propose a matrix of weights to assess parameters like physical and geographical conditions, climate conditions, development, anthropogenic pollution, and biologic affectation, considering the percentage or degree of affectation. These matrixes will be useful as a complement to find the needs of every sub basin to be monitored.

PRESENTACIÓN

Este estudio abarca los siguientes capítulos:

Capítulo 1:

- Se plantea una introducción en donde se define el objetivo general y los objetivos específicos, y se justifica el desarrollo del estudio.

Capítulo 2:

- Se presenta la fundamentación teórica de las redes de monitoreo, información que es obtenida a partir de documentos de importancia como la “Guía de Prácticas Hidrológicas” de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Capítulo 3:

- Partiendo de una recopilación y análisis de información disponible, se realiza una caracterización general del área de estudio. Se expone a partir de esta base, un diagnóstico ambiental por subcuencas, desarrollando temas como la cobertura vegetal, riesgos naturales, servicios, usos del agua, y proyectos hidroeléctricos, tomando en cuenta también a algunas microcuencas.
- Se indica la calidad de los recursos hídricos, los resultados de monitoreos de la calidad del agua realizados en estudios previos, y los tramos críticos de los ríos con respecto al caudal y a la calidad del agua.

Capítulo 4:

- Se plantean criterios para el diseño de redes de monitoreo de calidad del recurso hídrico. Se detallan criterios como la calidad del agua, la distancia a centros poblados, uso y cobertura del suelo, entre otros.
- Se presenta una propuesta para la ponderación de los criterios y la obtención de una matriz de valoración para la posible ubicación de estaciones de monitoreo.

- Se establecen detalles sobre las estaciones de monitoreo como las variables a monitorear, el tipo de estaciones, la frecuencia de observaciones, el almacenamiento de datos y su procesamiento básico.

Capítulo 5:

- Se generan conclusiones y recomendaciones que se alinean con los objetivos del presente estudio.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La Constitución del Ecuador (2008) reconoce “el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay” (Art.-14); y, el respeto a la naturaleza mediante “el compromiso de incentivar a las personas naturales y jurídicas para que protejan la naturaleza” (Art.- 71). En la Ley de Aguas, Título II, De la Conservación y Contaminación de las Aguas, Capítulo II, De la Contaminación, Art.22 se establece: “Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna”.

Partiendo de este marco legal y la Ordenanza 213, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) a través de la Secretaría de Ambiente (MDMQ-SA) está interesado en disponer de una red de monitoreo de la calidad del recurso hídrico para:

- Cumplir con las metas de conservación del recurso en el DMQ, y cumplir con la normativa actual de calidad del recurso hídrico que presenta la autoridad ambiental competente.
- Obtener información oportuna, confiable, continua, suficiente para cubrir metas de conservación y recuperación de cauces.
- Orientar de manera sistemática la toma de decisiones y las actividades institucionales que tienen competencia en la gestión del recurso hídrico.

Mediante el oficio No. 05964 del 3 de octubre de 2011 la MDMQ-SA invita a la Escuela Politécnica Nacional (EPN) a ejecutar el estudio “Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico” (RMRH-SA).

La EPN formaliza el interés institucional de participar en el estudio referido mediante el oficio R-0882-2011 del 5 de octubre de 2011.

La metodología propuesta, que se refleja en los pliegos del presente estudio y en el estudio RMRH-SA, tiene contribuciones de los especialistas de la MDMQ-SA y del coordinador del proyecto por la EPN, Dr. Ing. Laureano Andrade.

El presente trabajo muestra información generada por el proyecto antes referido y pretende atender necesidades de importancia. Esto involucra el diagnóstico ambiental del área de estudio y los criterios ambientales para el diseño de la red de monitoreo del recurso hídrico. Sin embargo, no se enfoca a los temas de disponibilidad, y distribución espacial y temporal del recurso hídrico, que son importantes respecto a la definición de la red de monitoreo de la calidad del recurso hídrico.

Para esto, se ha definido como área de estudio las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco, que incluyen las subcuencas de los ríos Pita, San Pedro, Guayllabamba alto, Guayllabamba medio, Guayllabamba bajo, Pisque, Alambi, Intag, Blanco alto, Blanco medio y Blanco bajo. También se toma consideración adicional a las microcuencas de los ríos Machángara, Monjas, Chiche, Coyago, Uravía, Guambi y a la subcuenca de la quebrada San Andrés.

En el contexto del presente proyecto de titulación no se alcanza el diseño de la red, aspecto que es objetivo principal en el estudio RMRH-SA.

Se aclara que el diseño de una red debe contemplar los aspectos de calidad y cantidad manejados conjuntamente y no como redes individuales.

La EPN, en su misión de “Generar, asimilar y adaptar, transmitir y difundir, aplicar, transferir y gestionar el conocimiento científico y tecnológico, para contribuir al desarrollo sostenido y sustentable de nuestro país como resultado de una dinámica interacción con los actores de la sociedad ecuatoriana y la comunidad internacional” (EPN, 2006) contará con el presente estudio para contribuir a un desarrollo sustentable y brindar información oportuna y suficiente a las autoridades municipales, y a la comunidad en general.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un diagnóstico ambiental y establecer criterios para el diseño de la Red Metropolitana de Calidad del Recurso Hídrico en el Distrito Metropolitano de Quito.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar información secundaria disponible referente a la calidad de los recursos hídricos en el área geográfica de estudio.
- Identificar los principales problemas relacionados con la calidad del recurso hídrico.
- Realizar el diagnóstico ambiental del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas.
- Identificar los tramos críticos en función de la calidad del recurso hídrico en los cauces principales.
- Definir criterios técnicos para el diseño de la red de estaciones requerida para establecer la calidad del recurso hídrico.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El agua es considerada como un recurso estratégico, de gran importancia social y económica para el desarrollo de los estados, por lo que se han generado diversas iniciativas y propuestas internacionales y nacionales para fomentar un manejo responsable y sustentable de este recurso.

En el entorno internacional, los países miembros de las Naciones Unidas (ONU) discuten y promueven ampliamente el mejorar la calidad del recurso hídrico de acuerdo a los usos a los que sean destinados, tales como agua potable, riego, uso industrial, hidroeléctrico, acuicultura, recreacional, paisajístico, entre otros (UNESCO, 2011).

En el contexto nacional, rigen los artículos de la Constitución del Ecuador y de la Ley de Aguas señalados anteriormente. Con respecto a la legislación, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) a través de la Secretaría de Ambiente (MDMQ-SA) está en el derecho de cumplir y hacer cumplir lo anteriormente mencionado, para lo cual requiere conocer el estado actual y futuro del recurso, a fin de que sus decisiones sean técnicamente sustentadas y correctas.

En forma específica, la importancia de contar con un diagnóstico ambiental y criterios de diseño para la RMRH-SA en el DMQ radica en:

- El cumplimiento de la Ordenanza Municipal N°199 para la gestión integrada de los recursos hídricos dentro del DMQ y la cuenca del río Guayllabamba a partir del conocimiento de su estado de calidad.
- Obtener información oportuna, confiable, continúa, suficiente para cubrir metas de conservación y recuperación de cauces.
- Orientar de manera sistemática la toma de decisiones y las actividades institucionales que tienen competencia en la gestión del recurso hídrico.
- Contar con criterios suficientes para el diseño de una red de monitoreo de calidad del recurso hídrico en el DMQ.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS REDES DE MONITOREO

2.1.1 PROPÓSITO DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Tradicionalmente el monitoreo de la calidad del agua se ha realizado para verificar si las características del recurso hídrico son adecuadas para determinados usos. Se ha realizado también para determinar tendencias en la calidad de ambientes acuáticos.

El monitoreo y la evaluación de la calidad del agua están basados en las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua y sedimentos.

El propósito primario de las redes de monitoreo del recurso hídrico es proveer un sistema que genere información suficiente y oportuna para una gestión adecuada del recurso hídrico. Esto se realiza en función de reducir riesgos a la salud de la población que utiliza el recurso para diversos usos.

Otros propósitos de las estaciones de monitoreo del recurso hídrico contemplan:

- La identificación de fuentes de contaminación para regulación
- El monitoreo de la calidad del ambiente para necesidades de hábitat de diversas especies
- Las acciones de limpieza inmediata por derrames

Para optimizar el modelo de la red se debe minimizar el tiempo promedio de detección de eventos contaminantes, y maximizar la confiabilidad del sistema de monitoreo.

Como objetivos más específicos, las redes de monitoreo de la calidad del agua también permiten:

- La detección de signos de deterioro en la calidad del agua
- La identificación de cuerpos de agua que no alcanzan estándares de calidad
- La identificación de áreas contaminadas

- La determinación de la extensión y efectos de una descarga específica de residuos
- La evaluación de la efectividad en la gestión de la calidad del agua

2.1.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE REDES

Actualmente no existen documentos que estandaricen una metodología para el diseño de redes de monitoreo del recurso hídrico, sin embargo, existe suficiente documentación de respaldo con sugerencias y experiencias en el tema, como es el caso de la “Guía de Prácticas Hidrológicas” (OMM, 2011).

Las matrices de valoración y ponderación son alternativas que se encuentran soportadas por estudios previos en otros lugares del mundo, en muchos de los cuales se han planteado diversas metodologías para el diseño de redes de monitoreo del recurso hídrico y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

2.1.2.1 Experiencias

- En la cuenca del río Grande, Colombia, se diseñó una red de monitoreo soportada por modelación geoespacial mediante el uso de herramientas SIG y la ponderación de criterios de ubicación. La ponderación se realizó utilizando el método de Saaty y la valoración se logró mediante una encuesta a 8 profesionales. Como resultado, se obtuvieron mapas con zonas prioritarias para monitoreo, que a pesar de que no indicaron los puntos definitivos para las estaciones, sirvieron como complemento en la selección de los puntos por expertos (Cano & Escobar, 2011).
- En el río Altamaha, Estados Unidos, se diseñó una red de monitoreo intentando lograr el menor tiempo de detección y la mayor confiabilidad. Para estos, se plantearon escenarios de sitios candidatos para las estaciones ubicando los sitios potenciales en la unión de ríos, las partes más altas de los ríos y las zonas con baja densidad de sitios potenciales. Se corrieron modelos sobre el transporte de contaminantes y como resultado, se propuso este método tomando en cuenta que su objetivo no representa los objetivos de muchas estaciones de monitoreo, pero puede servir de complemento para la selección de estaciones (Ilker & Jiabao, 2009).

- En el río Nakdong, Corea, se planteó el diseño de una red de monitoreo mediante un algoritmo genético. Se obtuvo información cartográfica de los criterios a considerar. Usando la herramienta SIG se dividió cada capa de información en cuadrados que podían o no acoplarse entre sí como los cromosomas (reproducción, cruce o mutación). De esta manera se establecieron puntos prioritarios para la ubicación de estaciones (Park, Choi, & Wang, 2006).

2.1.3 DISEÑO DE REDES DE MONITOREO

Entre las tareas típicas para el diseño de redes de monitoreo del recurso hídrico, se encuentran (Ilker & Jiabao, 2009):

- Caracterización y diagnóstico del área de estudio (con un enfoque sobre los recursos hídricos)
- Selección de las estaciones de muestreo
- Selección de los parámetros de calidad del agua, métodos de medición y frecuencias de muestreo

2.1.3.1 Caracterización y diagnóstico del área de estudio

La descripción de un área de estudio debe incluir el tamaño de la cuenca o subcuenca en kilómetros cuadrados, su localización geográfica, la identificación y descripción de cada cuerpo de agua que se incluya en el área.

La información meteorológica e hidrológica también es requerida, ya que proporciona información básica sobre caudales, e información específica sobre el material erosionado y los flujos o cargas en suspensión.

Se debe obtener información necesaria sobre el área de estudio incluyendo cobertura vegetal, textura del suelo, áreas de protección, industrias, cultivos, estudios de calidad de los recursos hídricos y cualquier información que influya en el estado del agua.

La información de caudales puede obtenerse mediante estaciones de aforo, centrales hidroeléctricas cercanas a los puntos de muestreo o la estimación de caudal a partir de la precipitación en el área de la cuenca y factores de escorrentía.

2.1.3.2 Selección de las estaciones de muestreo

Las estaciones deben cumplir con los objetivos del monitoreo, y se pueden establecer en mapas o fotografías después de un estudio de campo, con una base de conocimiento de la geografía de la cuenca, el uso del agua de la cuenca, e información adicional pertinente.

2.1.3.2.1 Criterios para la localización de estaciones

En función de cumplir con los objetivos de la red de calidad del recurso hídrico y el muestreo, la calidad y cantidad de las muestras de agua deben ser colectadas en apropiadas locaciones, las mismas que deben ser seleccionadas con criterios técnicos.

Algunos criterios técnicos para la localización de estaciones son: la representatividad de la cuenca, la representatividad del río, la calidad del agua, la accesibilidad y duración del trayecto hasta el laboratorio (riesgo de deterioro de las muestras), la disponibilidad de personal, entre otros.

2.1.3.3 Selección de los parámetros de calidad del agua

La calidad del recurso hídrico puede ser determinada por varios parámetros. Se requiere un equilibrio entre querer conocer y necesitar conocer sin descuidar que los parámetros medidos cumplan con los objetivos básicos del programa de monitoreo.

Los parámetros que caracterizan la calidad del agua se pueden clasificar con arreglo a distintos criterios, como:

- las propiedades físicas, por ejemplo, temperatura, conductividad eléctrica, color o turbidez
- los elementos componentes del agua, por ejemplo, pH, alcalinidad, dureza, presión parcial de dióxido de carbono
- los componentes químicos inorgánicos, por ejemplo, oxígeno disuelto, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, fluoruros, sulfatos, nitratos, amonio, calcio, magnesio, potasio sódico, fosfatos o metales pesados
- los componentes químicos orgánicos, por ejemplo, fenoles, hidrocarburos clorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos o plaguicidas

- los componentes biológicos (microbiológicos y macrobiológicos), por ejemplo, bacterias coliformes fecales, gusanos, plancton y peces, o vegetación

2.1.3.4 Toma de muestras

2.1.3.4.1 Muestreo de agua superficial

Para determinar el efecto de la descarga de efluentes sobre una corriente de agua será necesario obtener muestras aguas arriba y aguas abajo de la descarga (puntual o difusa), en otros casos la frecuencia y ubicación del muestreo suelen ser determinadas por la legislación para prevención de la contaminación vigente.

Cuando hay polución puntual, el muestreo se realiza en periodos de flujo bajo donde hay menor dilución de los contaminantes. Si la polución es difusa como en el caso de fertilizantes, plaguicidas, o por escorrentía, el muestreo se realiza en las crecidas, donde hay lavado del suelo.

2.1.3.4.2 Muestreo de agua subterránea

Se pueden utilizar parámetros de calidad similares al agua superficial a excepción de la turbidez. Se necesita información hidrogeológica como gradientes hidráulicos, dirección y velocidad de las aguas.

2.1.3.4.3 Muestreo de sedimentos

Se buscan muestras representativas que generalmente no se encuentran cerca de muelles. Se muestrea en corrientes lentas, y si la corriente es rápida, se escogen meandros o fondos bajos (lugares donde la velocidad del agua sea mínima).

2.1.3.5 Frecuencias de muestreo

Si la calidad del agua en un área determinada varía considerablemente, la frecuencia de muestreo aumenta. En zonas donde la calidad del agua se mantiene constante se reducirá la frecuencia.

La determinación de frecuencias debe estar apoyada en una investigación preliminar, y ser revisada y ajustada periódicamente.

2.1.4 EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN EL DISEÑO DE REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA

Un SIG es un sistema diseñado para gestionar todo tipo de datos geográficos. Permite crear y manipular áreas espaciales para su uso en aplicaciones específicas. Los SIG son una herramienta moderna muy útil para la presentación de información y facilitan la toma de decisiones.

A partir del uso de estas herramientas se logra optimizar el diseño de una red de monitoreo con las estaciones necesarias para generar la información requerida, lo cual también reduce costos en las fases de implementación y operación.

2.2 MARCO LEGAL

2.2.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

La Constitución del Ecuador reconoce "...el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir Sumak Kawsay" (Art.- 14); y, el respeto a la naturaleza mediante "el compromiso de incentivar a las personas naturales y jurídicas para que protejan la naturaleza" (Art.- 71);

Para limitar los impactos negativos de las actividades productivas, el estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas; regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua y, actuará de manera inmediata para garantizar la restauración de los ecosistemas en caso de daños ambientales (Art. 397 y 411).

2.2.2 OBJETIVOS DEL MILENIO DE LAS NACIONES UNIDAS

En el Programa de las Naciones Unidas "Objetivos de Desarrollo del Milenio", el séptimo objetivo plantea "Garantizar la sostenibilidad del ambiente"; se consideran aspectos centrales en el manejo del recurso hídrico, los procesos de deterioro ambiental (cambios de cobertura vegetal y contaminación), demanda del agua y efectos de cambio climático (temperaturas extremas, variación de la precipitación), también se plantean metas para mejorar los sistemas de eliminación de excretas.

2.2.3 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Capítulo V, Instrumentos de Aplicación de Normas Ambientales, Título V, De la Información y Vigilancia Ambiental,

Art. 39 “Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección del ambiente, establecerán con participación social, programas de monitoreo del estado ambiental en las áreas de su competencia; esos datos serán remitidos al Ministerio del ramo para su sistematización; tal información será pública”.

2.2.4 LEY DE AGUAS

Título II, De la Conservación y Contaminación de las Aguas, Capítulo II, De la Contaminación, Art. 22 “Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo”.

Mediante el decreto ejecutivo 1088, se señala la reorganización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos mediante la creación de la Secretaría del Agua como nueva entidad incorporada al sistema de gestión del agua en el país.

2.2.5 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Capítulo II, De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas: Art 6. “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado o a las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales, o artificiales o en las aguas marítimas así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.”

Art 7. “El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los ministerios de Salud y Ambiente, según el caso elaboraran los proyectos de

normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad del agua que deba tener el cuerpo receptor”.

2.2.6 LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Art. 17, “s) Financiar y promover la investigación científica y tecnológica que permita cuantificar, prevenir, controlar y reponer el deterioro ambiental; y, desarrollar tecnologías alternativas, métodos, sistemas, equipos y dispositivos, que aseguren la protección del ambiente, el uso sustentable de los recursos naturales y el empleo de energías alternativas.”

2.2.7 TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”

Se plantean criterios generales para la descarga de efluentes de acuerdo al uso del agua. Además se indican en los Anexos 1A, 1B y 1C las Normas para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua en el Sector Eléctrico, en Puertos y Aeropuertos respectivamente. En el Anexo 1A se introduce el concepto de Caudal Ecológico y su valor a ser adoptado por centrales hidroeléctricas.

2.2.8 NORMA INEN

La Norma Oficial Ecuatoriana establece el uso del manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”; se debe considerar la normativa INEN 2169:98 e INEN 2176:98.

2.2.9 ORDENANZA 213

Considera que la municipalidad del DMQ debe disponer de sistemas de control necesarios, de una Ley de Gestión Ambiental y normas técnicas.

Capítulo VII “Para la protección de las cuencas hidrográficas que abastecen al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito”, Sección II, “De las Medidas de Control y Prevención para la Protección de las Fuentes de Agua.”

- Art. 11.383.3.- DESCONTAMINACIÓN DE LOS RIOS.- “La EPMAPS, ex EMAAP-Q, ejecutará el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para la descontaminación y tratamiento de descargas de agua del Municipio del

Distrito Metropolitano de Quito, descargas de origen doméstico y no doméstico. La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente (ahora Secretaría de Ambiente) velará por el cumplimiento de las disposiciones establecidas en las respectivas ordenanzas sobre descargas de agua de origen no doméstico”.

La EPMAPS, ex EMAAP-Q, velará por el cumplimiento de las disposiciones establecidas en las respectivas ordenanzas sobre descargas de agua de origen doméstico”.

- Art. 11.383.4.- PROTECCIÓN DE CUENCAS.- “La protección y rehabilitación de las fuentes y cursos de agua se fundamentarán en programas de intervención a largo plazo, que busquen la rehabilitación y preservación del ambiente, en especial de los medios bióticos y abióticos ligados a la captación, almacenamiento y transporte de agua”.
- Art. 11.383.5.- GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.- “Se impulsarán espacios de gestión de los recursos hídricos basados en la participación ciudadana, con representación pública y privada, que de manera democrática transparente y técnica, busquen optimizar su gestión”.

2.2.10 REGLAMENTO GENERAL DE APLICACIÓN DE LA LEY DE AGUAS

Capítulo XXIV, De la Contaminación,

- Art. 90.- “Para los efectos de aplicación del Art. 22 de la Ley de Aguas, se considerará como "agua contaminada" toda aquella corriente o no que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquier otra sustancia y que den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesca, recreativo y otros”.
- Art. 91.- “Para los fines de la Ley de Aguas, se considera "cambio nocivo" al que se produce por la influencia de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, por el depósito de materiales o cualquier otra acción susceptible de causar o incrementar el grado de deterioro del agua, modificando sus cualidades físicas, químicas o biológicas, y, además, por el perjuicio

causado a corto o largo plazo, a los usos mencionados en el artículo anterior”.

- Art. 92.- “Todos los usuarios, incluyendo las municipalidades, entidades industriales y otros, están obligados a realizar el análisis periódico de sus aguas efluentes, para determinar el "grado de contaminación". El Consejo Nacional de Recursos Hídricos supervisará esos análisis y, de ser necesario, comprobará sus resultados que serán dados a conocer a los interesados para los fines de ley; además fijará los límites máximos de tolerancia a la contaminación para las distintas sustancias”.

Si los análisis acusaren índices superiores a los límites determinados, el usuario causante, queda obligado a efectuar el tratamiento correspondiente, sin perjuicio de las sanciones previstas en el Art. 77 de la Ley de Aguas.

2.2.11 AGENDA AMBIENTAL

Es un instrumento de lineamientos políticos estratégicos que guiarán la gestión ambiental en el DMQ en el período 2011 - 2016, ya referida, que en la parte pertinente establece: cuidamos y manejamos sustentablemente la riqueza natural del DMQ.

Entre sus metas se encuentra la protección y manejo de las cinco principales fuentes abastecedoras de agua para el DMQ (Antisana, Pita, Papallacta, Oyacachi y San Pedro) utilizando como acción y estrategia el desarrollo e implementación del Plan Metropolitano de Manejo Integral e Integrado de Recursos Hídricos.

Se plantea un sistema de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad del agua en los ríos del DMQ, bajo estrategias y acciones como la implementación del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito, el diseño de políticas de reducción del consumo y uso eficiente del agua, y el desarrollo y consolidación de la Red Metropolitana de Monitoreo del Recurso Hídrico.

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

3.1 RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

3.1.1 INFORMACIÓN BÁSICA

La información básica con la que se contó para este estudio fue proporcionada por la Secretaría de Ambiente, y fue complementada con información adicional de otras instituciones (ver cuadro 1).

Se utilizó la siguiente información geográfica en formato shape (*.shp):

Cuadro 1. Fuentes de información

INFORMACIÓN	INSTITUCIÓN	AÑO
Cartografía Temática	FONAG	2008
Hidroeléctricas y Concesiones	FONAG	2008
Cartas Topográficas	IGM	2002
Sistema Nacional de Áreas Protegidas	MAE	2012
Bosques Protectores	MAE	2012
Bioclimático	MAE	2011
Multitemporal de Cobertura Vegetal DMQ	Secretaría de Ambiente	1986 - 2009
Formaciones Vegetales DMQ	Secretaría de Ambiente	2011
PUOS	Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda	2012
Uso del Suelo	MAGAP - SIGAGRO	2002
Uso y Cobertura Vegetal	SENPLADES	2002

INFORMACIÓN	INSTITUCIÓN	AÑO
Industrias con descargas líquidas reguladas	Secretaría de Ambiente	2007 - 2010
Colectores	EPMAPS	2011
Acuíferos, Pozos y Vertientes	EPMAPS	2011
Delimitación PFAFSTETTER - Nivel 5	SENAGUA	2011

Fuente: Secretaría de Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

3.1.2 REVISIÓN DE ESTUDIOS

Los estudios disponibles con temas relacionados a la calidad del recurso hídrico son:

3.1.2.1 Agenda Ambiental, Distrito Metropolitano de Quito 2011-2016 (MDMQ-SA, 2011)

Define las políticas de acción estratégica para la gestión ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) para el período 2011 – 2016. Permite articular la planificación ambiental de las diferentes dependencias y organismos que componen el Municipio del DMQ y la comunidad a través de sus actores. Estableciendo los lineamientos estratégicos de largo plazo con los objetivos y metas de corto y mediano plazos.

3.1.2.2 Estrategia Quiteña al Cambio Climático (MDMQ-SA, 2009)

En el documento se establecen los principios, criterios técnicos, y directrices para promover una integración de la política de adaptación y mitigación con la política de planificación y así generar una visión compartida para enfrentar al Cambio Climático. Es un documento aprobado en octubre de 2009 por el Consejo Metropolitano de Quito.

Los estudios desarrollados en el país evidencian los efectos del Cambio Climático; se ha verificado el incremento sostenido de la temperatura; el aumento en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos (sequías, inundaciones), alteración del régimen hidrológico y retroceso de glaciares, fenómenos que se han acentuado los últimos años. Se destaca que la red de estaciones meteorológicas

no cubre adecuadamente el territorio del DMQ, sin embargo se cuenta con datos importantes para la investigación.

Las áreas de intervención propuestas que tienen el mayor interés respecto al tema del monitoreo del recurso hídrico son las siguientes:

- Servicios básicos: agua potable, riego, alcantarillado, energía;
- Prevención de eventos climáticos;
- Conservación y restauración del patrimonio natural vulnerable a la variación climática; e,
- Investigación para conocer mejor la vulnerabilidad del DMQ y proponer medidas de adaptación.

Como objetivo general de la Estrategia se establece “Desarrollar políticas integrales que garanticen la implementación de medidas adecuadas, transversales y equitativas de adaptación y mitigación al Cambio Climático; generando metodologías e instrumentos de gestión apropiados para la investigación e información oportuna, en el marco de una amplia y permanente participación de los actores y decisores del Distrito Metropolitano de Quito”.

Los objetivos estratégicos que están asociados a ejes estratégicos específicos y que se relacionan directamente con los recursos hídricos son:

- Investigación y levantamiento de información (programas de investigación);
- Sistema de Información Ambiental (fortalecimiento del Sistema de Observación, Monitoreo y Seguimiento de variaciones climáticas; y generación de información que alimente una base de datos para la toma de decisiones);
- Gestión de riesgos y eventos climáticos extremos (diseño del sistema de gestión de riesgos y del sistema de alertas tempranas para eventos extremos); y,
- Fortalecimiento de capacidades institucionales (marco normativo y reglamentario; e incorporación del EQCC a la planificación).

3.1.2.3 Estudios de Factibilidad para el programa para la descontaminación de los ríos de Quito – Resumen Ejecutivo (Fichtner-Hidroestudios, 2009)

Este documento resume los resultados de los estudios para la descontaminación de los ríos de Quito. Se indican sus fases que incluyen la revisión de información, formulación de alternativas y el estudio de las alternativas. Incluye el análisis de la

calidad actual de los ríos de Quito, obtenida a partir de modelaciones utilizando QUAL2K y HEC-RAS, plantea los usos a preservarse en los tramos de los ríos e indica los resultados de las alternativas para la descontaminación de los ríos mediante colectores y plantas de tratamiento. El proyecto se pretende realizar en tres etapas empezando en el 2011 y concluyendo en el año 2018, con la recuperación de los ríos hasta el año 2040.

3.1.2.4 Evaluación de la Contaminación de Sedimentos de los Ríos Contaminados del DMQ (MLM, 2004 A)

Se presentan las mediciones de la calidad de los sedimentos de los afluentes del río Machángara, río Monjas, río San Pedro, río Pita, afluentes del río Guayllabamba y río Guayllabamba, de los años 2002 y 2003. Se analizaron los contaminantes inorgánicos, nutrientes, contaminantes orgánicos, análisis microbiológico y análisis generales, indicando sus valores y posibles causas de los niveles superiores a los límites permisibles. Incluye también los efectos negativos de los metales pesados y sus valores de fondo establecidos.

3.1.2.5 Informe del Monitoreo de Residuos de Pesticidas en los Ríos Contaminados del DMQ (MLM, 2004 B)

Se presentan las mediciones de pesticidas organoclorados y organofosforados en aguas y sedimentos en los afluentes del río Machángara, río Monjas, río San Pedro, río Pita, afluentes del río Guayllabamba y río Guayllabamba, del período 2001 - 2004. Se indican las metodologías de muestreo, los datos sobre cada pesticida, valores límites (agua potable, agua, suelos y residuos según TULSMA, FAO y EPA) y el análisis de la contaminación.

3.1.2.6 Informe del Monitoreo Ambiental de los Ríos Contaminados Del DMQ 2006 – 2007 (MLM, 2007)

En este estudio se analizan los parámetros de calidad del agua de los afluentes del río Machángara, río Monjas, río San Pedro, río Pita, afluentes del río Guayllabamba y río Guayllabamba, para los años 2006 y 2007. Se referencian en las normas de calidad del TULSMA de acuerdo a los usos y se establece el estado de contaminación de cada río.

3.1.2.7 Banco de Datos de Calidad de los Ríos de Quito 2002 - 2007 (EMAAP-Q, 2008)

Contiene un banco de datos de parámetros mensuales de la calidad del agua de los afluentes del río Machángara, río Monjas, río San Pedro, río Pita, afluentes del río Guayllabamba y río Guayllabamba para el periodo 2002 - 2007. Estos parámetros son: Temperatura, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), DQO/DBO, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Nitrógeno Amoniacal (NH₃-N), Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT), Nitrógeno en Nitratos (N-NO₃), Fosfatos Totales (P-PO₄), Detergentes (DET), Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, caudal, altitud y fecha de medición.

3.1.2.8 Programa de Monitoreo de Ríos Contaminados en el Distrito Metropolitano de Quito (García P. , 2009)

Estos documentos presentan el procedimiento para monitorear los ríos de Quito, indicando los puntos de muestreo, parámetros a ser medidos, metodología de aforo, tipos de muestra, frecuencia, conservación, transporte de las muestras, accesorios, cronograma de actividades y detalles históricos y legales del programa.

3.1.2.9 Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el Distrito Metropolitano de Quito (Cáceres & Cáceres, 2007)

El documento presenta el inventario de gases de efecto invernadero para el año 2007 en el DMQ siguiendo la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Incluye análisis comparativos con el inventario del año 2003 y con las estimaciones nacionales y del DMQ utilizando la metodología CORPAIRE. Se consideran cinco categorías de fuentes o sumideros nombrados como sectores de Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura y Desechos. Analiza principalmente emisiones de metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles no mecánicos, óxidos de nitrógeno y óxido nitroso.

3.1.2.10 Informe Anual 2010 / La Calidad del Aire en Quito. (MDMQ-SA, 2011)

El documento plantea los parámetros de calidad medidos en la ciudad de Quito con base a la Norma de Calidad del Aire ambiente ecuatoriana. El Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA) plantea escenarios de contaminación otorgando valores de 0 a 500 que muestran escalas de calidad del aire ambiente.

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) funciona desde el año 2004 hasta finales del 2010 a cargo de CORPAIRE, a partir de esa fecha se hace cargo la Secretaría de Ambiente y permite reconocer el cumplimiento de la normativa de calidad del aire, identificar problemas de salud pública asociados a la calidad del aire y generar modelos que puedan predecir eventos de contaminación.

La calidad del aire en la ciudad está en función de las condiciones meteorológicas, orientación de vientos, pluviosidad, irradiación solar, nubosidad y las emisiones puntuales o móviles. Las acciones para reducir la contaminación del aire se evidencian en la mejora de combustibles para reducir los precursores de contaminación, el control de emisiones vehiculares e industriales, o la iniciativa pico y placa que aumenta la velocidad de circulación y reducción de emisiones.

3.1.2.11 Memoria Técnica del Mapa de Cobertura Vegetal del DMQ (MDMQ-SA, 2011).

Se detalla el procedimiento para la obtención del mapa de cobertura vegetal del DQM a partir de imágenes satelitales y con el uso de sistemas de información geográfica. Incluye un marco histórico de la cartografía de Quito, la metodología utilizada, los resultados y un análisis de la cobertura especificando áreas, ecosistemas, vegetación, usos del suelo y conclusiones generales.

3.1.3 CRONOLOGÍA DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS DEL RECURSO HÍDRICO DEL DMQ

De acuerdo a diversos estudios realizados por entidades como la Secretaría de Ambiente y la EPMAPS se ha logrado determinar la existencia de una prevalencia de la contaminación del recurso hídrico en el DMQ, sin embargo no se dispone de información continua que permita un análisis más profundo.

A continuación se presenta una cronología de los principales estudios del recurso hídrico en el DMQ (ver cuadro 2):

Cuadro 2. Cronología de los estudios del recurso hídrico del DMQ

1997	El Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado de Quito plantea la construcción de interceptores de aguas residuales y construcción de plantas de tratamiento en las afueras de la ciudad. Hace referencia a la implementación de una Red de Monitoreo de los ríos receptores de descargas para justificar, diseñar y operar sistemas de descontaminación.
2001	Se inicia programa preliminar e implementación de la Red de Monitoreo de los Ríos Contaminados del DMQ.
2001	Se realizan dos muestreos barridos de los ríos contaminados del DMQ (octubre y noviembre).
2002	Se inicia el programa de monitoreo de los ríos contaminados con actualizaciones de los sitios de muestreo.
2002	Se complementa información con el estudio de los sedimentos, pesticidas y macro invertebrados.
2005	Se inician los estudios del Plan de Descontaminación de los Ríos de la ciudad de Quito del Programa de Saneamiento Ambiental (PSA) con el préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (mayo)
2006	El Laboratorio Central de Control de Calidad (LCCC) de la EMAAP-Q se encarga de los análisis de agua contaminada.
2007	Se eliminan de la red de monitoreo las Quebradas afluentes del Machángara. Punto Recreo y Colegio en Monjas. (febrero)
2007	Se cuenta con un banco depurado de 64 campañas de muestreo para el modelo de simulación de los cuerpos receptores. (agosto)

2008	Se publica la Caracterización de las descargas de Aguas Residuales de Quito (21 descargas principales). Se obtiene que la población de Quito es de aproximadamente 1 465 000 habitantes y aporta 50 g. de DBO per cápita.
2008	Se establecen siete estaciones automáticas la con colaboración de la UEPRO (Machángara - Recreo y Nayón. Guayllabamba - AJ Pisque. Chontal y Golondrinas. San Pedro - Hidroeléctrica y Guangopolo; y Monjas - Pomasqui) de las cuales 3 son operativas y 4 tiene sensores ultrasónicos. (agosto)
2008	Se asigna el Programa de Descontaminación de Ríos al Departamento de Gestión Ambiental EMAAP-Q (DGA).
2008	Se da un robo de las computadoras del LCCC por lo que no pueden hacer los análisis. (6 de noviembre)
2009	Se reinicia el programa por el DGA tomando muestras puntuales en 7 estaciones (16 de marzo)
2009	Se realizan los Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito (marzo)
2010	Se realizan los Estudios de Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable de Quito
2011	Se presentan los productos de los Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito en el que se plantean las opciones óptimas para la intercepción de aguas residuales y tratamiento en las afueras de la ciudad.
2011	La Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito incorpora dentro de su Plan Operativo Anual el diseño de la Red Metropolitana de Monitoreo Ambiental del Recurso Hídrico en cuanto a su calidad y cantidad. (septiembre)

Fuentes: (García P. , 2009), Secretaría de Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA BIÓTICA, SOCIO— ECONÓMICA, CULTURAL Y PAISAJÍSTICA DE LAS SUBCUENCAS

La caracterización física, biótica, socio-económica, cultural y paisajística de las subcuencas se presenta a continuación con el objetivo de plantear una línea base para el área de estudio. El análisis de la situación ambiental del recurso hídrico será profundizado mediante el Diagnóstico Ambiental en el numeral 3.3.

3.2.1 DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y CUENCAS DE DRENAJE

El área de estudio está constituida por la cuenca del río Guayllabamba hasta después de la junta con el río Blanco, y por tanto ocupa territorios de las provincias de Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas; el río Guayllabamba se extiende en dirección sureste – noroeste y se forma en las estribaciones del volcán Cotopaxi (5 897 msnm), volcán Sincholagua (4 873 msnm), y volcán Rumiñahui (4 712 msnm). La superficie de drenaje de estas cuencas es de 11 792 km² y representa el 5 % del territorio nacional. La información se encuentra en el Mapa 1 del Anexo.

3.2.2 DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El DMQ se localiza en la provincia de Pichincha, con un área de 4 212 km² que incluye a 33 parroquias rurales y la capital Quito. Considerando la cuenca de los ríos Guayllabamba y Blanco, el mayor porcentaje de área del DMQ se da en la cuenca del río Guayllabamba con un 86,2%. Existe un 13,8 % del área del DMQ en la cuenca del río Blanco.

Dentro de la cuenca del río Guayllabamba existe un 75,65 % de ocupación del área del DMQ en la provincia de Pichincha, seguido por un 19,71 % en la provincia de Imbabura y valores menores al 3% en las provincias de Cotopaxi, Esmeraldas y Napo.

El DMQ en la cuenca del río Blanco ocupa un 64,2% de su área en la provincia de Pichincha, un 20,4% en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y un 15,4% en la provincia de Esmeraldas.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS

La caracterización se realizó utilizando curvas de nivel cada 40 metros, a escala 1:50 000. Se utilizó la metodología Pfafstetter (UICN, SENAGUA, CAN, 2009) que permite la delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas, y el sistema de referencia mundial WGS 84 para facilitar la transferencia y manipulación de la información de unidades hidrográficas. A partir de esto, se puede obtener para cada cuenca el área de drenaje, el coeficiente de compacidad, el factor de forma, la pendiente media de la cuenca, la pendiente media del cauce, y la cota.

Las subcuencas que se encuentran a mayor altura sobre el nivel del mar son la de los ríos San Pedro y Pita sobre los 2 440 msnm. La cuenca del río Guayllabamba presenta la mayor área con 8 239 km² y la cuenca del río Blanco presenta un área de 3 553 km². La mayor pendiente de las subcuencas se presenta en el Blanco alto con 48,5%, y la menor pendiente en el Blanco Medio con 25,4%.

3.2.3.1 Variación altitudinal

El área de estudio ocupa parte de la región sierra con cotas mayores a 1 000 msnm y parte de la región Costa con cotas menores a 1 000 msnm. La cuenca del río Guayllabamba tiene alrededor del 36% de su área sobre los 3 000 msnm, mientras que la cuenca del río Blanco tiene alrededor del 67% de su área bajo los 1 000 msnm.

3.2.3.2 Pendiente

La información sobre pendientes se presenta el Mapa 2 del Anexo, en donde se demuestran las variaciones de pendientes entre 0 – 5 %, 5 – 12 %, 12 – 25%, 25 – 40%, 40 – 70 %, y > a 70% para toda el área de estudio.

3.2.4 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El área de estudio se localiza en un zona intermontañosa, donde los sistemas atmosféricos representativos son las Perturbaciones de la Cuenca Brasilera, que afecta también a la región Sierra centro – sur; la Vaguada Ecuatorial que influye en la región Sierra norte – centro; y, la Alta Presión semipermanente del Pacífico

Sur, que puede ocasionar déficit de precipitaciones en gran parte del país (Andrade, L., et al, 2010).

La variación altitudinal genera diversos pisos climáticos en el área de estudio. Estos son el mesotérmico - semihúmedo entre los 2 000 a 3 000 msnm con precipitaciones que oscilan entre los 500 a 2 000 mm/año, el semiárido temperado por los 2 100 msnm con precipitaciones entre los 500 a 600 mm/año, y el ecuatorial de alta montaña con altitudes mayores a los 3 000 msnm con precipitaciones entre los 800 a 1 600 mm/año (Coello, 2011).

La precipitación en el área de estudio se caracteriza por la ocurrencia de las estaciones de lluvia dos veces por año, presentándose una gran variabilidad de precipitaciones a nivel de subcuenca y microcuenca (Serrano, 2010)

La temperatura en la cuenca del río Guayllabamba fluctúa entre los 4 y 24°C, siendo un parámetro de gran importancia ya que interviene en la evaporación de masas de aire.

3.2.4.1 Precipitación

El régimen de precipitaciones del área de estudio se caracteriza en general por dos estaciones lluviosas en el año, y los totales anuales responden en gran medida a la variación altitudinal. En Mapa 3 del Anexo se presenta el mapa de precipitación media anual para el área de estudio. La gran variabilidad de las precipitaciones a nivel de subcuenca y microcuenca, se tomarán en cuenta en la definición de criterios para la ubicación de las estaciones hidrológicas.

3.2.4.2 Temperatura

El Mapa 4 del Anexo muestra la variación espacial de la temperatura, la cual en el área de estudio fluctúa entre 4° C y la máxima de 25° C.

3.2.4.3 Bioclima

3.2.4.3.1 Ombrotipos

En el área de estudio se clasifican los ombrotipos de acuerdo al índice ombrotérmico que mide la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales y se calcula como:

$$I_o = P_p / T_p$$

Donde Pp = Precipitación positiva anual correspondiente a los meses con temperatura media mensual superior a 0°C, Tp = Temperatura positiva anual correspondiente a la suma de los meses de temperatura media mensual superior a 0°C en décimas de grados centígrados (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Ombrotipos presentes en el Ecuador continental

OMBROTIPO	Io
Desértico	0 – 1
Semiárido inferior	1,0 – 1,5
Semiárido superior	1,5 – 2,0
Seco inferior	2,0 – 2,8
Seco superior	2,8 – 3,6
Subhúmedo inferior	3,6 – 4,8
Subhúmedo superior	4,8 – 7,0
Húmedo inferior	7,0 – 10,5
Húmedo superior	10,5 – 14,0
Hiperhúmedo inferior	14,0 – 21,0
Hiperhúmedo superior	21,0 – 28,0
Ultrahúmedo	> 28,0

Fuente: (MAE, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.2.4.3.2 Termotipos

En el área de estudio se clasifican los termotipos de acuerdo al índice de termicidad obtenido de la fórmula:

$$It = (\text{Temperaturas máximas} + \text{Temperaturas mínimas} + \text{Temperaturas medias}) * 10$$

En el cuadro 4 se muestra la clasificación de los termotipos.

Cuadro 4. Termotipos presentes en el Ecuador continental

TERMOTIPO	It	Tp
Infratropical inferior	810 – 890	>3350
Infratropical superior	730 – 810	3100 – 3350
Termotropical inferior	610 – 730	2900 – 3100
Termotropical superior	490 – 610	2700 – 2900
Mesotropical inferior	395 – 490	2400 – 2700
Mesotropical superior	320 – 395	2100 – 2400
Supratropical inferior	240 – 320	1575 – 2100
Supratropical superior	160 – 240	1050 – 1575
Orotropical inferior	105 – 160	750 – 1050
Orotropical superior	50 – 105	450 – 750
Criorotropical inferior	-	150 – 450
Criorotropical superior	-	1 – 150
Atérmico tropical	-	0

Fuente: (MAE, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.2.4.4 Heladas

Las áreas susceptibles a heladas se localizan generalmente por sobre los 3 000 msnm. Se definieron dentro del área de estudio que comprende 11 791,5 km², tres categorías (Muy probable 12,8 %, Probable 22,7%, No probable 64,5%), las cuencas donde se manifiestan las categorías Muy probable y Probable son las de los ríos Pisque, parcialmente Guayllabamba Medio, Guayllabamba Alto, San Pedro y Pita.

3.2.4.5 Influencia del Fenómeno del Niño (ENSO)

Es un fenómeno que se manifiesta periódicamente en el Ecuador a través de un incremento de las precipitaciones estacionales. Según las zonas de influencia del

fenómeno definidas por ROSSEL, F. (1997) para el área de estudio, se definen tres tipos de influencia:

- Fuerte con un 17,9 % en las subcuencas de los ríos Blanco Bajo, Blanco Medio, y parcialmente Guayllabamba Bajo
- Mediana con un 40,8% en las subcuencas de los ríos Blanco Alto, Alambi, Guayllabamba Bajo, parcialmente Guayllabamba Medio, Intag, y Quebrada de San Andrés
- No significativa con un 40,3% en las subcuencas de los ríos Pisque, parcialmente Intag, Guayllabamba Alto, San Pedro, y Pita

3.2.5 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

En el área de estudio se tienen como ríos principales, los ríos Guayllabamba y Blanco que al juntarse forman el río Esmeraldas que desemboca en el Océano Pacífico. En estos ríos se diferencian varios tipos de caudales como los anuales, naturales y actuales. Los caudales naturales no contemplan los usos del agua, retornos y trasvases, estos son considerados en los caudales actuales, que corresponden a la situación presente (Hazen and Sawyer, 2011).

El mayor caudal natural se da en la sección del río Guayllabamba después de la junta con el río Pisque con un caudal de 66,2 m³/s, y un caudal actual de 56 m³/s

El menor caudal natural se presenta en la sección del río Machángara antes de la junta con el Pita con 4 m³/s y un caudal actual de 6 m³/s.

El caudal del río Guayllabamba alto antes de la junta con el río Pisque presenta un caudal natural de 49,1 m³/s y un caudal actual de 41,2 m³/s.

Hay una tendencia general a que el caudal natural sea mayor que el caudal actual.

En el río Machángara esta tendencia no se muestra, hay un aumento del caudal actual, lo cual se presenta por el uso del recurso hídrico de otras cuencas cercanas (trasvases para agua potable) y que se evidencia en el aumento del caudal actual.

