SISTEMAS DE DRENAJES Y AGUA DE RIEGO EN LA CUENCA ALTA, MEDIA Y BAJA DEL RIO VALDIVIA

Jimenez R. Edwin, Robalino R. Carlos, López Z. Ramón.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.
Carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica.
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30,5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

ejimenez@espol.edu.ec
carobali@espol.edu.ec
relopez@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo se realizó en la cuenca hidrográfica del río Valdivia-California que tiene aproximadamente 50.2 Km de longitud. La metodología consistió en tomar muestras de agua a lo largo del río, tomándose dieciocho muestras, doce en aguas superficiales y seis en aguas subterráneas; además se realizaron trece mediciones de caudal. A las dieciocho muestras se les analizó calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos, sulfato, cloro, nitratos, pH, dureza, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y turbidez. A diez de ellas se les analizó metales pesados: aluminio, cadmio, cobre, níquel, plomo y mercurio; y también coliformes totales. De agua subterránea, a dos de ellas se analizaron trazas de organofosforados. De los análisis de coliformes totales, se determinó contaminación tanto en el agua superficial como subterránea; exceptuando el pozo Carrizal. Por lo tanto se concluye que el agua para consumo humano deberá ser tratada por sus altos niveles de coliformes totales, para el uso del agua para riego se determina que tampoco es apta. En cuanto a metales pesados, específicamente aluminio, los análisis determinaron que hay dos muestras que tienen valores por encima de la norma: en el río Valdivia sector Sinchal y en el agua de pozo de Loma Alta.

Palabras Claves: *cuenca hidrográfica, río, agua superficial, agua subterránea, Valdivia, caudal.*

Abstract

This work was done in the Valdivia-California River basin, which is approximately 50.2 km long. The methodology consisted of taking water samples along the river, taking eighteen samples, twelve on superficial waters and six on groundwater; also were conducted thirteen flow measurements. The eighteen samples were analyzed for calcium, magnesium, sodium, potassium, carbonates, sulfate, chloride, nitrate, pH, hardness, electrical conductivity, total dissolved solids and turbidity. Ten of them were analyzed for heavy metals: aluminum, cadmium, copper, nickel, lead and mercury, and total coliforms. From groundwater, two of them were analyzed for traces of organophosphates. From the total coliforms analysis, we determined pollution in surface water and groundwater, except the well Carrizal. It is therefore concluded that drinking water should be treated by their high levels of total coliforms. For irrigation purposes the water is determined not to be safe, neither. Regarding to heavy metals, specifically aluminum, the analysis determined that there are two samples with values above the norm: in the Valdivia River Sinchal sector and the well water of Loma Alta.

Keywords: *basin, river, surface wáter, groundwater, Valdivia, flow.*

1. Introducción.

Las cuencas no solo son áreas naturales que recolectan y almacenan el agua que utilizamos para el consumo humano y animal, para los sistemas de riego agrícola, para dotar de agua a las ciudades y hasta para producir la energía eléctrica que alumbra nuestros hogares, son también el hábitat de un sin número de entes vivientes que dependemos de este recurso.

Siendo el agua el principal componente de una cuenca, el presente trabajo tratará sobre el análisis de las características físico-químicas, bacteriológicas y de residuos químicos presentes en el agua dentro de la cuenca del río Valdivia - California; lo que nos dirá si la acción del hombre ha degradado de alguna manera este recurso.

En la actualidad existe muy poco control de parte de las autoridades estatales en la conservación de esta cuenca, sin embargo los pobladores de esas comunidades, sobre todo los habitantes de Loma Alta, están cambiando de actitud frente a este problema y están motivados para buscar alternativas de solución.

2. Materiales y Métodos.

Se tomaron 18 muestras a lo largo del río Valdivia-California y sus afluentes, 12 de ellas en aguas superficiales y seis en aguas subterráneas (pozos). A estas muestras se hicieron análisis de los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez, cationes (Ca, Na, K, Mg), aniones (carbonato, sulfato, cloro) y nitratos. A diez de esas muestras, ubicadas en la cuenca media y baja (cuatro corresponden a aguas superficiales y seis a aguas subterráneas), se les hizo análisis de metales pesados: aluminio, cobre, cadmio, niquel, plomo y mercurio con el método de Absorción Atómica (AAS). A dos de esas muestras de aguas subterráneas se les analizó trazas de organofosforados (agroquímicos).

A las mismas muestras que se hizo análisis de metales pesados, se hizo análisis de coliformes totales por medio del método de conteo de colonias (MME M02 – AOAC 18th 966.24).

Para la recolección de las muestras en campo se utilizó un cronograma de trabajo donde se involucró:

- Identificación de los puntos de recolección a través de mapa de IGM.
- Recorrido base.
- Puntos geográficos con ayuda del GPS.
- Recolección de las muestras.
- Tabulación de los datos.