En el DMQ se encuentran inventariadas 152 vertientes distribuidas principalmente en las cuencas de los ríos Guayllabamba Alto, Guayllabamba Medio, Guayllabamba Bajo, Alambi, San Pedro y Pita.

3.2.6 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Según estudios realizados por el Departamento de Acuíferos de Quito (DAQ), el caudal total de aguas subterráneas en el DMQ estimado y definido como reserva es de 4 892 l/s. Algunos caudales subterráneos son aprovechados por la EPMAPS y usuarios privados o particulares. Existen también descargas naturales que se dirigen a quebradas y ríos, por lo que el recurso disponible estimado disminuye a 2 216 l/s. El DAQ planifica aumentar la explotación del recurso hídrico subterránea dentro de los próximos 5 años a un 17% del recurso disponible con 25 pozos y una explotación de 375 l/s.

El acuífero que ocupa el mayor porcentaje de la cuenca del Guayllabamba se encuentra en el Valle de los Chillos con un área del 3,6% (296 km²).

En el DMQ el DAQ contabiliza 45 pozos con un potencial de aprovechamiento de 620 l/s, donde 40 pozos tienen una profundidad mayor a 80 metros. La producción de agua de pozos obedece a criterios técnicos de la Dirección de Operación y Mantenimiento de EPMAPS.

3.2.6.1 Cuencas homogéneas

Las zonas hidrológicas homogéneas son áreas donde los factores que influyen en la formación de caudales son poco variables.

La definición de zonas homogéneas se dio en el contexto del Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG-MAG-ORSTOM 1982), con la ayuda de cartas topográficas, geológicas, hidrogeológicas, mapas de cobertura vegetal de los años 70 e inicios de los 80.

En el Ecuador se definieron 268 zonas homogéneas donde la más grande está representada por 74 zonas homogéneas en la cuenca del río Esmeraldas y cuencas de los ríos del norte del país (CNRH 2002, INAMHI 2001).

Los factores que se consideran para definir una Zona Hidrológica Homogénea son: Pluviometría, Tipo de aporte subterráneo, Relieve, Altitud, y Cobertura Vegetal.

Otros factores son tomados en cuenta como la heterogeneidad de la precipitación y las cuencas con estación seca definida o no definida.

Dentro de las zonas homogéneas del área de estudio, la cuenca del río Guayllabamba tiene un 45 % de estaciones representativas y un 55 % de estaciones no representativas.

La cuenca del Río Blanco tiene un 17,2 % de estaciones representativas y un 82,8% de estaciones no representativas.

3.2.7 DEMOGRAFÍA

El área de estudio comprende 4 provincias, en las cuales se han seleccionado las parroquias con una población igual o mayor a 1 000 habitantes. En el cuadro 5 se incluye el número de habitantes asentado en las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco.

Cuadro 5. Número de habitantes por provincia

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	POBLACIÓN (hab.)
ESMERALDAS	LA CONCORDIA	La Concordia	42 924
	QUININDÉ	Malimpia	17 772
		La Unión	19 924
		Rosa Zárate (Quinindé)	67 259
	Subtotal		
IMBABURA	COTACACHI	Peñaherrera	1 644
		6 de Julio de Cuellaje	1 780
		García Moreno (Llurimagua)	5 060
		Apuela	1 824
	OTAVALO	Selva Alegre	1 600
Subtotal			11 908

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	POBLACIÓN (hab.)
PICHINCHA	CAYAMBE	Otón	2 766
		Santa Rosa de Cuzubamba	4 147
		Ascázubi	5 050
		Olmedo (Pesillo)	6 772
		Cangahua	16 231
		Cayambe	50 829
	MEJÍA	El Chaupi	1 456
		Uyumbicho	4 607
		Tambillo	8 319
		Aloag	9 237
		Albasí	9 686
		Cutuglahua	16 746
		Machachi	27 623
	PEDRO MONCAYO	Tocachi	1 985
		La Esperanza	3 986
		Malchingui	4 624
		Tupigachi	6 174
		Tabacundo	16 403
	PEDRO VICENTE MALDONADO	Pedro Vicente Maldonado	12 924
	PUERTO QUITO	Puerto Quito	20 445
QUITO	Atahualpa (Habaspamba)	1 901	
	Gualea	2 025	

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	POBLACIÓN (hab.)
		Tababela	2 823
		Guangopolo	3 059
		Lloa	1 494
		Zámbiza	4 017
		Pacto	4 798
		Puéllaro	5 488
		San José De Minas	7 243
		La Merced	8 394
		Checa (Chilpa)	8 980
		Llano Chico	10 673
		Puembo	13 593
		Nayón	15 635
		El Quinche	16 056
		Guayllabamba	16 213
		Pifo	16 645
		Nono	1 732
		Yaruquí	17 854
		Pintag	17 930
		Nanegal	2 636
		Nanegalito	3 026
		Alangasí	24 251
		Pomasqui	28 910
		Amaguaña	31 106

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	POBLACIÓN (hab.)	
		Cumbayá	31 463	
		San Antonio	32 357	
		Tumbaco	49 944	
		Calacalí	3 895	
		Conocoto	82 072	
		Calderón (Carapungo)	152 242	
		Quito	1 619 146	
	RUMIÑAHUI	Cotogchoa	3 937	
		Sangolquí	81 140	
	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	San Miguel de los Bancos	13 731	
		Mindo	3 842	
	Subtotal			2 570 261
	SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	SANTO DOMINGO	Valle Hermoso	9 335
Subtotal			9 335	
ZONA NO DELIMITADA	LAS GOLONDRINAS	Las Golondrinas	5 302	
Subtotal			5 302	
Total			2 744 685	

Fuente: INEC (Censo 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

La mayor parte de la población de la provincia está concentrada en el DMQ, con 2 239 191 de habitantes; el Distrito y el cantón Rumiñahui tienen aproximadamente el 90% de la población de la provincia de Pichincha.

Pichincha muestra un rápido crecimiento urbano y una alta migración interna y es actualmente la segunda mayor provincia por población en el Ecuador.

3.2.8 SALUD

En los planes de Gobierno a nivel nacional y provincial se reconoce a la salud como un servicio social y un derecho humano fundamental. La región Sierra contaba con 20 médicos por cada 10 000 habitantes (INEC, 2007). Aunque no es una competencia exclusiva del Gobierno Provincial, los servicios de salud, se prestan gracias al convenio de concurrencia firmado con el Ministerio de Salud Pública.

3.2.9 AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

La cobertura promedio de alcantarillado es del 92,73 % en el DMQ, con coberturas del 96,2 % en el sector urbano y 76,2 % en las áreas rurales, siendo inferiores al 40% en algunas parroquias; presenta un 97,39% en cuanto a cobertura de agua potable, siendo alrededor del 98% para el área urbana y 90% para el área rural: y presenta un 0% de cobertura para tratamiento de aguas residuales. (EPMAPS, 2012)

3.2.10 POLÍTICA

Los diversos Gobiernos Provinciales procuran mejorar los servicios médicos, educativos, vialidad, turismo; se menciona la gestión ambiental a nivel cantonal en los planes de desarrollo provincial, tomando en cuenta: agua segura y seguridad alimentaria, para cumplir con los acuerdos sociales para el desarrollo. Los Gobiernos Provinciales tienen competencias exclusivas a nivel provincial, los municipios cantonales a nivel cantonal, y las juntas parroquiales a nivel parroquial.

3.2.11 ASPECTOS ECONÓMICOS

El DMQ cuenta con 101 937 establecimientos económicos que generan USD 65 650 millones con el trabajo de 547 067 empleados y USD 1 698 millones en inversiones de activos fijos (2009), según INEC, censo 2010.

Se realizan principalmente actividades de comercio como la venta al por menor de alimentos, bebidas, tabaco y prendas de vestir y sus principales servicios son los restaurantes, servicios móviles de comida y telecomunicaciones. Los que mayores ingresos generan son las industrias manufactureras.

3.2.12 PATRIMONIO CULTURAL

EL DMQ es el centro de partida hacia los principales destinos turísticos del Ecuador, Quito fue declarada por la UNESCO, Patrimonio Cultural de la humanidad siendo una de las ciudades históricas más importantes de América Latina.

Además, en varias poblaciones de Pichincha se celebran fiestas ancestrales, religiosas y paganas como la Fiesta del Maíz y el Turismo, Fiesta de la Virgen del Quinche y el homenaje al Señor de la Buena Esperanza, entre otras. La Ciudad Mitad del Mundo, que es parte del DMQ, cuenta con un museo antropológico, miradores, un planetario y el reloj de sol de 52 metros de diámetro.

En el norte de la provincia se encuentran las ruinas de Cochasquí, un sitio arqueológico perteneciente a los primeros habitantes de Quito; también cerca de San Antonio de Pichincha se encuentran las ruinas preincásicas de Rumicucho, utilizadas después por los Incas como punto estratégico de conquista.

3.2.13 PAISAJE

En el área de estudio se encuentra parte de la avenida de los volcanes. En esta ruta se encuentran hermosos volcanes como el Cotopaxi, uno de los volcanes activos más altos del mundo; y el Cayambe que es el único volcán que cruza por la línea ecuatorial. Desde los valles de la Sierra en el área de estudio se pueden admirar volcanes activos y dormidos que forman paisajes espectaculares.

Entre las zonas más importantes de interés paisajístico se encuentran los páramos de los volcanes Cotopaxi (5 897 msnm), Pichincha (4 627 msnm),

Ilinizas (5 263 msnm), Cayambe (5 790 msnm), Paschocha (4 200 msnm), Corazón (4 786 msnm), Sincholagua (4 873 msnm) y Rumiñahui (4 712 msnm).

3.2.14 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP) Y BOSQUES PROTECTORES

En el área de estudio se tiene 1 Parque Nacional, 5 Reservas, 1 Área de recreación y 1 Refugio de Vida Silvestre, que forman parte del SNAP. Se aprecia que las partes más altas de las cuencas (páramos) son las más protegidas, por constituir áreas de recarga hídrica (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

NOMBRE	TIPO	COD	SUBCUENCA	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
A.N.R. El Boliche	Área Nacional de Recreación	BLC	San Pedro	1,6	0,2
P.N. Cotopaxi	Parque Nacional	CTX	Pita	123,4	14,9
P.N. Cotopaxi	Parque Nacional	CTX	San Pedro	28,0	3,4
R.E. Antisana	Reserva Ecológica	ANT	Guayllabamba alto	0,2	0,0
R.E. Antisana	Reserva Ecológica	ANT	Pita	0,1	0,0
R.E. Cayambe Coca	Reserva Ecológica	CYC	Guayllabamba alto	105,7	12,8
R.E. Cayambe Coca	Reserva Ecológica	CYC	Pisque	160,0	19,4
R.E. Cotacachi Cayapas	Reserva Ecológica	CCY	Intag	223,2	27,0
R.E. Cotacachi Cayapas	Reserva Ecológica	CCY	Guayllabamba bajo	66,9	8,1

NOMBRE	TIPO	COD	SUBCUENCA	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
R.E. Los Ilinizas	Reserva Ecológica	ILN	San Pedro	74,7	9,0
R.G. Pululahua	Reserva Geobotánica	PLL	Alambi	0,5	0,1
R.G. Pululahua	Reserva Geobotánica	PLL	Guayllabamba medio	34,9	4,2
R.V.S. Pasochoa	Refugio de Vida Silvestre	PSC	San Pedro	6,3	0,8
TOTAL =				825,5	100,0

Fuente: Secretaría del Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

En el Mapa 5 del Anexo se encuentra la ubicación del SNAP en el área de estudio.

En el área del proyecto existen 1 023,3 km² de bosques protectores, que corresponde al 8,7% del área total del proyecto. En el Mapa 6 del Anexo se muestran los bosques protectores.

3.2.15 TEXTURA DEL SUELO

Se presenta en el Mapa 7 del Anexo, la textura del suelo del área de estudio que tienen en su mayoría suelos de tipo franco (45,56 %), franco limoso (22,57%) y franco arenoso (11,65%).

3.2.16 COBERTURA VEGETAL

El DMQ presenta en sus 424 062 ha. 17 ecosistemas con 2 330 especies de plantas vasculares de la cuales 254 son endémicas. En el cuadro 7 se muestran las áreas de cobertura del DMQ, de acuerdo al Mapa de Cobertura Vegetal – Memoria Técnica del DMQ (MDMQ-SA, 2011).

Cuadro 7. Áreas de la cobertura del DMQ

CATEGORÍA	ÁREA ha.	ÁREA %	CLASE	ÁREA ha.	ÁREA %	SUBCLASE	ÁREA ha.	ÁREA %
1. Vegetación natural	256 407	60,46	1. Bosques húmedos	124 595	29,38	1. Bosque altimontano norte- andino siempreverde	36 993	8,72
						2. Bosque bajo y arbustal altoandino paramuno	3 909	0,92
						3. Bosque altimontano norte- andino de Polylepis	141	0,03
						4. Bosque montano pluvial de los Andes del Norte	44 953	10,6
						5. Bosque siempreverde estacional montano bajo	31 277	7,38
						6. Bosque pluvial piemontano de los Andes del Norte	7 323	1,73
			2. Bosques secos	722	0,17	7. Bosque seco interandino	640	0,15
						8. Vegetación ribereña del piso montano xerofítico	82	0,02
			3. Arbustos húmedos	46 525	10,97	9. Arbustal bajo y matorral altoandino paramuno	6 208	1,46
						10. Arbustal montano de los Andes del Norte	40 317	9,51
			4. Arbustos secos	36 690	8,65	11. Arbustal seco interandino	36 690	8,65

CATEGORÍA	ÁREA ha.	ÁREA %	CLASE	ÁREA ha.	ÁREA %	SUBCLASE	ÁREA ha.	ÁREA %
			5. Herbazales húmedos	45 211	10,66	12. Vegetación geliturbada y edafoxerófila subnival paramuna	43	0,01
						13. Bofedal altoandino paramuno	257	0,06
						14. Pajonal altimontano y montano paramuno	38 689	9,12
						15. Pajonal edafoxerófilo altimontano	6 222	1,47
			6. Herbazales secos	2 665	0,63	16. Vegetación saxícola montana interandina de los Andes del Norte	548	0,13
						17. Herbazal montano	2 117	0,5
						18. Bosque secundario	15 505	3,66
2. Áreas seminaturales	50 298	11,86	7. Vegetación en regeneración natural	41 031	9,68	19. Matorral en regeneración	18 590	4,38
						20. Suro con árboles	6 124	1,44
						21. Suro con arbustos	812	0,19
						22. Eucalipto adulto	5 252	1,24
			8. Vegetación cultivada latifoliadas	7 743	1,83	23. Eucalipto joven y en regeneración	2 491	0,59
						9. Vegetación cultivada coníferas	1 524	0,36

CATEGORÍA	ÁREA ha.	ÁREA %	CLASE	ÁREA ha.	ÁREA %	SUBCLASE	ÁREA ha.	ÁREA %
3. Áreas cultivadas	87 112	20,54	10. Cultivos	36 687	8,65	25. Cultivo ciclo corto	24 845	5,86
						26. Cultivos semipermanente y permanente	10 040	2,37
						27. Suelo en preparación	1 802	0,42
			11. Pastos	50 425	11,89	28. Pasto natural	33 467	7,89
						29. Pasto cultivado	16 958	4
4. Espacios abiertos	4 757	1,12	12. Suelo desnudo de origen natural	2 547	0,6	30. Arenal	879	0,21
						31. Roca	958	0,23
						32. Glaciar	710	0,17
			13. Suelo desnudo de procesos antropogénicos	2 210	0,52	33. Área quemada	0	0
						34. Cantera	611	0,14
						35. Suelo erosionado	1 599	0,38
5. Áreas artificiales	24 732	5,83	14. Infraestructura	24 732	5,83	36. Edificaciones	23 699	5,59
						37. Aeropuerto	435	0,1
						38. Relleno sanitario	30	0,01
						39. Invernadero	568	0,13
6. Cuerpos de agua	756	0	15. Agua en cauces naturales	689	0,16	40. Río y/o quebrada	481	0,11
						41. Laguna	208	0,05
			16. Agua en cauces artificiales	67	0,02	42. Reservorio	67	0,02

Fuente: Secretaría del Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se identifican áreas de cultivos, de pastos, erosionadas, de canteras, urbanas, de invernaderos y de rellenos sanitarios. Para poder realizar el análisis de toda el área de estudio en el Diagnóstico Ambiental, esta información fue complementada con cartográfica de cobertura vegetal de 2007 (Zak, 2007), 2008 (Verduga, 2008), 2012 (PUOS, 2012), 2002 (MAGAP - SIGAGRO, 2002) y usos del suelo multitemporales (MDMQ-SA, 2009).

3.2.17 FLORA Y FAUNA

De acuerdo al Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la Composición del Plan Integral de Gestión de la Biodiversidad mediante un diagnóstico socio ambiental, bioecológico y geográfico de 16 áreas del DMQ, se ha logrado establecer una base de datos con 346 246 registros de flora, 820 de mamíferos, 846 de aves, 198 de anfibios y reptiles, y 430 de macroinvertebrados acuáticos (MDMQ-SA, 2008).

3.2.18 DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

El diagnóstico ambiental presentado en el numeral 3.3 presenta información detallada sobre la demanda del recurso hídrico en el área de estudio incluyendo abastecimiento humano, riego, industria y generación de energía hidroeléctrica.

3.2.18.1 Uso del agua para recreación y turismo

El agua en actividades recreativas puede traer beneficios para la salud, puede generar ingresos económicos a través del turismo y afecta positivamente a la calidad de vida de las personas. Al estar contaminada o ser insegura puede generar efectos adversos exponiendo al usuario a condiciones de riesgo.

En el Mapa 8 del Anexo se muestra el uso recreacional del agua en el área de estudio en términos de cascadas, fuentes termales, balnearios, zonas de pesca, deportes acuáticos y zonas turísticas. Los datos han sido recogidos de la información turística de Pichincha y del DMQ.

3.2.18.2 Caudal ecológico

El caudal ecológico se refiere al agua necesaria para preservar las condiciones biológicas de los cauces, que incluye los hábitats naturales junto con la flora y fauna, las funciones ambientales como dilución de contaminantes, la amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos y la preservación del paisaje. Para definir los caudales ecológicos también se debe conocer la ecología de las comunidades de seres vivos.

Este caudal debe ser representativo del régimen natural, cumplir con las demandas físicas de la corriente fluvial manteniendo las características paisajísticas del medio. En el TULSMA se establecen normas para la determinación del caudal ecológico y su régimen.

Las centrales hidroeléctricas existentes adoptarán como caudal ecológico al menos el 10% del caudal medio anual del río a menos que otros valores sean sustentados por metodologías de cálculo; estos valores serán aprobados por la autoridad ambiental responsable. La información para su determinación debe comprender como mínimo un año de monitoreo del cuerpo de agua. El modelo sugerido a utilizarse es el IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) tomando en cuenta aspectos como el régimen del caudal, la calidad del agua y los usos del agua.

Para el régimen de caudales ecológicos se tomará en consideración el régimen natural estacional del río y la oscilación estacional natural tomando en cuenta el clima. Este debe fluctuar de forma similar al régimen natural y se debe tomar en cuenta la existencia de avenidas entre uno y dos años adaptando el régimen a las necesidades de las especies presentes en el ecosistema.

En muchos ríos, las captaciones de agua no contemplan un manejo de caudales ecológicos, lo que causa que en las zonas bajas algunos ríos presenten caudales bajos o no tengan agua.

Según una de las propuestas de caudales ecológicos para los ríos de altura de Ecuador, tiene que respaldarse en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos que son considerados como buenos indicadores de la calidad de ambientes acuáticos, estancadas o corrientes (Fossati & Calvez, 2006). Para la parte hidrológica, es necesario disponer de series de caudales para los ríos. Una

primera aproximación se puede hacer con la interpretación de los datos que ya existen en el INAMHI o la EPMAPS.

3.2.19 FENÓMENOS NATURALES

3.2.19.1 Incendios Forestales

Los incendios forestales frecuentes en el período de disminución o ausencia de lluvias en Quito (julio – septiembre) inciden directamente en la calidad del agua, puesto que los productos de la combustión, arrastrados por los vientos o por el escurrimiento superficial, enturbian las aguas de los ríos y por supuesto afectan su calidad, limitando por consiguiente su uso. En situaciones extremas, se pueden generar problemas de contaminación severa, con afectación directa a la vida silvestre y fauna acuática.

En caso de ocupar los incendios forestales áreas extensas, la pérdida o cambio en el uso del suelo, puede alterar significativamente el ciclo del agua a nivel de cuenca o subcuenca hidrográficas.

En el área de estudio, los sectores más vulnerables constituyen los páramos, y los valles intermontañosos secos y cálidos, como Guayllabamba, Tumbaco y Los Chillos.

3.2.19.2 Movimiento en Masas

Los movimientos en masa que ocurren como resultado de derrumbes, lluvias intensas o erosión eólica o fluvial, afectan directamente a la cantidad y calidad del agua de quebradas, arroyos y ríos, por el aumento notable de la concentración de sedimentos en suspensión o de fondo, por los cambios en los cursos de los ríos y por el aumento o variación de los caudales.

Son efectos adicionales las inundaciones, la destrucción del hábitat de especies, entre otros.

3.2.19.3 Volcanes

El agua superficial de lagos, ríos y quebradas está sujeta a la amenaza de contaminación en caso de una erupción volcánica; los impactos se relacionan con la caída de ceniza que afecta las características físico – químicas del agua, que puede limitar el uso del agua para consumo humano, animal o agrícola. Los ecosistemas acuáticos igualmente estarían amenazados por el cambio de la temperatura del agua y por la disminución del oxígeno disuelto. También las afectaciones se asocian con la lluvia ácida a partir de los gases volcánicos, con la degradación de los sistemas productivos acuícolas en la economía local, y por los riesgos de crecidas y arrastre de sedimentos a partir de lahares (OPS, 2005).

El área de estudio está amenazada por la influencia de volcanes potencialmente activos como el Imbabura, Cayambe, Pululahua, Guagua Pichincha, Atacazo, Antisana, Iliniza Sur y Cotopaxi. (Instituto Geofísico EPN, 2010).

3.3 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL ORIENTADO AL RECURSO HÍDRICO PARA LAS SUBCUENCAS

3.3.1 SUBCUENCA DEL RÍO PITA

La subcuenca hidrográfica del río Pita se localiza en la región sierra del Ecuador, al sur - este de la provincia de Pichincha. Posee una forma alargada con orientación sur - norte, y limita por el norte con la subcuenca del río Guayllabamba Alto y por el oeste con la subcuenca del río San Pedro. Abarca un área total de 593,59 km², que representa el 5,03% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 5 cantones (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Cantones en la subcuenca del río Pita

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Latacunga	5,17	0,87
Archidona	3,48	0,59
Quito	309,69	52,17
Mejía	244,48	41,19

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Rumiñahui	30,78	5,18
Total	593,59	100,00

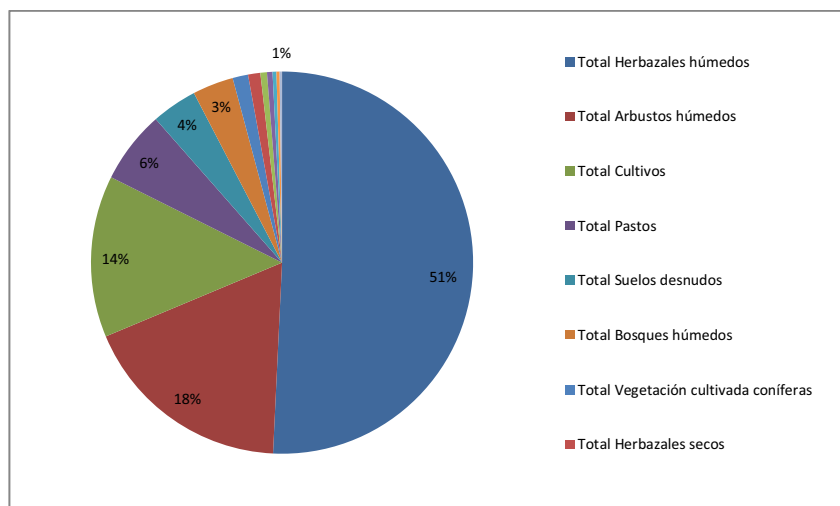
Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.1.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 52% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y presenta la siguiente cobertura vegetal en el DMQ. Se muestra en la figura 1.

Figura 1. Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Pita



Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El porcentaje restante del área de la subcuenca (48%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta en su mayoría cobertura de páramo (68%), eriales (14%), nieve y hielo (7%), pastos (5%) y vegetación arbórea y arbustiva (4%).

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 13% (75,98 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Pita se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Pita

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	87,16	26,45
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	2,36	0,72
Total Conservación de vegetación paramuna	218,38	66,28
Total Incremento de la mancha urbana 2009	1,45	0,44
Total Mancha urbana 1986	0,02	0,01
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	9,91	3,01
Total Pérdida de vegetación paramuna	10,21	3,10
Total general	329,50	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

De esta manera se establece que el área de esta subcuenca está conformada en su mayor parte por páramos con vegetación densa y buena conservación, en donde existe cierta incidencia negativa del posible aporte orgánico de los pastos y pesticidas de los cultivos.

3.3.1.2 Demografía

En esta subcuenca no existen poblaciones con más de 1 000 habitantes. Parroquias como Pintag y Machachi forman parte de esta cuenca pero las zonas con mayor densidad poblacional y poblaciones importantes de estas parroquias se encuentran fuera de la subcuenca.

3.3.1.3 Riesgos Naturales

Esta subcuenca está sujeta a amenaza volcánica del volcán Cotopaxi y es susceptible a la formación de lahares a través del río Pita en caso de una erupción; está también localizada en una zona susceptible a sismos y a la caída de ceniza en caso de la erupción del volcán Antisana.

3.3.1.4 Bioclima

Presenta principalmente los ombrotipos ultrahúmedo (37%), hiperhúmedo superior (29%) e hiperhúmedo inferior (21%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos orotropical inferior (46%), supratropical superior (25%) y orotropical superior (12%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.1.5 Servicios

Si los cantones colindan con poblados de importancia, los servicios públicos son de mejor calidad. En el cuadro 10 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 10. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Pita

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Latacunga	70,41	2,75	24,5
Archidona	55,89	8,98	26,74
Quito	96,03	0,67	2,64
Mejía	69,37	3,52	25,24
Rumiñahui	93,81	1,09	4,6

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se observa que predomina la procedencia del agua de la red pública de abastecimiento.

3.3.1.6 Actividades económicas

En el sector económico primario se tiene gran parte de la población ocupada en agricultura, ganadería, caza, silvicultura; otro sector importante es la explotación de minas y canteras.

En el sector económico secundario sobresale la industria manufacturera y la construcción.

Algunos cantones como Rumiñahui han pasado de ser proveedores de productos agrícolas a comerciales, y de crecimiento urbanístico con progresiva demanda de servicios básicos (ver cuadro 11).

Cuadro 11. Actividades económicas en los cantones de la subcuenca del río Pita

CANTÓN	ACTIVIDAD %			
	MANUFACTURA	COMERCIO	SERVICIOS	OTROS (AGRICULTURA, MINAS, ORGANIZACIONES Y ÓRGANOS EXTRATERRITORIALES)
Latacunga	13,77	49,94	36,15	0,14
Archidona	9,71	49,61	40,68	0,00
Quito	10,46	49,31	40,06	0,17
Mejía	10,60	57,42	31,87	0,12
Rumiñahui	11,97	46,82	41,19	0,02

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.1.7 Proyectos hidroeléctricos

Las centrales hidroeléctricas de importancia en la subcuenca son las siguientes (ver cuadro 12):

Cuadro 12. Centrales Hidroeléctricas en la subcuenca del río Pita

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
Recuperadora	Centrales Autoproductoras	Tributario - Río Pita	14,5	s/d	3 102
El Carmen	Centrales de las Empresas Generadoras	Tributario - Río Pita	8,2	s/d	3 240

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
Rumipamba	Potencia Instalable entre 0 y 1 MW	Río Pita	0,3	1,96	3 080

Fuente: Cartografía FONAG 2008, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.1.8 Usos del agua

De acuerdo al estudio de Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Hoya de Quito (De Bievre & Coello, 2008) se presentaron los siguientes resultados (ver cuadro 13):

Cuadro 13. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Pita

CAUDAL MEDIO NATURAL (m ³ /s)	AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)		INDUSTRIAS (m ³ /s)		HIDROELECTRICIDAD (m ³ /s)		CAUDAL MEDIO 2008 (m ³ /s)
	C	R	T	C	R	C	R	C	R	
12,5	2,8	0,2	0,44	5,34	0,31	0	0	2,1	2,1	8,3
C = captaciones; R = retorno; T = trasvase										

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.1.9 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El río Pita no ha sido analizado a profundidad en estudios anteriores, pero en general muestra una calidad buena en su parte alta por estar rodeado de páramos sin poblaciones de importancia. En su parte baja los cultivos aumentan y se ha encontrado contaminación por pesticidas cerca de su unión con el río San Pedro. También se ha encontrado contaminación por coliformes totales y fecales en los sectores con predominio de pastos. Actualmente tiene mayormente un uso recreativo por las cascadas, paisajes y balnearios naturales.

3.3.2 SUBCUENCA DEL RÍO SAN PEDRO

La subcuenca hidrográfica del río San Pedro se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, al sur de la provincia de Pichincha. Posee una forma alargada

con orientación suroeste - noreste. Limita por el norte con la subcuenca del río Guayllabamba Alto y por el este con la subcuenca del río Pita, comprende un área total de aproximadamente 750,77 km², que constituye el 6,37% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo la subcuenca se localiza en 5 cantones (ver cuadro 14).

Cuadro 14. Cantones de la subcuenca del río San Pedro

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Latacunga	8,12	1,08
Sigchos	0,003	0,0004
Quito	97,04	12,93
Mejía	548,07	73,00
Rumiñahui	97,53	12,99
Total	750,77	100,00

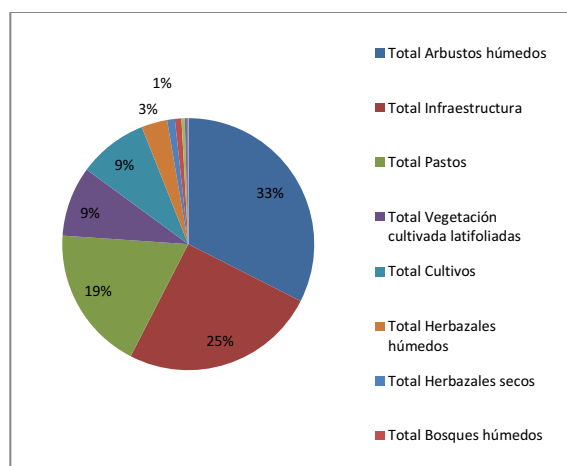
Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.2.1 Cobertura Vegetal

Alrededor del 13% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y presenta la siguiente cobertura vegetal según el mapa de cobertura vegetal del DMQ (ver figura 2).

Figura 2. Cobertura vegetal de la subcuenca del río San Pedro



Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El porcentaje restante del área de la subcuenca (87%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), corresponde en su mayoría cobertura de pastos (40%), cultivos (20%), páramo (19%), vegetación arbórea y arbustiva (17%) y área urbana (3%).

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 56% (419,2 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río San Pedro se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río San Pedro

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	50,84	57,65
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	3,44	3,90
Total Conservación de vegetación paramuna	3,10	3,52
Total Incremento de la mancha urbana 2009	21,61	24,50
Total Mancha urbana 1986	0,14	0,15
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	8,95	10,15
Total Pérdida de vegetación paramuna	0,12	0,13
Total general	88,19	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

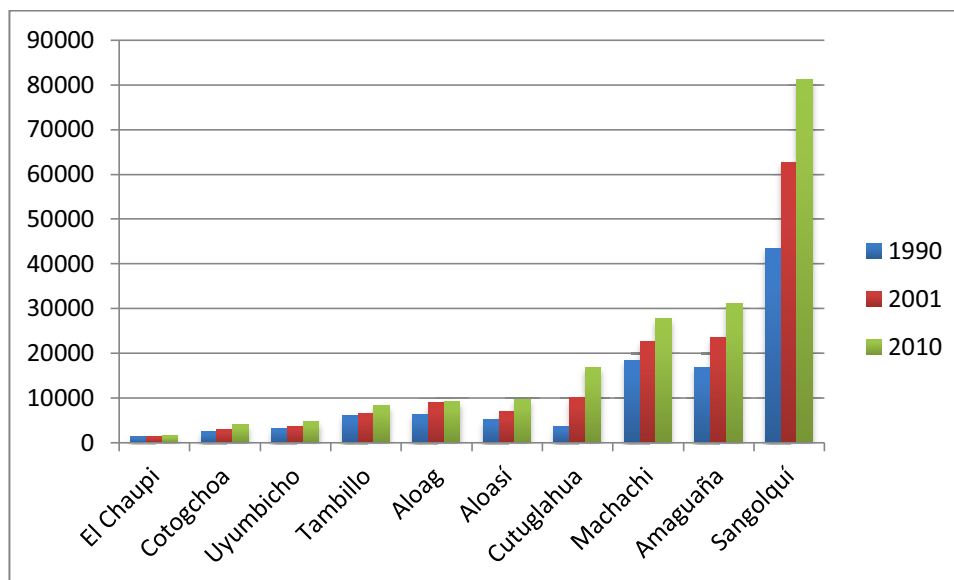
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

De esta manera se establece que el área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por pastos, cultivos, páramo con vegetación y áreas urbanas importantes que han tenido un alto crecimiento a través del tiempo. De aquí nacen problemáticas como la aportación de materia orgánica, pesticidas y aguas residuales a los recursos hídricos.

3.3.2.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca, obtenida de los censos de los años 1990, 2001 y 2010, en base a información del INEC (ver figura 3).

Figura 3. Poblaciones de las parroquias de la subcuenca del río San Pedro



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 193 857 habitantes.

3.3.2.3 Riesgos naturales

Esta subcuenca tiene una menor amenaza de lahares en caso de una erupción del volcán Cotopaxi, sin embargo se localiza en una zona con alta susceptibilidad a sismos y alto riesgo de caída de ceniza en caso de la erupción de los volcanes Cotopaxi o Antisana.

3.3.2.4 Bioclima

Presenta principalmente los ombrotipos húmedo inferior (58%), húmedo superior (20%) e hiperhúmedo inferior (13%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos mesotropical

superior (28%), supratropical inferior (27%) y supratropical superior (19%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.2.5 Servicios

Para el área de esta cuenca ubicada dentro del DMQ, la cobertura de la red de agua potable asciende a un 91%, en agua potable por tubería dentro de casa, 78 % y la cobertura de la red de alcantarillado asciende a un 83,4%. (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2001). En el cuadro 16 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 16. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río San Pedro

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Latacunga	70,41	2,75	24,5
Sigchos	38,76	7,3	50,47
Quito	96,03	0,67	2,64
Mejía	69,37	3,52	25,24
Rumiñahui	93,81	1,09	4,6

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

La tabla muestra que en el Cantón Sigchos de provincia de Cotopaxi, la principal procedencia del agua es por ríos vertientes acequias o canales mostrándose una necesidad de cobertura de la red pública de agua potable.

3.3.2.6 Actividades económicas

Se presentan los tres sectores económicos, un sector primario con agricultura, caza, ganadería, silvicultura; un sector secundario, con industrias manufactureras; y, un sector terciario con predominancia de comercio al por mayor y menor.

3.3.2.7 Proyectos hidroeléctricos

Las centrales hidroeléctricas ubicadas en la subcuenca del río San Pedro se incluyen el cuadro 17.

Cuadro 17. Centrales hidroeléctricas en la subcuenca del río San Pedro

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
San Pedro	Potencia Instalable entre 1y 10 MW	Río San Pedro	9,5	7,00	2 760
Pasochoa	Centrales de las Empresas Distribuidoras	Tributario - Río San Pedro	4,5	s/d	3 253
La Calera	Centrales Autoproductoras	Río San Pedro	2,8	s/d	2 829
Los Chillos	Centrales de las Empresas Distribuidoras	Tributario - Río San Pedro	1,8	s/d	2 640
Sillunchi	Centrales Autoproductoras	Tributario - Río San Pedro	0,4	s/d	2 935
El Chaupi	Potencia Instalable entre 0y 1 MW	Tributario - Río San Pedro	0,1	0,35	3 320

Fuente: Cartografía FONAG 2008, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.2.8 Usos del agua

De acuerdo al estudio de Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Hoya de Quito, se presentaron los siguientes resultados, en relación al uso del agua (ver cuadro 18).

Cuadro 18. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río San Pedro

CAUDAL MEDIO NATURAL (m ³ /s)	AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)		INDUSTRIAS (m ³ /s)		HIDROELECTRICIDAD (m ³ /s)		CAUDAL MEDIO 2008 (m ³ /s)
	C	R	T	C	R	C	R	C	R	
14,3	1,02	0,82	0	13,83	8,21	1,54	1,23	22,76	8,62	10,2
C = captaciones; R = retorno; T = trasvase										

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.2.9 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El río San Pedro presenta una contaminación severa pero menor que la de los ríos Monjas o Machángara, debido principalmente a la descarga de aguas residuales de las poblaciones ribereñas. Además en su trayecto se ha encontrado contaminación por pesticidas debido a la agricultura, y contaminación por coliformes totales y fecales debido a la ganadería. Cerca de su unión con el río Pita se detectaron metales pesados, probablemente debido a la ubicación de algunas industrias.

3.3.3 SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA ALTO

La subcuenca hidrográfica del río Guayllabamba alto se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, al centro - este de la provincia de Pichincha, posee una forma redondeada. La subcuenca limita por el norte con las subcuencas de los ríos Guayllabamba Medio y Pisque, y por el oeste con la subcuenca del río Blanco alto. Tiene un área total de aproximadamente 1 358,90 km², que representa el 11,52% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 6 cantones, que se indican en el cuadro 19.

Cuadro 19. Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba alto

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
El Chaco	0,79	0,06

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Quijos	2,17	0,16
Quito	1315,64	96,82
Cayambe	39,63	2,92
Mejía	0,47	0,03
Rumiñahui	0,20	0,01
Total	1358,90	100,00

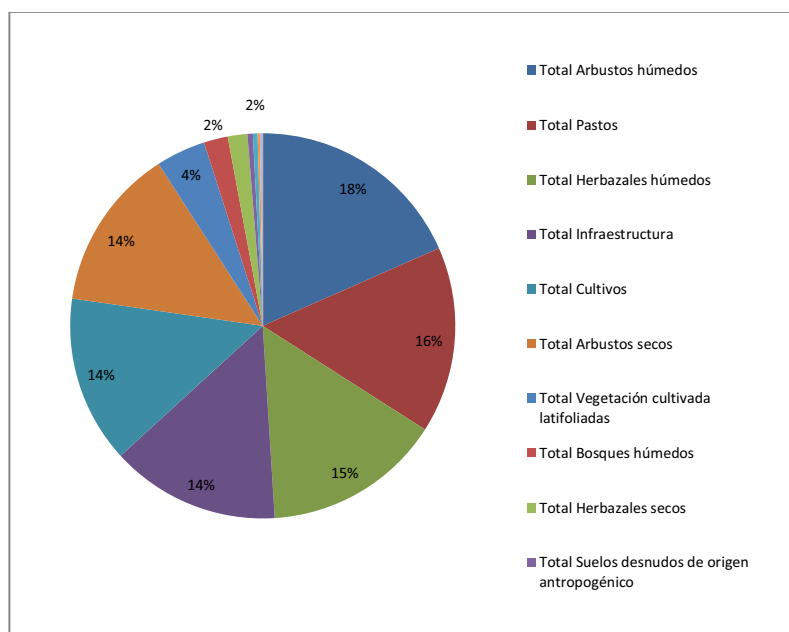
Fuente: IGM, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.3.1 Cobertura Vegetal

Alrededor del 97% del área de esta subcuenca está ocupada por el DMQ, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba alto



Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El porcentaje restante del área de la subcuenca (3%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta en su mayoría

cobertura de páramo (39%), cultivos (27%), vegetación arbórea y arbustiva (26%) y pastos (7%).

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 30% (409,3 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura de la subcuenca del río Guayllabamba alto se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba alto

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	743,75	58,22
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	26,34	2,06
Total Conservación de vegetación paramuna	252,46	19,76
Total Incremento de la mancha urbana 2009	123,65	9,68
Total Mancha urbana 1986	53,39	4,18
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	49,82	3,90
Total Pérdida de vegetación paramuna	27,99	2,19
Total general	1277,40	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por arbustos y herbazales húmedos que se encuentran en zonas de páramos. También está cubierta en gran parte por pastos, cultivos y las áreas urbanas más importantes en el área de estudio. De aquí nacen problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas principalmente en el lado oriental de la subcuenca, y el aporte de aguas residuales de la ciudad de Quito a los recursos hídricos.

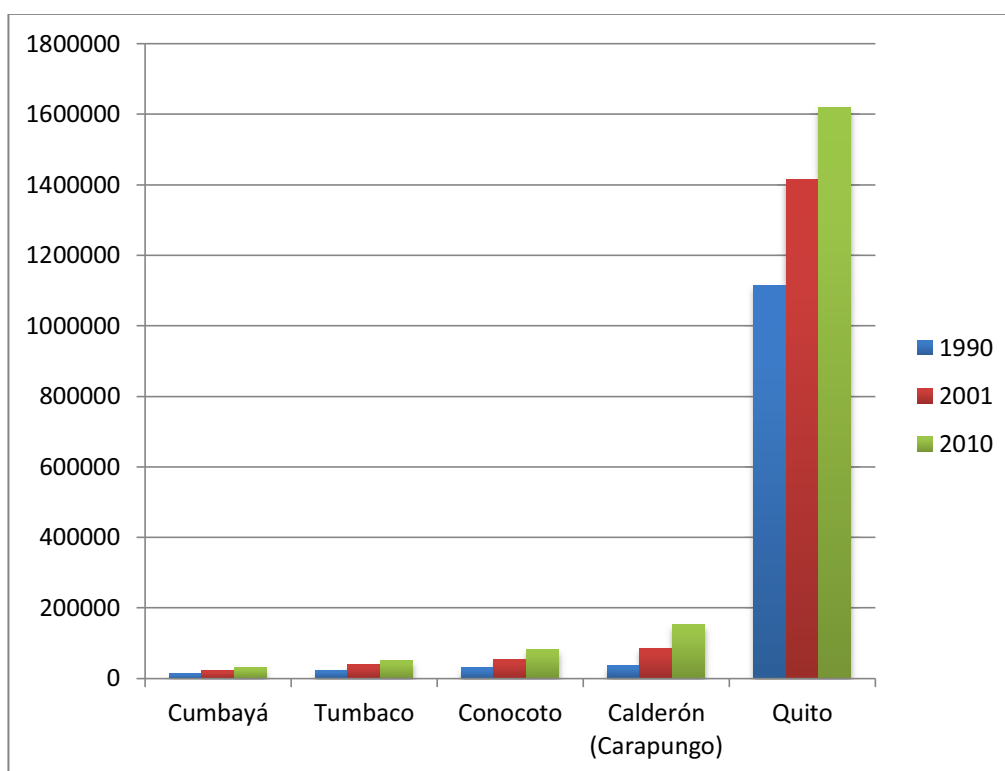
3.3.3.2 Demografía

La subcuenca alta del río Guayllabamba es una de las más pobladas del Ecuador.

El nuevo aeropuerto internacional de Quito, ubicado a 13 km de la ciudad de Quito, tendrá una influencia socio económica directa en las parroquias suburbanas de Tababela, Puembo y Yaruquí, y una influencia indirecta las parroquias suburbanas de Guayllabamba, el Quinche, Checa, Pifo, Tumbaco y Cumbayá.

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 5 y 6). Para esto se han separado en 2 cuadros las 5 mayores poblaciones del resto de poblaciones, llamadas poblaciones menores, tomando en cuenta las poblaciones de parroquias de más de 1 000 habitantes dentro de la cuenca.

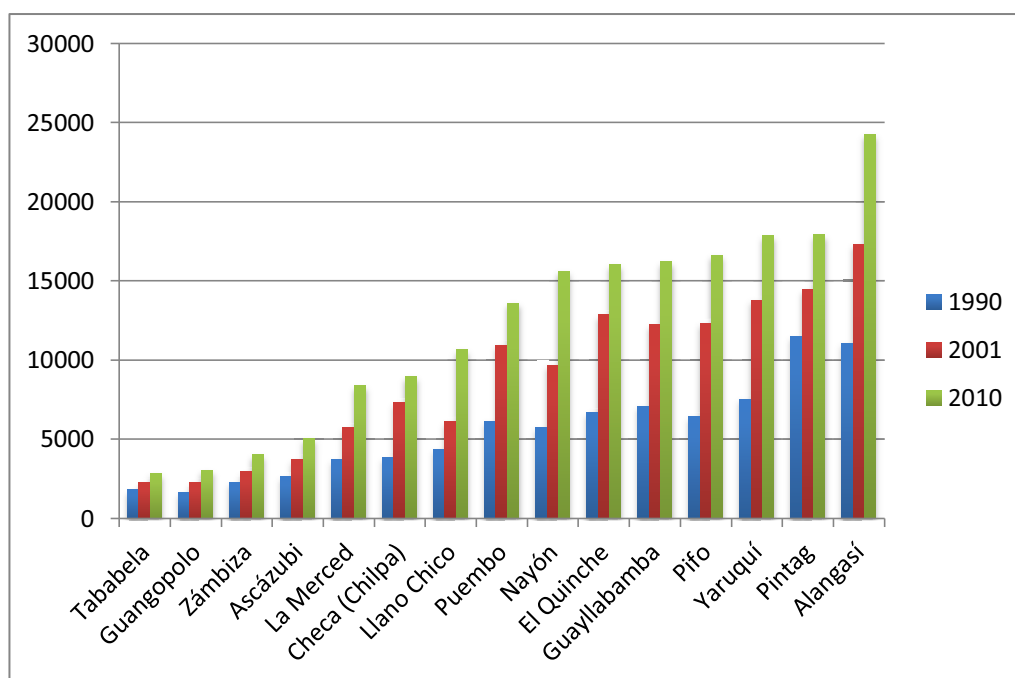
Figura 5. Mayores poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba alto



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Figura 6. Poblaciones menores a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba alto

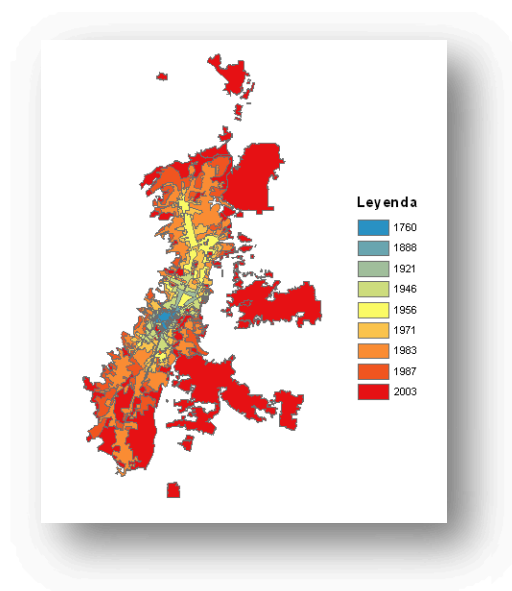


Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

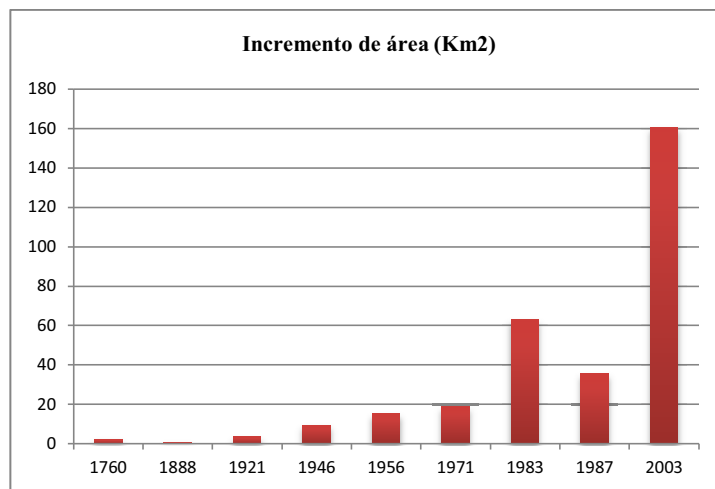
El incremento urbano de la ciudad de Quito desde el año 1760 hasta el año 2003 se presenta en la figura 7 y el cuadro 21.

Figura 7. Crecimiento urbanístico de la ciudad de Quito (1760-2003)



Fuente: Secretaría de Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Cuadro 21. Incremento del área urbana de la ciudad de Quito (1760-2003)

Fuente: Secretaría de Ambiente, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 2 116 040 de habitantes.

3.3.3.3 Actividades económicas

En orden de importancia se tienen a la ganadería, agricultura, piscicultura y ecoturismo, entre otras actividades pueden mencionarse la agroindustria y generación de hidroelectricidad.

3.3.3.4 Riesgos naturales

Presenta mayor peligro de lahares a través del río Guayllabamba en caso de la erupción del volcán Cotopaxi y zonas con un mayor peligro de caída de ceniza en caso de la erupción de los volcanes Pichincha o Antisana. También está ubicada en una zona de alto predominio de sismos.

3.3.3.5 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos húmedo inferior (22%), subhúmedo superior (19%) e hiperhúmedo inferior (13%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos mesotropical inferior (48%), mesotropical superior

(14%) y orotropical inferior (14%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.3.6 Servicios

En el cuadro 22 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 22. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba alto

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
El Chaco	79,94	0,65	16,87
Quijos	65,96	0,94	31,73
Quito	96,03	0,67	2,64
Cayambe	73,8	1,19	23,36
Mejía	69,37	3,52	25,24
Rumiñahui	93,81	1,09	4,6

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

La tabla muestra a los cantones El Chaco, Quijos, Cayambe y Mejía con un alto porcentaje de agua recibida por ríos vertientes acequias o canales, y en los cantones Quito y Rumiñahui una disminución notable de procedencia de agua de ríos vertientes acequias o canales.

3.3.3.7 Proyectos hidroeléctricos

En el caso de las hidroeléctricas ubicadas en la subcuenca se presentan los siguientes casos (cuadro 23):

Cuadro 23. Hidroeléctricas en la subcuenca del río Guayllabamba alto

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m³/s)	COTA (msnm)
San Pedro II	Potencia Instalable entre 10 y 100 MW	Río Guayllabamba Alto	82,2	35,60	2 239
Cumbayá	Centrales de las E Distribuidoras	Río Guayllabamba Alto	40,0	s/d	2 120
Calderón 1	Potencia Instalable entre 10 y 100 MW	Río Guayllabamba Alto	34,3	18,00	2 080
Nayón	Centrales de las E Distribuidoras	Río Machángara	29,7	s/d	2 360
Guangopolo	Centrales de las E Distribuidoras	Río Guayllabamba Alto	20,9	s/d	2 440
Guápulo	Con permiso de concesión	Río Machángara	3,0	s/d	2 600
Zámbiza	Con permiso de concesión	Tributario - Río Guayllabamba Alto	1,0	s/d	2 704

Fuente: Cartografía FONAG 2008, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.3.8 Usos del agua

De acuerdo al estudio de Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Hoya de Quito se presentaron los siguientes resultados del uso del agua en esta

subcuenca: para consumo humano, riego, industrias y producción eléctrica (ver cuadro 24).

Cuadro 24. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Guayllabamba alto

CAUDAL MEDIO NATURAL (m ³ /s)	AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)		INDUSTRIAS (m ³ /s)		HIDROELECTRICIDAD (m ³ /s)		CAUDAL MEDIO 2008 (m ³ /s)
	C	R	T	C	R	C	R	C	R	
22,3	0,1	2,59	0	13,81	4,69	0,15	0,12	0	14,14	22,7
C = captaciones; R = retorno; T = trasvase										

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.3.9 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El río Guayllabamba alto presenta una contaminación severa proveniente especialmente de la ciudad de Quito. Este río recibe las aguas contaminadas de los ríos Machángara y San Pedro que presentan una contaminación típica de aguas residuales. En su parte baja recibe aportes de los ríos Chiche, Guambi, Uravía y Coyago los cuales provienen de zonas de agricultura y ganadería intensiva. Estos ríos recogen contaminación de diversos tipos de pesticidas, contaminación orgánica y aguas residuales de sus poblaciones superiores. El río Machángara además sirve de vertedero para la mayoría de industrias manufactureras de la ciudad de Quito, por lo que se han encontrado valores sobre los límites permisibles de metales pesados, nutrientes, coliformes e hidrocarburos totales en sus aguas.

3.3.3.10 Microcuenca del río Machángara

Inicia a los 2 180 msnm. y está nutrido por varias quebradas del sur de Quito. Este río es el principal receptor de las descargas de aguas residuales del sur y centro de la ciudad de Quito recibiendo el 70% de las aguas servidas de la ciudad de Quito, y tiene un alto grado de contaminación hídrica. (Quito Capital Americana de la Cultura, 2011)

3.3.3.10.1 Usos del agua

Esta microcuenca se ve afectada por las descargas directas de aguas servidas e industriales del DMQ. Se presenta la oferta y demanda del recurso hídrico en esta microcuenca en el cuadro 25.

Cuadro 25. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Machángara

AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)	
C	R	T	C	R
1,08	2,66	2,25	0,98	0,17
C = captaciones; R = retorno; T = trasvase				

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.3.10.2 Problemas ambientales

El río Machángara es el receptor de las aguas residuales de la ciudad de Quito por lo que presenta la contaminación más severa del área de estudio junto con el río Monjas. Su caudal actual es superior a su caudal natural debido a que recibe aguas contaminadas obtenidas a partir de trasvases para agua potable.

3.3.3.11 Microcuenca del río Chiche

Los afluentes del río Chiche cruzan poblaciones por lo que sus aguas son contaminadas con aguas servidas y residuales de fábricas y agroindustrias que llegan por el sistema de alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento, no hay un estudio de contaminación por lixiviados aunque se tiene el relleno sanitario Inga al nororiente de la subcuenca entre Pifo y Pintag y cuyo drenaje superficial lo constituye el río Inga.

3.3.3.11.1 Deforestación

El uso más común del suelo en la microcuenca es para la agricultura y la ganadería a partir de los 2 800 a 4 000 metros de altura, hay un bajo nivel de

cobertura vegetal en la microcuenca, hay una creciente presión de la frontera agrícola en las zonas de páramo.

3.3.3.11.2 Erosión y deslizamientos

Hay zonas con alto riesgo de deslizamiento, algunas zonas presentan un 50% de pendiente, quebradas encañonadas del río Chiche, y el cerro Ilaló.

3.3.3.11.3 Inequidad en la distribución del agua

Los problemas por una falta de gestión institucional del agua, llevan a que grupos indígenas y campesinos reciban un 13% del caudal para actividades agrícolas, el 86% de usuarios del agua para riego tienen 22% del área regada, mientras que los particulares que representan 1% de las unidades productivas reciben el 67% del caudal (SENAGUA, 2009).

3.3.3.11.4 Problemas ambientales

El río Chiche presenta cierta contaminación en su parte baja por pesticidas debido a que se encuentra cerca de áreas agrícolas y además recoge aguas residuales de poblaciones grandes como Tumbaco.

3.3.3.12 Microcuenca del río Guambi

3.3.3.12.1 Suelos

Presenta en la parte alta de la microcuenca suelos no aptos para usos antrópicos por sus altas pendientes y consecuentes procesos de erosión; en la parte media, suelos que se destinan a la agricultura (cultivos de ciclo corto) y ganadería; la parte baja de la microcuenca tiene capacidad de soporte para obras civiles, agricultura y ganadería, pero se encuentra altamente urbanizada.

3.3.3.12.2 Servicios

Los habitantes de la microcuenca cuentan con servicios básicos 16% de cobertura de alcantarillado en Tababela, 63% en Pifo y 86% en Puembo. La cobertura de agua potable es del 75% en Tababela, 80% en Pifo y un porcentaje no definido en Puembo. (De La Torre, 2002)

3.3.3.12.3 Problemas ambientales

Se tiene como problema ambiental al inadecuado ordenamiento territorial, donde se planea hacer el aeropuerto de Quito existe una creciente urbanización, floricultura y consecuente contaminación del agua y del suelo.

3.3.3.13 Microcuenca del río Uravía

3.3.3.13.1 Servicios

Las cabeceras parroquiales cuentan con servicios básicos como agua potable (60% de cobertura en Yaruquí y 80% en Checa), alcantarillado (66% para Checa y 40% para Yaruquí), energía eléctrica, telefonía, recolección de basura.

3.3.3.13.2 Actividades económicas

La mayoría de la población de la microcuenca se dedica a actividades agropecuarias (cultivo de vegetales, y floricultura para la exportación donde Checa presenta un mayor asentamiento industrial).

3.3.3.13.3 Problemas ambientales

En la microcuenca media del río Uravía se presentan tomas de agua de riego, y por las actividades agropecuarias se presenta contaminación química en la microcuenca baja del río. Se presenta contaminación química notoriamente en su afluente principal (Quebrada Lalagachi).

3.3.4 SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA MEDIO

La subcuenca hidrográfica del río Guayllabamba medio se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el centro-norte de la provincia de Pichincha. Limita por el norte con la subcuenca del río Intag, por el este con la subcuenca del río Pisque, por el oeste con la subcuenca del río Alambi, por el noroeste con la subcuenca de la Quebrada San Andrés y por el sur con la subcuenca del río Guayllabamba alto. Abarca un área total de aproximadamente 878,24 km² que representa el 7,45% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 3 cantones (ver cuadro 26).

Cuadro 26. Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba medio

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Otavalo	22,26	2,53
Quito	807,13	91,90
Pedro Moncayo	48,85	5,56
Total	878,24	100,00

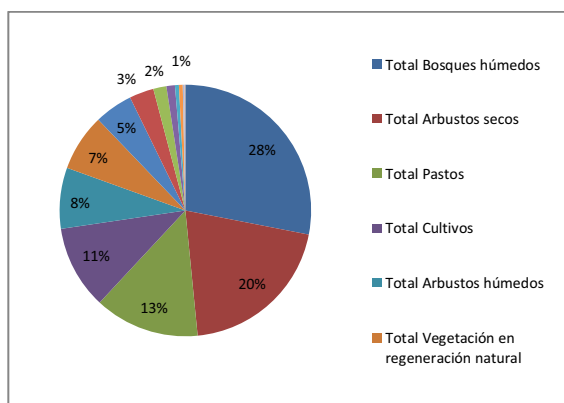
Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.4.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 92% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y presenta la siguiente cobertura vegetal obtenida del mapa de cobertura vegetal del DMQ (ver figura 8).

Figura 8. Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba medio



Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El porcentaje restante del área de la subcuenca (8%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta en su mayoría cobertura de vegetación arbórea y arbustiva (30%), pastos (24%), páramo (17%) y cultivos (14%).

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 25% (219,56 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba medio se muestra en el cuadro 27.

Cuadro 27. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba medio

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	472,35	58,03
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	199,84	24,55
Total Conservación de vegetación paramuna	29,90	3,67
Total Incremento de la mancha urbana 2009	25,86	3,18
Total Mancha urbana 1986	16,92	2,08
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	67,44	8,28
Total Pérdida de vegetación paramuna	1,72	0,21
Total general	814,04	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

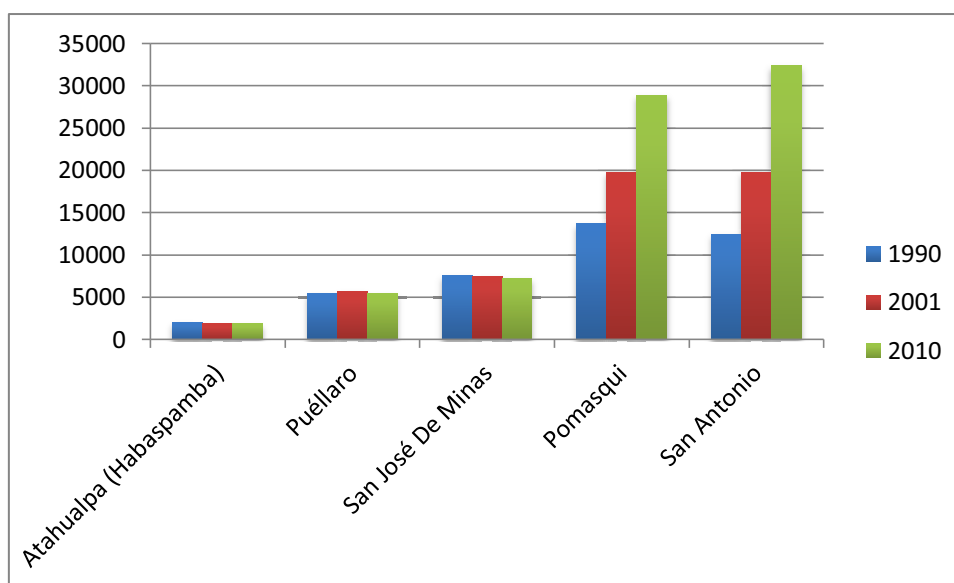
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por bosques húmedos que en cierta parte se encuentran dentro de bosques protectores de buena conservación. También está cubierta en gran parte por arbustos secos de zonas más secas y bajas, pastos y cultivos. De aquí nacen problemas como la aportación de materia orgánica y pesticidas, y el aporte de aguas residuales del norte de la ciudad de Quito a los recursos hídricos.

3.3.4.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 9).

Figura 9. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba medio



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 75 899 habitantes.

3.3.4.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre el occidente del área de esta subcuenca pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos.

Presenta zonas de mayor peligro volcánico, mayor peligro de lahares en el río Guayllabamba y zonas de mayor peligro de caída de ceniza en caso de una erupción del volcán Pululahua. También está ubicada en una zona de alto predominio de sismos.

3.3.4.4 Bioclima

Presenta principalmente los ombrotipos subhúmedo superior (29%), húmedo inferior (26%) y subhúmedo inferior (17%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a

las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos mesotropical inferior (49%), termotropical superior (22%) y mesotropical superior (13%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.4.5 Servicios

En el cuadro 28 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 28. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba medio

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Otavalo	72,39	2,72	22,62
Quito	96,03	0,67	2,64
Pedro Moncayo	79,89	3,22	14,79

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El cantón Otavalo y Pedro Moncayo mantienen una representativa procedencia del agua por ríos vertientes, acequias y canales, manteniendo una mayor procedencia de agua de la red pública.

3.3.4.6 Proyectos hidroeléctricos

En el caso de las hidroeléctricas ubicadas en la subcuenca se presentan los siguientes casos (ver cuadro 29):

Cuadro 29. Hidroeléctricas en la subcuenca del río Guayllabamba medio

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
Villadora	Potencia Instalable mayor a 100 MW	Río Guayllabamba Medio	270,0	165,00	1 349

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
Chespi	Potencia Instalable mayor a 100 MW	Río Guayllabamba Medio	167,0	70,00	1 533
Calderón 2	Potencia Instalable mayor a 100 MW	Río Guayllabamba Medio	147,0	65,00	1 840
Cubi	Potencia Instalable entre 10 y 100 MW	Río Guayllabamba Medio	63,0	65,00	1 800
SJ Minas	Con permiso de concesión	Tributario - Río Guayllabamba Medio	8,0	s/d	1 720
Vindobona	Centrales Autoproductoras	Río Monjas	2,8	s/d	2 426
Noroccidente	Centrales Autoproductoras	Tributario - Río Guayllabamba Medio	0,1	s/d	1 760
Pataqui	Potencia Instalable entre 0 y 1 MW	Tributario - Río Guayllabamba Medio	0,1	0,28	2 160

Fuente: Cartografía FONAG 2008, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.4.7 Usos del agua

De acuerdo al estudio de Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Hoya de Quito se presentan los siguientes resultados de acuerdo al uso del agua en esta subcuenca: para consumo humano, riego, industrias y producción eléctrica (ver cuadro 30).

Cuadro 30. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Guayllabamba medio

CAUDAL MEDIO NATURAL (m ³ /s)	AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)		INDUSTRIAS (m ³ /s)		HIDROELECTRICIDAD (m ³ /s)		CAUDAL MEDIO 2008 (m ³ /s)
	C	R	T	C	R	C	R	C	R	
11	0,08	1,94	2,35	4,44	4,08	0,97	0,78	2,37	2,37	11
C = captaciones; R = retorno; T = trasvase										

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.4.8 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El río Guayllabamba medio presenta una contaminación alta proveniente principalmente de la ciudad de Quito a través de los ríos Guayllabamba alto y Monjas. Una buena parte de la subcuenca se utiliza para pastos y cultivos por lo que puede haber contaminación de materia orgánica y pesticidas. El río Monjas ha presentado contaminación de coliformes totales y fecales, fenoles, nutrientes y algunos metales pesados por ser aguas residuales del norte de Quito que recogen también aguas de origen industrial. También se han encontrado pesticidas, principalmente en el río Monjas. El río Guayllabamba medio tiene cierta autodepuración de su carga orgánica, que reduce el nivel de contaminación severa con la que inicia.

3.3.4.9 Microcuenca del río Monjas

3.3.4.9.1 Problemas ambientales

El río Monjas recoge las aguas residuales de todo el norte de la ciudad de Quito por lo que se encuentra severamente contaminado. Estas aguas son vertidas en el río Guayllabamba.

3.3.5 SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA BAJO

La subcuenca hidrográfica del río Guayllabamba bajo se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el sur-oeste de la provincia de Imbabura. Posee una forma irregular. Limita por el sur con las subcuencas de los

ríos Blanco alto y Blanco Medio, por el este con las subcuencas de los ríos Alambi, Intag y la Quebrada de San Andrés, y por el oeste con la subcuenca del río Blanco bajo. Abarca un área total de aproximadamente 1907,10 km² que representa el 16,17% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 8 cantones y un área no delimitada (ver cuadro 31).

Cuadro 31. Cantones en la subcuenca del río Guayllabamba bajo

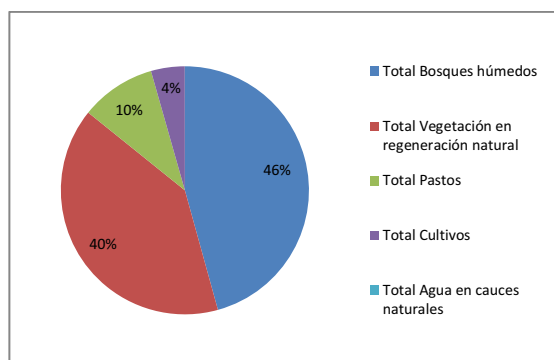
CANTÓN	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Zona no delimitada	111,54	5,85
Eloy Alfaro	34,63	1,82
Quinindé	155,79	8,17
Cotacachi	627,44	32,90
Quito	484,68	25,41
San Miguel de los Bancos	125,53	6,58
Pedro Vicente Maldonado	328,96	17,25
Puerto Quito	38,52	2,02
Total	1907,10	100,00

Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.5.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 26% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y presenta la siguiente cobertura vegetal obtenida del mapa de cobertura vegetal del DMQ (ver figura 10).

Figura 10. Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba bajo

Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El porcentaje restante del área de la subcuenca (74%), obtenido a partir de los mapas de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002 y MAGAP, 2002), presenta en su mayoría vegetación arbórea y arbustiva (57%), cultivos (30%) y pastos (13%).

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 35% (676,26 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba bajo se muestra en el cuadro 32.

Cuadro 32. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Guayllabamba bajo

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	124,90	25,27
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	273,98	55,43
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	95,41	19,30
Total general	494,28	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

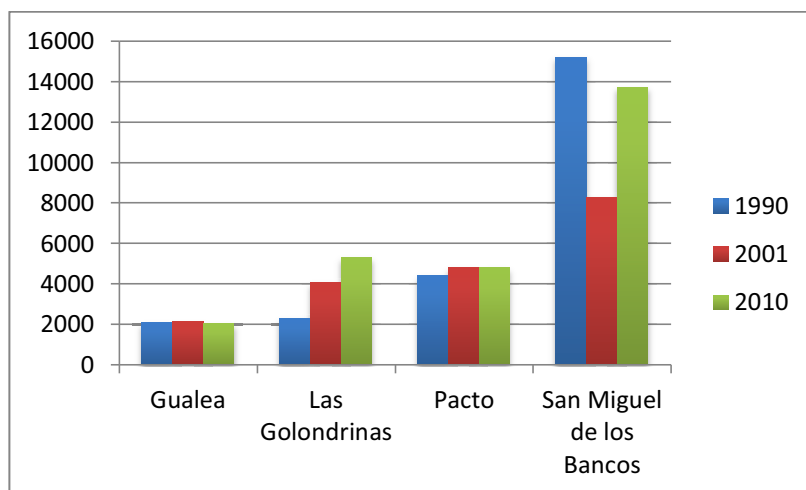
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por bosques húmedos, pastos y cultivos. Existen problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas, pero se observa una gran cantidad de área de bosques húmedos conservados.

3.3.5.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 11).

Figura 11. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Guayllabamba bajo



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 25 856 habitantes.

3.3.5.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre el oriente del área de esta subcuenca y una fuerte influencia en el occidente pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos. En esta subcuenca el río Guayllabamba presenta un mayor peligro de inundaciones.

La parte alta de esta subcuenca presenta una alta sismicidad, la zona media una baja sismicidad y la zona baja presentan una alta sismicidad superficial. También existe un mayor peligro de caída de ceniza en su zona alta en caso de la erupción del volcán Pululahua.

3.3.5.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos hiperhúmedo inferior (36%), húmedo superior (31%) y húmedo inferior (25%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos termotropical inferior (44%), termotropical superior (42%) y mesotropical inferior (11%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.5.5 Servicios

En el cuadro 33 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 33. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Guayllabamba bajo

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Eloy Alfaro	30,98	20	38,91
Quinindé	31,43	47	19,27
Cotacachi	62,17	1,39	34,74
Quito	96,03	0,67	2,64
San Miguel de los Bancos	62,63	6,83	28,43
Pedro Vicente Maldonado	58,6	13	25,66
Puerto Quito	17,15	42,78	38,71

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

De acuerdo al cuadro anterior, los cantones de la provincia de Esmeraldas, Eloy Alfaro, Quinindé y Puerto Quito, presentan mayor procedencia del agua por medio

de pozos, a comparación con los otros cantones de la Subcuenca del río Guayllabamba bajo.

3.3.5.6 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El río Guayllabamba bajo presenta una contaminación alta que se autorecupera de manera significativa hasta el punto Golondrinas. Esto se debe especialmente al aporte de caudales con baja contaminación, a los altos niveles de turbulencia, y al cruce de áreas de baja densidad poblacional. Estas aguas tienen un uso recreacional que se destina a la pesca, deportes acuáticos y balnearios. Sin embargo, puede existir una contaminación de materia orgánica y pesticidas por cruzar zonas agropecuarias.

3.3.6 SUBCUENCA DEL RÍO PISQUE

La subcuenca hidrográfica del río Pisque se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el oeste de la provincia de Pichincha. Posee una forma irregular. Limita por el oeste con las cuencas de los ríos Guayllabamba alto y Guayllabamba medio. Abarca un área total de aproximadamente 1 127,12 km² que representa el 9,56 % del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 6 cantones (ver cuadro 34).

Cuadro 34. Cantones en la subcuenca del río Pisque

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Ibarra	0,27	0,02
Otavalo	0,77	0,07
El Chaco	4,52	0,40
Quito	16,89	1,50
Cayambe	832,88	73,90
Pedro Moncayo	271,51	24,09
Gonzalo Pizarro	0,27	0,02

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Total	1127,12	100,00

Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

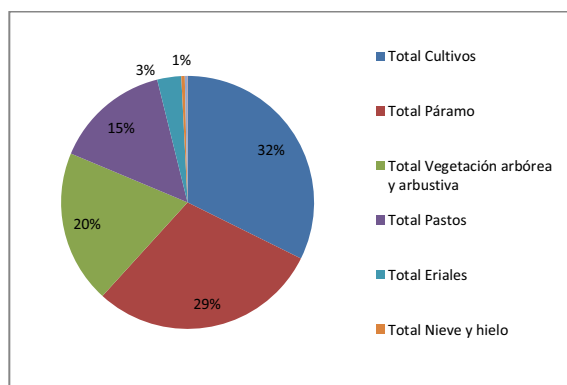
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.6.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 2% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y está cubierta principalmente de 58% de arbustos secos y 15% de cultivos (MDMQ-SA, 2011).

El porcentaje restante del área de la subcuenca (98%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta la siguiente cobertura (ver figura 12).

Figura 12. Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Pisque



Fuente: (MDMQ-SA, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

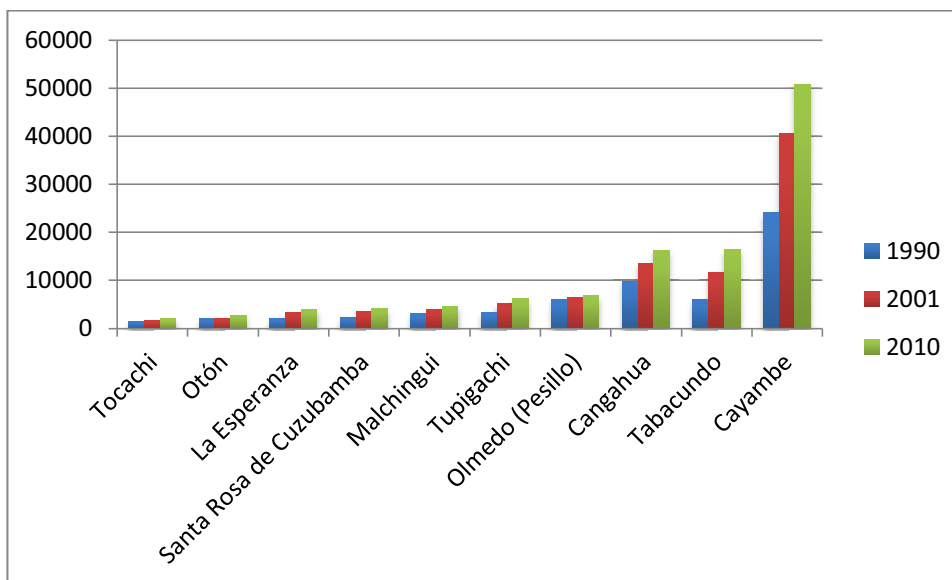
El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por cultivos, páramos, vegetación arbórea y arbustiva, y páramos del nevado Cayambe. De aquí nacen problemáticas principales como la aportación de pesticidas y materia orgánica a los recursos hídricos.

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 46% (522,53 km²).

3.3.6.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 13).

Figura 13. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Pisque



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 113 917 habitantes.

3.3.6.3 Riesgos Naturales

Esta subcuenca se encuentra en una zona de alto predominio de sismos.

3.3.6.4 Bioclima

Presenta principalmente los ombrotipos húmedo inferior (23%), subhúmedo superior (22%) e hiperhúmedo inferior (20%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos supratropical superior (29%), supratropical inferior (20%) y mesotropical superior (20%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.6.5 Servicios

En el cuadro 35 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 35. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Pisque

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Ibarra	90,75	0,87	7,5
Otavalo	72,39	2,72	2,62
El Chaco	79,94	0,65	16,87
Quito	96,03	0,67	2,64
Cayambe	73,8	1,19	23,36
Pedro Moncayo	79,89	3,22	14,79
Gonzalo Pizarro	60,41	5,56	23,02

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se observa que el agua se recibe principalmente de la red pública, presentándose casos como del cantón Cayambe, El Chaco, Pedro Moncayo donde la procedencia de agua a través de ríos, vertientes, acequias o canales en los hogares es significativa.

3.3.6.6 Proyectos hidroeléctricos

En el caso de las hidroeléctricas ubicadas en la subcuenca se presentan los siguientes casos (ver cuadro 36):

Cuadro 36. Hidroeléctricas en la subcuenca del río Pisque

NOMBRE	TIPO	FUENTE	POTENCIA (MW)	CAUDAL (m ³ /s)	COTA (msnm)
La Unión	Centrales Autoproductoras	Tributario - Río Pisque	1,6	s/d	2 809

Fuente: Cartografía FONAG 2008, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.6.7 Usos del agua

El agua de riego es escasa, la población mezcla aguas de riego y potable para sus cosechas, las florícolas usan el recurso para sus procesos, deteriorando su calidad (Agua Visión Social, 2011). De acuerdo al estudio de Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en la Hoya de Quito se presentaron los siguientes resultados de acuerdo al uso del agua en esta subcuenca para consumo humano, riego, industrias y producción eléctrica (ver cuadro 37).

Cuadro 37. Oferta y demanda del recurso hídrico en el río Pisque

CAUDAL MEDIO NATURAL (m ³ /s)	AGUA POTABLE (m ³ /s)			RIEGO (m ³ /s)		INDUSTRIAS (m ³ /s)		HIDROELECTRICIDAD (m ³ /s)		CAUDAL MEDIO 2008 (m ³ /s)
	C	R	T	C	R	C	R	C	R	
17,1	0,26	0,13	0	18,6	10,97	0	0	2,01	2,01	14,8

C = captaciones; R = retorno; T = trasvase

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.6.8 Problemas ambientales de los recursos hídricos

Existe muy poca información sobre los ríos de esta subcuenca, pero se puede indicar que existe gran área dedicada a cultivos y pastos que pueden estar aportando con una gran cantidad de pesticidas y materia orgánica. La parte alta del Pisque pertenece a los páramos de la reserva ecológica Cayambe-Coca por lo que sus aguas deben presentar una buena calidad, mientras que en la parte baja existen algunas poblaciones grandes que aportan con aguas residuales.

3.3.7 SUBCUENCA DEL RÍO ALAMBI

La subcuenca hidrográfica del río Alambi se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en el centro-norte de la provincia de Pichincha. Posee una forma alargada con orientación sureste – noroeste. Limita por el norte con la cuenca de la Quebrada San Andrés, por el este con la subcuenca del río Guayllabamba medio, por el oeste con la subcuenca del río Guayllabamba bajo y por el sur con la subcuenca del río Blanco alto. Abarca un área total de aproximadamente 549,83 km² que representa el 4,66% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 1 cantón (ver cuadro 38).

Cuadro 38. Cantones en la subcuenca del río Alambi

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Quito	549,83	100,00

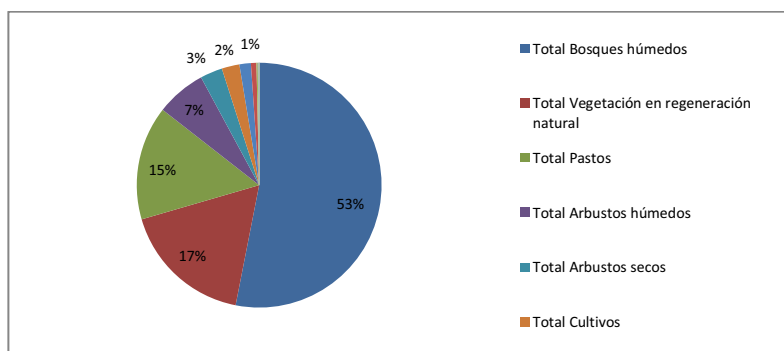
Fuente: IGM, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.7.1 Cobertura vegetal

El área de esta subcuenca pertenece en su totalidad al DMQ y presenta la siguiente cobertura vegetal obtenida del mapa de cobertura vegetal del DMQ (ver figura 14).

Figura 14. Cobertura vegetal del DMQ en la subcuenca del río Alambi



Fuente: (SENPLADES, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 17% (93,47 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Alambi se muestra en el cuadro 39.

Cuadro 39. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Alambi

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	199,39	36,73
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	272,97	50,28
Total Conservación de vegetación paramuna	8,87	1,63
Total Incremento de la mancha urbana 2009	0,72	0,13
Total Mancha urbana 1986	0,16	0,03
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	59,86	11,03
Total Pérdida de vegetación paramuna	0,89	0,16
Total general	542,87	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

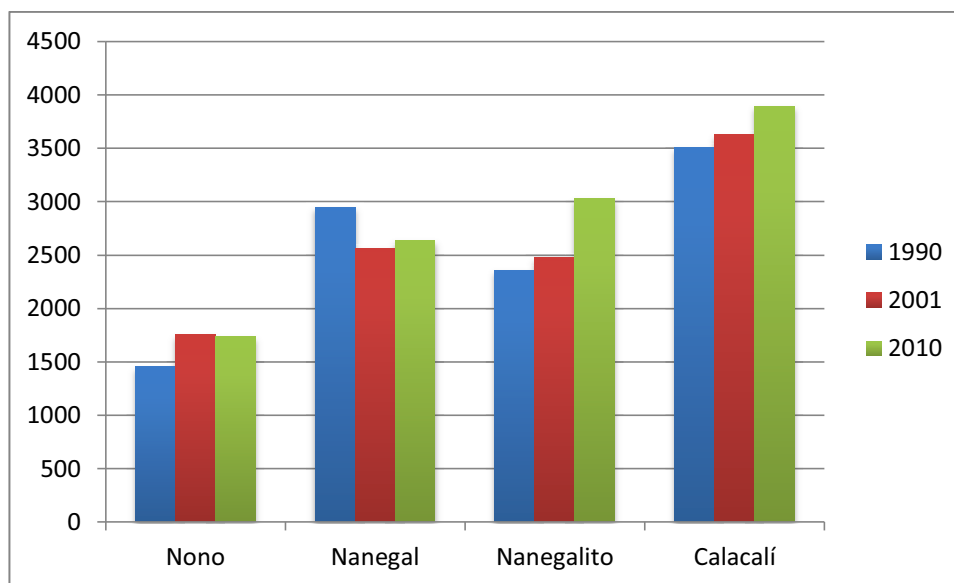
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por bosques húmedos. También está cubierta en gran parte por vegetación en regeneración natural, pastos y arbustos húmedos. De aquí nacen las principales problemáticas de aportación de materia orgánica y la posible pérdida de vegetación si es que no se buscan maneras de conservarla por regeneración natural. Actualmente existen bosques protectores sobre algunas de estas zonas en regeneración.

3.3.7.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 15).

Figura 15. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Alambi



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 11 289 habitantes.

3.3.7.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre la mayor parte del área de esta subcuenca pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos.

Presenta zonas de mayor peligro volcánico, mayor peligro de caída de ceniza y mayor peligro de lahares en el río Alambi en caso de la erupción del volcán Pululahua. Se encuentra sobre una zona de alto predominio de sismos.

3.3.7.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos húmedo inferior (50%), húmedo superior (34%) y subhúmedo superior (13%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos termotropical superior (38%), mesotropical inferior (38%) y

mesotropical superior (15%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.7.5 Servicios

En el cuadro 40 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 40. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Alambi

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Quito	96,03	0,67	2,64

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El cantón Quito mantiene principalmente su demanda de agua a su población mediante la Red Pública de agua potable, y obtiene un 2,64% del agua a partir de ríos, vertientes, acequias o canales.

3.3.7.6 Problemas ambientales de los recursos hídricos

Existe poca información sobre la calidad del recurso hídrico en esta subcuenca pero parece indicar una buena calidad debido a que gran parte de su área pertenece a bosques protectores y el uso del agua en su parte alta es recreacional para la pesca y de zonas de cascadas. También existe en su parte alta una pequeña zona de pastos que puede aportar con materia orgánica al recurso hídrico. Estudios sobre calidad de macroinvertebrados corroboran su situación.

3.3.8 SUBCUENCA DEL RÍO INTAG

La subcuenca hidrográfica del río Intag se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el sur-oeste de la provincia de Imbabura. Posee una forma irregular con tendencia alargada con orientación suroeste – noreste. Limita por el sur con la cuenca del río Guayllabamba medio, y por el oeste con las

subcuencas del río Guayllabamba bajo y la subcuenca de la Quebrada San Andrés. Abarca un área total de aproximadamente 1043,88 km² que representa el 8,85% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 6 cantones (ver cuadro 41).

Cuadro 41. Cantones en la subcuenca del río Intag

CANTÓN	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Eloy Alfaro	1,88	0,18
San Lorenzo	1,25	0,12
Cotacachi	781,00	74,82
Otavalo	176,19	16,88
San Miguel de Urququí	1,31	0,13
Quito	82,25	7,88
Total	1043,88	100,00

Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

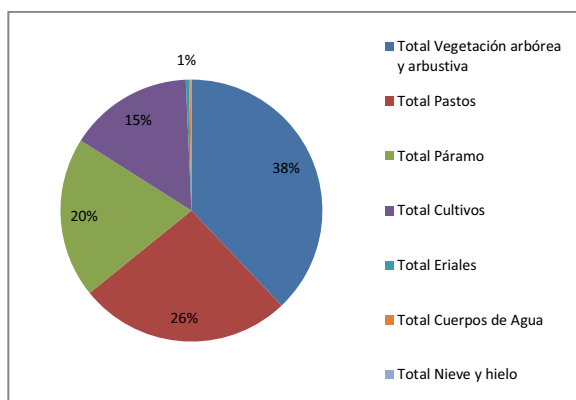
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.8.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 8% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y esta parte está cubierta principalmente de 64% de bosques húmedos y 32% de vegetación en regeneración natural. (MDMQ-SA, 2011)

El porcentaje restante del área de la subcuenca (92%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta la siguiente cobertura (ver figura 16).

Figura 16. Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Intag



Fuente: (SENPLADES, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

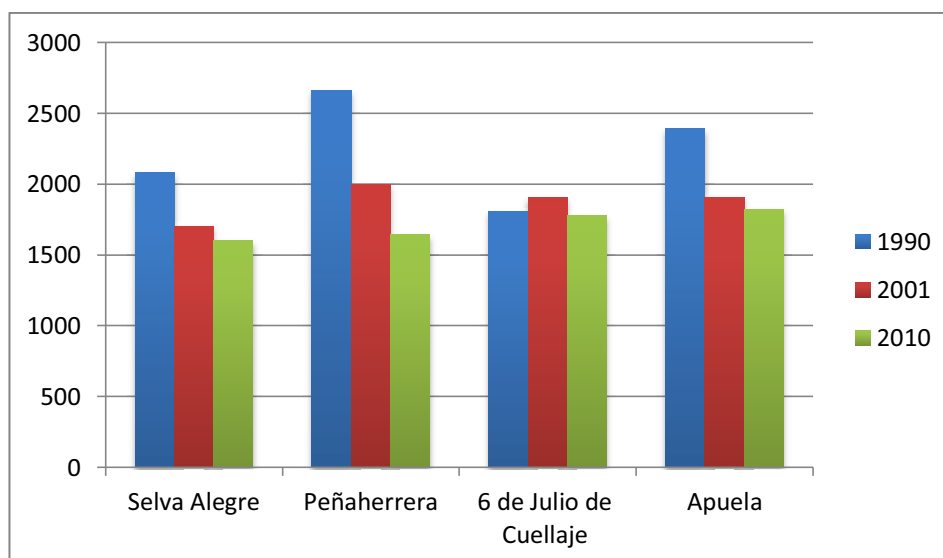
El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por vegetación arbórea y arbustiva, pastos, páramo y cultivos. De aquí nacen ciertas problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas.

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 38% (393,75 km²).

3.3.8.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 17).

Figura 17. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Intag



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 6 848 habitantes.

3.3.8.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre la mayor parte del área de esta subcuenca pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos.

Presenta zonas de mayor peligro volcánico, mayor peligro de caída de ceniza y mayor peligro de lahares en el río Alambi en caso de una erupción del volcán Cotacachi. Se encuentra sobre una zona de alto predominio de sismos.

3.3.8.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos húmedo inferior (44%), húmedo superior (22%) e hiperhúmedo inferior (20%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos mesotropical inferior (30%), termotropical superior (25%) y supratropical inferior (18%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.8.5 Servicios

En el cuadro 42 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 42. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Intag

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Eloy Alfaro	30,98	20	38,91
San Lorenzo	64,08	12,41	15,13
Cotacachi	62,17	1,39	34,74
Otavalo	72,39	2,72	2,62
San Miguel de Urcuquí	77,66	1,96	19,51
Quito	96,03	0,67	2,64

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El cuadro refleja que en la provincia de Esmeraldas, en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo la procedencia del agua de las casas es por medio de ríos, vertientes, acequias o canales ya que sobrepasa el 38% en Eloy Alfaro y el 15% en San Lorenzo, siendo diferente en los otros cantones que comparten la cuenca con una predominancia de la red pública.

3.3.8.6 Problemas ambientales de los recursos hídricos

El recurso hídrico en esta subcuenca puede verse afectado por áreas importantes de cultivos, pastos y minería que aportan materia orgánica, pesticidas y metales. Al mismo tiempo estas zonas pertenecen a páramos con algunos bosques protectores y pequeñas poblaciones que reducen el impacto sobre el ecosistema acuático.

3.3.9 SUBCUENCA DE LA QUEBRADA SAN ANDRÉS

La subcuenca hidrográfica de la quebrada San Andrés se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el sur-oeste de la provincia de Imbabura. Posee una forma alargada con orientación suroeste – noreste. Limita

con las subcuencas de los ríos Intag, Guayllabamba bajo, Guayllabamba medio y Alambi. Abarca un área total de aproximadamente 29,04 km² que representa el 0,25% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 2 cantones (ver cuadro 43).

Cuadro 43. Cantones en la subcuenca de la quebrada San Andrés

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Cotacachi	23,69	81,58
Quito	5,35	18,42
Total	29,04	100,00

Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

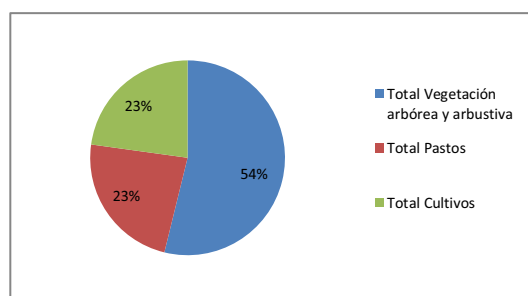
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.9.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 18% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y esta parte está cubierta principalmente de vegetación en regeneración natural (43%), pastos (34%) y bosque húmedos (18%). (MDMQ-SA, 2011)

El porcentaje restante del área de la subcuenca (82%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta la siguiente cobertura (ver figura 18).

Figura 18. Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca de la quebrada San Andrés



Fuente: (SENPLADES, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría de vegetación natural, pastos y cultivos. De aquí nacen problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas a los recursos hídricos, en menor cantidad en comparación

con el resto de subcuencas ya que esta subcuenca solo representa el 0,25% del área total de estudio.

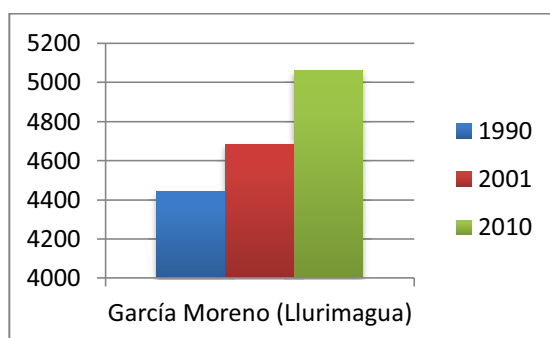
Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 44% (12,73 km²).

3.3.9.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 19).

Figura 19. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca de la quebrada San

Andrés



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 5 060 habitantes. Sin embargo, la parroquia García Moreno ocupa gran parte de las subcuencas de los ríos Intag y Guayllabamba bajo por lo que la influencia de su población sobre la subcuenca de la quebrada San Andrés será mucho menor.

3.3.9.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre toda el área de esta subcuenca pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos.

Presenta peligros de caída de ceniza y lahares en caso de una erupción del volcán Pululahua, además de un alto peligro de sismos.

3.3.9.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente el ombrotipo húmedo inferior (93%). Este piso bioclimático refleja la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente el termotipo termotropical superior (96%). Este piso bioclimático refleja el índice de termicidad.

3.3.9.5 Servicios

En el cuadro 44 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 44. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca de la quebrada San Andrés

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Cotacachi	62,17	1,39	34,74
Quito	96,03	0,67	2,64

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Ambos cantones presentan una marcada diferencia de la procedencia del agua de consumo. Se diferencian en Quito con mayor procedencia de la red pública y en Cotacachi con agua superficial de los ríos, vertientes, acequias o canales permite el abastecimiento en un 34,74%.

3.3.9.6 Problemas ambientales de los recursos hídricos

Esta subcuenca es muy pequeña con relación a las otras en el área de estudio por lo que su aporte no tiene mucha influencia. Sin embargo una gran parte de esta subcuenca se utiliza para cultivos y pastos que puede afectar sus aguas con materia orgánica y pesticidas.

3.3.10 SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO ALTO

La subcuenca hidrográfica del río Blanco alto se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el centro-sur de la provincia de Pichincha. Posee una forma alargada con orientación este – oeste. Limita por el norte con las subcuencas de los ríos Blanco medio y Guayllabamba bajo, y por el este con las subcuencas de los ríos Alambi, Guayllabamba medio y Guayllabamba alto. Abarca un área total de aproximadamente 1 658,53 km² que representa el 14,07 % del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 4 cantones (ver cuadro 45).

Cuadro 45. Cantones en la subcuenca del río Blanco alto

CANTÓN	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Quito	581,74	35,08
Mejía	7,01	0,42
Santo Domingo	471,31	28,42
San Miguel de los Bancos	598,47	36,08
Total	1658,53	100,00

Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

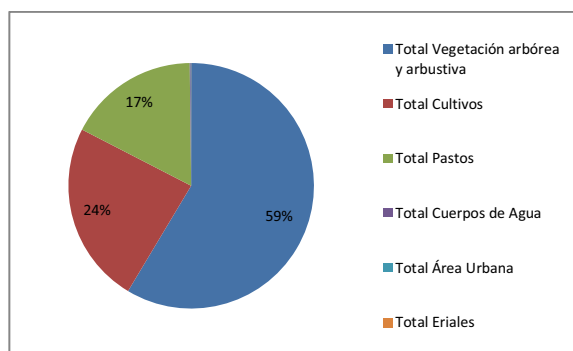
Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.10.1 Cobertura vegetal

Alrededor del 35% del área de esta subcuenca pertenece al DMQ y esta parte está cubierta principalmente de bosques húmedos (71%) y otros tipos de vegetación (21%). (MDMQ-SA, 2011)

El porcentaje restante del área de la subcuenca (65%), obtenido a partir del mapa de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002), presenta la siguiente cobertura (ver figura 20).

Figura 20. Cobertura vegetal fuera del DMQ en la subcuenca del río Blanco alto



Fuente: (SENPLADES, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 27% (442 km²).

La información sobre los cambios multitemporales en la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Blanco alto se muestra en el cuadro 46.

Cuadro 46. Cambios multitemporales de la cobertura del DMQ en la subcuenca del río Blanco alto

MULTITEMPORAL 1986-2009	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
Total Cambios diversos	77,28	13,34
Total Conservación de Bosques y plantaciones forestales	391,61	67,59
Total Conservación de vegetación paramuna	71,31	12,31
Total Incremento de la mancha urbana 2009	0,22	0,04
Total Mancha urbana 1986	0,01	0,00
Total Pérdida de Bosques y plantaciones forestales	37,34	6,44
Total Pérdida de vegetación paramuna	1,64	0,28
Total general	579,41	100,00

Fuente: (MDMQ-SA, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

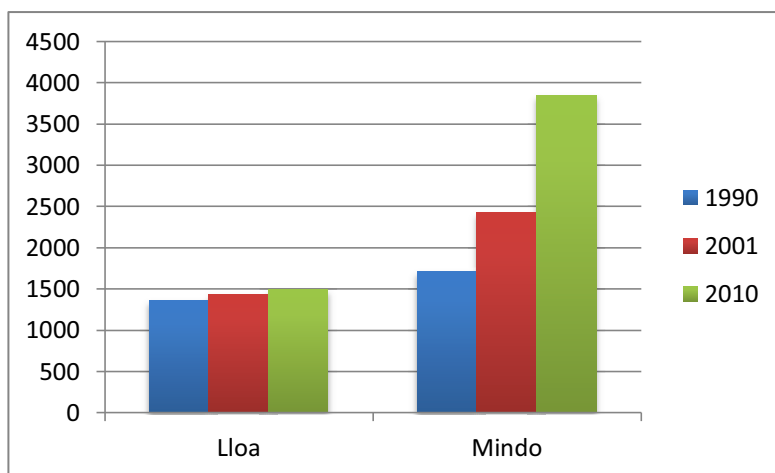
El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por vegetación arbórea y arbustiva que se ha perdido en un alto porcentaje a través del tiempo como muestra el cuadro 46. También está cubierta en las zonas bajas

occidentales por cultivos y pastos. De aquí nacen problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas a los recursos hídricos.

3.3.10.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 21).

Figura 21. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco alto



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 5 336 habitantes.

3.3.10.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una mediana influencia sobre la mayor parte del área de esta subcuenca y una influencia fuerte en su extremo occidental pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos. El río Blanco tiene un mayor peligro de provocar inundaciones.

Esta subcuenca presenta grandes zonas de mayor peligro volcánico, mayor peligro de lahares en el río blanco y mayor peligro de caída de ceniza en caso de

una erupción del volcán Pichincha. También está ubicada sobre una zona de predominio de sismos.

3.3.10.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos hiperhúmedo inferior (51%) y húmedo superior (40%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos termotropical superior (29%), mesotropical inferior (28%) y termotropical inferior (26%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.10.5 Servicios

En el cuadro 47 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 47. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco alto

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Quito	96,03	0,67	2,64
Mejía	69,37	3,52	25,24
Santo Domingo	48,91	36,68	8,45
San Miguel de los Bancos	62,63	6,83	28,43

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el cuadro anterior sobresale el cantón Santo Domingo con un abastecimiento de agua de del 36,68% a partir de pozos. En los cantones San Miguel de los Bancos y Mejía, procede un 28,43%% y 25,24% del agua de ríos, vertientes, acequias o canales respectivamente.

3.3.10.6 Problemas ambientales de los recursos hídricos

En la subcuenca alta del río Blanco se desarrollan actividades productivas, que incluye la agricultura, y ganadería, y en menor grado la industria. La descarga de aguas servidas a los cursos de agua a través de los sistemas de drenaje urbano es una práctica común, sin embargo muy pequeña. (BID, 2010) Estudios de macroinvertebrados indican que las aguas de esta cuenca son de buena calidad.

3.3.11 SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO MEDIO

La subcuenca hidrográfica del río Blanco medio se encuentra ubicada en la región sierra del Ecuador, en su mayoría en el oeste de la provincia de Pichincha. Posee una forma irregular. Limita por el norte con las subcuencas de los ríos Guayllabamba bajo y Blanco alto, y por el sureste con la subcuenca del río Blanco alto. Abarca un área total de aproximadamente 1 743,22 km² que representa el 14,78% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 5 cantones (ver cuadro 48).

Cuadro 48. Cantones en la subcuenca del río Blanco medio

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Quinindé	315,39	18,09
Santo Domingo	100,24	5,75
San Miguel de los Bancos	420,92	24,15
Pedro Vicente Maldonado	324,45	18,61
Puerto Quito	582,23	33,40
Total	1743,22	100,00

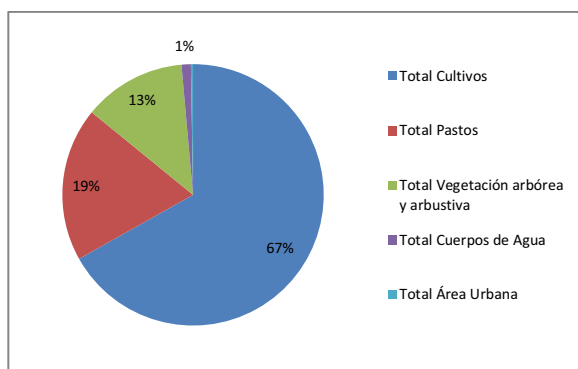
Fuente: IGM, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.11.1 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal de esta subcuenca se muestra en la figura 22 y fue obtenida a partir de los mapas de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002 y MAGAP, 2002).

Figura 22. Cobertura vegetal en la subcuenca del río Blanco medio



Fuente: (SENPLADES, 2002), (MAGAP, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

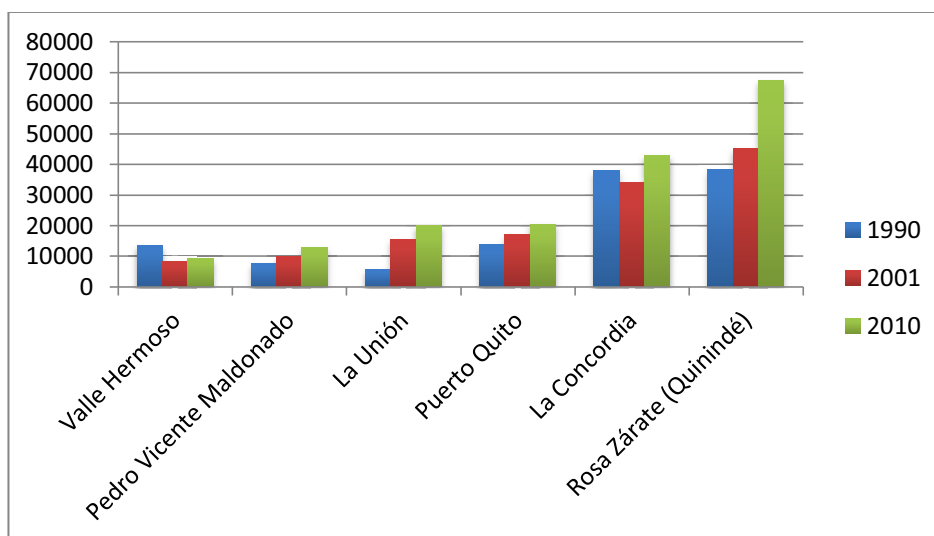
El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por cultivos y pastos. De aquí nacen problemáticas considerables como la aportación de materia orgánica y pesticidas ya que la mayoría de esta subcuenca está dedicada a fines agropecuarios.

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 86% (1 499,17 km²).

3.3.11.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 23).

Figura 23. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco medio



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 172 811 habitantes. Existen conflictos en la información de 1990 y 2001 debido ya que las parroquias de La Unión, La Concordia y Valle Hermoso eran zonas con límites no definidos.

3.3.11.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una fuerte influencia sobre la mayor parte del área de esta subcuenca y una influencia mediana en su extremo oriental pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos. El río Blanco tiene un mayor peligro de provocar inundaciones.

3.3.11.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos húmedo superior (52%), hiperhúmedo inferior (29%) y húmedo inferior (15%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos mesotropical inferior (49%), termotropical superior (22%) y mesotropical superior (13%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.11.5 Servicios

En el cuadro 49 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 49. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco medio

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Quinindé	31,43	47	19,27
Santo Domingo	48,91	36,68	8,45
San Miguel de los Bancos	62,63	6,83	28,43
Pedro Vicente Maldonado	58,6	13	25,66
Puerto Quito	17,15	42,78	38,71

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el cuadro anterior se muestra como la población de esta cuenca se abastece de la red pública y en menor medida que de pozos o de fuentes superficiales como ríos, vertientes, acequias o canales. Hay una mayor procedencia de agua de pozo en Santo Domingo y Puerto Quito que en el resto de cantones de la cuenca.

3.3.11.6 Actividad económica

En los cantones Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, Quinindé, predominan las actividades económicas relacionadas con comercio reparación de vehículos automotores y motocicletas, al igual que el aojamiento y servicios de comida.

3.3.11.7 Problemas ambientales de los recursos hídricos

La calidad ambiental de las aguas de estos cursos hídricos se ve afectada por la presencia de contaminación por actividades agrícolas, ganaderas, y la falta de servicios de alcantarillado sanitario en las comunidades de la zona. Sin embargo, los cantones que mayor cantidad de precipitación anual presentan, son: Pedro Vicente Maldonado (4 495 mm/año); Puerto Quito (3 903 mm/año); y San Miguel

de Los Bancos (3 421mm/año) lo que contribuye a que en esta subcuenca se tenga una alta capacidad de autodepuración. (UTPL, 2012)

3.3.12 SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO BAJO

La subcuenca hidrográfica del río Blanco bajo se encuentra ubicada en la región costa del Ecuador, en el sur de la provincia de Esmeraldas. Limita por el este con la subcuenca del río Guayllabamba bajo y por el sur con la subcuenca del río Blanco medio. Abarca un área total de aproximadamente 151,28 km² que representa el 1,28% del área de estudio. Desde el punto de vista político administrativo comprende 1 cantón (ver cuadro 50).

Cuadro 50. Cantones en la subcuenca del río Blanco bajo

CANTÓN	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Quinindé	151,28	100,00

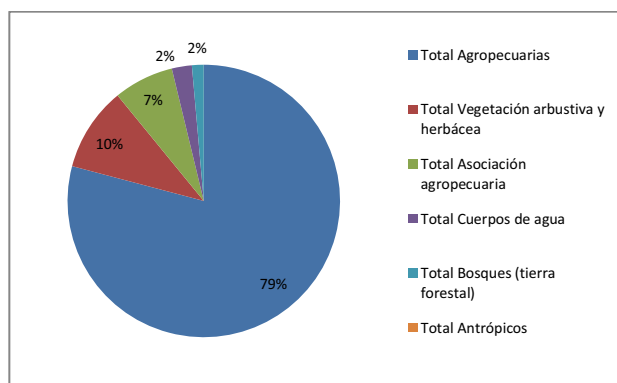
Fuente: Cartografía IGM 2002, (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.3.12.1 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal del área de esta subcuenca fue obtenida a partir de los mapas de cobertura vegetal del Ecuador (SENPLADES, 2002 y MAGAP, 2002) (ver figura 24).

Figura 24. Cobertura vegetal en la subcuenca del río Blanco bajo



Fuente: (SENPLADES, 2002), (MAGAP, 2002), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

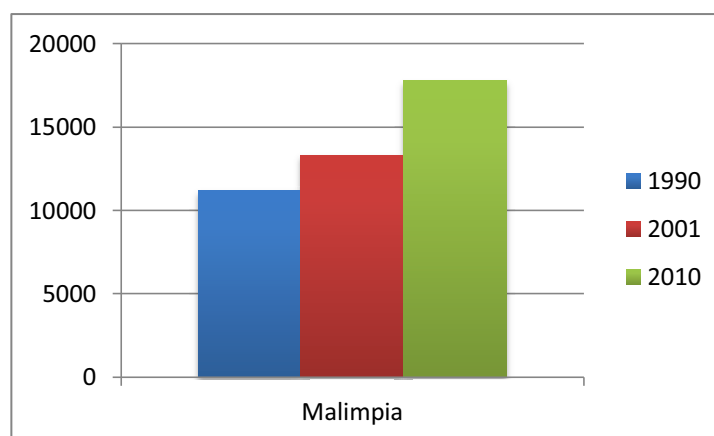
El área de esta subcuenca está conformada en su mayoría por cultivos y pastos. De aquí nacen problemáticas como la aportación de materia orgánica y pesticidas.

Se concluye que el porcentaje del área destinada a actividades agropecuarias (pastos y cultivos) es de aproximadamente el 79% (119,51 km²).

3.3.12.2 Demografía

A continuación se presenta el cambio poblacional en las parroquias pertenecientes a esta subcuenca obtenidas de los censos de los años 1990, 2001 y 2010 proporcionadas por el INEC (ver figura 25).

Figura 25. Poblaciones a nivel parroquial en la subcuenca del río Blanco bajo



Fuente: INEC (Censo 2010, 2001, 1990), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se puede concluir que a partir de la información sobre la población parroquial tomada en cuenta (mayor a 1 000 habitantes), se tiene en esta cuenca una población de aproximadamente 17 772 habitantes.

3.3.12.3 Riesgos naturales

El fenómeno del niño (ENSO) tiene una fuerte influencia sobre toda el área de esta subcuenca pudiendo ocasionar un aumento en la humedad y altas precipitaciones. Esto a su vez puede causar el arrastre de sedimentos, deslaves, pérdidas agrícolas y erosión del suelo que pueden conducir a la contaminación de los ríos. Existe un mayor peligro de la inundación de casi toda esta subcuenca.

Está también ubicada en una zona de predominio de sismos.

3.3.12.4 Bioclima

Esta subcuenca presenta principalmente los ombrotipos subhúmedo inferior (67%) y seco superior (23%). Estos pisos bioclimáticos reflejan la disponibilidad

relativa y efectiva del monto anual de la precipitación en relación a las temperaturas medias anuales. También presenta principalmente los termotipos infratropical superior (76%) y termotropical inferior (24%). Estos pisos bioclimáticos reflejan el índice de termicidad.

3.3.12.5 Servicios

En los barrios del cantón Quinindé se dota de agua potable durante intervalos de tiempo que son de 2, 4, 6 u 8 horas (Gobierno Municipal del Cantón Quinindé, 2010). En el cuadro 51 se indica la relación de los cantones de esta subcuenca con la procedencia del agua de consumo.

Cuadro 51. Procedencia del agua recibida para los cantones de la subcuenca del río Blanco bajo

CANTÓN	PROCEDENCIA DEL AGUA RECIBIDA %		
	Red Pública	Pozo	Río, vertiente acequia o canal
Quinindé	31,43	47	19,27

Fuente: INEC (Censo de Población y Vivienda 2010), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el cuadro se muestra que el cantón se abastece principalmente de agua de pozo, hay una menor cobertura de la red pública de agua, y con un 19,27%, los hogares se abastecen de agua por medio de ríos, vertientes acequias o canales.

3.3.12.6 Actividad económica

En el cantón Quinindé sobresale como actividad económica principal el comercio y la reparación de vehículos automotores y motocicletas, siguiéndole el aojamiento y servicio de comida la ganadería y agricultura están poco desarrolladas con apenas 2 empresas involucradas en esta actividad.

3.3.12.7 Problemas ambientales de los recursos hídricos

La población de Malimpia, ubicada en el cantón Quinindé está contribuyendo con la descarga directa de sus aguas servidas al río Blanco, pero la ventaja que se tiene en esta subcuenca es que los caudales son grandes, entonces se tiene un

gran factor de dilución, por lo tanto su recuperación es muy rápida (Castillo & Hidalgo, 2006).

3.4 CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

3.4.1 CONTAMINACIÓN URBANA

En las partes altas de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Blanco se desarrollan actividades productivas, que incluye la agricultura, ganadería y generación hidroeléctrica, y en menor grado la industria, sin embargo la descarga de aguas servidas a los cursos de agua a través de los sistemas de drenaje urbano es una práctica común. Esta cultura agravada con el incremento de la población, se traduce en importantes caudales que se descargan en los cuerpos de agua, originando el deterioro de los caudales de los ríos.

3.4.1.1 Caracterización de las principales descargas de aguas residuales

La Unidad de Control de la Contaminación de la EPMAPS concluyó que el agua de los ríos del DMQ no es apta para los usos potenciales de abastecimiento de agua potable, riego, uso recreativo con y sin contacto directo, y preservación de la vida acuática y silvestre, todo en base a la caracterización de las 21 principales descargas domésticas del DMQ. Se determinó que los parámetros como DBO (302,4 mg/l), DQO (634,8 mg/l), N-NH₃ (26,2 mg/l), N-Kjeldahl Total (49,4 mg/l), Coliformes Totales ($8,36 \times 10^7$ mg/l), Grasas y aceites (33,2 mg/l), Detergentes (5,5 mg/l) y Sólidos Suspendidos Totales (365,7 mg/l), superan los límites establecidos en la normativa vigente (TULSMA), en lo relativo a descargas a cuerpos de agua y muestran una contaminación típica de aguas residuales domésticas en las que se plantea una DBO mayor o igual a 200 mg/l.

En Mapa 9 del Anexo se aprecian las principales descargas establecidas en el documento “Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito” (Fitchtner-Hidroestudios, 2009). Este Mapa contiene también las posibles cargas contaminantes de las parroquias con más de mil habitantes, obtenidas a partir de la población del último censo (2010). Para este cálculo se asumió un consumo promedio de oxígeno por aguas residuales domésticas, equivalente a 50 g oxígeno/habitante*día (DBO), que se refiere en el documento “Diseño del sistema de alcantarillado combinado para los

barrios de San Juan Bautista alto y bajo en la parroquia de Cumbayá” (Carrasco, 2006).

$$CO = P \times H$$

CO: carga orgánica $\left[\frac{Kg}{día} \right]$

P: promedio de DBO (aguas residuales domésticas) = 50 $\left[\frac{g DBO}{(hab \times día)} \right]$

H: número de habitantes [hab]

Para el cálculo de los caudales de aguas residuales se asumió un coeficiente de 0.7 y una dotación promedio de agua potable de 200 l/habitante*día a partir de la población urbana (250 l/habitante*día) y rural (150 l/habitante*día).

$$Q = D \times H \times C$$

Q: caudal

D: dotación de agua potable = 200 $\left[\frac{l}{(hab \times día)} \right]$

H: número de habitantes [hab]

C: coeficiente de retorno = 0,7

En el mismo mapa se incluyen los colectores de aguas residuales actuales y el sistema futuro (colectores y plantas de tratamiento de aguas residuales), propuestos en los “Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito”.

3.4.2 CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL

3.4.2.1 Caracterización de las principales descargas industriales

Actualmente la Secretaría de Ambiente regula aproximadamente 1 400 industrias que generan desechos líquidos (Secretaría de Ambiente, 2012).

Para el año 2009, la Secretaría de Ambiente regulaba 554 industrias de aproximadamente 7 874 industrias en la ciudad de Quito. De las industrias reguladas, 249 industrias producían desechos líquidos y se caracterizaron 52 de estas industrias para obtener la carga orgánica industrial.

La caracterización de las 52 industrias representativas identificadas en la ciudad de Quito (asumiendo una población equivalente mayor a 150 habitantes) dio como resultado los grupos del cuadro 52 (Fichtner-Hidroestudios, 2009).

Cuadro 52. Categorización de 52 industrias representativas de Quito

TEXTILERAS	ALIMENTOS Y BEBIDAS	PAPELERAS	INDUSTRIA QUÍMICA	METAL MECÁNICAS	CAMALES
27	16	3	1	5	3

Fuente: (Fitchtner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

De esta información se obtuvieron las cargas contaminantes totales que se presentan en el cuadro 53.

Cuadro 53. Caracterización de las principales industrias de Quito

	INDUSTRIAS CARACTERIZADAS	INDUSTRIAS MENORES	INDUSTRIAS REGULADAS EN EL DMQ QUE PRODUCEN DESECHOS LÍQUIDOS
TOTAL	52	197	249
POBLACIÓN EQUIVALENTE	> 150 habitantes	< 150 habitantes	-
CARGA CONTAMINANTE TOTAL	11 791 kg DBO/día	1 487 kg DBO/día	13 278 kg DBO/día

Fuente: (Fitchtner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

La población equivalente es el supuesto número de personas que aportaría la misma cantidad de carga contaminante si fuera una descarga de agua residual. Según el “Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito”, la carga industrial equivalente de las industrias categorizadas corresponde al 14,6% de la carga orgánica total (Doméstica + Industrial), que es de 91 223 kg DBO/día.

En el DMQ las industrias textiles son las que generan mayor grado de contaminación, aportando con el 37% de la carga total de la caracterización de las 52 industrias.

Las industrias de alimentos y bebidas representan el 16% de la carga de DBO equivalente a la carga aportada por 50 000 habitantes.

La industria textil y las industrias de alimentos y bebidas constituyen la mayor fuente de contaminación.

Se detecta que existe una tendencia creciente de cumplimiento de la normativa e informes por las industrias. No se cuenta con la información de sus plantas de tratamiento pero se puede predecir que se encuentran en crecimiento.

En el Mapa 10 del Anexo se aprecia la ubicación y los tipos de industrias contaminantes en el DMQ, análisis realizado a partir de la información cartográfica de más de 21 000 industrias y la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (SRI).

3.4.3 CONTAMINACIÓN DE NUTRIENTES Y BACTERIAS PATÓGENAS

La contaminación difusa del agua proviene de fuentes pequeñas individualmente, pero su impacto colectivo puede ser perjudicial, de acuerdo al uso y manejo del suelo, que puede afectar a ríos, lagos, aguas costeras y aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas se contaminan por infiltración desde la superficie de la tierra o desde áreas contaminadas. Este tipo de contaminación no se puede controlar fácilmente por lo que debe estar conectado con el sistema de planificación urbanística.

Las principales fuentes de contaminación difusa son: agricultura, ganadería, ambiente urbano, pequeñas industrias y drenajes de minas abandonadas.

Utilizando la información de cobertura vegetal (MDMQ-SA, 2011) y de (MAGAP - SIGAGRO, 2002) se caracterizaron las principales descargas difusas tomando en cuenta las zonas de pastoreo y de cultivos que aportarían una contaminación difusa de nutrientes, bacterias y pesticidas. La información sobre las descargas difusas de nutrientes y bacterias patógenas a partir de zonas de pastos se presenta en el Mapa 11 del Anexo. Las descargas difusas de pesticidas a partir de cultivos se tratarán más adelante en el numeral 3.5.1 junto con los monitoreos de pesticidas.

3.4.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

La contaminación atmosférica y su transporte a largo plazo pueden influenciar en la calidad del agua. La precipitación en el DMQ presenta un régimen bimodal con un periodo lluvioso entre marzo y mayo, y el segundo periodo entre noviembre y diciembre. Entre julio y septiembre se registran menores precipitaciones.

El dióxido de carbono y el dióxido de azufre son precursores de la lluvia ácida, su medición en el aire mediante redes de monitoreo señalan zonas que pueden presentar afectaciones al recurso hídrico por una baja calidad del aire ambiente. El nivel de caída de lluvia ácida en un periodo 2000 - 2006 presentó un 10% de valores de pH menores a 5,6.

Se puede considerar al fenómeno de lluvia ácida en el centro de la ciudad de Quito como un evento sin gran afectación al agua ya que no se presentan emisiones altas de precursores de lluvia ácida.

Un 30 % de las precipitaciones no cumplen con los límites para agua de consumo humano (500 mg/l de sólidos totales y pH entre 6 y 9, TULSMA).

Algunas iniciativas como la Revisión Técnica Vehicular mostraron disminuir o mantener constantes las emisiones contaminantes vehiculares del DMQ. Disminuyó un 20% de las emisiones SO₂ por el cambio de la concentración de azufre en la gasolina que se comercializa en la ciudad de Quito.

Algunos contaminantes como el material particulado grueso se relacionan al aporte del tráfico en vías sin pavimento, a la erosión eólica, y a la resuspensión de polvo. El material particulado fino de 2,5 micrómetros tiene relación con procesos de combustión.

El incremento de la velocidad de circulación de vehículos a diesel por la restricción de circulación vehicular Pico y Placa, permite una disminución de material particulado ultra fino que podría tener una pequeña incidencia en la concentración de sólidos totales de los recursos hídricos (Pazmiño, 2007) (MDMQ-SA, 2011).

3.5 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua del recurso hídrico implica tener suficiente información sobre sus características físicas, químicas y biológicas, así como de los factores ambientales.

Entre las características físicas de calidad del agua se analizan el total de sólidos que incluye materia en suspensión, sedimentable, coloidal y materia disuelta, color, temperatura, densidad y turbiedad.

Entre las características químicas se requiere la materia orgánica (DBO, DQO, aceites y grasas, fenoles, detergentes y pesticidas), materia inorgánica (pH, nitrógeno, fósforo, compuestos tóxicos inorgánicos, metales pesados) y gases (oxígeno disuelto).

También se requieren análisis bacteriológicos que generalmente consisten en mediciones de Coliformes Totales y Fecales.

En el numeral 3.4.1, Contaminación Urbana, se concluye que el agua de los ríos de la cuenca del río Guayllabamba, con frecuencia no es apta para abastecimiento de agua potable, riego, uso recreativo con y sin contacto directo y preservación de vida acuática y silvestre.

En base al documento “Informe del Monitoreo Ambiental de los Ríos Contaminados del DMQ” (MLM, 2007), se presenta en el Mapa 12 del Anexo los puntos de las campañas de muestreo y la calidad del agua conforme a las conclusiones presentadas en dicho informe, donde se concluye que el río Machángara (sus quebradas afluentes) y el río Monjas, presentan contaminación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con características típicas de aguas residuales domésticas, debido a que son los cuerpos receptores de las descargas del sistema de alcantarillado combinado de gran parte del DMQ. El río San Pedro presenta una contaminación media por ser el cuerpo receptor de los valles de los Chillos y de Cumbayá – Tumbaco. El río Guayllabamba al recibir los aportes de los ríos antes referidos, presenta una contaminación media - baja con una capacidad de recuperación importante en el punto de muestreo Las Golondrinas.

En los cuadros 54, 55, 56, 57, 58 y 59 se resumen los resultados del “Informe del Monitoreo Ambiental de los Ríos Contaminados del DMQ.”

En el cuadro 54 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para las quebradas afluentes al río Machángara

Cuadro 54. Resumen de parámetros de calidad de agua para las quebradas afluentes al río Machángara

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	CONTAMINACIONES PUNTUALES ALTAS	OBSERVACIONES
Quebradas afluentes al Río Machángara	Contaminación típica de aguas servidas domésticas	DBO (100 - 400 mg/l)	Q. Shanshayacu Alta - Camal Metropolitano DBO 729,88 mg/l	-
		DQO (250 - 650 mg/l)	Q. Shanshayacu Alta - Camal Metropolitano DQO 1 466,25 mg/l	-
		OD (1,4 - 4 mg/l)	-	Generación de gases y malos olores
		N-NH ₃ (15 - 25 mg/l)	-	Aguas sanitarias recientes
		NTK (10 - 65,5 mg/l)	Q. Shanshayacu Alta - Camal Metropolitano	
		Coliformes totales y fecales	-	Exponentes de Escherichia Coli entre 6 y 7
		Fosfatos (0,76 - 5,35 mg/l)	Q. Shanshayacu Alta - Camal Metropolitano	-
		Detergentes (0,6 - 8,7 m/l)	-	-

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se aprecia que la quebrada Shanshayacu, localizada en el sector de las descargas del Camal Metropolitano es la que presenta mayor contaminación (1 466 mg DBO/l) y la menos contaminada es Ortega alta.

También se destaca que desde la quebrada Caupicho hasta Guápulo se presenta alta contaminación (120 - 230 mg DBO/l), que disminuye hasta Nayón (40 - 60 mg DBO/l), posiblemente esto ocurre debido a que disminuyen los aportes contaminantes y se incrementa la capacidad de depuración del río. El río Machángara en el tramo hasta la población de Nayón recibe descargas y desechos y parte de su caudal es captado para generación hidroeléctrica, junto

con las aguas turbinadas del río San Pedro, que son utilizadas en la central hidroeléctrica Cumbayá.

En el cuadro 55 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para el río Machángara.

Cuadro 55. Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Machángara

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	TRAMOS	OBSERVACIONES
Río Machángara	Contaminación típica de aguas servidas domésticas	DBO (120 - 230 mg/l)	Q. Caupicho - Q Batán	Alta contaminación orgánica
		DQO (215 - 450 mg/l)		
		DBO (40 - 60 mg/l)	Q. Batán - Nayón	Disminuye DBO
		DQO (90 - 130 mg/l)		
		OD (1 – 5,9 mg/l)	Todo el recorrido	Generación de gases y malos olores
		Coliformes totales y fecales		
		N-NH3 (14 - 21 mg/l)	DJ Q. Caupicho	N-NH3 baja hasta 4 mg/l en Nayón
		NTK (37 - 7 mg/l)	- Guápulo - Nayón	NTK con la misma tendencia anterior
		Fenoles		Sobre la normativa (TULSMA)
		Metales pesados (cadmio. cobre. mercurio. zinc)	Todo el recorrido	Bajas concentraciones pero sobre la normativa

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el cuadro 56 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para el río San Pedro.

Cuadro 56. Resumen de parámetros de calidad de agua para el río San Pedro

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	TRAMOS	OBSERVACIONES
Río San Pedro	Contaminación baja de aguas servidas domésticas	DBO (14 - 32 mg/l)	Todo el recorrido	Baja contaminación orgánica
		DQO (32 - 69 mg/l)		
		OD (6 - 7 mg/l)		
		DBO 32 mg/l	Cumbayá - Cervecería	Valores más altos
		DQO 69 mg/l		
		OD 4,9 mg/l		Malos olores
		Exponentes de Escherichia Coli entre 4 y 5	Todo el recorrido	Contaminación biológica menor que en los subsistemas anteriores
		Coliformes totales exponentes 4 y 6		
		N-NH ₃		
		Detergentes y fenoles		Detergentes cumplen y fenoles están sobre la normativa (TULSMA)

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el río San Pedro la calidad del agua es un limitante para su aprovechamiento, por lo que se limita a la generación hidroeléctrica y como cuerpo receptor de las descargas urbanas.

En el cuadro 57 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para el río Monjas.

Cuadro 57. Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Monjas

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	TRAMOS	OBSERVACIONES
Río Monjas	Contaminación típica de aguas servidas domésticas	DBO (140 - 260 mg/l)	Todo el recorrido	Alta contaminación orgánica
		DQO (290 - 460 mg/l)		
		OD (4,8 - 6 mg/l)		Generación de gases y malos olores
		Coliformes totales y fecales		Exponentes entre 6 y 7
		N-NH ₃ (10 - 25 mg/l)		Aguas sanitarias recientes
		Detergentes. fenoles y aluminio		Sobre la normativa (TULSMA)

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

En el cuadro 58 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para el río Guayllabamba, que limita su aprovechamiento para la generación de energía.

Cuadro 58. Resumen de parámetros de calidad de agua para el río Guayllabamba

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	TRAMOS	OBSERVACIONES
Río Guayllabamba	Contaminación baja de aguas servidas domésticas. Buena capacidad de autodepuración	DBO (28 - 71 mg/l)	Nayón-Golondrinas	Aumenta caudal y baja la contaminación orgánica
		DQO (71 - 151 mg/l)		
		Valores más altos de DBO y DQO	Nayón-Chapatas	Contaminación orgánica media
		OD > 6 mg/l	Todo el recorrido	Malos olores ocasionales
		Exponente de Escherichia Coli entre 6 en Nayón disminuye a 4 en Golondrinas	Nayón - Golondrinas	Contaminación microbiológica con tendencia a la bajar
		Coliformes totales exponente 6 a 7 en Nayón disminuye a 5 en Golondrinas		
		N-NH3 disminuye de 5,7 mg/l en Nayón a 0,3 mg/l en Golondrinas		
Detergentes. fenoles y metales pesados (cadmio, cobre, mercurio, zinc en bajas concentraciones)	Todo el recorrido	Sobre la normativa (TULSMA)		

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Desde Nayón hasta las Golondrinas el río Guayllabamba aumenta su capacidad de depuración, por el aporte de caudales con baja contaminación, por los altos niveles de turbulencia, y porque cruza áreas de baja densidad poblacional.

En el cuadro 59 se presenta el resumen de parámetros de calidad de agua para los afluentes al río Guayllabamba.

Cuadro 59. Resumen de parámetros de calidad de agua para los afluentes al río Guayllabamba

ZONAS DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS ALTOS	TRAMOS	OBSERVACIONES
Afluentes al río Guayllabamba	Contaminación típica de aguas servidas domésticas	DBO (8 - 49 mg/l)	Afluentes de la ribera oriental	Baja contaminación orgánica
		DQO (16 - 109 mg/l)		
		DBO 188 mg/l	Quebrada Ormaza ribera occidental	Contaminación orgánica elevada
		DQO 413 mg/l		
		OD 6 mg/l	Afluentes de la ribera oriental	Malos olores ocasionales
		Exponente de Escherichia Coli entre 3 a 7	Todo el recorrido	Ormaza presenta valores más altos
		Coliformes totales exponente entre 4 a 7		
		N-NH ₃ (0,3 - 4 mg/l)	Todo el recorrido	En Ormaza 29,45 mg/l característico de aguas residuales domésticas
		NTK (0,6 – 7,56 mg/l)	Todo el recorrido	En Ormaza 46,57 mg/l

Fuente: (MLM, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

3.5.1 PESTICIDAS

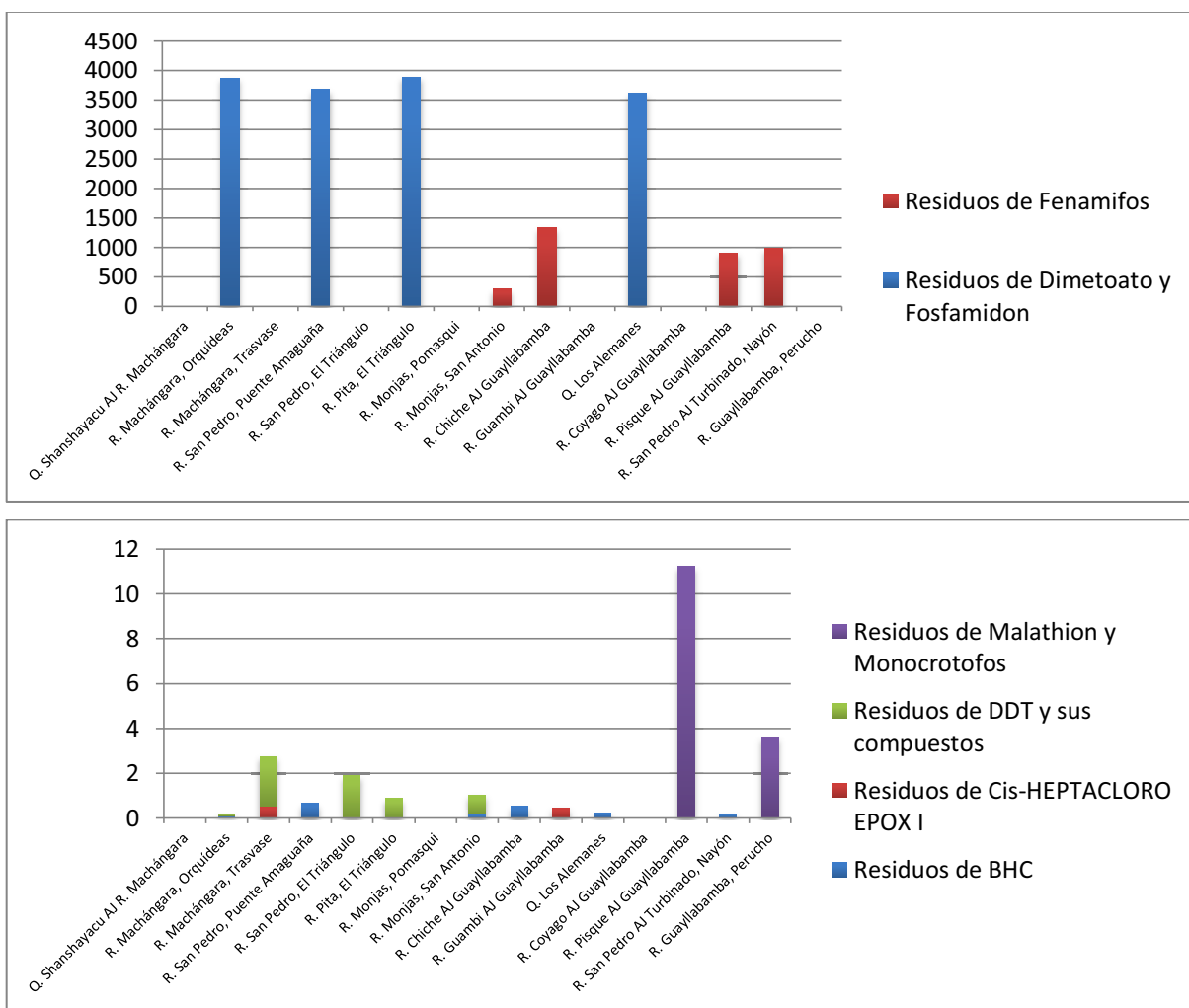
Los pesticidas son utilizados indiscriminadamente en nuestro medio y presentan grados de toxicidad y peligrosidad que pueden afectar la salud humana y a los

ecosistemas. Estos productos químicos pueden estar presentes en efluentes industriales y agrícolas ocasionando efectos negativos en los ecosistemas acuáticos. Sus efectos pueden impactar en la salud humana a corto y largo plazo, produciendo enfermedades y muerte. Tienen diferentes facilidades de degradación siendo los organoclorados los más resistentes.

En el período 2001 - 2004 se cumplieron campañas de medición de plaguicidas en aguas y sedimentos de los ríos. En el Mapa 12 del Anexo se observan los sitios de muestreo con sus resultados.

Se definen como sitios contaminados los puntos que sobrepasan el límite permisible para aguas de diferentes usos y suelos (sedimentos), de acuerdo al TULSMA y recomendaciones de la FAO/OMS, 1991, para plaguicidas no abordados en la legislación ecuatoriana (ver figura 26 y figura 27).

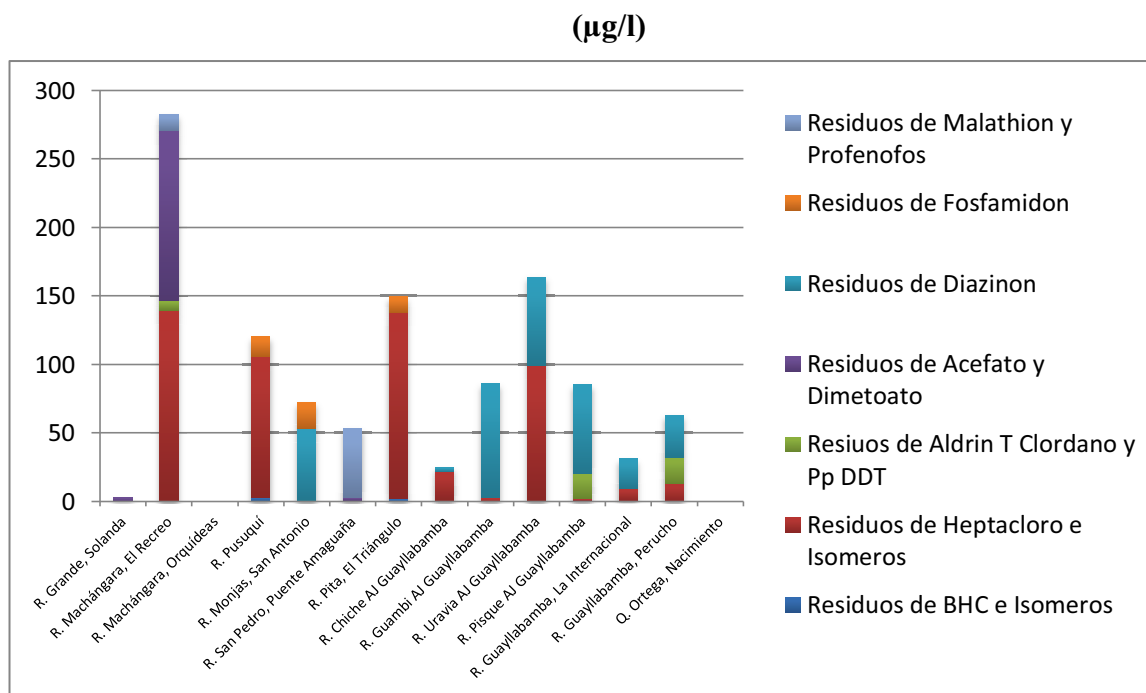
Figura 26. Residuos de pesticidas en aguas de ríos contaminados del DMQ (µg/l)



Fuente: (MLM, 2004 B), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Figura 27. Residuos de pesticidas en sedimentos de ríos contaminados del DMQ



Fuente: (MLM, 2004 B), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Por lo expuesto se concluye que:

- Existe contaminación de organofosforados en los ríos indicados en la figura 26, algunos con valores extremadamente altos de hasta 4 g/l. No se detectan carbamatos ni piretroides.
- No existe contaminación en las quebradas afluentes al río Machángara, y se detectaron residuos de organoclorados y clorofosforados en agua y sedimentos de los afluentes del río Guayllabamba.
- La mayor parte de los ríos de Quito se encuentran contaminados con pesticidas, potencialmente provenientes de actividades agrícolas e industriales.

3.5.2 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos en los cuerpos de agua tienen origen natural (erosión pluvial, hídrica y eólica) y antropogénico.

Los sedimentos actúan como portadores y reservorios de contaminantes que pueden ser liberados, sirviendo al mismo tiempo como indicadores de contaminación y registro de contaminación ambiental a través del tiempo.

En los años 2002 y 2003 se realizó la evaluación de la contaminación de sedimentos de los ríos del DMQ, para complementar la información de monitoreo de calidad del agua, como parte del Programa de Monitoreo de los Ríos Contaminados del DMQ. El estudio incluye contaminantes inorgánicos, nutrientes, contaminantes orgánicos, análisis microbiológico y análisis generales como pH, temperatura, conductividad, entre otros.

A partir de información cartográfica de la cobertura vegetal se logró obtener información sobre las áreas erosionadas y canteras. Estos son lugares que pueden producir gran cantidad de partículas que por acción del viento o lluvia podrían ser transportados a los ríos más cercanos siendo una fuente de material sedimentable.

En el Mapa 14 del Anexo se aprecia la ubicación de los sitios de muestreo, los puntos que exceden el límite permisible, las zonas industriales, las zonas urbanas, las zonas erosionadas y las canteras.

Finalmente, se concluye que todos los puntos observados tienen una contaminación microbiológica por los vertidos domésticos, que ingresan a los ríos y quebradas. Se observa contaminación de amonio en las zonas de mayor concentración urbana y contaminación de metales en zonas urbana con posibles vertidos industriales.

3.5.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

Para las cuencas del río Guayllabamba y Blanco se utiliza la información sobre macroinvertebrados obtenida del documento “Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico – Diagnóstico” (Andrade, L., et al, 2012), en donde se realiza una recopilación de estudios biológicos en el área de estudio.

Se lograron determinar 412 puntos de estudio con información biótica de organismos acuáticos, de los cuales 340 disponen de información sobre macroinvertebrados acuáticos. En algunos puntos, la información es multitemporal y corresponde a estudios de monitoreo realizados durante varios años, en distintas estaciones climáticas.

La información disponible sobre macroinvertebrados acuáticos es abundante y diversa, siendo su mayor volumen el indicador BMWP. Es por esta razón que se

escogió este índice para obtener la calidad de agua desde el punto de vista biológico.

3.5.3.1 Índice Biológico BMWP

El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) (Armitage, P., et al, 1983), fue establecido en Inglaterra en 1970 y se fundamenta en la relación de tolerancia e intolerancia de ciertos taxones de macroinvertebrados acuáticos; su uso se ha extendido significativamente debido a su sencillez y rapidez. La aplicación de este índice requiere determinaciones a nivel de familia, otorgando calificaciones en una escala del 1 a 10, siendo 10 para organismos altamente sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae; y 1 para organismo extremadamente tolerantes a la contaminación orgánica como Tubificidae (Prat, N., et al, 2009).

Una vez identificados taxonómicamente a nivel de familia, los organismos reciben su respectiva calificación para finalmente sumar las mismas y obtener el respectivo valor BMWP. Cada valor debe ser comparado con una tabla estandarizada, la cual presenta Clase, Rango, Calidad, Características del cuerpo de agua y Color cartográfico (Zamora, 2007) (ver cuadro 60). Para el análisis de tramos se utilizó únicamente la calidad con la calificación ambiental del índice BMWP para así estandarizar la información.

Cuadro 60. Clases, valores, y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP

CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERÍSTICAS	COLOR CARTOGRÁFICO
I	> 121	Muy Buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101-120	Buena	Agua limpias	Azul claro
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo
V	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	< 15	Muy Crítica	Agua fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Zamora, 2007), (Andrade, L., et al, 2012)

3.5.3.2 Análisis de la calidad biótica del recurso hídrico.

La calidad de los ríos de las subcuencas en base a la información de macroinvertebrados acuáticos y en función del índice BMWP fue caracterizada de en el cuadro 61 y se encuentra representada geográficamente en el Mapa 15 del Anexo.

Cuadro 61. Sitios estudiados con macroinvertebrados acuáticos y su calidad ambiental en función del índice BMWP a nivel de subcuencas

CLASE	I	II	III	IV	V	VI	# TOTAL DE PUNTOS
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	ACEPTABLE	DUDOSA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA	
Blanco Bajo	0	0	0	0	0	0	0
Blanco Medio	2	1	0	0	1	0	4
Blanco Alto	29	2	5	6	0	0	42
Guayllabamba Alto	4	3	4	6	7	23	47
Guayllabamba Medio	1	1	6	1	2	4	15
Guayllabamba Bajo	35	3	7	5	4	0	54
Alambi	39	8	4	0	1	0	52
San Pedro	18	12	33	14	6	2	85
Pita	17	6	13	1	1	1	39
Pisque	0	0	0	1	1	0	2
Intag	0	0	0	0	0	0	0
Total	143	35	72	34	22	30	336

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

La calificación de las microcuencas expresa los resultados indicados en el cuadro 62.

Cuadro 62. Sitios estudiados con macroinvertebrados acuáticos y su calidad ambiental en función del índice BMWP a nivel de microcuencas.

CLASE	I	II	II	IV	V	VI	# TOTAL DE PUNTOS
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	ACEPTABLE	DUDOSA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA	
Urvia	0	0	0	1	0	0	1
Monjas	1	1	4	0	1	2	9

CLASE	I	II	II	IV	V	VI	# TOTAL DE PUNTOS
CALIDAD	MUY BUENA	BUENA	ACEPTABLE	DUDOSA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA	
Machángara	1	0	0	2	1	16	20
Guambi	1	0	1	1	0	0	3
Coyago	0	0	0	0	1	1	2
Chiche	0	0	0	2	0	0	2
Total	3	1	5	6	3	19	37

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

3.6 TRAMOS CRÍTICOS DE LOS CAUCES

3.6.1 RESPECTO AL CAUDAL LÍQUIDO

La determinación preliminar de tramos de cauces críticos, en donde existe un déficit en volumen o caudal de agua, se define según (De Bievre & Coello, 2008), como tramo con estrés hídrico. En el cuadro 63 se describen los tramos con problemas.

Cuadro 63. Tramos con estrés hídrico.

SUBCUENCA	RÍO	TRAMO
San Pedro	San Pedro	Entre la captación y el retorno de los caudales que alimentan las centrales hidroeléctricas de Guangopolo, Cumbayá y Nayón
		Aguas arriba de Machachi
		Entre Machachi y la unión con el Río Pita
Pita	Pita	Aguas abajo de la captación de la EPMAPS, hasta la unión con el río San Pedro
Guayllabamba Alto	Coyago	Entre El Quinche y Guayllabamba debido a una sobre concesión de agua para riego.
	Guayllabamba	Tramo bajo del río Guayllabamba desde el retorno de las aguas de la Central Nayón hasta la salida de la cuenca central

SUBCUENCA	RÍO	TRAMO
Pisque	Granobles	En esta cuenca la demanda de riego es alta y existe sobre concesión para riego en varios tramos, especialmente alrededor de la ciudad de Cayambe

Fuente: (De Bievre & Coello, 2008), (Andrade, L., et al, 2012)

En el Mapa 16 del Anexo se detalla la ubicación de ellos.

3.6.2 RESPECTO A LA CALIDAD DEL AGUA

En el resumen ejecutivo de los Estudios de Factibilidad del Programa para la Descontaminación de los Ríos de Quito (Fitchtner-Hidroestudios, 2009), se presentó el estado de contaminación de los ríos de Quito, basado en lineamientos y estándares de calidad del agua de otros países y organismos internacionales, considerando que el TULSMA no está acorde con la realidad del territorio del DMQ. Los resultados se resumen en el cuadro 64.

Cuadro 64. Criterios de calidad del agua propuestos

GRADO	ESTADO DE CONTAMINACIÓN	USO ASOCIADO	LÍMITES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD
A	Cercano a un estado libre de contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Preservación de vida acuática y silvestre • Recreativos con contacto directo. <ul style="list-style-type: none"> • Riego. • Generación hidroeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - OD > al 80 % de la concentración de saturación - DBO5 ≤ 8 mg/l - NH4+ ≤ 0,5 mg/l - Coliformes Totales: ≤ 4,0 E+03 - Ausencia de recubrimientos de bacterias y especies filamentosas
B	Contaminación moderada	<ul style="list-style-type: none"> • Recreación sin contacto directo. • Generación hidroeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - OD > al 60 % de la concentración de saturación - DBO5 ≤ 17 mg/l - NH4+ ≤ 1,5 mg/l - Coliformes Totales: ≤ 3,0 E+04 - Presencia de recubrimientos de bacterias y especies filamentosas

GRADO	ESTADO DE CONTAMINACIÓN	USO ASOCIADO	LÍMITES DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD
C	Contaminación alta	<ul style="list-style-type: none"> • Recreación sin contacto directo. • Generación hidroeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - OD > al 40 % de la concentración de saturación - DBO5 ≤ 25 mg/l - NH3 ≤ 1,8 mg/l - Coliformes Totales: ≤ 3,0 E+05 - Presencia de recubrimientos de bacterias y especies filamentosas
D	Contaminación severa	<ul style="list-style-type: none"> • Usos restringidos 	<ul style="list-style-type: none"> - OD < al 40 % de la concentración de saturación - DBO5 ≥ 25 mg/l - NH4 ≤ 1,8 mg/l - Coliformes Totales: ≤ 3,0 E+05 - Presencia de recubrimientos de bacterias y especies filamentosas - Evidente olor de aguas residuales en las cercanías del río y burbujas de gas que emergen del agua en zonas de agua estancada.

Fuente: (Fitchtner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

A partir del análisis de la información contenida en el “Banco de Datos de Calidad de los Ríos de Quito”, la Unidad de Control de la Contaminación determinó el estado de los ríos y se adoptaron como usos a preservar, aquellos cuyos criterios de calidad son compatibles con las metas y objetivos de calidad, definidos a alcanzar con la implementación del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito; esta información se presenta en el cuadro 65, 66, 67 y 68.

En el cuadro 65 se presentan los usos a preservar en el río Guayllabamba.

Cuadro 65. Usos a preservarse en el río Guayllabamba

TRAMO DEL RÍO/ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
D.J. río San Pedro con río Machángara hasta Puente Viejo.	<p>Contaminación moderada.</p> <p>Usos recreativos sin contacto directo.</p> <p>Riego Restringido.</p>	<p>DBO₅: 19 mg/l</p> <p>N-NH₄: 2,5 mg/l</p> <p>CT:1,0E+05 NMP/100ml</p>

TRAMO DEL RÍO/ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
	Generación Hidroeléctrica.	
Puente Viejo hasta A.J. río Monjas.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Riego Restringido. Generación Hidroeléctrica.	DBO ₅ : 16 mg/l N-NH ₄ : 2,0 mg/l CT:9E+04 NMP/100ml
D.J. río Monjas hasta Perucho.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Riego Restringido. Generación Hidroeléctrica.	DBO ₅ : 15 mg/l N-NH ₄ : 2,0 mg/l CT:5,0E+04 NMP/100ml
Perucho hasta Cochapata.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Riego Restringido. Generación Hidroeléctrica.	DBO ₅ : 15 mg/l N-NH ₄ : 1,5 mg/l CT: 4,0E+04 NMP/100ml
Cochapata hasta el Puente El Chontal. D.J. río Alambi.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Riego Restringido. Generación Hidroeléctrica.	DBO ₅ : 12 mg/l N-NH ₄ : 1,5 mg/l CT:2E+04 NMP/100ml
D.J. río Alambi hasta D.J. río San Dimas y Salto del Tigre.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Riego Restringido. Generación Hidroeléctrica. Preservación de la vida acuática y silvestre	DBO ₅ : 7 mg/l N-NH ₄ : 1 mg/l CT: 5E+03 NMP/100ml
D.J. río San Dimas hasta Las Golondrinas.	Contaminación baja. Usos recreativos sin contacto directo. Apta para riego. Generación Hidroeléctrica. Presentación de la vida acuática y silvestre.	DBO ₅ : 7 mg/l N-NH ₄ : 1 mg/l CT: 500 NMP/100 ml

Fuente: (Fitchner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

En el cuadro 66 se presentan los usos a preservar en el río San Pedro.

Cuadro 66. Usos a preservarse en el río San Pedro

TRAMO DEL RÍO / ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
Aloag hasta Puente de Uyumbicho.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. No apta para riego.	DBO ₅ : 7,0 mg/l N-NH ₄ : 0,7 mg/l CT: 1,27E+05 NMP/100ml
Puente de Uyumbicho hasta A.J. río Pita.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Apta para riego.	DBO ₅ : 9,0 mg/l N-NH ₄ : 0,9 mg/l CT: 4,0E+04 NMP/100ml
A.J. río Pita hasta descarga Central hidroeléctrica de Guangopolo.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo. Comportamiento del río como efímero. Captación para la central.	DBO ₅ : 20 mg/l N-NH ₄ : 0,9 mg/l CT: 5E+04 NMP/100ml

Fuente: (Fitchner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

En el cuadro 67 se presentan los usos a preservar en el río Machángara.

Cuadro 67. Usos a preservarse en el río Machángara

TRAMO DEL RÍO / ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
Quito Sur hasta Villa Flora.	Contaminación severa. Usos restringidos.	DBO ₅ : 48 mg/l N-NH ₄ : 5,5 mg/l CT: 5E+06 NMP/100ml
Villa Flora hasta El Trébol.	Contaminación severa. Usos restringidos.	DBO ₅ : 40 mg/l N-NH ₄ : 5 mg/l CT: 2,0E+05 NMP/100ml
El Trébol hasta Las Orquídeas.	Contaminación alta. Usos recreativos sin contacto directo.	DBO ₅ : 36 mg/l N-NH ₄ : 4,5 mg/l CT: 1E+04 NMP/100ml
Las Orquídeas hasta Puente en Guápulo.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo.	DBO ₅ : 30 mg/l N-NH ₄ : 4,2 mg/l CT: 8E+02 NMP/100ml

TRAMO DEL RÍO / ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
Puente en Guápulo hasta Trasvase Cumbayá / Nayón.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo.	DBO ₅ : 20 mg/l N-NH ₄ : 3,5 mg/l CT: 22 NMP/100 ml

Fuente: (Fichtner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

En el cuadro 68 se presentan los usos a preservar en el río Monjas.

Cuadro 68. Usos a preservarse en el río Monjas

TRAMO DEL RÍO / ESQUEMA	CALIDAD Y USO DEL AGUA	CRITERIOS
Qda. El Colegio hasta D.J. Qda. Alcantarilla y Qda. Villorita.	Contaminación severa. Usos restringidos.	DBO ₅ : 59 mg/l N-NH ₄ : 6 mg/l CT: 1,3E+07 NMP/100ml
D.J. Qda. Alcantarilla y Qda. Villorita hasta Puente en Pomasqui.	Contaminación alta. Usos restringidos.	DBO ₅ : 29 mg/l N-NH ₄ : 3,4 mg/l CT: 7E+05 NMP/100ml
Puente en Pomasqui hasta Puente en San Antonio.	Contaminación alta. Usos recreativos sin contacto directo.	DBO ₅ : 26 mg/l N-NH ₄ : 2,7 mg/l CT: 7E+05 NMP/100ml
Puente en San Antonio hasta A.J. río Guayllabamba.	Contaminación moderada. Usos recreativos sin contacto directo.	DBO ₅ : 19 mg/l N-NH ₄ : 2,5 mg/l CT: 1,9E+05 NMP/100ml

Fuente: (Fichtner-Hidroestudios, 2009), (Andrade, L., et al, 2012)

3.6.2.1 TRAMOS DE LOS RÍOS

Para establecer la calidad general de los ríos principales en el estudio, se acoplaron criterios químicos y biológicos establecidos en seis categorías. Para esto se utilizó el índice BMWP de calidad del agua (diversos estudios de macroinvertebrados) (Andrade, L., et al, 2012), la calidad actual del agua del DMQ (Fichtner-Hidroestudios, 2009), la calidad del agua según el Informe de Monitoreo de los Ríos Contaminados del DMQ (MLM, 2007) y la información adicional de este mismo documento sobre las mayores poblaciones, sus descargas y los

principales usos de los ríos para poder sustentar la decisiones. Esta clasificación general, refleja la calidad de los ríos de acuerdo a la presencia de organismos con distintos grados de tolerancia ecológica, los valores de parámetros de calidad registrados en los cuerpos de agua y sedimentos, y criterios adicionales que influyen en la calidad del agua (pastos, cultivos, industrias, poblaciones, cobertura vegetal, minas uso del agua). Esta información se presenta en el cuadro 69.

Cuadro 69. Criterios para la obtención de la calidad del agua en el área de estudio

INFORMACIÓN PREVIA DE CALIDAD DEL AGUA							CALIDAD DEL AGUA		Características
Índice BWMP obtenido a partir de varios estudios		Plan de Descontaminación de los Ríos del DMQ			Informe de Monitoreo Ambiental de los Ríos Contaminados del DMQ				
Clase	Calidad	Color	Estado	Color	Contaminación	Color	Calidad	Color	Características
VI	Muy Crítica	Rojo	Severa	Rojo	Alta	Rojo	Muy Crítica	Rojo	Contaminación típica de aguas residuales domésticas
V	Crítica	Naranja	Alta	Naranja			Crítica	Naranja	
IV	Dudosa	Amarillo	Moderada	Amarillo	Media	Amarillo	Dudosa	Amarillo	Contaminación de aguas residuales domésticas con importante capacidad de auto recuperación
III	Aceptable	Verde		Verde			Aceptable	Verde	
II	Buena	Cian	Cercano a libre de contaminación	Cian	Media a Baja	Amarillo	Buena	Cian	Cercano a estado libre de contaminación
I	Muy Buena	Azul		Azul			Muy Buena	Azul	

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012), (Fichtner-Hidroestudios, 2009), (MLM, 2007)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

La calidad biótica del agua, considerando diferentes fuentes, exhibe las siguientes calificaciones para cada una de las subcuencas:

- La subcuenca del río Pita presenta las clases II, III y IV de calidad del agua;
- La subcuenca del río San Pedro presenta las clases III, V y VI de calidad del agua;
- La subcuenca del río Guayllabamba Alto presenta las clases III, IV, V y VI de calidad del agua;
- La subcuenca del río Pisque presenta las clases II, III y IV de calidad del agua;
- La subcuenca del río Guayllabamba Medio presenta las clases IV, V y VI de calidad del agua;
- La subcuenca del río Intag presenta las clases II y III de calidad del agua;
- La subcuenca del río Alambi presenta la clase III calidad del agua;
- La subcuenca del río Guayllabamba Bajo presenta las clases III y IV de calidad del agua;
- La subcuenca del río Blanco Alto presenta la clase III de calidad del agua;
- La subcuenca del río Blanco Medio presenta las clases II y III de calidad del agua; y,
- La subcuenca del río Blanco Bajo presenta la clase III de calidad del agua.

En el Mapa 17 se aprecian los tramos críticos de los cauces del área de estudio.

3.7 TRABAJO DE CAMPO Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un Trabajo de Campo los días 24 y 26 de marzo de 2012, con el objetivo de generar información directa de los cursos de agua principales de la cuenca del río Guayllabamba y validar la información de calidad generada a partir de estudios y reportes existentes.

La validación consistió en la recopilación de información de parámetros físico químicos en 12 secciones de la red hidrográfica principal, correspondientes a 4 subcuencas que representan el 30% del área de estudio.

En cada sección se registró además las coordenadas UTM WGS – 84 y las cotas.

3.7.1 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

Para los muestreos se consideraron las subcuencas de los ríos San Pedro, Pita, Guayllabamba Alto y Pisque ya que presentan mayor conflicto en relación con la disponibilidad y calidad del agua.

Para la definición de las secciones de muestreo se utilizó la cartografía con los tramos de los ríos en función de la cantidad y la calidad del agua considerando los tramos con diferentes problemática.

Las actividades cumplidas se resumen en:

- Identificación en campo de las condiciones físico – geográficas, hidráulicas, ambientales y biológicas de los cuerpos de agua;
- Mediciones de temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH y conductividad, y toma de muestras en las secciones seleccionadas, para análisis de DQO y sólidos sedimentables; y,
- Muestreo cualitativo de macroinvertebrados.

3.7.2 METODOLOGÍA

En cuanto a los parámetros físico-químicos del agua, se midió la temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH y la conductividad, en cada una de las secciones consideradas, con equipos del Laboratorio Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional. Además se tomaron muestras para el análisis en laboratorio de sólidos sedimentables y de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), como se muestra en la Fotografía 1 y Fotografía 2.

Los datos fueron anotados en planillas de campo y los resultados obtenidos fueron comparados con los criterios de calidad propuestos por el Plan de Descontaminación de los ríos de Quito (Fitchtner-Hidroestudios, 2009), por el Informe de Monitoreo de los Ríos Contaminados del DMQ (MLM, 2007) y se utilizó el Índice simplificado de calidad de aguas (Miliarium, 2004) para corroborar los resultados.

Fotografía 1. Toma de muestras y análisis de parámetros en campo



Fotografía 2. Análisis de parámetros en laboratorio



3.7.3 INFORMACIÓN GENERADA

3.7.3.1 Subcuenca del río San Pedro

En esta subcuenca se visitaron tres secciones representativas. En toda la subcuenca se observaron intensivas actividades agrícolas y ganaderas. En el cuadro 70 se aprecian las coordenadas de los puntos de muestreo. Se presentan también fotografías de las secciones (Fotografía 3, 4 y 5).

Cuadro 70. Sitios de Muestreo – Subcuenca San Pedro

CÓD	SITIOS DE MUESTREO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm.)
SP1	Río Jambelí en Puente Panamericana	9 936 688	767 698	3 022
SP2	Río San Pedro en Puente La Calera	9 949 914	772 934	2 762
SP3	Río San Pedro en Puente Batallón Chimborazo	9 960 686	781 378	2 543

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Fotografía 3. Río Jambelí en Puente Panamericana (SP1),**Fotografía 4. Río San Pedro en Puente La Calera (SP2)**

Fotografía 5. Río San Pedro en Puente Batallón Chimborazo (SP3)



En el cuadro 71 se presenta un resumen de los parámetros físico-químicos medidos en las secciones de muestreo de la subcuenca del río San Pedro que permiten validar el estado de calidad del agua en el momento que se efectuó el muestreo.

Cuadro 71. Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río San Pedro

PARÁMETROS		SP1 - RÍO JAMBELÍ	SP2 - RÍO SAN PEDRO	SP3 - RÍO SAN PEDRO
In-Situ	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	186	379	307,8
	pH	7,89	7,3	7,8
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	11,5	12	15
	Oxígeno disuelto (mg/l)	6,98	7,15	6,35
	Turbiedad (NTU)	216	352	608
Laboratorio	DQO ($\text{mg O}_2/\text{l}$)	31	46	106
	Sólidos sedimentables (ml/l)	0,9	1,2	2

PARÁMETROS	SP1 - RÍO JAMBELÍ	SP2 - RÍO SAN PEDRO	SP3 - RÍO SAN PEDRO
FECHA	24/03/2012	24/03/2012	24/03/2012
HORA	9H10	10H15	11H15

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Los valores reflejan una calidad del agua que empeora a medida que pasan por las poblaciones en la parte baja de la cuenca. Desde el punto SP1 hasta el punto SP3 aumenta la temperatura, la turbiedad, la DQO y los sólidos sedimentables, sin embargo existe un buen nivel general de oxigenación y bajo nivel de DQO (<100) que se debe probablemente a que en los días de medición se presentaron lluvias que crearon un efecto de dilución en las aguas de los ríos.

3.7.3.2 Subcuenca del río Pita

En esta subcuenca se tomaron muestras en dos secciones. Se observó la presencia de abundante vegetación en los márgenes del río, actividades agroproductivas y lugares de desarrollo de actividades turísticas como la visita a las cascadas del río Pita y la pesca deportiva. En el cuadro 72 se presenta la ubicación de los puntos de muestreo que fueron considerados.

Cuadro 72. Sitios de Muestreo – Subcuenca Pita

CÓD	SITIOS DE MUESTREO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm.)
PT1	Río Pita en la Toma Molinuco	9 954 106	788 609	2 845
PT2	Río Pita Puente vía Colibrí - Pifo	9 963 542	787 198	2 555

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Fotografía 6. Río Pita en la Toma Molinuco (PT1)



Fotografía 7. Río Pita Puente vía Colibrí – Pifo (PT2)



En el cuadro 73 se presentan los parámetros físico-químicos medidos en el cauce principal del río Pita, que permiten validar el estado de calidad del agua para el momento del muestreo.

Cuadro 73. Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río Pita

PARÁMETROS		PT1 - RÍO PITA	PT2 - RÍO PITA
In-Situ	Conductividad (μS/cm)	143	143

PARÁMETROS		PT1 - RÍO PITA	PT2 - RÍO PITA
	pH	7,7	7,4
	Temperatura (°C)	12,5	15
	Oxígeno disuelto (mg/l)	6,98	6,72
	Turbiedad (NTU)	102	392
Laboratorio	DQO (mg O ₂ /l)	112	46
	Sólidos sedimentables (ml/l)	0,6	1,4
FECHA		24/03/2012	24/03/2012
HORA		14H20	12H15

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Estos puntos presentan una calidad muy similar que está de acuerdo con los mapas de calidad del agua obtenidos a partir de diversos estudios. El punto PT1 presenta una DQO de 112 mg O₂/l ya que por efecto de la lluvia posiblemente hubo un lavado de los suelos aportando materia orgánica junto con el escurrimiento.

3.7.3.3 Subcuenca del río Guayllabamba alto

Esta es la subcuenca más poblada de toda el área de estudio. Se observó el desarrollo de actividades productivas que inciden en el grado de contaminación de los ríos del área. Se realizaron muestreos en 4 secciones detalladas en el cuadro 74.

Cuadro 74. Secciones de Muestreo – Subcuenca Guayllabamba alto

CÓD	SITIOS DE MUESTREO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm.)
GBA1	Río El Inga Puente vía Colibrí - Pifo	9 966 344	793 852	2 532
GBA2	Río San Pedro en Puente vía Intervalles	9 970 096	784 016	2 410
GBA3	Río Chiche en antiguo Puente de Piedra	9 976 858	792 755	2 396
GBA4	Río Guayllabamba Puente Panamericana	9 992 906	792 231	1 932

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Fotografía 8. Río El Inga Puente vía Colibrí - Pifo**Fotografía 9. Río San Pedro en Puente vía Intervalles**

Fotografía 10. Río Chiche en antiguo Puente de Piedra



Fotografía 11. Río Guayllabamba Puente Panamericana



El cuadro 75 presenta los parámetros físico-químicos medidos en los ríos de la subcuenca del río Guayllabamba Alto, que permiten validar el estado de calidad del agua para el momento del muestreo.

Cuadro 75. Parámetros de calidad del agua - Subcuenca Guayllabamba Alto

PARÁMETROS		GBA1- RÍO EL INGA	GBA2 - RÍO SAN PEDRO	GBA3- RÍO CHICHE	GBA4 - RÍO GUAYLLABAMBA
In-Situ	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	218,2	252	182	242
	pH	8,1	8	8,2	8
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	13	17	14	18

PARÁMETROS		GBA1- RÍO EL INGA	GBA2 - RÍO SAN PEDRO	GBA3- RÍO CHICHE	GBA4 - RÍO GUAYLLABAMBA
	Oxígeno disuelto (mg/l)	7,18	6,67	7,26	6,76
	Turbiedad (NTU)	172	584	320	1132
Laboratorio	DQO (mg O ₂ /l)	35	107	50	89
	Sólidos sedimentables (ml/l)	0,2	1,4	0,9	3
FECHA		26/03/2012	24/03/2012	26/03/2012	26/03/2012
HORA		8H40	16H00	10H10	11H30

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Los resultados concuerdan con los análisis realizados de la calidad del agua de los tramos de la Subcuenca Guayllabamba Alto; sin embargo, muestran una dilución por posible efecto de las lluvias en aquellos días. El punto GBA4 presenta una turbiedad alta posiblemente debido al arrastre de gran cantidad de sedimentos por las crecidas.

3.7.3.4 Subcuenca del río Pisque

En esta subcuenca se establecieron 3 secciones de muestreo. Se observó el desarrollo de intensas actividades productivas agrícolas y ganaderas. En el cuadro 76 se presenta la ubicación de los tres sitios de muestreo.

Cuadro 76. Sitios de Muestreo – Subcuenca del río Pisque

CÓD	SITIOS DE MUESTREO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm.)
PQ1	Río Granobles Puente Hacienda Granobles	10 006 080	815 595	2 732
PQ2	Río Pisque D.J ríos Granobles y Guachalá	10 000 877	814 037	2 612

CÓD	SITIOS DE MUESTREO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm.)
PQ3	Río Pisque Puente Panamericana - Tabacundo	9 997 350	796 855	2 003

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Fotografía 12. Río Granobles Puente Hacienda Granobles



Fotografía 13. Río Pisque D.J ríos Granobles y Guachalá



Fotografía 14. Río Pisque Puente Panamericana - Tabacundo



En el cuadro 77 se presentan los parámetros físico-químicos de las muestras de las aguas, tomadas en las secciones del río Pisque, que permiten validar el estado de calidad del agua para el momento del muestreo.

Cuadro 77. Parámetros de calidad del agua - Subcuenca del río Pisque

PARÁMETROS		PQ1 - RÍO GRANOBLES	PQ2 - RÍO PISQUE	PQ3 - RÍO PISQUE
In-Situ	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	138	212	293
	pH	7,8	8	8,3
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	16	15	18
	Oxígeno disuelto (mg/l)	6,86	6,38	7,04
	Turbiedad (NTU)	58	60	194
Laboratorio	DQO (mg O_2/l)	24	17	22
	Sólidos sedimentables (ml/l)	1	0,2	0,5
FECHA		26/03/2012	26/03/2012	26/03/2012
HORA		12H50	13H20	16H20

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Se aprecia una leve reducción de la calidad del agua en dirección de la corriente, y en general, se observa una mejor calidad a la determinada en la información secundaria, que puede justificarse por las lluvias que favorecieron la dilución de las aguas del río.

3.7.3.5 Información biológica obtenida mediante el índice BMWP

La información biológica obtenida utilizando el índice BMWP en la salida de campo se resume en el cuadro 78.

Cuadro 78. Cuadro comparativo de calidad resultados de macroinvertebrados acuáticos esperados y obtenidos

SUBCUENCAS	CÓDIGO	SITIOS DE MUESTREO	CALIDAD ESPERADA	CALIDAD VERIFICADA	OBSERVACIONES
Subcuenca San Pedro	SP1	Río Jambelí en Puente Panamericana	Dudosa	Dudosa	Predominan organismos de la familia Chironomidae, característico de aguas con cierto grado de contaminación.
	SP2	Río San Pedro en Puente La Calera	Dudosa	Crítica	Se registraron organismos pertenecientes a familias tolerantes a la contaminación: Chironomidae, Tipulidae, Ceratopogonidae, Muscidae y Tubifex.
	SP3	Río San Pedro en Puente Batallón Chimborazo	Dudosa	Dudosa	Se identificaron organismos de las familias Baetidae, Chironomidae, Hyalellidae y Planariidae (planarias), indicadores de baja contaminación; y, Tipulidae, Physidae, Chironomidae y Tubifex (anélido) indicadores de contaminación.
Subcuenca Pita	PI1	Río Pita en la Toma Molinuco	Dudosa	Dudosa	Familias identificadas: Chironomidae tolerante a la contaminación; y, Baetidae, Unionidae, Scirtidae, Planariidae indicadores de cuerpos de aguas con baja contaminación.
	PI2	Río Pita Puente vía Colibrí - Pifo	Dudosa	Muy Crítica	Escasez de organismos. Familias presentes: Hyalellidae (semitolerante a la contaminación); y, Muscidae y Chironomidae (tolerantes a la contaminación).

SUBCUENCAS	CÓDIGO	SITIOS DE MUESTREO	CALIDAD ESPERADA	CALIDAD VERIFICADA	OBSERVACIONES
Subcuenca Pisque	PIS1	Río Granobles Puente Hacienda Granobles	Dudosa	Muy Crítica	Tres familias identificadas: Baetidae (intolerante a la contaminación); Chironomidae y Tubifex (tolerantes).
	PIS2	Río Pisque D.J ríos Granobles y Guachalá	Dudosa	Crítica	Familias Baetidae y Simuliidae indicadores de ambientes con baja o ninguna contaminación y Chironomidae organismos muy tolerantes a la contaminación.
	PIS3	Río Pisque Puente Panamericana - Tabacundo	Dudosa	Crítica	Familias Baetidae (intolerante a la contaminación); y, Ceratopogonidae, Chironomidae y Tubificidae, comprenden organismos tolerantes a ambientes contaminados.
Subcuenca Guayllabamba Alto	GA1	Río El Inga Puente vía Colibrí - Pifo	Aceptable	Crítica	Familias identificadas Simuliidae y Baetidae (intolerantes a ambientes contaminados); Tipulidae, Ceratopogonidae y Chironomidae (tolerantes a la contaminación), con diversidad de organismos.
	GA2	Río San Pedro en Puente vía Intervalles	Crítica	Muy Crítica	Organismos de las familias Tipulidae, Cyclobdellidae (sanguijuelas) y Chironomidae presentes en sitios muy contaminados.
	GA3	Río Chiche en antiguo Puente de Piedra	Crítica	Crítica	Familias identificadas Baetidae (intolerantes a la contaminación); y, Tipulidae, Chironomidae y Tubificidae (tolerantes a la contaminación).
	GA4	Río Guayllabamba Puente Panamericana	Crítica	Crítica	Organismos de las familias: Baetidae y Elmidae, habitantes de sitios con baja o ninguna contaminación; y, Culicidae y Chironomidae, indicadores de ambientes contaminados.

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

3.7.3.6 Conclusiones del trabajo de campo

La información resultante del Trabajo de Campo, confirma el comportamiento de los ríos en relación con la cantidad y calidad de las aguas en las secciones analizadas, y que en general concuerda con el diagnóstico que se presenta en los mapas de los tramos críticos. Sin embargo, se precisa que se ha observado una mejor calidad de las aguas debido a las lluvias presentadas en los días de

muestreo. A mayor caudal, se tiene mayor dilución y mayor arrastre de sedimentos.

Con los resultados obtenidos del trabajo de campo, se ha confirmado el diagnóstico realizado, es decir, la calidad obtenida del agua ha seguido la misma tendencia de la calidad esperada.

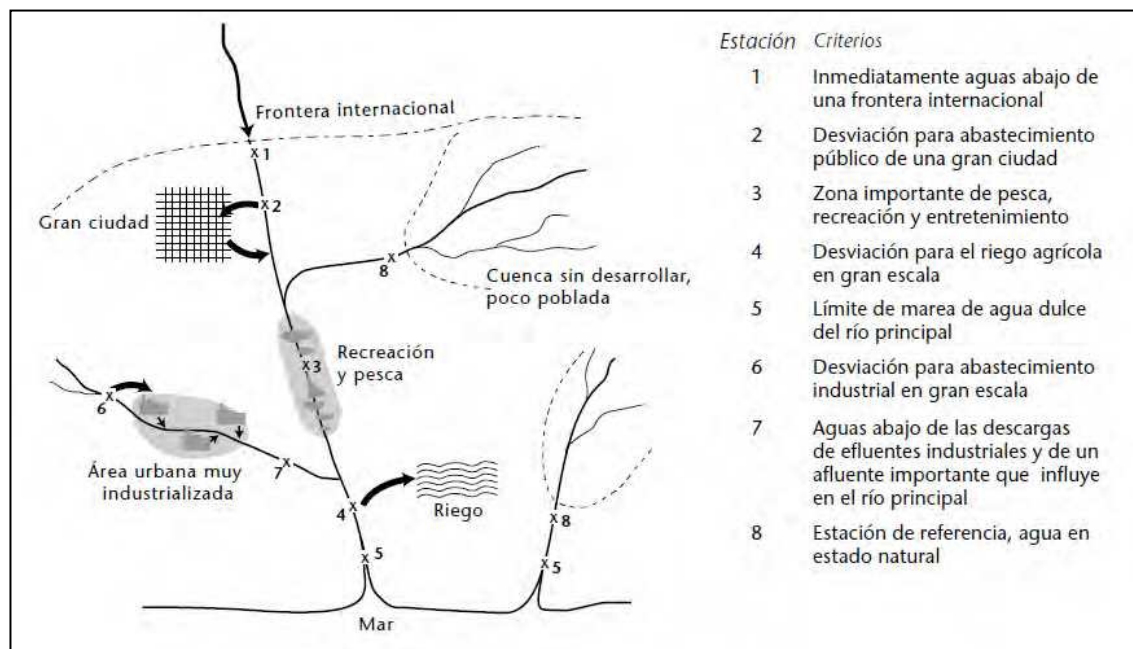
CAPÍTULO 4

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO PARA EL DMQ

4.1 METODOLOGÍA A APLICAR

A manera de orientación se presentan a continuación los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) a tomar en cuenta en el diseño de las estaciones de monitoreo de la cantidad y calidad del recurso hídrico, en relación con los sitios de ubicación de las estaciones. En la figura 28 se muestra un esquema recomendado para la ubicación de las estaciones respecto a la calidad de agua.

Figura 28. Ubicación sugerida para las estaciones de monitoreo de la calidad del agua



Fuente: (OMM, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

Además, para la ubicación de las estaciones hidrométricas se deben seguir las recomendaciones que dicta la (OMM, 2011), para las secciones de aforo de caudales y de sólidos, que son:

- El curso general del río debe ser recto unos 100 metros aguas arriba y aguas abajo de la estación de aforo;
- El lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones ni a rellenos y debe estar libre de plantas acuáticas;
- Las orillas deben ser permanentes, lo suficientemente altas para contener las crecidas y deben estar libres de arbustos;
- Deben haber controles naturales inalterables: afloramiento de rocas en el fondo o un cañón estable durante el estiaje, y un cauce encajonado para las crecientes;
- Se debe disponer de un sitio conveniente para alojar el limnógrafo (registrados automático), inmediatamente aguas arriba del control, y protegerlo contra posibles daños por escombros llevados por las aguas durante las crecidas del río;
- El limnógrafo debe estar por encima de toda crecida probable que pueda ocurrir durante el período de vida de la estación;
- El sitio de aforo debe estar lo suficientemente aguas arriba de la confluencia con otro río o de los efectos de la marea, para evitar toda influencia variable que puedan ejercer sobre el nivel en el sitio de la estación; y,
- El sitio debe ser accesible para facilitar la instalación y el funcionamiento de la estación de aforo.

4.1.1 ESTACIONES HIDROLÓGICAS

El principal objetivo de este tipo de estaciones es obtener información sobre la disponibilidad, distribución geográfica y la variabilidad en el tiempo de los recursos hídricos (OMM, 2011). Entre los factores más importantes que deben tomarse en cuenta en la determinación de la densidad mínima de estaciones se destacan los siguientes (INAMHI, 2001. Planificación de la Red Hidrometeorológica del Ecuador. Quito): las condiciones climáticas, geográficas y las variaciones espaciales de los regímenes pluviométricos e hidrológicos y de las aguas subterráneas; la naturaleza de la hidrografía, en términos de condiciones de densidad de drenaje de las cuencas; y, la situación económica de la región (grado de desarrollo).

La red hidrométrica es un conjunto de estaciones para la medición puntual de niveles, caudales, sedimentos, parámetros físico – químicos y otros valores de los cursos de agua, distribuidas en una cuenca y región con cierta densidad e instaladas con criterios tendientes a que la información obtenida alcance el mayor grado de veracidad (INAMHI, 2001).

Otro criterio de definición de las redes de estaciones es de acuerdo a su permanencia en el tiempo o fines específicos a cumplir: estaciones Principales o de Base (instalaciones fijas o permanentes); estaciones secundarias, de apoyo para las principales; y, estaciones terciarias, para responder a requerimientos específicos.

Los criterios propuestos en el documento por la Escuela Politécnica Nacional (Andrade, L., et al, 2010), respecto a la definición de las estaciones son los siguientes:

- La red de estaciones hidrológicas del Ecuador (RHE) es única y está conformada por un conjunto de puestos de observación, localizadas en secciones específicas y están sujetos a estándares de operación que su correcto funcionamiento. Están destinadas a la medición de caudales, niveles, sedimentos y otros parámetros físico – químicos de los cursos de agua;
- Estas estaciones son operadas por el INAMHI y se pueden considerar estaciones operadas por otras instituciones que garanticen los estándares de calidad;
- Se proponen criterios de densidad de estaciones y el escalonamiento en los ríos principales en áreas de montaña, con un desnivel de 500 m; y,
- Se consideran también estaciones operacionales, adicionales a las que conforman la RHE, para fines específicos de apoyo en función de la demanda de información sectorial: generación hidroeléctrica, agua potable, planificación regional, saneamiento, etc.

En el cuadro 79 se incluye a manera de resumen las densidades mínimas propuestas, en diferentes referencias, de estaciones de monitoreo hidrológico.

Cuadro 79. Densidad mínima para estaciones hidrológicas

INSTITUCIÓN	CONDICIONES	DENSIDAD	RADIO DE ACCIÓN
		(km ² /estación)	(km)
OMM	Montaña	1 000	18
INAMHI	Poblada, generalmente con problemas de agua, condiciones variables y complicadas	300	10
EPN	Laderas de montaña	5 000	40

* - dato generado en función de correlaciones mensuales

Fuente: (OMM, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

4.1.2 ESTACIONES DE SEDIMENTOS

Deben ser consideradas como parte de las estaciones hidrológicas, que tienen un régimen adicional de monitoreo del transporte de sedimentos, para evaluar la intensidad de los procesos erosivos en una cuenca hidrográfica. En el cuadro 80 se muestran las densidades mínimas recomendables para este tipo de estaciones.

Cuadro 80. Densidad mínima de la red de estaciones de sedimentos

UNIDAD FISIAGRÁFICA	DENSIDAD MÍNIMA POR ESTACIÓN	RADIO DE ACCIÓN
	(km ² / estación)	(km)
Zona Costera	18 300	76
Zona Montañosa	6 700	46
Llanuras Interiores	12 500	63
Pequeñas Islas	2 000	25

Fuente: (OMM, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

4.1.3 ESTACIONES DE CALIDAD DEL AGUA

La utilidad del agua depende de su calidad físico - química, por lo tanto es necesario la instalación de estaciones de muestreo en los ríos, cuyo número varía en función de la hidrología y de los usos del agua (OMM, 2011). En el cuadro 81 se tienen las densidades mínimas para este tipo de estaciones.

Cuadro 81. Densidad mínima para estaciones de calidad del agua

ZONA	DENSIDAD MÍNIMA	RADIO DE INFLUENCIA
	(km ² /estación)	(km)
Costa	55 000	132
Montaña	20 000	80
Llanuras Interiores	37 500	109
Pequeñas Islas	6 000	44

Fuente: (OMM, 2011), (Andrade, L., et al, 2012)

4.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Se presentan los criterios primarios a tomarse en cuenta para la ubicación de estaciones de calidad del agua, y se incluyen criterios secundarios que facilitarán la ubicación final de las mismas.

4.2.1 CALIDAD DEL AGUA

Se deben tomar en cuenta los recursos hídricos con potencial de contaminación y contaminación variable. En este caso se utilizarán los análisis de calidad de los ríos en el área de estudio. Éstos se realizaron a partir de la recopilación de estudios químicos y biológicos de calidad del agua (Cano & Escobar, 2011).

4.2.2 DISTANCIA A CENTROS POBLADOS

Los ríos más cercanos a un asentamiento humano tienen mayor probabilidad de receptor vertimientos de aguas residuales domésticas. En este caso se debe considerar el número de habitantes y la dotación de agua potable ya que influyen directamente en la cantidad de aguas residuales vertidas (Cano & Escobar, 2011).

4.2.3 DISTANCIA A ZONAS INDUSTRIALES

Las descargas industriales pueden contaminar los recursos hídricos con metales pesados, pesticidas o carga orgánica dependiendo del tipo de industria, por lo que una estación en las cercanías de las descargas permitirá mayor control de los límites permisibles de descargas (OMM, 2011).

4.2.4 USO Y COBERTURA DEL SUELO

El suelo tiene un potencial de contaminación que depende esencialmente de su topografía, uso y características de la vegetación. Su grado de afectación a la calidad del agua se representa por las cargas contaminantes puntuales o difusas. Existirá probabilidad de contaminación de materia orgánica en suelos utilizados para pasto, contaminación de pesticidas en suelos utilizados para cultivos y arrastre de sedimentos en zonas erosionadas y de pérdida de vegetación (Cano & Escobar, 2011).

4.2.5 ORDEN DE LA CORRIENTE

El potencial de contaminación de un río será mayor si tiene más tributarios. Con el propósito de cubrir el número de estaciones requeridas se considerarán como lugares potenciales a los ríos principales de las subcuencas y microcuencas. También se deben considerar a los ríos con el estado más natural posible que puedan proporcionar información de referencia (Cano & Escobar, 2011).

4.2.6 USOS DEL AGUA

Se debe tomar en cuenta el uso que se le da actualmente y se le dará en el futuro al agua para poder relacionarlo con los límites permisibles y tratar de ubicar cualquier fuente de contaminación que pueda afectar su uso destinado. Para este caso se tendrá en cuenta si su uso es recreativo, industrial, agrícola, para preservación de flora y fauna, para transporte, estético, pecuario o para consumo humano y uso doméstico. También se deberá tomar en cuenta su uso como captaciones o descargas de hidroeléctricas, riego o abastecimiento público. (UNEP/WHO/UNESCO/WMO, 1992)

4.2.7 ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Debe considerarse el aspecto hidráulico del río ya que permite realizar cálculos del balance de masa y elaborar modelos de calidad del agua para estimar la dinámica de los contaminantes. Estos lugares deben dar la facilidad de medir niveles de agua, velocidad de flujo y caudal. De esta manera se sugirió en el Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito considerar los siguientes sitios que poseen estaciones hidrológicas (ver cuadro 82).

Cuadro 82. Estaciones de monitoreo de la calidad del agua sugeridas por el Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ALTITUD	ESTADO
H170	Guayllabamba AJ Blanco	Limnimétrica	90	Con información
H195	San Pedro en Tumbaco	Limnimétrica	2 260	Sin información
H197	Capelo AJ San Pedro	Limnimétrica	2 445	Sin información
H198	Pita AJ San Pedro	Limnimétrica	2 460	Sin información
H200	Guayllabamba en Puente carretera	Limnimétrica	1 925	Sin información
H185	San Pedro en Puente Inca	Limnimétrica	2 600	Sin información
H028	Machángara en el Recreo	Limnimétrica	2 790	Con información
H137	Machángara en Guápulo	Limnigráfica	2 800	Con información
H145	Guayllabamba AJ Cubi	Limnigráfica	1 540	Con información

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ALTITUD	ESTADO
H146	Guayllabamba DJ Alambi	Limnigráfica	625	Con información
H147	Guayllabamba DJ Pachijal	Limnigráfica	410	Con información
H148	Guayllabamba DJ Pisque	Limnigráfica	1 690	Con información
H149	Guayllabamba en Puente Chacapata	Limnigráfica	860	Con información
H154	Monjas DJ Qda. Colorada	Limnimétrica	2 270	Con información
H180	Monjas en Piscinas	Limnimétrica	3 160	Sin información
H159	San Pedro en Machachi	Limnigráfica	2 680	Con información

Fuente: (Fitchtner-Hidroestudios, 2009)

4.2.8 CRITERIOS SECUNDARIOS

Estos criterios se tomarán en cuenta para la decisión final de la ubicación de las estaciones y facilitarán el proceso de toma de muestras.

4.2.8.1 Recursos económicos

Se debe contar con suficientes recursos económicos para la implementación, uso y mantenimiento de las estaciones. Se requiere contar con personal disponible, transporte, instrumentos y materiales para la toma de muestras y su traslado a laboratorios. El número de estaciones a implementarse dependerá de este criterio al igual que sus fases de implementación (MDSMA-SDSPA, 1999).

4.2.8.2 Distancias a caminos y laboratorios

Las distancias de las estaciones a las vías de acceso se pueden considerar ya que influyen en los tiempos de desplazamiento. El estado de las vías puede

dificultar o facilitar la accesibilidad a un lugar establecido. Un puente es un lugar adecuado para una estación ya que es fácilmente accesible, claramente identificable y la estación puede ser descrita con precisión. De igual manera se debe considerar la distancia a laboratorios con el objetivo de reducir costos y tiempo (puede influir en la preservación de muestras) (Cano & Escobar, 2011).

4.2.8.3 Pendiente del terreno

Se deben eliminar las zonas de pendientes extremadamente pronunciadas por su inaccesibilidad y dificultad de ubicación de una estación de monitoreo (Cano & Escobar, 2011).

4.2.8.4 Mezcla completa

Las estaciones de muestreo deben ser seleccionadas en función de que el agua esté lo suficientemente mezclada para que sea una muestra representativa. Si hay caídas y rápidos que provocan turbulencia, el agua se mezclará rápidamente, pero no será una muestra representativa ya que debe tenerse en cuenta que el oxígeno disuelto aumentará, por esta razón el muestreo debe realizarse aguas arriba. La mezcla completa puede ser comprobada por medición de temperaturas o por la toma de varias muestras en el ancho del río para cubrir la posibilidad de mezcla incompleta. (DINAMA, 1996)

4.3 PONDERACIÓN DE CRITERIOS

El objetivo de la ponderación de criterios es demostrar la necesidad de estaciones para cada subcuenca.

Para poder definir las estaciones de monitoreo en las subcuencas de drenaje se deberán tomar en cuenta los criterios establecidos en el numeral 4.2 incluyendo la densidad mínima de estaciones del numeral 4.1, las estaciones hidrológicas ya establecidas y la matriz que se presenta en el cuadro 83.

Debe tomarse en cuenta que estas estaciones deberán coincidir con estaciones hidrológicas que permitan la medición de la cantidad del agua. Para esto se pueden utilizar las estaciones sugeridas en el numeral 4.2.7 u otras estaciones hidrológicas manejadas por el INHAMI. En caso de que no existan estaciones en

sitios de gran interés, se deberán implementar estaciones hidrológicas o rehabilitar estaciones en desuso.

Se han ponderado en una matriz los siguientes factores (Andrade, L., et al, 2012):

- Condición Natural, que responden a los factores físico – geográficos y climáticos propios de cada una de las subcuencas, con una ponderación del 50 %; y,
- Condición Antropogénica, que refleja el grado de intervención del hombre en la subcuenca, a través de actividades sociales y productivas, con una ponderación también del 50%.

Se presenta la propuesta en forma de matriz (ver cuadro 83):

Cuadro 83. Matriz de ponderación

		CONDICIONES NATURALES (50%)						CONDICIONES ANTROPOGÉNICAS (50%)						
		Físico - Geográficas (25%)			Climáticas (25%)			Grado de desarrollo (20%)			Calidad físico- química del agua (20%)	Calidad biológica del agua (10%)		
SUBCUENCA		Desnivel	Área de la Subcuenca	Pendiente	Tipo de Suelo	Total	Precipitación	Temperatura	Total	Población			Hidroeléctricas	Pastos y Cultivos
PITA														

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

En esta matriz se consideran condiciones físicas y climáticas no abordadas a profundidad en este estudio ambiental y que influyen en la cantidad del agua. Se presenta como una propuesta que sirve como complemento en la decisión final de la ubicación de estaciones. La ponderación fue planteada a partir de criterios de los expertos, y revisiones bibliográficas de los asistentes de ingeniería involucrados en el proyecto RMRH-SA.

4.4 MATRÍZ DE VALORACIÓN

De acuerdo a los criterios a tomar en cuenta en el área de estudio, se presenta a continuación una propuesta para su valoración en donde 5 requerirá la mayor atención para monitoreo y 1 la menor (ver cuadro 84).

Cuadro 84. Matriz de valoración

VALORACIÓN	DESIVEL	ÁREA DE LA SUBCUENCA	PENDIENTE	TIPO DE SUELO	PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA	POBLACIÓN	HIDROELÉCTRICAS	PASTOS Y CULTIVOS (%)	INDUSTRIAS	CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA	CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA
5	Muy alto	Muy grande	Muy fuerte	Impermeable	Muy alta	Muy alta	Muy alta	>50	> 50	Demasiadas	Muy crítica	Muy crítica
4	Alto	Grande	Fuerte	Poco permeable	Alta	Alta	Alta	20 - 50	30 - 50	Muchas	Crítica	Crítica
3	Medio	Media	Media	Mediano	Media	Media	Media	5 - 20	15 - 30	Algunas	Dudosa	Dudosa
2	Bajo	Pequeña	Baja	Permeable	Baja	Baja	Baja	1 - 5	5 - 15	Pocas	Aceptable	Aceptable
1	Muy bajo	Muy pequeña	Muy baja	Muy permeable	Muy baja	Muy baja	Muy baja	< 1	< 5	Ninguna	Buena	Buena

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Al llenar la matriz de ponderación por subcuenca se obtendrá un número en porcentaje que indicará la necesidad de cada cuenca para ser monitoreada, en el caso de 100% requerirá total atención y 0% ninguna atención. Se recomienda implementar por lo menos una estación en cada subcuenca para su análisis.

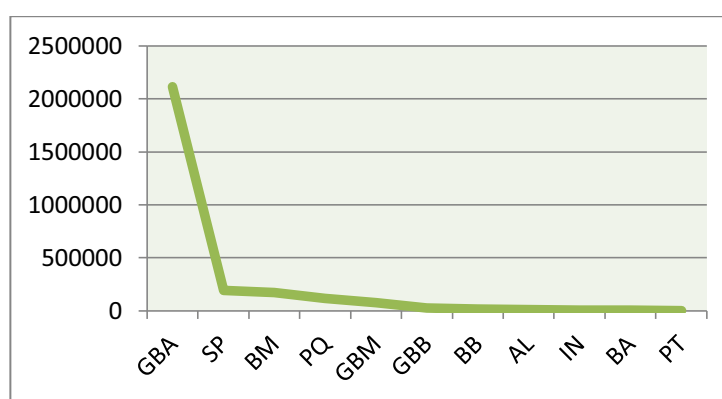
Los valores presentados en esta matriz son subjetivos, por lo que se deberán plantear criterios objetivos como los indicados en la siguiente valoración obtenida

a partir del diagnóstico ambiental y la información secundaria recopilada (ver cuadro 85):

4.4.1 VALORACIÓN PARA EL FACTOR POBLACIÓN EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN

Se observó una tendencia exponencial entre el número de habitantes de las subcuencas. Se ponderó a la población de las subcuencas de acuerdo al número de habitantes (ver figura 29 y cuadro 85):

Figura 29. Población total en las subcuencas



Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Cuadro 85. Ponderación y valoración de acuerdo a la población

CUENCA	POBLACIÓN	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
GBA	2 116 040	5	> 200 000
SP	193 857	4	100 000 - 200 000
BM	172 811	4	
PQ	113 917	4	
GBM	75 899	3	10 000 - 100 000
GBB	25 856	3	
BB	17 772	3	
AL	11 289	3	
IN	6 848	2	5 000 - 10 000

CUENCA	POBLACIÓN	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
BA	5 336	2	
PT	0	1	< 5 000

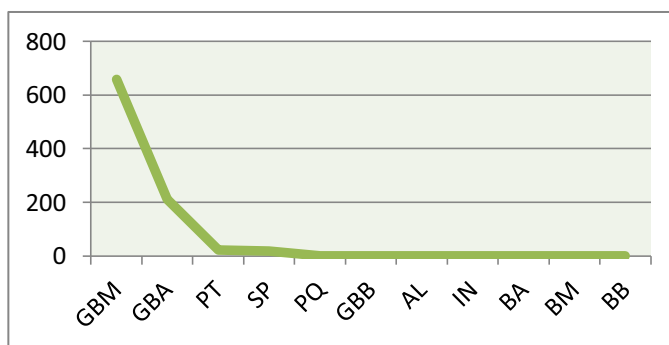
Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.4.2 VALORACIÓN PARA EL FACTOR HIDROELÉCTRICAS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN

Las hidroeléctricas demandan caudal líquido y muchas veces no cuentan con un caudal ecológico. Se observó una tendencia exponencial entre las sumatorias de las potencias de las hidroeléctricas de cada subcuenca. Se ponderó a las hidroeléctricas de las subcuencas de acuerdo a su potencia total, que influye principalmente en el caudal captado (ver figura 30 y cuadro 86):

Figura 30. Potencia total generada por hidroeléctricas en las subcuencas



Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Cuadro 86. Ponderación y valoración de acuerdo a la potencia de las hidroeléctricas

CUENCA	POTENCIA TOTAL (MW)	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
GBM	658	5	> 216
GBA	211,1	4	36 a 216
PT	23	3	6 a 36
SP	19,1	2	
PQ	1,6	2	1 a 6

GBB	0	1	sin hidroeléctricas
AL	0		
IN	0		
BA	0		
BM	0		
BB	0		

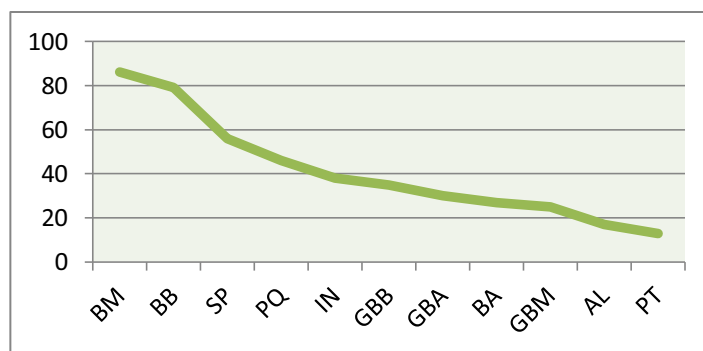
Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.4.3 VALORACIÓN PARA EL FACTOR PASTOS Y CULTIVOS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN

Los pastos y cultivos influyen en la cantidad de pesticidas y carga orgánica vertidas en los ríos de manera difusa. Se observó una tendencia lineal entre las áreas de pastos y cultivos de las subcuencas por lo que se ponderó a los pastos y cultivos de acuerdo a su porcentaje de área (ver figura 31 y cuadro 87):

Figura 31. Área total de pastos y cultivos en las subcuencas



Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Cuadro 87. Ponderación y valoración de acuerdo al porcentaje de área de pastos y cultivos

CUENCA	PORCENTAJE DEL ÁREA (%)	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
BM	86	5	80 - 100 %
BB	79	4	60 - 80 %
SP	56	3	40 - 60 %
PQ	46		

IN	38	2	20 - 40 %
GBB	35		
GBA	30		
BA	27		
GBM	25		
AL	17	1	0 - 20 %
PT	13		

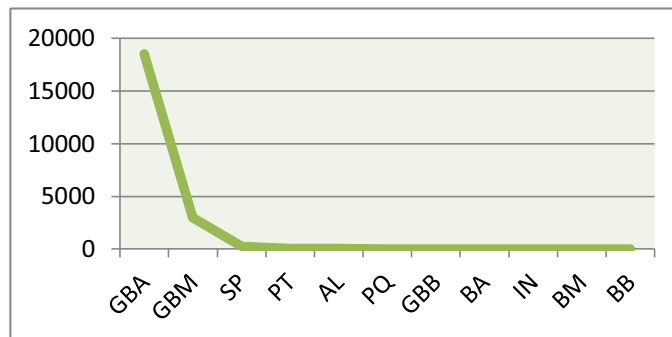
Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.4.4 VALORACIÓN PARA EL FACTOR INDUSTRIAS EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN

Las industrias aportan con nutrientes, pesticidas y sustancias tóxicas como metales pesados. Se ponderó a las industrias de las subcuencas de acuerdo a su número a partir de observar que presentaron una tendencia exponencial (ver figura 32 y cuadro 88).

Figura 32. Número total de industrias en las subcuencas



Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Cuadro 88. Ponderación y valoración de acuerdo al número de industrias

CUENCA	NÚMERO DE INDUSTRIAS	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
GBA	18507	5	> 10000
GBM	3002	4	1000 a 10000
SP	267	3	100 a 1000
PT	42	2	10 a 100
AL	42		

PQ	5	1	< 10
GBB	4		
BA	4		
IN	0		
BM	0		
BB	0		

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.4.5 VALORACIÓN PARA EL FACTOR CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA EN LA MATRIZ DE VALORACIÓN

Se ponderó a la calidad físico-química del agua en las subcuencas de acuerdo al nivel de contaminación más alto de sus ríos principales de la siguiente manera (cuadro 89):

Cuadro 89. Ponderación y valoración de acuerdo a la calidad físico-química del agua

CUENCA	CALIDAD	PONDERACIÓN	VALORACIÓN
GBA	muy crítica	5	muy crítica
SP	muy crítica	5	
GBM	muy crítica	5	
		4	crítica
PQ	dudosa	3	dudosa
GBB	dudosa	3	
PT	dudosa	3	
BM	aceptable	2	aceptable
BB	aceptable	2	
AL	aceptable	2	
BA	aceptable	2	
IN	aceptable	2	
		1	buena y muy buena

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Para la calidad biológica del agua se utilizó una valoración similar utilizando la información del índice BMWP de macroinvertebrados en las subcuencas.

4.5 CONSIDERACIONES PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREO

4.5.1 VARIABLES A MONITOREAR

Se sugiere monitorear los siguientes parámetros que muestran cambios en situaciones específicas (ver cuadro 90):

Cuadro 90. Variables a monitorear para situaciones específicas

PARÁMETROS DE MEDICIÓN	CASO	PROBLEMA
Temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales	Combinación más simple para proporcionar el mínimo de información	Necesidad de información
DBO, DQO, nitrógeno orgánico disuelto, fósforo total y coliformes fecales	Aguas residuales, descargas de mataderos, industrias de alimentos y agroindustrias	Descargas con alto contenido de materia orgánica
Nitratos, amonio y fósforo total	Descarga puntual o escurrimiento sobre suelos con actividad agrícola	Eutrofización por ingreso de nutrientes
Sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, boro, sodio, calcio, magnesio y coliformes fecales	Prácticas agrícolas e irrigación	Excesiva concentración de ciertos elementos y erosión
Aldrin, dieldrin, clordano, DDT, endosulfan, endrin, lindano, heptacloro, mirex, metoxycloro, 2,4D; 2,4,5T; 2,4,5TP; paratión y compuestos aromáticos	Agricultura	Persistencia de plaguicidas y herbicidas

PARÁMETROS DE MEDICIÓN	CASO	PROBLEMA
Sólidos totales, DBO, DQO, fenoles, cianuro, arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, hierro, mercurio, níquel y zinc	Efluentes industriales	Tóxicos de origen químico
Metales (fracciones particuladas y disueltas)	Rellenos sanitarios y depósitos de residuos sólidos	Efluente y lixiviados
Fracciones de metales (cadmio, cobre y zinc), pH y alcalinidad	Transporte de largo plazo de contaminantes atmosféricos	Acidificación de lagos, ríos y aguas subterráneas
Pruebas de toxicidad potencial sobre organismos vivos (peces, daphnia, algas, bacterias, etc.)	Aguas contaminadas	Efectos nocivos sobre población, comunidades y ecosistemas.

Fuente: (DINAMA, 1996)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.5.2 TIPOS DE ESTACIONES

Debido al costo de operación y mantenimiento que requieren las estaciones automáticas y a los objetivos de este proyecto, se recomienda que la toma de muestras se realice de forma manual para su análisis en laboratorio y en campo. Además, experiencias previas del INAMHI con estaciones automáticas han mostrado varios problemas de operación y monitoreo (Andrade, L., et al, 2012).

Se utilizarán las estaciones hidrológicas que proporcionan información sobre la cantidad del agua. Sin embargo, existe la posibilidad de la futura implantación de estaciones automáticas con sistemas de monitoreo continuo y radiotransmisión o almacenamiento de datos que tiene un costo actual de aproximadamente veinte mil dólares por unidad de multiparámetros básicos (oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, turbidez). En caso de demandar su instalación se debe contactar a las empresas que puedan prestar estos servicios (Anvari, A., et al, 2009) (Flanary & Boyington, 2007) (IN-SITU, 2012) (SensorVital, 2010).

4.5.3 EQUIPAMIENTO

El equipamiento será el siguiente para cada parámetro a medirse en las estaciones hidrológicas. (cuadro 91)

Cuadro 91. Equipamiento básico – parámetros de cantidad del recurso

PÁRAMETRO	EQUIPAMIENTO
Nivel del Agua	Escala Vertical Graduada (Limnómetro)
Nivel del Agua	Limnógrafo (Caseta)
Aforo Líquido	Cable y carro de aforo, molinete, torno 25 a 75 kg y escandallo
Aforo Sólido	Botellas de Plástico, tornos de 25 y 50 kg, Muestreador de sólidos, etiquetas

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Para realizar análisis de campo de parámetros físico –químicos y microbiológicos se podrán utilizar los siguientes instrumentos que presentan la ventaja de manejar muestras recientes, que no han sido contaminadas o afectadas por almacenamiento o transporte; pero algunas producen resultados menos precisos que los obtenidos en laboratorio (ver cuadro 92).

Cuadro 92. Equipamiento básico para monitoreo de parámetros de campo

PARÁMETRO	EQUIPAMIENTO
Temperatura	Termómetro de vidrio (alcohol, tolueno o mercurio) con 0,1 C de graduación o termómetro electrónico. Usualmente forma parte de oxímetros y conductivímetros.
pH	Papel colorimétrico, líquido colorimétrico o pHmetro electrónico
Conductividad	Conductivímetro
Oxígeno disuelto	Se puede realizar en campo por el método de Winkler (dos reactivos y titulación con tiosulfato de sodio) o por el método electrométrico (oxímetro)
Turbiedad	Nefelómetro
Coliformes fecales	Método de membranas filtrantes (alto costo) o método de incubación tardía

Fuente: (DINAMA, 1996), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Además, se requiere el uso de envases de plástico o vidrio para la toma de muestras para el análisis de laboratorio. Existirá una variación del tamaño del envase, material del envase, sustancias para la preservación de la muestra, nivel de esterilización y requerimiento de refrigeración dependiendo de los análisis. Los métodos de análisis se realizarán de acuerdo a las estándares de la publicación

“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” en coordinación con los laboratorios para la adecuada obtención de muestras.

Otros equipos con los que se debería contar son: un muestreador automático (disminuye errores humanos), un GPS, cámara fotográfica, baterías nuevas y una amplia gama de herramientas básicas.

Para el uso adecuado del equipamiento se debe referir a los manuales de los fabricantes. Estos análisis deben seguir estándares específicos tomando en cuenta su uso adecuado, mantenimiento y calibración que deberá constar en un programa de control de calidad realizado en coordinación con el laboratorio de referencia. De igual manera, existen métodos para la obtención de muestras representativas en el lugar de muestreo que se indican en el “Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos” de la ex Dirección de Medio Ambiente del Municipio del DMQ. (Dirección de Medio Ambiente, 1998)

Se recomienda un equipo de protección personal que evite afectaciones a la salud de la persona que realizará el muestreo.

4.5.3.1 Equipo de protección personal para el monitoreo

- Impermeable (traje electrosoldado tipo pescador)
- Guantes de caucho de dedos curvos
- Equipo de seguridad especializado para rapel (arneses de rescate, mosquetones y cuerdas)
- Mascara contra gases y vapores orgánicos
- Inmunización (vacunas)
- Equipo de limpieza
- Jabón líquido
- Alcohol yodado
- Bidón de agua (García P. , 2009)

4.5.4 FRECUENCIA DE OBSERVACIONES

La frecuencia debe ser mayor en las estaciones con calidad del agua más variable que en las que permanece relativamente constante. Las muestras deben ser obtenidas aproximadamente a la misma hora del día en cada estación de

monitoreo. Se debería comenzar con un cronograma fijo que pueda ser ajustado según las necesidades (ver cuadro 93).

Cuadro 93. Frecuencias anuales de muestreo recomendadas

TIPOS DE ESTACIONES PARA RÍOS Y ARROYOS	FRECUENCIA DE MUESTREO	
Línea base (condiciones naturales de calidad de agua)	Mínimo	4 incluyendo etapas de alto y bajo caudal
	Óptimo	24 (cada dos semana) y semanalmente para sólidos suspendidos
Análisis de tendencias (cambios en la calidad por distintas fuentes)	Mínimo	12 en áreas de drenajes grandes (aprox. 100 000 km ²)
	Máximo	24 para áreas de drenaje menores (aprox. 10 000 km ²)
Flujo global del río (ríos mayores, flujos anuales y contaminantes críticos)	Cuencas grandes (>200 000 km ²) (1)	6 para metales particulados (2) y 12 para cualquier otra variable
	Cuencas pequeñas (<200 000 km ²) (1)	24 para variables básicas (3), 12 para nutrientes, contaminantes orgánicos y metales (4), y 6 para análisis de metales particulados (2)
(1) Se recomienda un registro continuo de descargas y muestreo semanal de sólidos suspendidos totales.		
(2) Arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, selenio y zinc.		
(3) Temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloro, sulfatos, alcalinidad, nitratos y nitritos, fósforo total filtrado y no filtrado, silicio, clorofila a, carbono orgánico disuelto y particulado, nitrógeno orgánico disuelto y particulado.		
(4) Aluminio, hierro y manganeso (disueltos y particulados). Arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, selenio y zinc (disueltos).		

Fuente: (UNEP/WHO/UNESCO/WMO, 1992), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Para propósitos de control se recomiendan muestreos semanales y para diferencias significativas se recomiendan muestreos diarios o un muestreo continuo.

En caso de requerir información sobre las variaciones diarias (máximos y mínimos) se recomiendan realizarse muestreos a intervalos regulares (2-3 horas).

Se recomienda el monitoreo de las condiciones extraordinarias de caudal en las que se dan valores extremos de calidad del agua. En su máximo puede haber mayor arrastre de sedimentos y en su mínimo puede haber mayor concentración de contaminantes. Se puede considerar que en el mínimo, los valores sobre el límite permisible serán más fácilmente detectables. (DINAMA, 1996)

De acuerdo a sugerencias de diversos documentos, los costos de análisis de laboratorio, la necesidad de información y su facilidad de obtención, se ha procedido a clasificar a los ríos del área de estudio en cuatro tipos que indican los parámetros a monitorearse y su frecuencia (ver cuadro 94).

- Tipo A: Aguas de buena calidad
- Tipo B: Aguas contaminadas por descargas residuales domésticas
- Tipo C: Aguas contaminadas por descargas agrícolas
- Tipo D: Aguas contaminadas por descargas industriales

Cuadro 94. Parámetros y frecuencias de muestreo recomendados para la red metropolitana ambiental de la calidad del recurso hídrico

PARÁMETROS	ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA, ML	TIPO DE MUESTRA	CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	
						A	B	C	D	
						FRECUENCIA				
Físicos	Conductividad específica	P, V	500	S, C	Refrigerar	28d	ME	ME	ME	ME
	Sólidos (sólidos suspendidos totales)	P, V	200	S, C	Refrigerar	7d	ME	ME	ME	ME
	Sólidos (sólidos disueltos)	P, V	200	S, C	Refrigerar	7d	-	-	SE	-
	Turbiedad	P, V	-		Analizar inmediatamente, refrigerar hasta 4°C en caso de almacenamiento (no recomendado)		ME	ME	ME	ME

PARÁMETROS	ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA, ML	TIPO DE MUESTRA	CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	
						A	B	C	D	
FRECUENCIA										
	Temperatura	P, V	-	S	Analizar inmediatamente	0,25h	ME	ME	ME	ME
Metales	Metales en general (arsénico, cadmio, plomo, hierro, níquel y zinc)	P (A), V (A)	1000	S, C	Para metales disueltos filtrar inmediatamente, añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses	-	-	-	AN
	Boro	P (PTFE) o quartz	1000	S, C	HNO ₃ hasta pH<2	28d	-	-	AN	AN
	Cromo VI	P (A), V (A)	1000	S	Refrigerar	24h	-	-	-	AN
	Cobre por colorimetría*	-	-	S, C	-	-	-	-	-	AN
	Mercurio	P (A), V (A)	1000	S, C	Añadir HNO ₃ hasta pH<2, 4°C, refrigerar	28d	-	-	-	AN
Inorgánicos no metálicos	Cianuro (total)	P, V	1000	S, C	Añadir NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad	24h	-	-	-	AN
	Cianuro (susceptible de cloración)	P, V	1000	S, C	Añadir 0,6g de ácido ascórbico si existe cloro residual y refrigerar	stat	-	-	-	AN
	pH	P, V	50	S	Analizar inmediatamente	0,25h	ME	ME	ME	ME
	Nitrógeno orgánico Kjeldahl*	P, V	500	S, C	Refrigerar, añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2	7d	-	ME	-	-

PARÁMETROS	ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA, ML	TIPO DE MUESTRA	CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	
						A	B	C	D	
FRECUENCIA										
Amoniaco	P, V	500	S, C	Analizar lo más pronto posible o añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar	7d	-	-	SE	-	
Nitratos	P, V	100	S, C	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	48h	-	-	SE	-	
Oxígeno disuelto (alternativa electrodo)	V, botella para DBO	300	S	Analizar inmediatamente	0,25h	ME	ME	ME	ME	
Oxígeno disuelto (alternativa Wrinkler)	V, botella para DBO	300	S	Puede retrasarse la titulación tras la acidificación	8h	ME	ME	ME	ME	
Fósforo total	P, V	100	S, C	Añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2 y refrigerar	28d	-	ME	SE	ME	
Orgánicos	DBO	P, V	1000	S, C	Refrigerar	6h	-	ME	-	ME
	DQO	P, V	100	S, C	Analizar lo más pronto posible, o añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	7d	-	ME	-	ME
	Fenoles	P, V, tapa con revestimiento de PTFE	500	S, C	Refrigerar, añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2	*	-	-	-	SE

PARÁMETROS	ENVASE	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA, ML	TIPO DE MUESTRA	CONSERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
						A	B	C	D
FRECUENCIA									
Pesticidas* (Aldrin, dieldrin, clordano, DDT, endosulfan, endrin, lindano, heptacloro, mirex, metoxycloro, 2,4D; 2,4,5T; 2,4,5TP; paratión y compuestos aromáticos)	V (D), tapa con revestimiento de PTFE	1000	S, C	Refrigerar, añadir 1000 mg de ácido ascórbico por litro si existe cloro residual	7d	-	-	AN	-
Microbiológicos	Coliformes fecales y coliformes totales	100	S	Refrigerar	24h	-	ME	SE	-
* Para las determinaciones no listadas se debe utilizar contenedores de plástico o vidrio; de preferencia refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.									
ME = Mensual; SE = Semestral; AN = Anual									
P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; P (A) o V (A) = lavado con 1 + 1 HNO ₃ ; V (D) = vidrio lavado con disolventes orgánicos u horneado.									
S = simple; C = compuesta									
Refrigerar = almacenamiento a 4°C ± 2°C, en la oscuridad; analizar inmediatamente = analizar entre los primeros 15 minutos del muestreo; stat = no se puede almacenar, analizar inmediatamente.									

Fuente: (APHA-AWWA-WEF, 2005), (García P. , 2009) , (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Dependiendo de los recursos económicos, se recomienda realizar hasta dos mediciones anuales de metales y pesticidas para las estaciones seca y lluviosa. El factor climático puede afectar a todos los parámetros a medirse.

Tomando en cuenta la capacidad humana, se requerirá de al menos dos personas para el muestreo y transporte a los sitios de monitoreo. También se requerirá de un Ingeniero Ambiental o un Ingeniero Químico para la interpretación de los datos. De acuerdo a las mediciones para la verificación de tramos críticos, se requiere aproximadamente una hora transportarse entre los sitios de muestreo. Los tiempos de transporte afectarán a los cronogramas de muestreo a proponerse. Para la obtención de muestras de sedimentos se recomiendan como mejores lugares, los bajos fondos, los meandros u otras áreas con velocidad baja. La carga máxima de polución se dará en periodos de flujo bajo para contaminación puntual (menor dilución) y durante crecidas para contaminación difusa (escorrentías de fertilizantes o plaguicidas por lavado del suelo) (OMM, 2011). Para estas muestras se recomiendan medir parámetros como contaminantes inorgánicos, nutrientes, contaminantes orgánicos, realizar análisis microbiológico y parámetros básicos como pH, temperatura, conductividad, entre otros. Estos datos permiten complementar información de calidad del agua y registrar cambios de contaminación a través del tiempo.

4.5.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS

Se sugiere el seguimiento de una cadena de custodia para asegurar la integridad de los datos desde su recolección hasta su reporte. Dentro de esta cadena se encuentra el uso de planillas de campo en las que se indiquen los valores de los parámetros medidos en campo, información sobre las muestras tomadas e información adicional necesaria. Los procedimientos de la cadena de custodia se detallan en la figura 33.

Figura 33. Cadena de custodia para asegurar la integridad de los datos



Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, 2000), (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Esta información junto con los informes de los resultados de laboratorio pasará a formar parte de una base de datos crudos. Se recomienda que esta base sea manejada en un formato de fácil acceso para poder utilizarla en distintos software de análisis que no limiten el intercambio de información. La mejor alternativa será el uso de hojas de Excel.

Se recomienda el uso de una planilla de campo como la mostrada en el cuadro 95.

Cuadro 95. Planilla de campo sugerida

IDENTIFICACIÓN	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS		FECHA	HORA	PARÁMETROS DE CAMPO					MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO	OBSERVACIONES	
		NORTE	ESTE			Conductividad (µS/cm)	pH	Temperatura del agua (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)			Turbiedad (NTU)
1	Puente Río Jambelí	9 936 688	767 698	24/03/2012	9H10	186	7,89	11,5	11,5	6,98	216	vial para DQO, 1 litro para sólidos sedimentables	realizado por Daniel Silva, muestra compuesta

Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

4.5.6 PROCESAMIENTO BÁSICO

Los datos deberán manejarse a través de un procedimiento que al menos contemple los pasos que se muestran en la figura 34: almacenamiento de datos crudos, almacenamiento de datos depurados y almacenamiento de datos procesados para su publicación.

Figura 34. Procesamiento de datos



Fuente: (Andrade, L., et al, 2012)

Elaborado por: Xavier Reyes y Daniel Silva

Esta información también se puede utilizar para modelaciones y análisis específicos, así como para la verificación del cumplimiento de los límites permisibles de contaminantes. En caso de requerir la interpretación de características de la calidad del agua se puede recurrir a uno de los muchos

índices de calidad del agua existentes. Actualmente no existe un indicador universal limitando su uso a regiones o problemas ambientales específicos, sin embargo el índice NSF es uno de los más utilizados. Muchos de estos índices requerirán parámetros específicos adicionales como color, detergentes, aceites y grasas, entre otros. (Samboni, R., et al, 2007)

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El área de estudio en el presente trabajo comprende a las cuencas de drenaje de los ríos Guayllabamba y Blanco con una superficie de drenaje de 11 792 km². Incluye a las subcuencas de los ríos: Pita, San Pedro, Guayllabamba alto, Guayllabamba medio, Guayllabamba bajo, Pisque, Alambi, Intag, Blanco alto, Blanco medio y Blanco bajo; considerando también a las microcuencas de los ríos Monjas, Machángara, Chiche, Coyago, Uravía, y la subcuenca de la quebrada San Andrés.
- Existen varios estudios previos relacionados con la calidad de los recursos hídricos en el área geográfica de estudio, entre ellos, los documentos sobre el Programa para la Descontaminación de los Ríos de Quito (Fitchtner-Hidroestudios, 2009) que son fundamentales para la gestión del agua en el DMQ. Dicha información secundaria es recopilada y analizada como parte de este trabajo.
- Para el cumplimiento de aspectos legales sobre el recurso hídrico en el área de estudio, se analizan: la Constitución de la República del Ecuador, la Ley de Gestión Ambiental, la Ley de Aguas y su Reglamento, la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, el TULSMA, la normativa INEN, y la Ordenanza Municipal 213.
- Se presenta la caracterización físico, biótica, socio – económica, cultural y paisajística del área de estudio, en donde se incluye la caracterización de la cobertura vegetal. Se describe además, el patrimonio cultural y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Bosques Protectores en el área de estudio.
- La problemática del recurso hídrico y su calidad en el DMQ está principalmente en función de: la contaminación urbana y las descargas de aguas residuales, la contaminación industrial, la contaminación difusa por nutrientes, bacterias patógenas y pesticidas, la demanda de agua para uso

urbano, el cambio en el uso del suelo, el trasvase de aguas para abastecimiento urbano, y la generación hidroeléctrica.

- El diagnóstico ambiental incluye las demandas del recurso hídrico para: abastecimiento humano, riego, caudal ecológico, generación hidroeléctrica y otros usos como recreación y turismo.
- Se identifican los tramos críticos en función de la calidad y cantidad del recurso hídrico en los cauces del área de estudio mediante una revisión en detalle la información de línea base disponible, incluyendo información espacial cartográfica.
- Se definen los criterios técnicos para el diseño de la red de monitoreo del recurso hídrico en el DMQ que son: la calidad del agua, la distancia a centros poblados, distancia a zonas industriales, usos y cobertura del suelo, orden de la corriente y usos del agua, entre otros.
- Mediante una matriz de ponderación se pueden definir con la ayuda de una metodología aplicable el número de estaciones que deben operar en cada subcuenca.
- Mediante un trabajo de campo se valida la información revisada. Ésta validación consistió en el muestreo de 12 puntos de muestreo en cuatro subcuencas que representan aproximadamente el 30% del área de estudio. Se tomaron muestras de los ríos para el análisis de la DQO y sólidos sedimentables. Se realizó la medición in-situ de parámetros como la temperatura, oxígeno disuelto, pH y turbiedad, cuyos resultados fueron consistentes con los existentes en la información base.
- Se concluye que el río Machángara y el río Monjas presentan contaminación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con características típicas de aguas residuales domésticas debido a que son los cuerpos receptores de las descargas del sistema de alcantarillado combinado de la ciudad de Quito. El río San Pedro presenta una contaminación media por ser el cuerpo receptor de los valles de los Chillos y de Cumbayá – Tumbaco. El río Guayllabamba al recibir los aportes de los ríos antes referidos, presenta una contaminación media - baja con una capacidad de recuperación importante en el punto de muestreo Las Golondrinas.

- En el contexto de este trabajo no se abarca el diseño de la red de monitoreo del recurso hídrico en el DMQ, que es uno de los principales objetivos del estudio RMRH-SA.
- Para diseñar una red que monitoree la calidad del agua del recurso hídrico no se debe diseñar una red para la cantidad y otra para la calidad del agua, sino que los dos aspectos deben manejarse conjuntamente.
- Como parte de este trabajo, se ha generado un diagnóstico ambiental para el área de estudio y se han definido criterios para el diseño de la red de monitoreo del recurso hídrico para el DMQ, que una vez implementada permitirá obtener información oportuna, confiable y suficiente, para alcanzar las metas del Municipio en cuanto a protección, conservación, recuperación y depuración de los cursos y fuentes de agua del DMQ.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los estudios que tengan relación con la calidad de los recursos hídricos analicen a profundidad la disponibilidad, distribución espacial y temporal del recurso hídrico como factores que inciden en la calidad del recurso hídrico.
- El presente proyecto debe ser complementado con información física e hidrológica del área de estudio, específicamente, la que se encuentra en la matriz de ponderación propuesta en este trabajo, con el objetivo de establecer criterios suficientes sobre la ubicación y necesidad de estaciones de monitoreo. Se deben considerar estaciones hidrológicas en funcionamiento, la rehabilitación de estaciones hidrológicas en desuso, o la implementación de nuevas estaciones hidrológicas, para ambos casos se debe considerar si es económicamente rentable. El caudal líquido es un parámetro muy importante en el análisis de calidad del agua de los ríos.
- Existe una tendencia mundial hacia la automatización de las estaciones y procesamiento de datos, sin embargo se recomienda que esto se realice con los recursos humanos y económicos necesarios para la implementación y operación adecuados, aprendiendo de experiencias de otras instituciones y comenzando con un monitoreo manual. Experiencias del INAMHI demostraron

que por diversos problemas como la inadecuada instalación, abandono de las estaciones, deficiente mantenimiento, no fue posible sostener una red automatizada de estaciones de monitoreo hidrológico.

- La ubicación de las estaciones de monitoreo debe acogerse a los criterios técnicos de la (OMM, 2011), que recomienda: una estación referencial con agua en estado natural, una estación inmediatamente aguas debajo de una frontera internacional, ubicación de una estación donde se encuentre una desviación para abastecimiento a una gran área poblada, en zonas de pesca y entretenimiento, donde se encuentre una desviación para riego agrícola a gran escala, un límite de marea de agua dulce de un río principal, donde se encuentre una desviación para abastecimiento industrial a gran escala, aguas debajo de descargas de efluentes industriales y un afluente importante que influya en el río principal.
- Se recomienda utilizar los resultados del presente trabajo como base para futuros diseños de redes de monitoreo del recurso hídrico en el Ecuador. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que este trabajo está enfocado en el punto de vista ambiental, por lo que se requerirá de información adicional sobre tipos de suelo, estudios biológicos y toda la información adicional que se pueda obtener y pueda influir en la cantidad y calidad del agua, así como en la ubicación de las estaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, L., et al. (2010). *Estudio de Evaluación de la Red Hidrometeorológica de la Región Nororiental del Ecuador y Propuesta de su Optimización como Parte de la Red Hidrometeorológica Básica del Ecuador - Informe Final*. Quito: EPN.

Andrade, L., et al. (2012). *Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico - Diagnóstico*. Quito: Secretaría de Ambiente.

Anvari, A., et al. (2009). *Designing an Automated Water Quality Monitoring System for West and Rhode Rivers*. Washington.

APHA-AWWA-WEF. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. APHA-AWWA-WEF.

Armitage, P., et al. (1983). The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates over a wide Range of Unpolluted Running-Water. *Water Research*, 17: 333-347.

BID. (2010). *Informe de Gestión Ambiental y Social - Modernización de Estaciones de Bombeo Poliducto Esmeraldas-Quito*. Quito: Banco Interamericano de Desarrollo.

Cáceres, L., & Cáceres, N. (2007). *Inventario de Emisiones de Gases del Efecto Invernadero en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Secretaría de Ambiente.

Cano, L., & Escobar, J. (2011). *Diseño de Redes de Monitoreo Apoyadas por Herramientas SIG y Modelación Geoespacial*. Montevideo: UNESCO.

Carrasco, J. (2006). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Combinado para los Barrios de San Juan Bautista Alto y Bajo en la Parroquia de Cumbayá*. Quito: EPN.

Castillo, D., & Hidalgo, D. (2006). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales para la Cabecera Cantonal "Malimpia" Ubicada en el Cantón Quinindé, Provincia de Esmeraldas*. Quito: EPN.

Coello, X. (2011). *Informe de Pre - Diseño de la Red de Monitoreo Hidrológico en las Microcuencas de los ríos Pita, San Pedro, Papallacta y Antisana*. Quito: FONAG.

De Bievre, B., & Coello, X. (2008). *Diagnóstico del Balance entre Oferta y Demanda Hídrica*. Quito: FONAG.

De La Torre, F. (2002). *Actualización del Estudio de Impacto Ambiental del Nuevo Aeropuerto de Quito*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

- DINAMA. (1996). *Manual de Monitoreo de Calidad de Agua*. Montevideo: Dirección Nacional de Medio Ambiente del Uruguay.
- Dirección de Medio Ambiente. (1998). *Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos*. Quito: Dirección de Medio Ambiente de Quito.
- EMAAP-Q. (2008). *Banco de Datos de Calidad de los Ríos de Quito*. Quito: EMAAP-Q.
- EPN. (2006). Estatuto de la Escuela Politécnica Nacional. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Fitchtner-Hidroestudios. (2009). *Estudios de Factibilidad para el Programa para la Descontaminación de los Ríos de Quito*. Quito: EMAAP-Q.
- Flanary, H., & Boyington, J. (2007). *Quality Assurance Project Plan - City of Salem Stormwater Services Continuous Water Quality Monitoring Program*. Salem.
- Fossati, O., & Calvez, R. (2006). *Requerimientos Científicos para Caudal Ecológico en los Ríos del Sistema Papallacta, Ecuador*. Quito: EMAAP-Q, FONAG, IRD.
- García, P. (2009). *Programa de Monitoreo de Ríos Contaminados en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: EMAAP-Q.
- Hazen and Sawyer. (2011). *Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ*. Quito: EPMAPS.
- Ilker, K., & Jiabao, M. (2009). *Optimal Water Quality Monitoring Network Design for River Systems*. Atlanta: Journal of Environmental Management.
- INAMHI. (2001). *Planificación de la Red Hidrometeorológica del Ecuador*. Quito: INAMHI.
- MAE. (2011). *Modelo Bioclimático del Ecuador Continental*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- MAGAP - SIGAGRO. (2002). *Mapa de Uso de Suelo*. Quito: MAGAP - SIGAGRO.
- MDMQ-SA. (2008). *Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Secretaría de Ambiente.
- MDMQ-SA. (2009). *Estrategia Quiteña al Cambio Climático*. Quito: Secretaría de Ambiente.
- MDMQ-SA. (2009). *Multitemporal*. Quito: Secretaría de Ambiente.
- MDMQ-SA. (2011). *Agenda Ambiental*. Quito: Secretaría de Ambiente.
- MDMQ-SA. (2011). *Informe Anual 2010 - Calidad del Aire en Quito*. Quito: Secretaría de Ambiente.
- MDMQ-SA. (2011). *Mapa de Cobertura Vegetal - Memoria Técnica*. Quito: Secretaría de Ambiente.

MDSMA-SDSPA. (1999). *Metodologías - Diseño de Redes de Monitoreo, Estadísticas, Precisión de las Determinaciones Analíticas, Control de Calidad*. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente.

Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia.

MLM. (2004 A). *Evaluación de la Contaminación de Sedimentos de los Ríos Contaminados de Quito*. Quito: EMAAP-Q.

MLM. (2004 B). *Informe del Monitoreo de Residuos de Pesticidas en los Ríos Contaminados del DMQ*. Quito: EMAAP-Q.

MLM. (2007). *Informe del Monitoreo Ambiental de los Ríos Contaminados del DMQ 2006 - 2007*. Quito: EMAAP-Q.

OMM. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.

OPS. (2005). *Guía de Preparativos de Salud Frente a Erupciones Volcánicas*. Quito: Organización Panamericana de la Salud.

Park, S.-Y., Choi, J., & Wang, S. (2006). *Design of a Water Quality Monitoring Network in a River System Using the Genetic Algorithm*. Seoul: Science Direct.

Pazmiño, D. (2007). *Determinación de la Influencia de la Contaminación Ambiental Atmosférica en los Niveles de pH y Sólidos Totales Disueltos del Agua Lluvia del Centro del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: EPN.

Prat, N., et al. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de las aguas. En E. F. Domínguez, *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. (págs. 638-640). San Miguel de Tucumán-Argentina: Fundación miguel Lillo.

PUOS. (2012). *Plan de Uso y Ocupación del Suelo*. Quito: PUOS.

Samboni, R., et al. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Serrano, J. (2010). *Regionalización Espacial de Series Climáticas Mensuales Caso de Estudio: Cuenca del río Guayllabamba*. Quito: EPN.

UICN, SENAGUA, CAN. (2009). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador*. Quito: UICN, SENAGUA, CAN.

UNEP/WHO/UNESCO/WMO. (1992). *GEMS/WATER Operational Guide*. Geneva/Nairobi/Ontario: UNEP/WHO/UNESCO/WMO.

Verduga, L. (2008). *Memoria Técnica del Mapa de Ecosistema y Uso del Suelo del Área de Influencia al FONAG*. Quito: FONAG.

- Zak, V. (2007). *Metodología seguida para la Identificación de Ecosistemas*. Quito: FONAG.
- Zamora, H. (2007). El Índice BMWP y la Evaluación Biológica de la Calidad del Agua en los Ecosistemas Acuáticos Epicontinentales Naturales de Colombia. *Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 19: 73-81.
- Agua Visión Social. (2011). *Agua Visión Social*. Obtenido de:
<http://www.aguavisionsocial.org/documentos/Derechos%20de%20Agua/DERECHOS%20AGUA%20II.pdf> pagina 133
- EPMAPS. (2012). *Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*. Obtenido de:
http://www.emaapq.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=102:datos-descontaminacion&catid=27&Itemid=297
- Gobierno Municipal del Cantón Quindé. (2010). Obtenido de:
http://www.quinde.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=143
- IN-SITU. (2012). *IN-SITU*. Obtenido de:
<http://www.in-situ.com/>
- Instituto Geofísico EPN. (2010). *Instituto Geofísico EPN*. Obtenido de:
<http://www.igepn.edu.ec/index.php/volcanes/lista-de-volcanes.html>
- Miliarium. (2004). *Miliarium*. Obtenido de:
<http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm#ICG>
- Quito Capital Americana de la Cultura. (2011). Obtenido de:
http://quitocapitaldelacultura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50%3Amachangara&catid=41%3Aparques&Itemid=18&lang=es
- UNESCO. (2011). *Programa Mundial de los Recursos Hídricos (WWAP)*. Obtenido de:
<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>
- UTPL. (2012). *UTPL*. Obtenido de:
www.utpl.edu.ec/.../5_ded-senagua_capt-2_eje_recursos%20hdricos.pdf
- Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda. (2001). Obtenido de:
http://sthv.quito.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=5
- SensorVital. (2010). *SensorVital*. Obtenido de:
<http://www.sensorvital.com/>

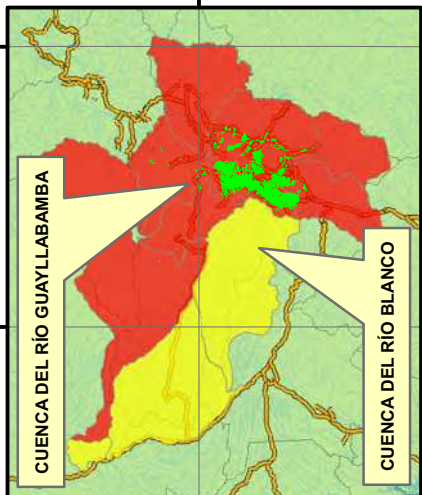
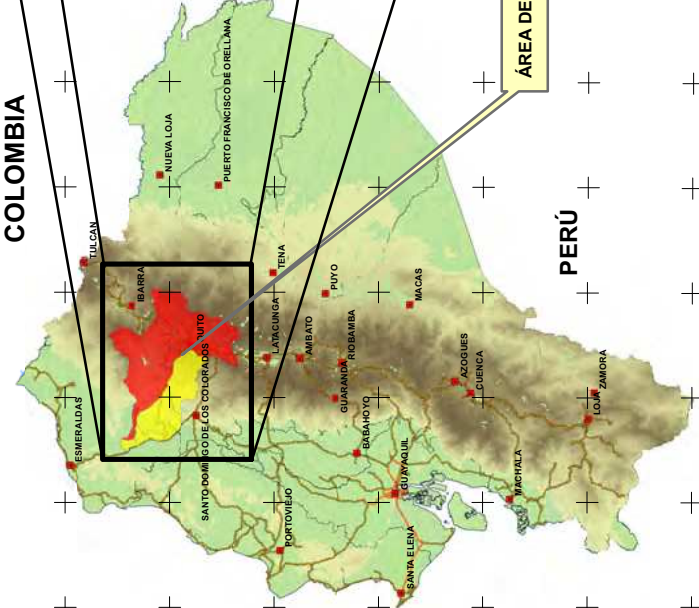
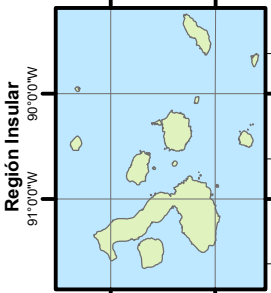
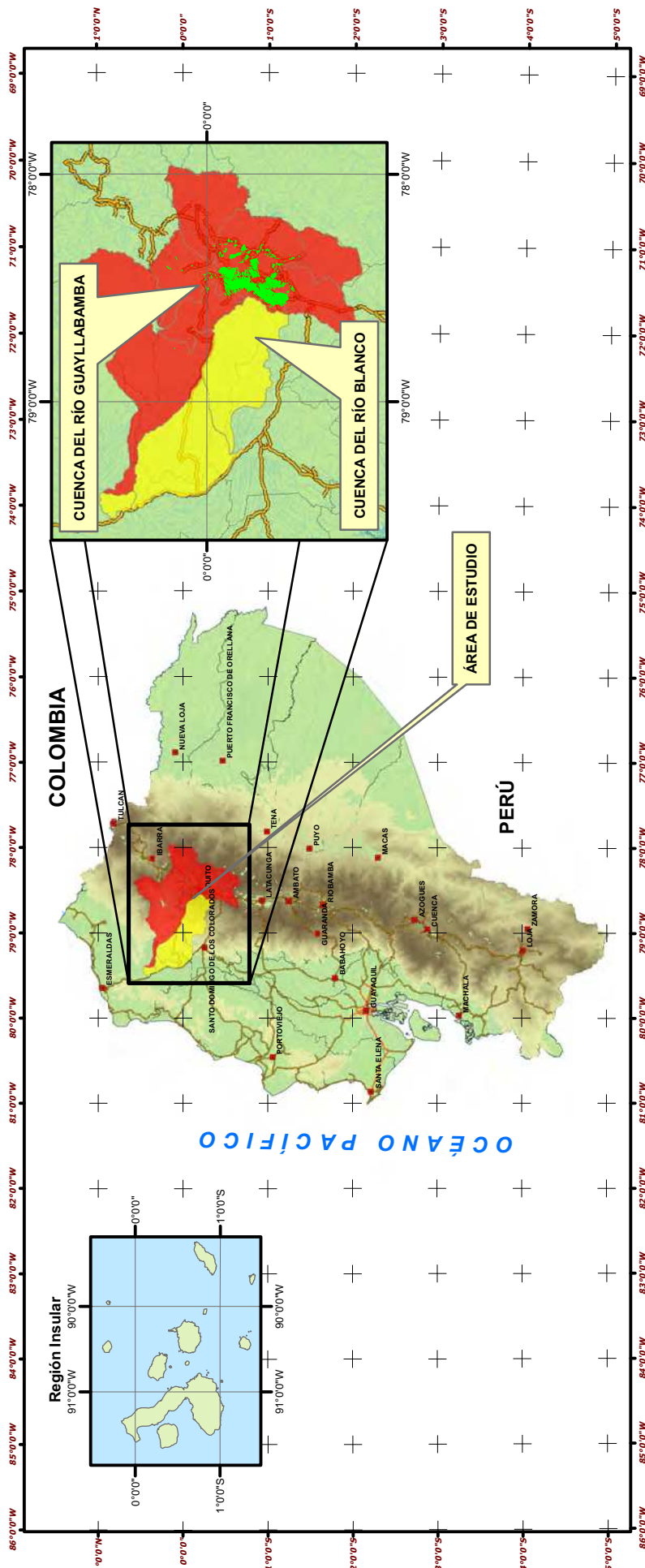
ANEXOS

ANEXO 1

MAPAS

Índice de Mapas

- Mapa 1. Ubicación del área de estudio**
- Mapa 2. Pendiente de la superficie de drenaje**
- Mapa 3. Precipitación media anual**
- Mapa 4. Temperatura media anual**
- Mapa 5. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)**
- Mapa 6. Bosques Protectores**
- Mapa 7. Textura del suelo en el área de estudio**
- Mapa 8. Uso recreacional del agua**
- Mapa 9. Descargas directas de aguas residuales**
- Mapa 10. Industrias de mayor aporte contaminante al agua**
- Mapa 11. Descargas difusas de nutrientes y bacterias patógenas**
- Mapa 12. Calidad del agua**
- Mapa 13. Pesticidas**
- Mapa 14. Calidad de sedimentos**
- Mapa 15. Tramos críticos de los cauces – Calificación Biológica**
- Mapa 16. Tramos críticos de los cauces – Estrés hídrico**
- Mapa 17. Tramos críticos de los cauces – Calidad del agua**

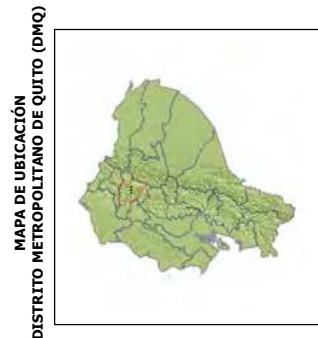
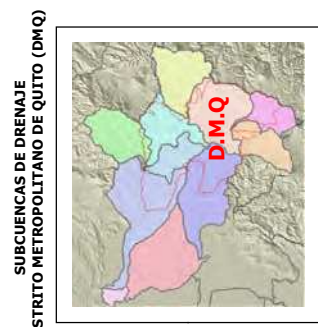


Ubicación del área de estudio	
Escala de trabajo: 1:25,000 Fecha de impresión: 1:8,000,000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 1 Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur FONDO AMBIENTAL (UNICERPO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Bicentenario de la Red Metropolitana Ambiental de la Ciudad del Recurso Hídrico

Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: WGS84
 Meridiano Central: 78° 30' 00"
 Falso Este: 500,000
 Falso Norte: 10,000,000
 Factor de Escala: 0,99960000

LEYENDA
CUENCAS RÍO GUAYLLABAMBA RÍO BLANCO

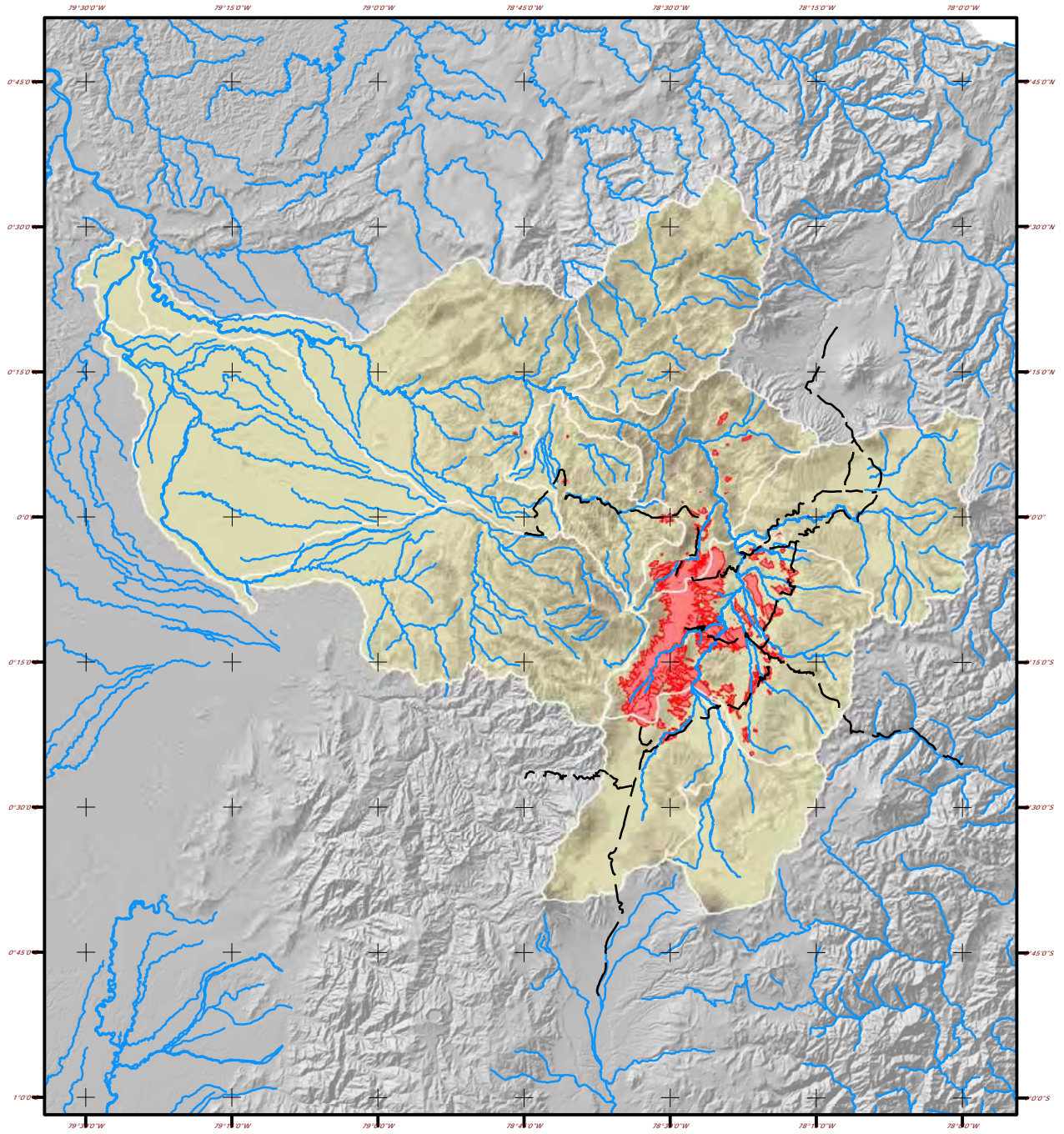
Simbología
Límite DMQ Límite Provincial Capital Provincial Red hidrográfica Red vial de primer orden Red vial de segundo orden Área urbana



MAPA DE UBICACIÓN
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

SUBCUENCAS DE DRENAJE
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DE DRENAJE

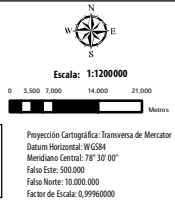


LEYENDA PENDIENTES (%) 	
MAPA DE UBICACION DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (D.M.Q.)	SUBCUENCA DE DRENAJE DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (D.M.Q.)
Simbología <ul style="list-style-type: none"> Áreas Urbanas Red hidrográfica Red pavimentada 	

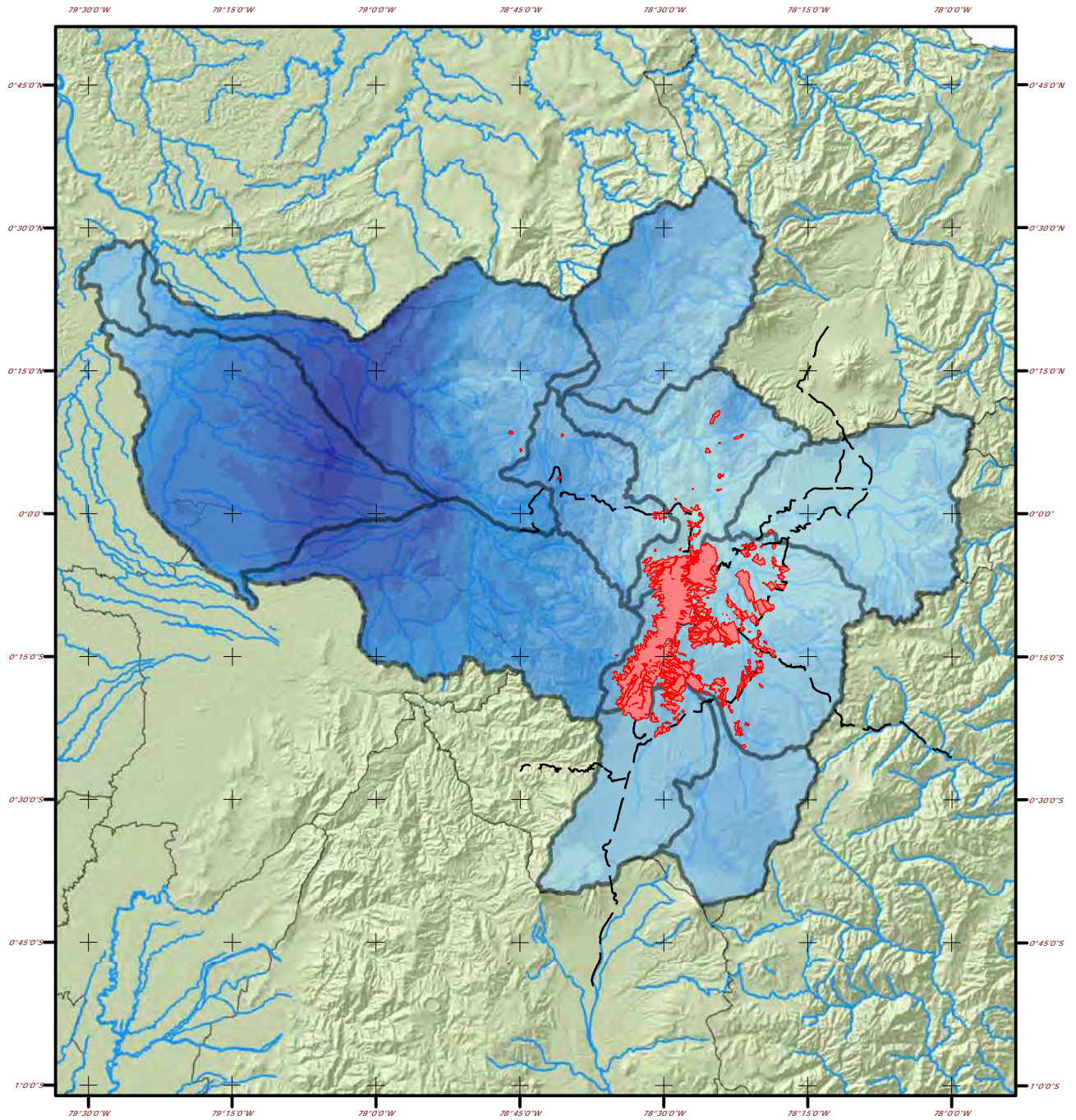
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Pendiente de la superficie de drenaje

Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1.200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 2
Fuentes de Información: -Andrade, L., et al. 2012, Diseño de la Red de Metrópolita Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico -Instituto Geográfico Militar, 2002, Cartografía Base (1:50.000, 250.000) -Secretaría de Territorio, Habitación y Vivienda, 2012: Áreas Urbanas (1:5000)	Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico



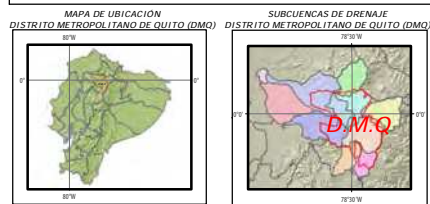
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



LEYENDA

PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm)

<500	2000 - 2500	4000 - 4500
500 - 1000	2500 - 3000	4500 - 5000
1000 - 1500	3000 - 3500	>5000
1500 - 2000	3500 - 4000	



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Precipitación media anual

Escala de trabajo: 1: 50.000
Escala de impresión: 1: 1.200.000
Fecha de elaboración: Febrero 2012
Fecha de impresión: Abril 2012

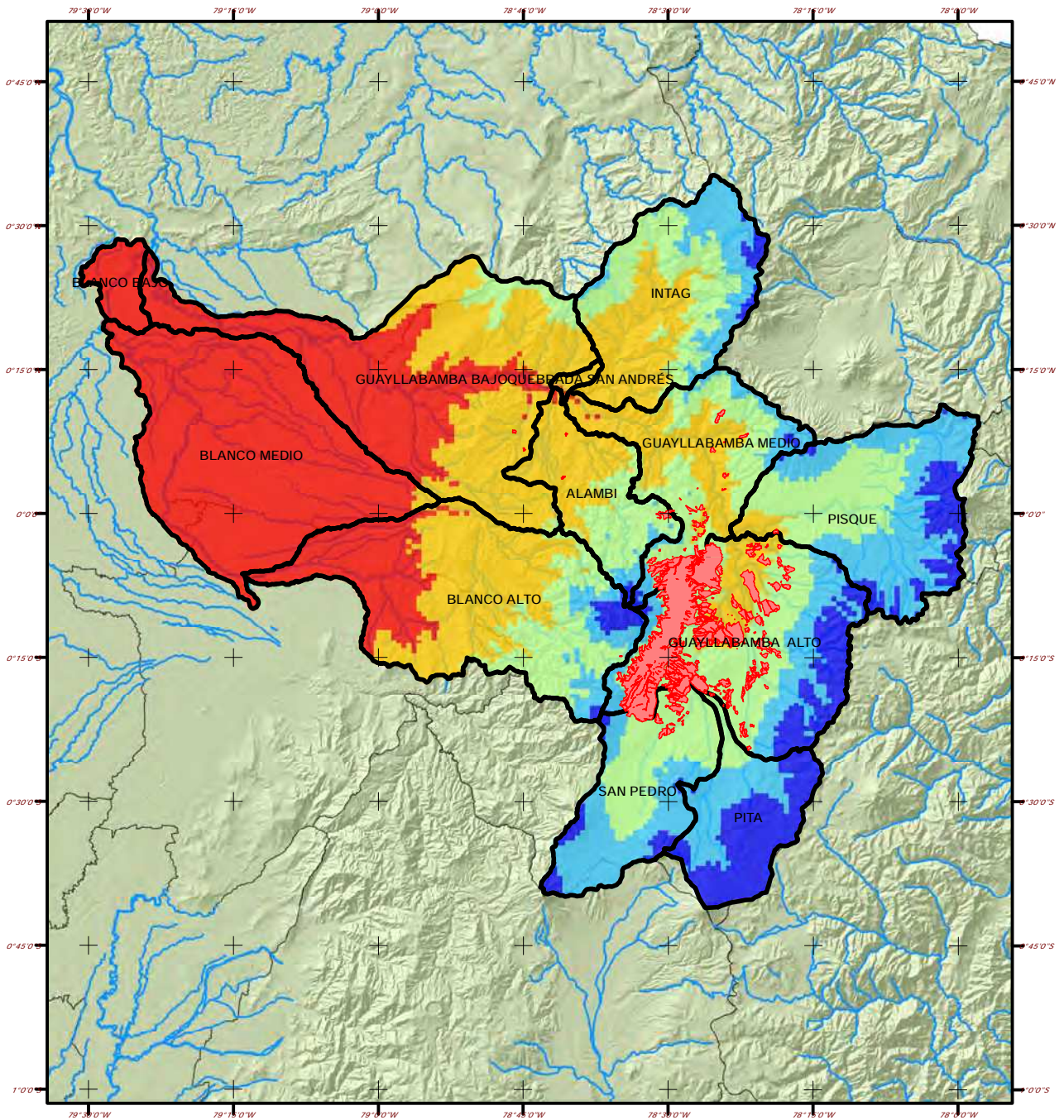
Fuentes de Información:
-Andrade, L., et al. 2012. Diseño de la Red de Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
-Instituto Geográfico Militar (2003). Cartografía Base (1:50.000, 250.000)
-Secretaría de Territorio, Habitación y Vivienda 2012: Áreas Urbanas (1:5000)
-Ministerio de Ambiente (MAE) Año 2011, Escala: 1:250.000

Mapa No. 3

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

TEMPERATURA MEDIA ANUAL



LEYENDA	
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	
■ 0 - 5	■ 20 - 25
■ 5 - 10	
■ 10 - 15	
■ 15 - 20	



Simbología

- Subcuencas de drenaje
- Áreas Urbanas
- Red hidrográfica
- Red pavimentada

Escala: 1:1200000

0 3.000 7.000 14.000 21.000 Metros

Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: WGS84
 Meridiano Central: 78° 30' 00"
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Factor de Escala: 0,99960000

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Temperatura media anual

Escala de trabajo: 1:50.000
 Escala de impresión: 1:1.200.000
 Fecha de elaboración: Febrero 2012
 Fecha de impresión: Abril 2012

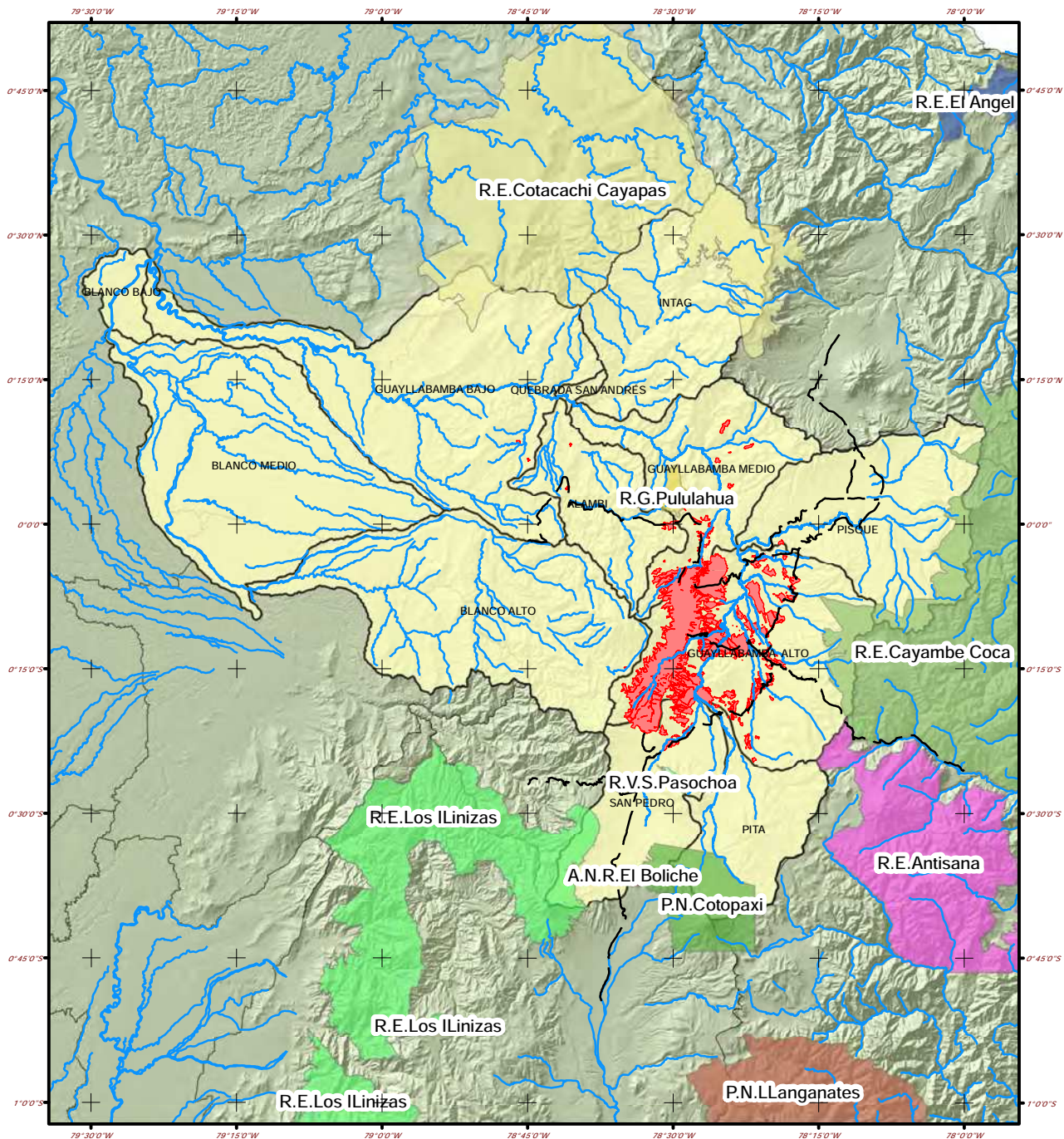
Fuentes de Información:
 Andrade, L., et al., 2012. Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
 Instituto Geográfico Militar, 2002. Cartografía Base (1:50.000, 250.000)
 Secretaría de Territorio, Habitat y Vivienda, 2012. Áreas Urbanas (1:5000)
 Ministerio de Ambiente (MAE) Año 2011. Escala: 1:250.000

Mapa No. 4

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
 Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP)



LEYENDA			
SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS			
	RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS		RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL
	RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA		REFUGIO DE VIDA SILVESTRE PASOCHOA
	RESERVA ECOLÓGICA CAYAMBE COCA		ÁREA NACIONAL DE RECREACIÓN EL BOLICHE
	RESERVA ECOLÓGICA COTACACHI CAYAPAS		PARQUE NACIONAL LLANGANATES
			PARQUE NACIONAL COTOPAXI
			RESERVA GEOTÁBTICA PULULAHUA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

Escala de trabajo: 1:50.000
 Escala de impresión: 1:1.200.000
 Fecha de elaboración: Febrero 2012
 Fecha de impresión: Abril 2012

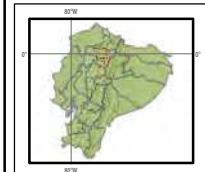
Mapa No. 5

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito

Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 Diseño de la Red Metropolitana Ambiental
 de la Calidad del Recurso Hídrico

MAPA DE UBICACIÓN
 DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



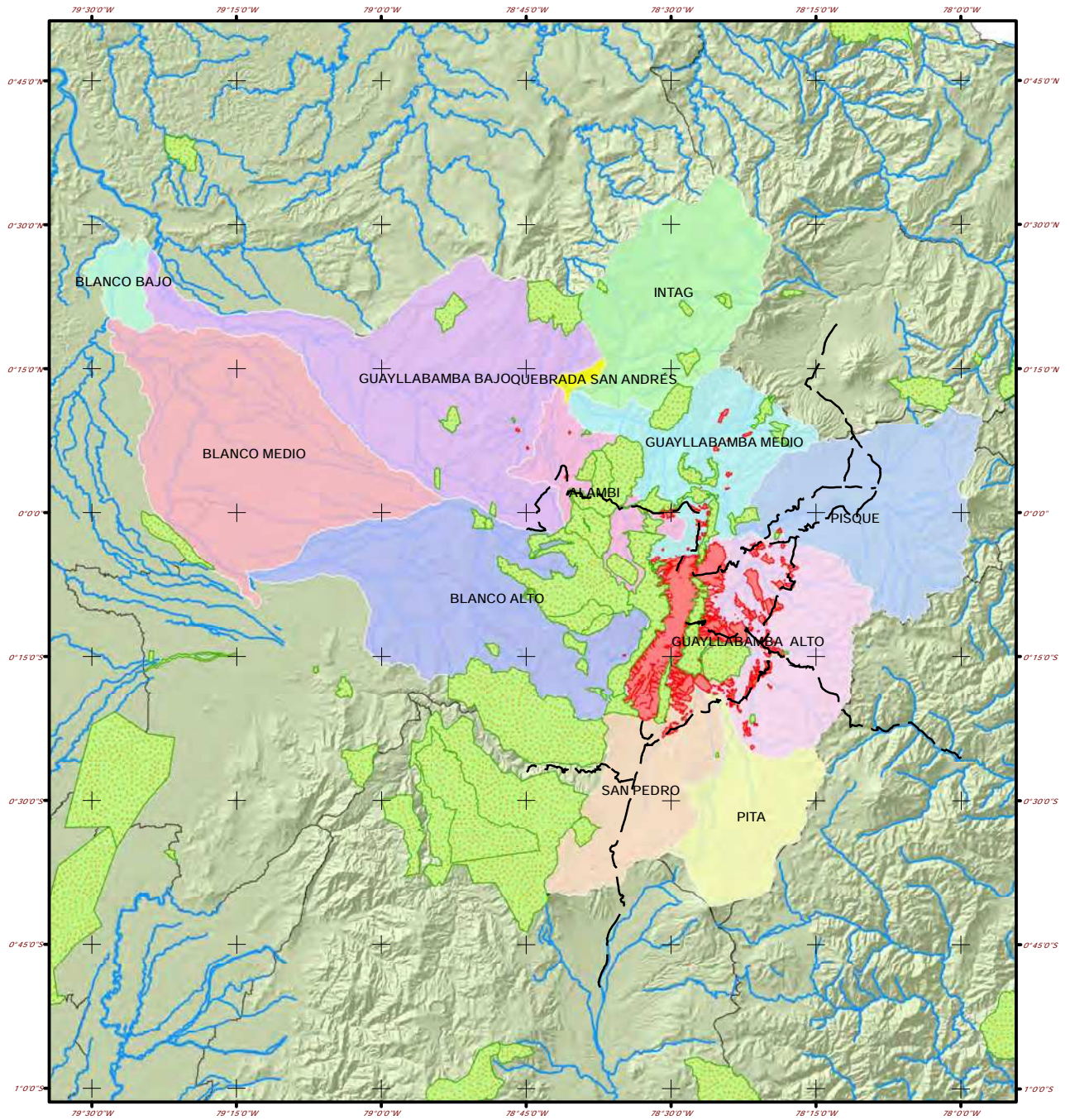
SUBCUENAS DE DRENAJE
 DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



Simbología	
	Área de Estudio
	Áreas Urbanas
	Red hidrográfica
	Red pavimentada



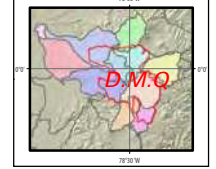
BOSQUES PROTECTORES



LEYENDA			
SUBCUENCAS			
	ALAMBI		BLANCO BAJO
	BLANCO ALTO		BLANCO MEDIO
	PISQUE		GUAYLLABAMBA ALTO
	PITA		GUAYLLABAMBA BAJO
	SAN PEDRO		GUAYLLABAMBA MEDIO
	BOSQUES PROTECTORES		

MAPA DE UBICACIÓN
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

SUBCUENCAS DE DRENAJE
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



Simbología

- Áreas Urbanas
- Red hidrográfica
- Red pavimentada

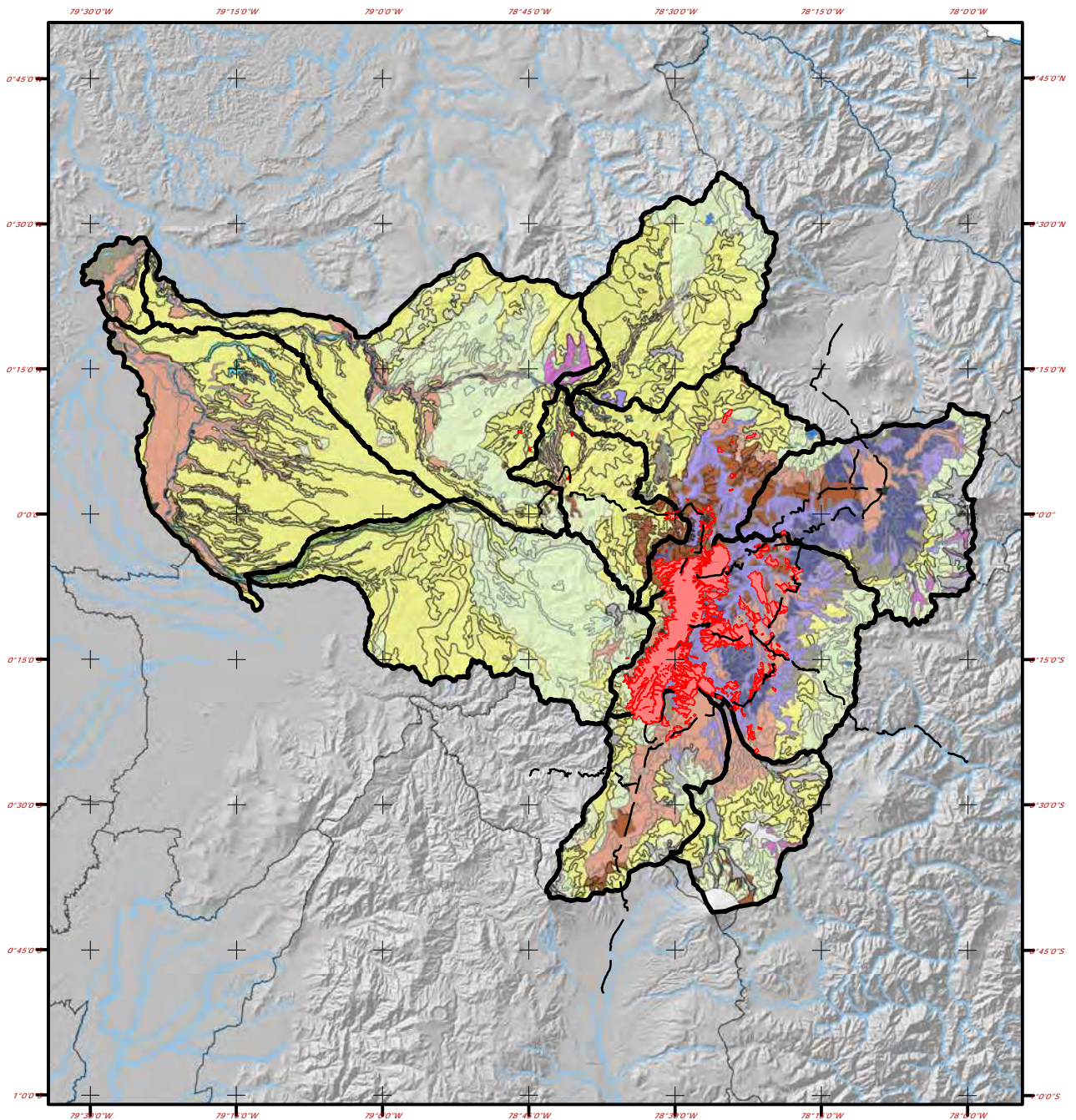
Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator
Datum Horizontal: WGS84
Mediano Central: 78° 30' 00"
Falso Este: 500.000
Falso Norte: 10.000.000
Factor de Escala: 0,99960000

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bosques Protectores

Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1.200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 6 Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
Fuentes de Información: -Andrade, L. et al., 2012. Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico -Instituto Geográfico Militar, 2002. Cartografía Base (1:50.000, 250.000) -Secretaría de Territorio, Habitat y Vivienda, 2012. -Areas Urbanas (1:5.000) -Ministerio de Ambiente, 2012. Bosques Protectores (1:5.000)	FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

TEXTURA DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

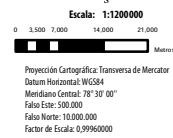


LEYENDA		
TEXTURA		
ARENOSA	FRANCO ARCILLOSO (<35% ARCILLA)	ARCILLO ARENOSO
FRANCO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	NIEVE HIELO
FRANCO LIMOSO	FRANCO ARCILLO LIMOSO	POBLADOS
FRANCO	FRANCO ARCILLOSO (>35% ARCILLA)	CUERPO DE AGUA
	ARCILLOSO	AFLORAMIENTO ROCOSO



Simbología

- Subcuencas de drenaje
- Áreas Urbanas
- ~ Red hidrográfica
- ~ Red pavimentada



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Textura del suelo en el área de estudio

Escala de trabajo: 1:50.000
Escala de impresión: 1:1.200.000
Fecha de elaboración: Febrero 2012
Fecha de impresión: Abril 2012

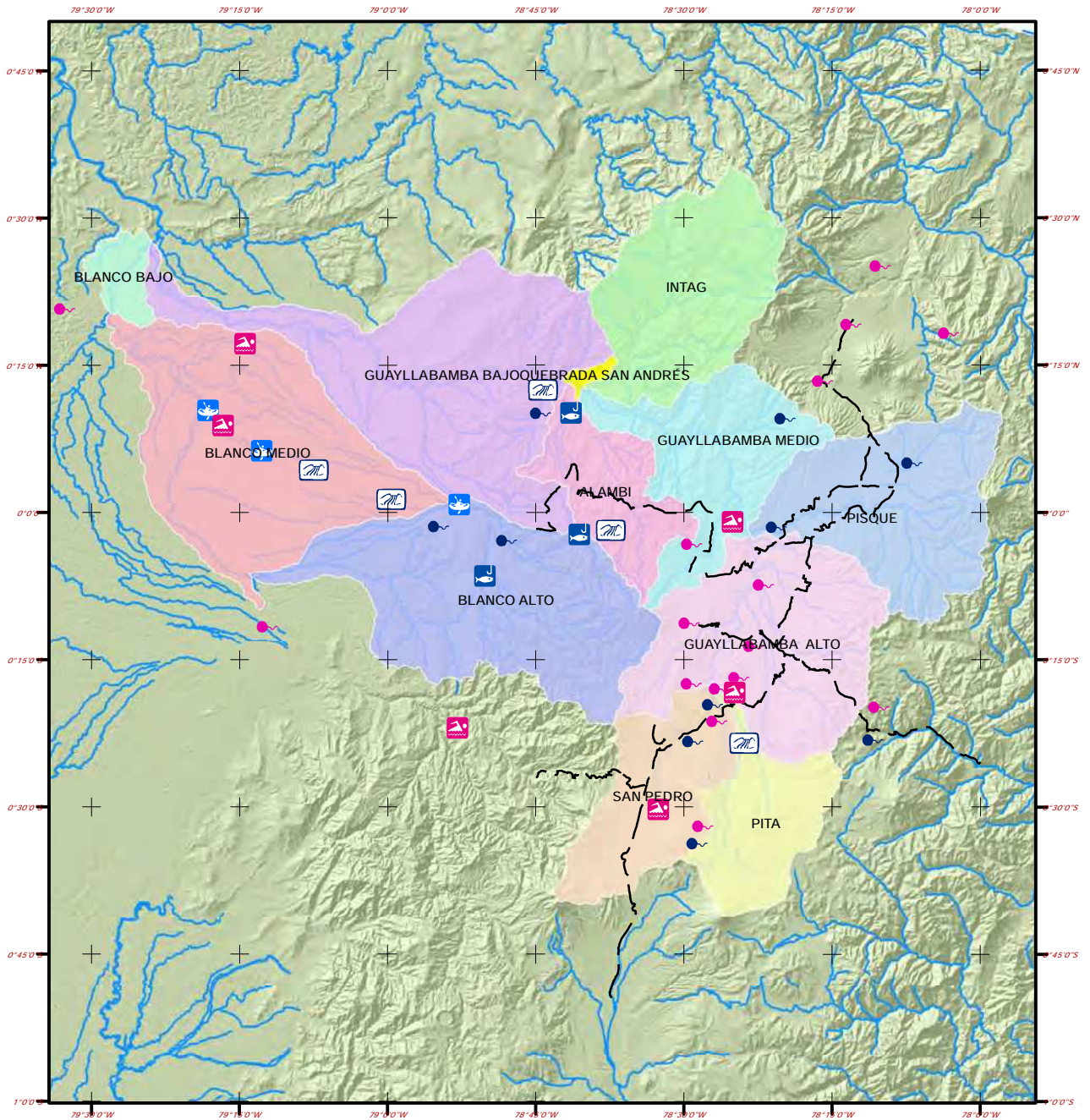
Mapa No. 7

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

Fuentes de Información:
-Andrade, L. et al, 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
-Instituto Geográfico Militar, 2002, Cartografía Base (1:50.000, 250.000)
-Secretaría de Territorio, Habitat y Vivienda, 2012: Áreas Urbanas (1:5000)
-Ponsang - Siglap: Textura de Suelos (1:50000)

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

USO RECREACIONAL DEL AGUA



Leyenda

- Bañerios
- Cascadas
- Pesca deportiva
- Aguas termales
- Deportes acuáticos
- Bañerios y termas

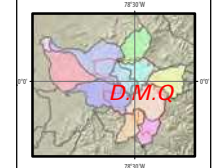
MAPA DE UBICACION

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



SUBCUENCAS DE DRENAJE

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



- ### Simbología
- Red hidrográfica
 - Red pavimentada



Escala: 1:1200000



Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: WGS84
 Meridiano Central: 78° 30' 00"
 Falso Este: 500,000
 Falso Norte: 10,000,000
 Factor de Escala: 0,99960000

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Uso recreacional del agua

Escala de trabajo: 1: 50.000
 Escala de impresión: 1: 1 200.000
 Fecha de elaboración: Febrero 2012
 Fecha de impresión: Abril 2012

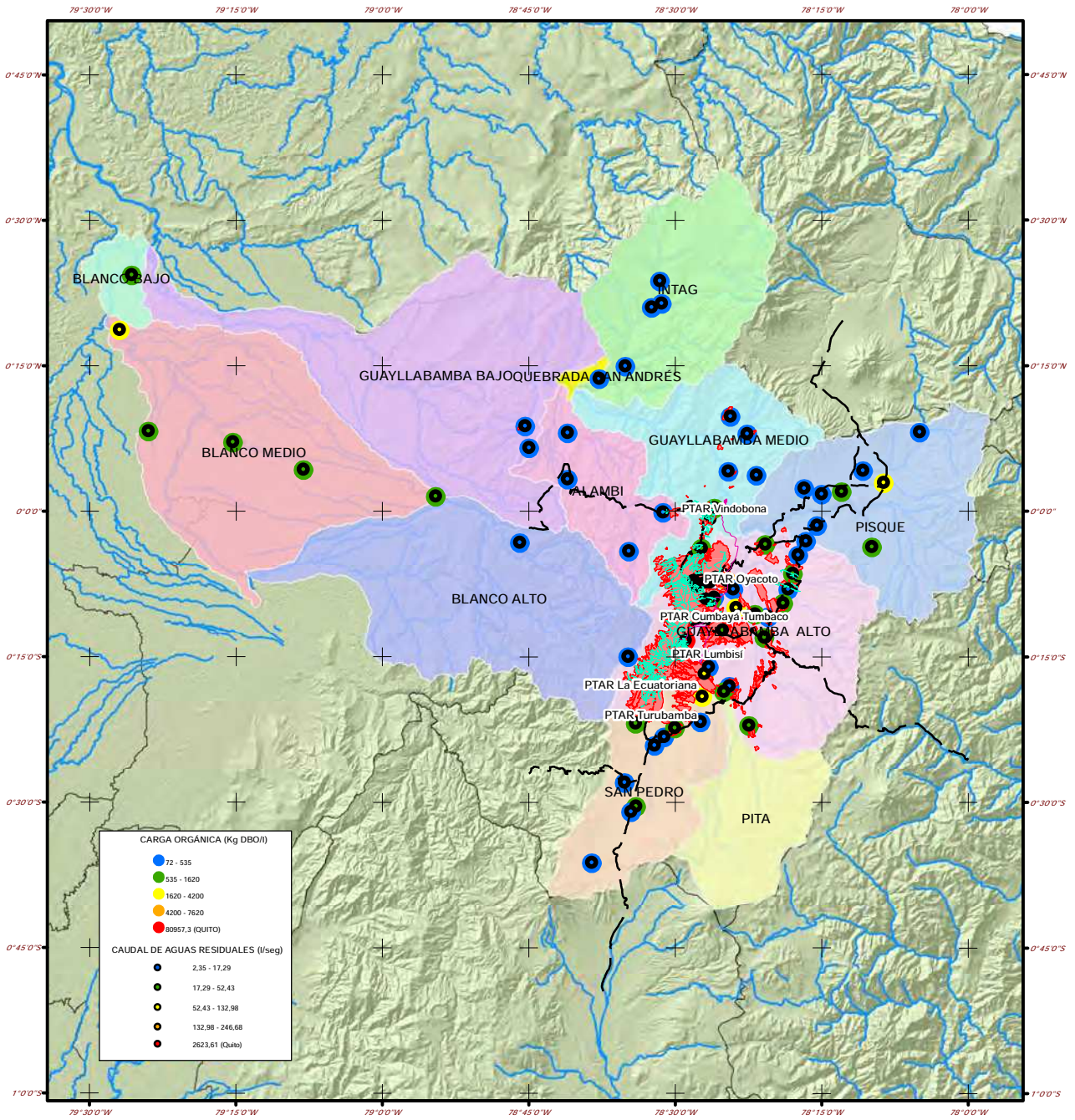
Mapa No. 8

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
 Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

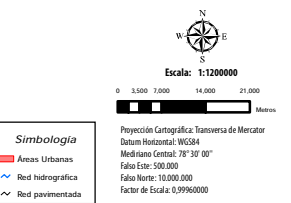
Fuentes de Información:
 - Andrade, L., et al., 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Ciudad del Buena Vida.
 - Instituto Geográfico Militar (IGM): Escala: 1:50.000, 250.000
 - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
 - Secretaría de Ambiente, 2012
 - H. Consejo Provincial de Pídeñcha, 2011
 - Ministerio de Turismo, 2002

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

DESCARGAS DIRECTAS DE AGUAS RESIDUALES



LEYENDA	
SUBCUENCAS	<ul style="list-style-type: none"> BLANCO BAJO BLANCO MEDIO ALAMBI BLANCO ALTO PISQUE PITA GUAYLLABAMBA BAJO GUAYLLABAMBA ALTO GUAYLLABAMBA MEDIO INTAG QUEBRADA SAN ANDRÉS SAN PEDRO
	<ul style="list-style-type: none"> PUNTOS DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN QUITO COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES A IMPLEMENTARSE (PDRQ) COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES A IMPLEMENTARSE (PDRQ)

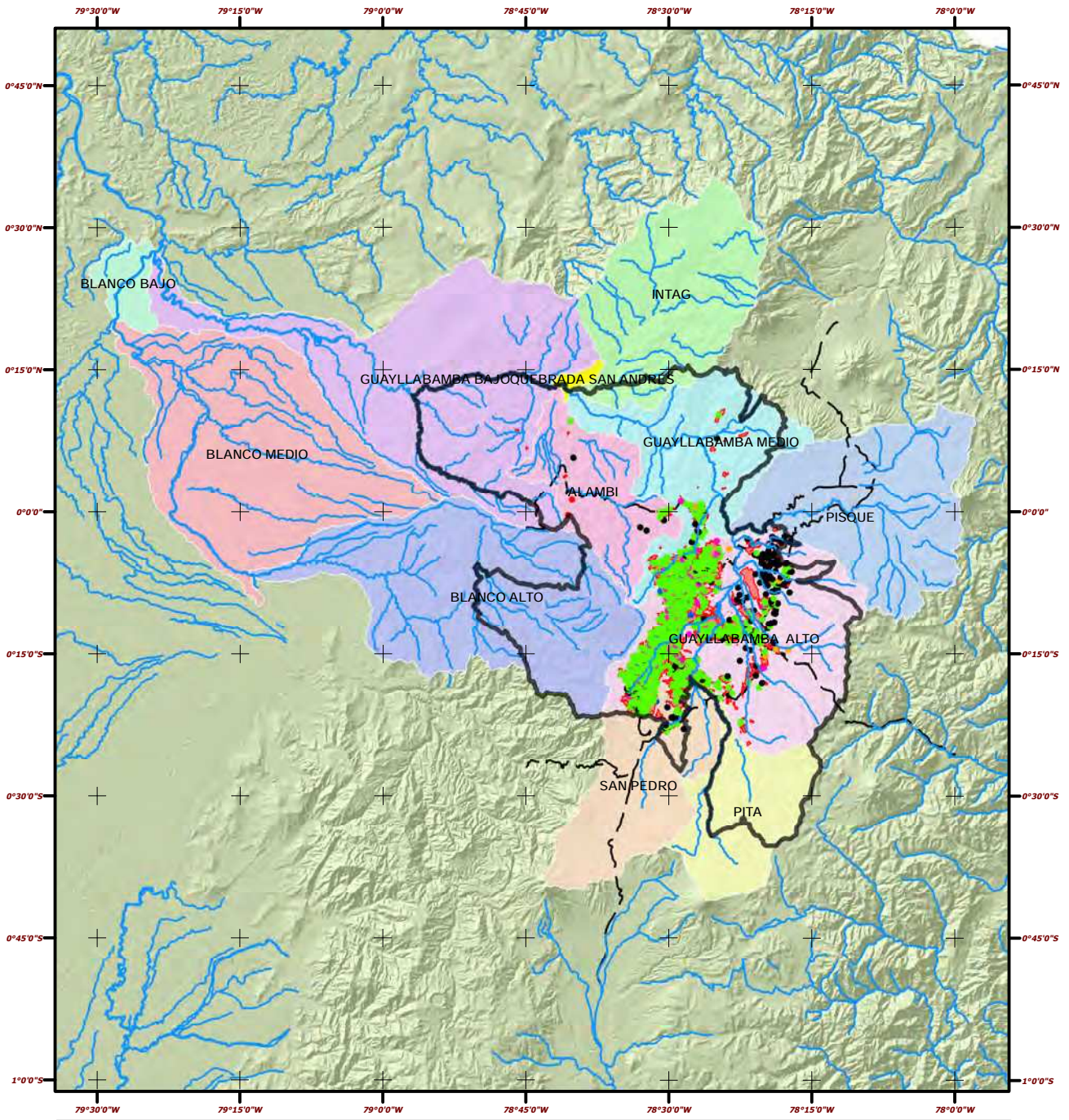


DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Descargas directas de aguas residuales

Escala de trabajo: 1:50,000 Escala de impresión: 1:1,200,000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 9 Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
Fuente de Información: Muñoz, L., et al., 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico Instituto Geográfico del Ecuador (IGIE), Escala: 1:25,000, 250,000 Secretaría de Ambiente (SA) Secretaría de Gestión Urbana (SGU) Documento de Factibilidad para el Programa para la Reconstrucción de las Redes de Quito (InfMAAP-Q 2011) Modelo de Gestión Ambiental de las Redes Contaminadas del SMO (InfMAAP-Q 2007)	FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

INDUSTRIAS DE MAYOR APORTE CONTAMINANTE AL AGUA



LEYENDA		TIPO DE INDUSTRIAS	
SUBCUENCAS		● A - AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SILVICULTURA	
ALAMBI	BLANCO BAJO	● B - PESCA	
BLANCO ALTO	BLANCO MEDIO	● C - EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	
PISQUE	GUAYLLABAMBA ALTO	● D - INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	
PITA	GUAYLLABAMBA BAJA	● E - SUMINISTROS DE ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	
	QUEBRADA SAN ANDRÉS	● F - CONSTRUCCIÓN	
	SAN PEDRO		

MAPA DE UBICACIÓN	SUBCUENCAS DE DRENAJE
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

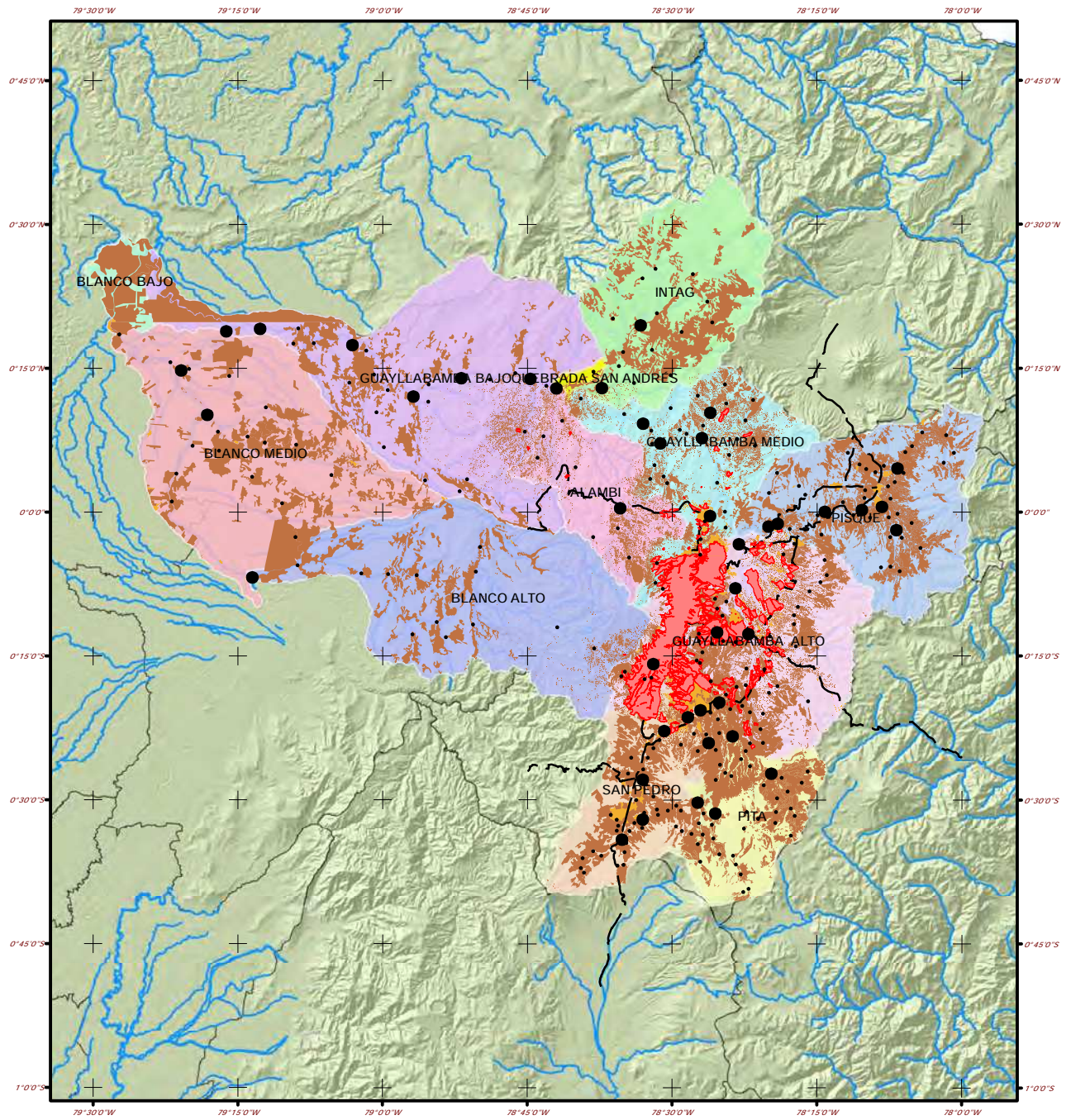
Simbología	
●	Limite DMQ
■	Áreas Urbanas
~	Red hidrográfica
~	Red pavimentada

Escala: 1:1200000	
0	3,500 7,000 14,000 21,000
Metros	

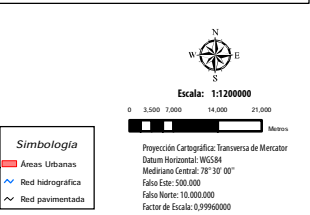
Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: WGS84
 Meridiano Central: 78° 30' 00"
 Falso Este: 500,000
 Falso Norte: 10,000,000
 Factor de Escala: 0,99960000

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	
Industrias de mayor aporte contaminante al agua	
Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1.200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 10
Fuentes de Información: - Andrade, L. et al. 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico - Instituto Geográfico Militar (IGM), Escala: 1:50.000, 250.000 - Secretaría de Ambiente (SA) 2012, Registro de Industrias Escala: 1:1000	Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

DESCARGAS DIFUSAS DE NUTRIENTES Y BACTERIAS PATÓGENAS



LEYENDA		SUBCUENCAS		CONFLUENCIA DE POSIBLES DESCARGAS DIFUSAS	
	ALAMBI		BLANCO BAJO		CONFLUENCIA DE POSIBLES DESCARGAS DIFUSAS
	BLANCO ALTO		BLANCO MEDIO		POSIBLES DESCARGAS DIFUSAS
	PISQUE		GUAYLLABAMBA ALTO		ASENTAMIENTOS HUMANOS
	PITA		QUEBRADA SAN ANDRÉS		PASTOS
			GUAYLLABAMBA BAJO		
			SAN PEDRO		

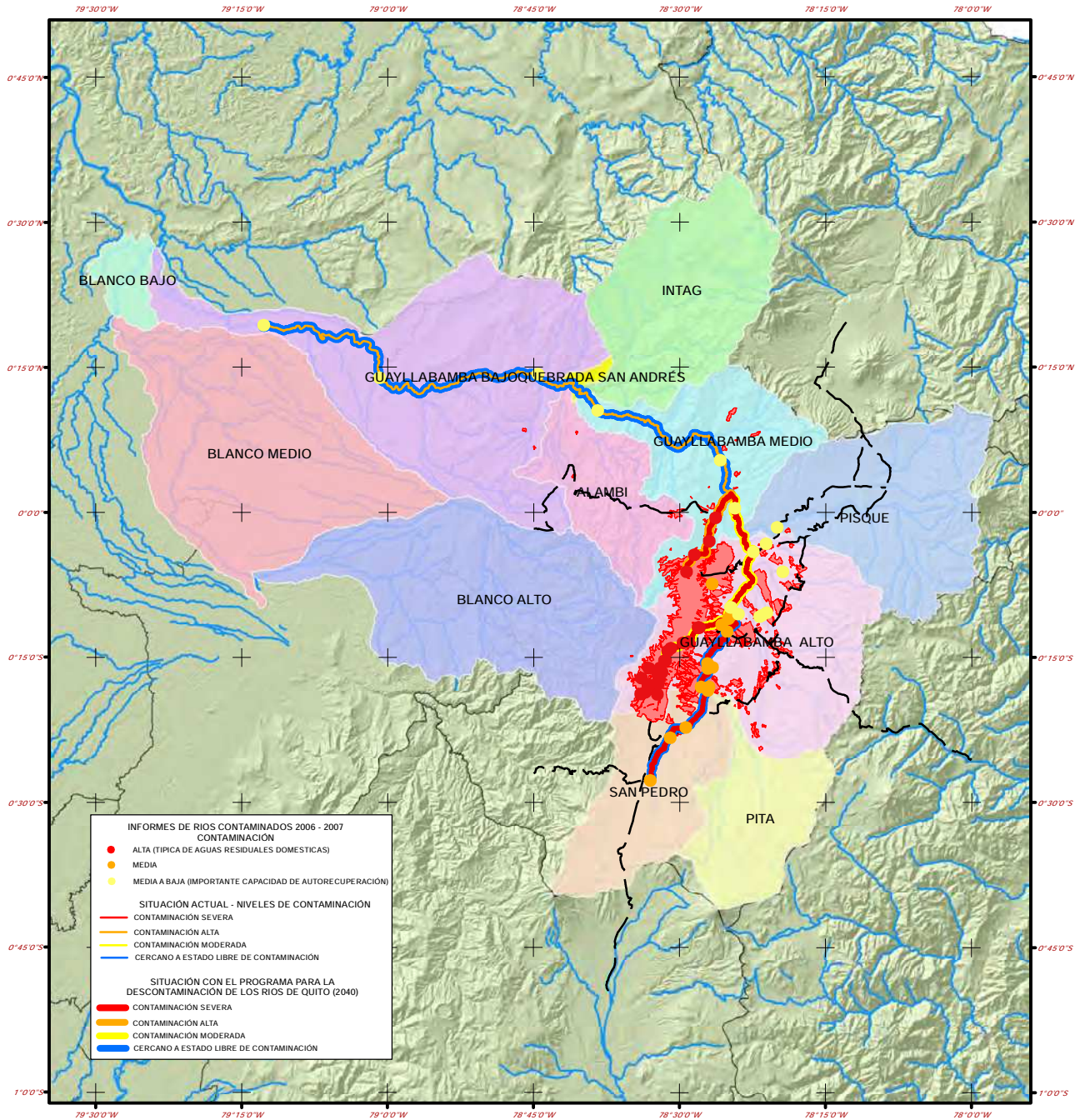


DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

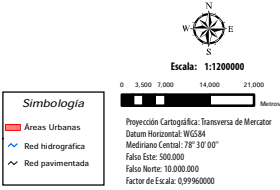
Descargas difusas de nutrientes y bacterias patógenas

Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1.200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 11 Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico	

CALIDAD DEL AGUA



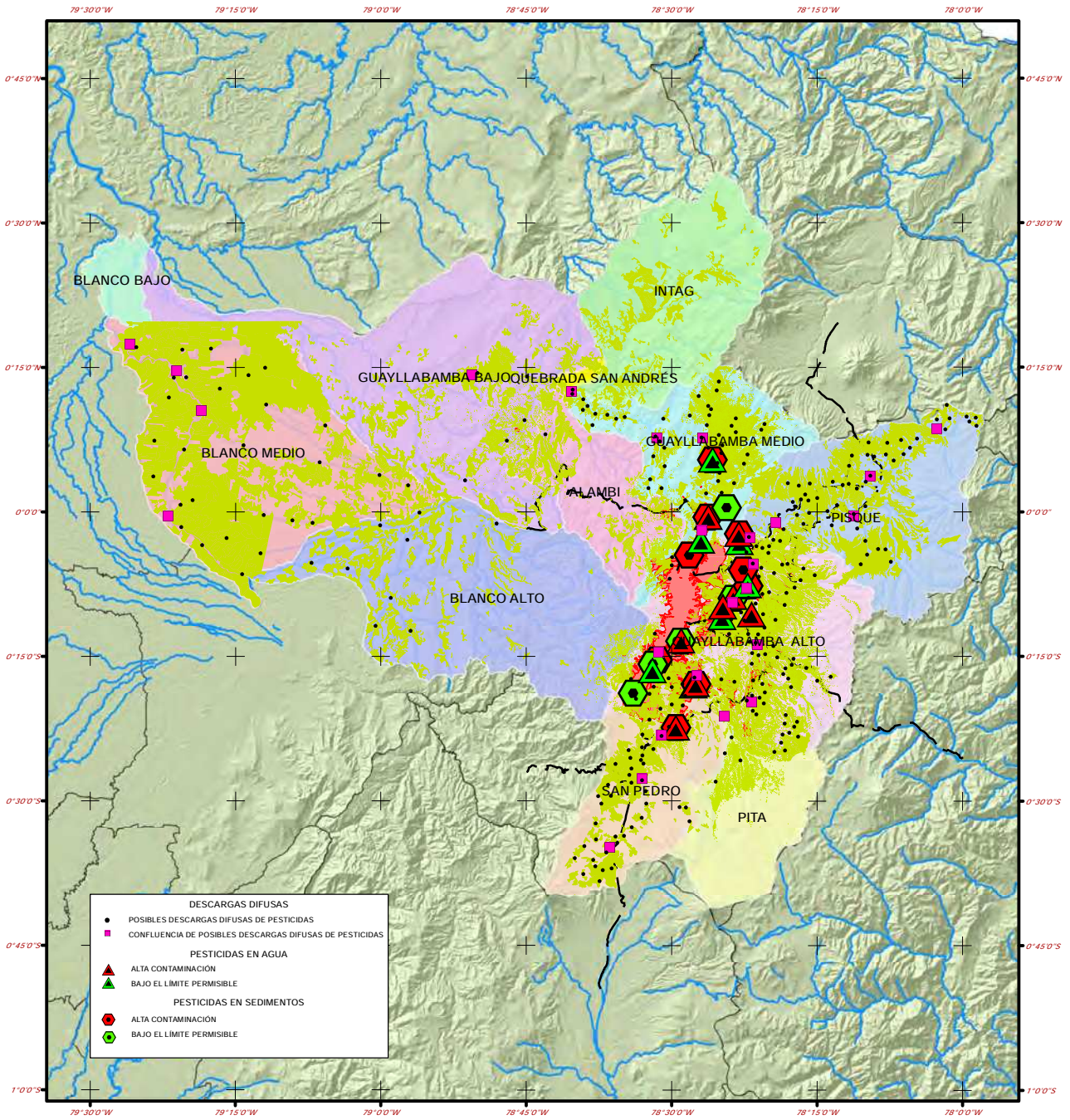
LEYENDA		
SUBCUENCAS		
ALAMBI	BLANCO BAJO	GUAYLLABAMBA MEDIO
BLANCO ALTO	BLANCO MEDIO	INTAG
PISQUE	GUAYLLABAMBA ALTO	QUEBRADA SAN ANDRÉS
PITA	GUAYLLABAMBA BAJO	SAN PEDRO



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Calidad del agua	
Escala de trabajo: 1:50.000	Mapa No. 12
Escala de impresión: 1:1.200.000	Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Fecha de elaboración: Febrero 2012	Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
Fecha de impresión: Abril 2012	FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
Fuentes de Información: Andrade, L., et al. 2012. Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico (Instituto Geográfico Militar (IGM), Escala: 1:50.000, 220.000 (Secretaría de Ambiente (SA)) Informe del Laboratorio Ambiental de los Ríos Contaminados (Deshidro (SINAMAP), 2007) Estudios de Factibilidad para el Programa para la Descontaminación de los Ríos de Quito (SINAMAP-Q, 2011)	ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

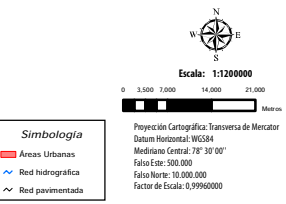
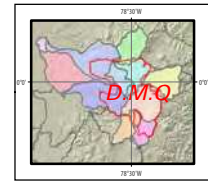
PESTICIDAS



- DESCARGAS DIFUSAS**
- POSIBLES DESCARGAS DIFUSAS DE PESTICIDAS
 - CONFLUENCIA DE POSIBLES DESCARGAS DIFUSAS DE PESTICIDAS
- PESTICIDAS EN AGUA**
- ▲ ALTA CONTAMINACIÓN
 - ▲ BAJO EL LÍMITE PERMISIBLE
- PESTICIDAS EN SEDIMENTOS**
- ⬡ ALTA CONTAMINACIÓN
 - ⬡ BAJO EL LÍMITE PERMISIBLE

LEYENDA		USO DE SUELO	
ALAMBI	BLANCO BAJO	GUAYLLABAMBA MEDIO	CULTIVOS
BLANCO ALTO	BLANCO MEDIO	INTAG	
PISQUE	GUAYLLABAMBA ALTO	QUEBRADA SAN ANDRÉS	
PITA	GUAYLLABAMBA BAJO	SAN PEDRO	

MAPA DE UBICACION: DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)
 SUBCUENCA DE DRENAJE: DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



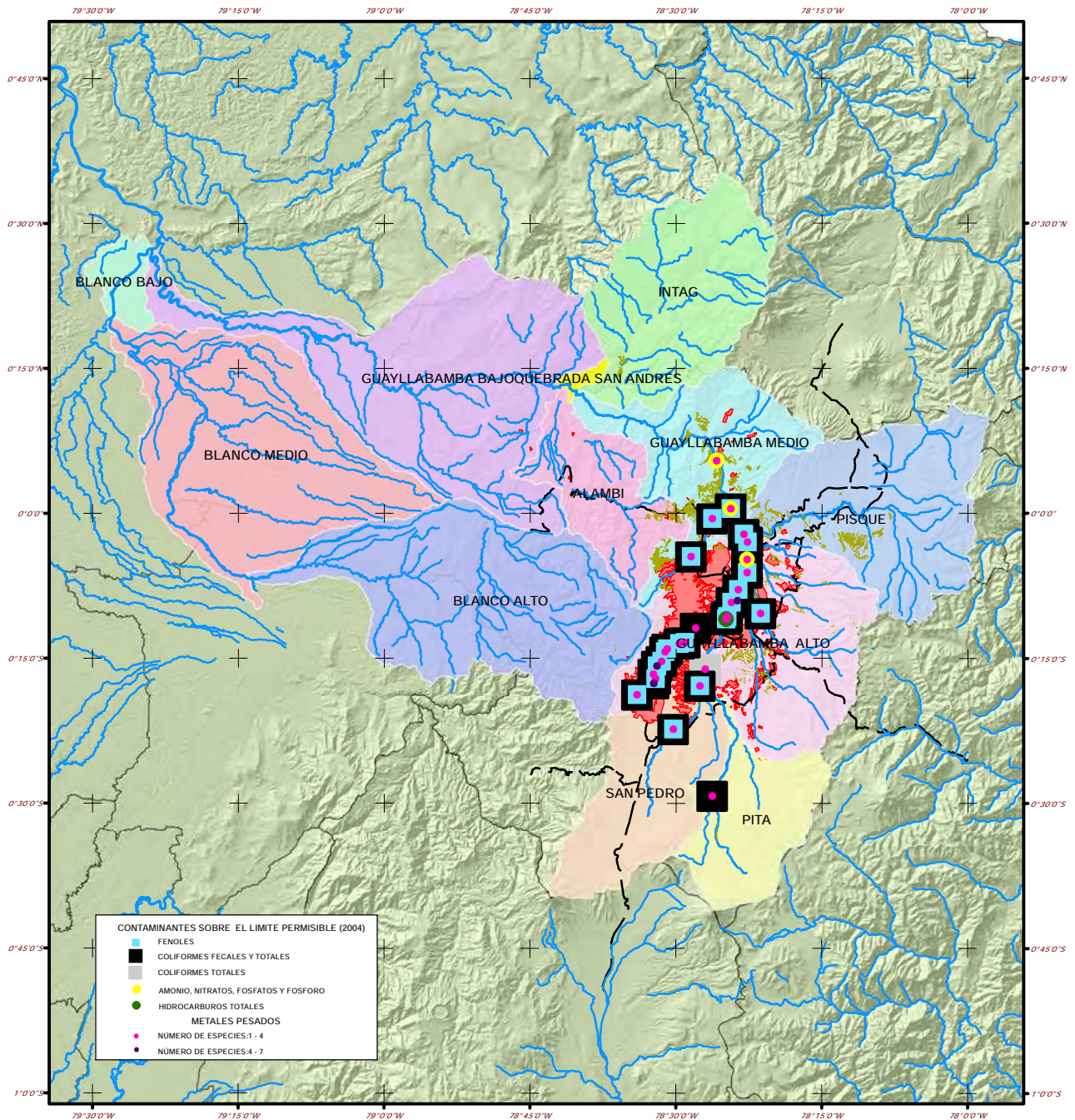
- Simbología**
- Áreas Urbanas
 - ~ Red hidrográfica
 - ~ Red pavimentada

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Pesticidas

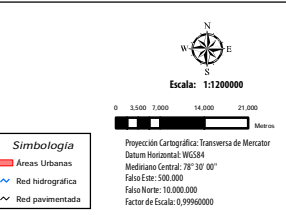
Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1.200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 13
Fuente de Información: -Andrade, L., et al. 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico -Instituto Geográfico Militar (IGM). Escala: 1:25.000, 250.000 -Informe del Mecanismo de Protección de Pesticidas en las Rías -Comunicado del DMQ (DMQ/AMPA/02/2004) -Secretaría de Ambiente (SA). Manual de calidad ambiental y uso del suelo 2010, 2006, 2007 -Mapa de Ecuador (IGN, 1989, 2009) -Colección de uso de suelo (MAGAP/2002)	Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico	

CALIDAD DE SEDIMENTOS



CONTAMINANTES SOBRE EL LÍMITE PERMISIBLE (2004)	
■	FENOLES
■	COLIFORMES FECALES Y TOTALES
■	COLIFORMES TOTALES
●	AMONIO, NITRATOS, FOSFATOS Y FOSFORO
●	HIDROCARBUROS TOTALES
METALES PESADOS	
●	NÚMERO DE ESPECIES: 1 - 4
●	NÚMERO DE ESPECIES: 4 - 7

LEYENDA			
SUBCUENCAS			
■	ALAMBI	■	BLANCO BAJO
■	BLANCO ALTO	■	BLANCO MEDIO
■	PISQUE	■	GUAYLLABAMBA ALTO
■	PITA	■	GUAYLLABAMBA BAJO
■		■	QUEBRADA SAN ANDRÉS
■		■	SAN PEDRO
■		■	SUELO EROSIONADO

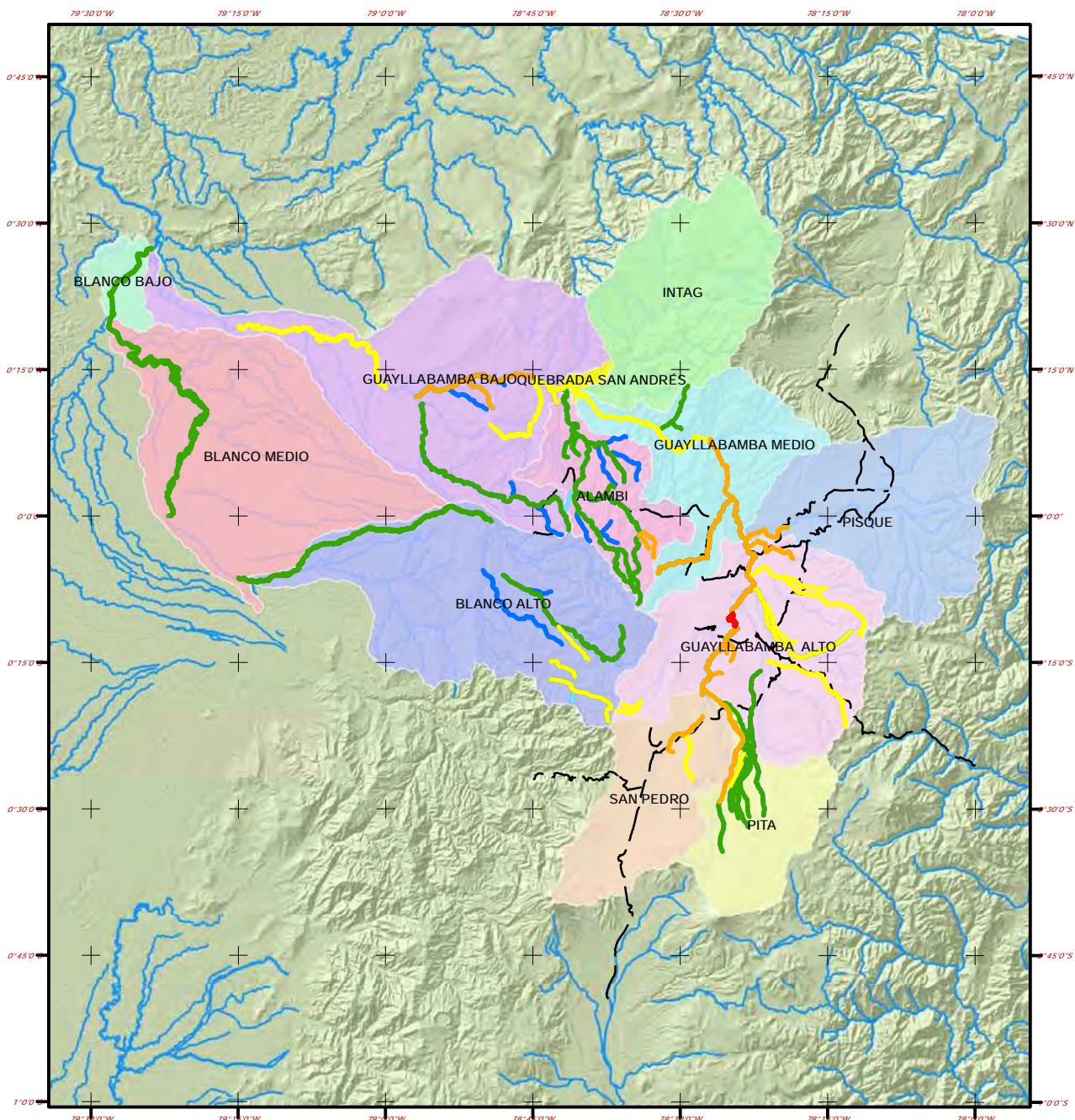


DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

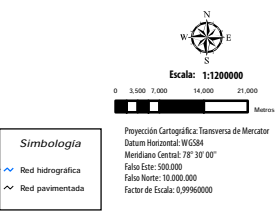
Calidad de sedimentos

Escala de trabajo: 1:50.000 Escala de impresión: 1:1200.000 Fecha de elaboración: Febrero 2012 Fecha de impresión: Abril 2012	Mapa No. 14
Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito Datum: WGS84 Zona: 17 Sur	
Fuentes de Información: Andrade, L., et al. 2012. Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico. Instituto Geográfico Militar (IGM), Escala: 1:50.000, 250.000 Subdivisión de la Inspección y Control de Edificios de las Rías (Santander de Bogotá) (IGM) (2004). Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo 2010, 2000, 2007, Secretaría de Ambiente (SA) Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo (SENPLADES, 2002)	
FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico	

TRAMOS CRÍTICOS DE LOS CAUCES - CALIFICACIÓN BIOLÓGICA



LEYENDA			TRAMOS CRÍTICOS	
SUBCUENCAS			MUY BUENO	BUENO
ALAMBI	BLANCO BAJO	GUAYLLABAMBA MEDIO	ACEPTABLE	DUDOSO
BLANCO ALTO	BLANCO MEDIO	INTAG	CRITICO	MUY CRITICO
PISQUE	GUAYLLABAMBA ALTO	QUEBRADA SAN ANDRÉS		
PITA	GUAYLLABAMBA BAJO	SAN PEDRO		



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Tramos críticos de los cauces - Calificación biológica

Escala de trabajo: 1:50.000
Escala de impresión: 1:1.200.000
Fecha de elaboración: Febrero 2012
Fecha de impresión: Abril 2012

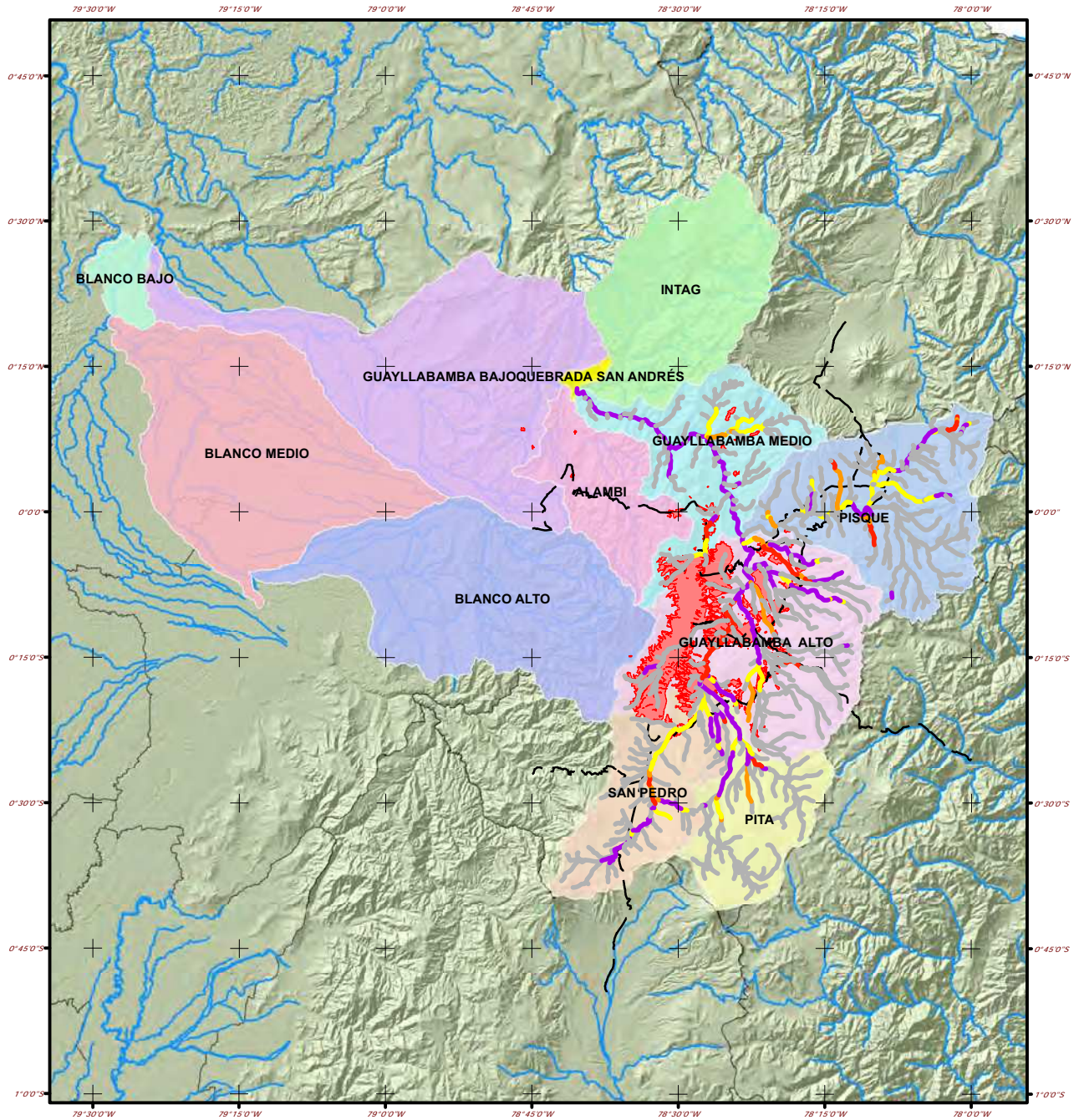
Mapa No. 15

Fuentes de Información:
-Andrade, L., et al., 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
-Instituto Geográfico Militar, 2002, Cartografía Base (1:50.000, 250.000)
-Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2012, Áreas Urbanas y Límite del DMQ (1:5.000)

Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

TRAMOS CRÍTICOS DE LOS CAUCES – ESTRÉS HÍDRICO



LEYENDA		ESTRES HÍDRICO EN RIOS	
SUBCUENCAS		SEVERO	
ALAMBI	BLANCO BAJO	ALTO	
BLANCO ALTO	BLANCO MEDIO	MODERADO	
PISQUE	GUAYLLABAMBA ALTO	LIGERO	
PITA	GUAYLLABAMBA BAJO	SIN ESTRÉS	
	GUAYLLABAMBA MEDIO		
	INTAG		
	QUEBRADA SAN ANDRÉS		
	SAN PEDRO		

MAPA DE UBICACIÓN
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

DIVISION SUBCUENCAS DE DRENAJE
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Tramos críticos de los cauces – Estrés hídrico

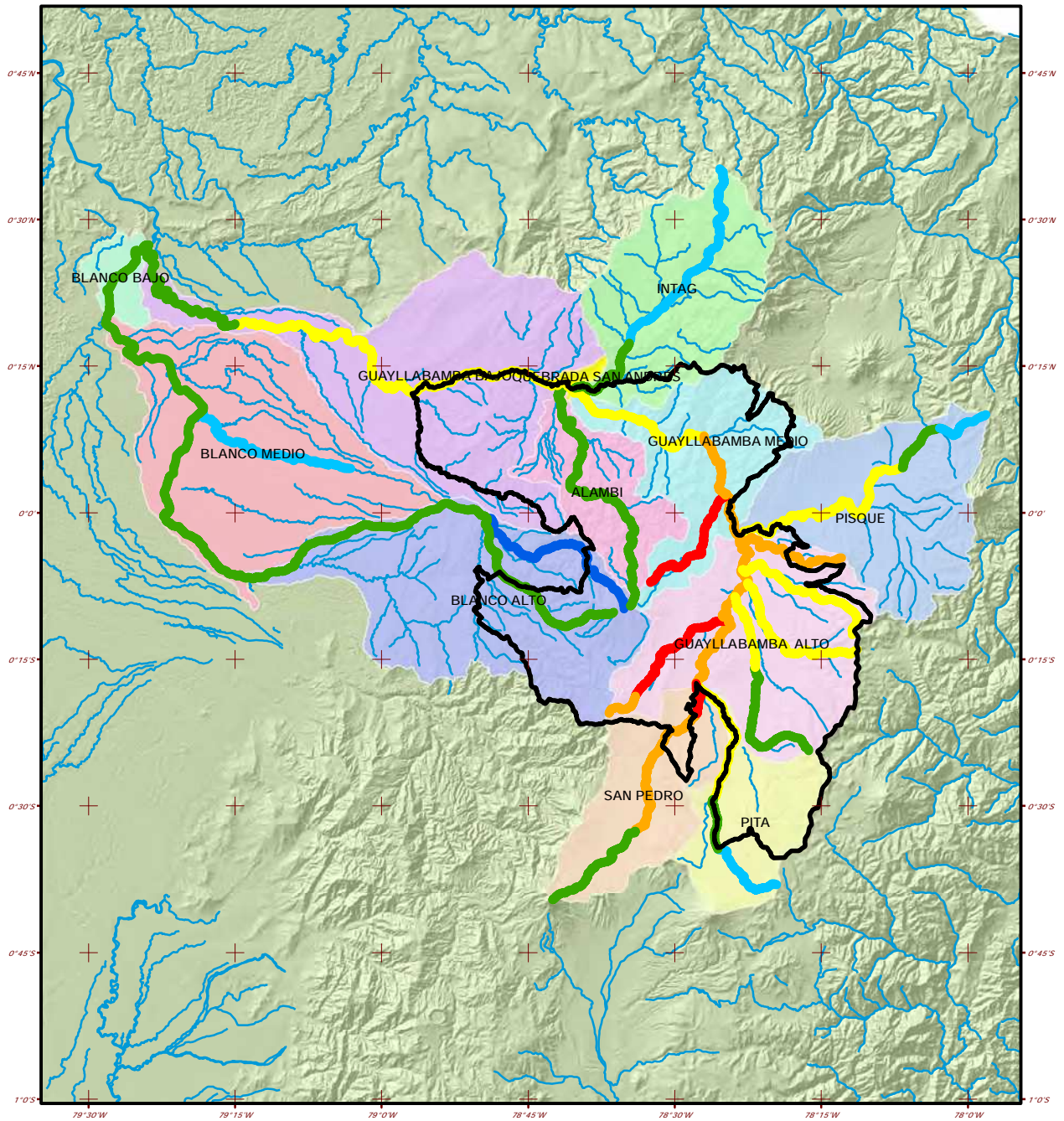
Escala de trabajo: 1:50.000
Escala de impresión: 1:1.200.000
Fecha de elaboración: Febrero 2012
Fecha de impresión: Abril 2012

Mapa No. 16
Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Datum: WGS84 Zona: 17 Sur

Centro de Información:
Andrade, L. et al. 2012. Diseño de la Red de Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
Año de Elaboración: Marzo 2012. Cartografía Base (1:50.000, 1:250.000)
Geometría de terreno: Nabatory y Novales, 2012.
Años de Bases (1:50000)
Fondo para la protección del Agua, 2008. Diagnóstico del Sistema de Cuenca y Ordenación Hídrica.

FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico

TRAMOS CRÍTICOS DE LOS CAUCES – CALIDAD DEL AGUA



LEYENDA	
NIVELES DE CONTAMINACIÓN	Crítica
CALIDAD	Dudosa
Aceptable	Muy Buena
Buena	Muy Crítica

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED METROPOLITANA DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Tramos críticos de los cauces – Calidad del agua

Escala de Trabajo:	1:50,000	Mapa No. 17
Escala de Impresión:	1:1,200,000	
Fecha de elaboración:	Febrero 2012	Sistema de Proyección: Transversa de Mercator de Quito
Fecha de impresión:	Abril 2012	Datum: WGS84 Zona: 17 Sur
Fuentes de Información:		FONDO AMBIENTAL (MUNICIPIO DE QUITO)
- Andradó, L., et al. 2012, Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico		ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL
- IGM, 2002: Red Hidrográfica (1:25,000, 50,000)		Diseño de la Red Metropolitana Ambiental de la Calidad del Recurso Hídrico
- SECRETARÍA DE AMBIENTE, 2011: Red Hídrica (1:5,000, 10,000)		
- ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2012: Índice BMWP (1:50,000)		

MAPA DE UBICACIÓN
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

DIVISIÓN POLÍTICA PARROQUIAL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)



Simbología

- Límite DMQ
- Áreas Urbanas
- ~ Red hidrográfica
- ~ Red pavimentada