3. Area de estudio.

La cuenca hidrográfica del río Valdivia – California está ubicada en la parte norte de la provincia de Santa Elena, Comuna Valdivia. Este río nace en los cerros Sombrero, Guachinea y La Torre, con el nombre de California y fluye de norte a sur en su parte alta, para luego hacerlo de este a oeste, siguiendo un valle estrecho hasta su desembocadura en el mar. Tiene aproximadamente 50.2 Km de longitud; abarcando un área de 164.51 Km^2 (16.450,89 Ha) que representa el 3,5% del área de la cordillera Chongón – Colonche y el 2,3% de la Península de Santa Elena.

La cuenca del río Valdivia – California está divida, según su altitud, en tres tipos de cuenca: baja, desde 0 msnm hasta los 189 msnm; cuenca media, desde 189 msnm hasta los 378 msnm; y cuenca alta, desde 378 msnm hasta el punto más alto a 755 msnm.

El área que cubre la cuenca baja es de 11.971,89 Ha; la cuenca media abarca las 2.151,67 Ha; y la cuenca alta 2.327,33 Ha.

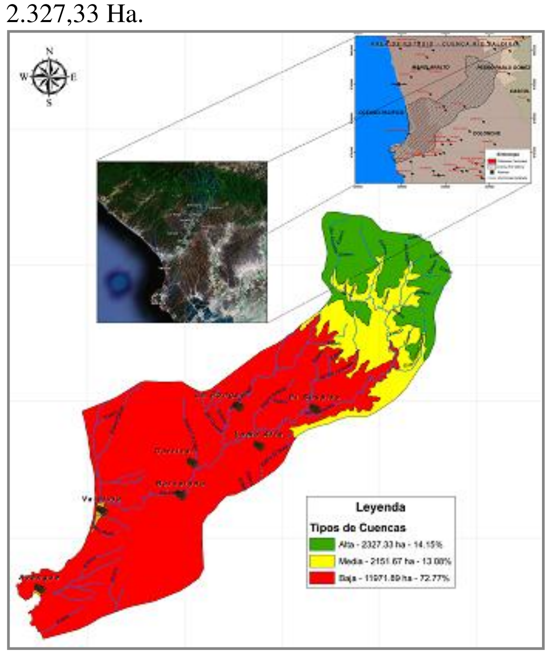

Gráfico 1. Tipos de cuenca río Valdivia.

Los puntos de donde se obtuvieron muestras fueron ubicados georeferencialemente por el sistemas de coordenadas WGS 84.

Tabla 1. Puntos georeferenciados a lo largo de la cuenca río Valdivia

TIPOS DE CUENCA	PUNTO	X	Y	Z (m)
ALTA	Río California (Chorillo)	543274	9797084	388.6
MEDIA	Río Negro	545884	9796140	211.9
	Río California (sector río Negro)	545682	9795952	202.2
BAJA	Río Culebra	545836	9793198	138.0
	Río Huaca	544050	9793842	133.0
	Río Estero Salado	540037	9791838	126.9
	Río California (Bramona)	545302	9792816	134.4
	Río California (sector Suspiro)	541061	9790506	97.0
	Río La Ponga o Botija	540156	9793048	88.0
	Río California (sector Loma Alta)	538416	9789293	63.0
	Río Valdivia (sector Barcelona)	534622	9786182	23.0
	Río Valdivia (sector Sinchal)	533837	9786199	22.0
	Pozo Loma Alta	538346	9789193	53.0
	Pozo Unión - La Ponga	538202	9789374	51.0
	Pozo El Suspiro	541675	9790403	87.0
	Pozo Carrizal	536683	9788216	44.0
	Pozo Junta Sinchal	534380	9785961	28.0

4. Resultados.

4.1 Caudales.

Se hicieron mediciones de caudal a lo largo del río y sus afluentes siguiendo la metodología de velocidad (V) media mediante flotadores multiplicado por el corte de la sección transversal del río (A) según la fórmula:

$$\boxed{Q = V \times A}$$

Tabla 2. Medición de caudales del río Valdivia y afluentes

PUNTO	FECHA	HORA	CAUDAL	
			(m^3/seg)	(gal/min)
Río Negro	2010-01-16	12:52	0,01170	185,42
Río California (sector río Negro)	2010-01-16	13:23	0,08668	1.373,83
Río Culebra	2010-01-16	14:30	0,00552	87,48
Río La Ponga o Botija 1	2010-01-23	13:04	0,03111	493,03
Río La Ponga o Botija 2	2010-01-23	13:04	0,01548	245,41
Río Huaca 1	2010-01-24	14:00	0,02776	440,00
Río California (Bramona)	2010-01-30	11:00	0,16185	2.565,38
Río California (Chorillo)	2010-01-31	12:15	0,04116	652,47
Río Valdivia (sector reservorio Carrizal)	2010-04-02	9:30	0,62615	9.924,75
Río Valdivia (sector Barcelona)	2010-04-02	10:10	0,75617	11.985,55
Río Valdivia (sector Sinchal)	2010-04-02	10:50	1,04452	16.556,06
Río California (sector Suspiro)	2010-04-02	11:30	1,73663	27.526,13
Río California (sector Loma Alta)	2010-04-02	12:30	1,57074	24.896,72

4.2 Parámetros físico - químico.

El pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y turbidez se mantienen dentro de los parámetros que TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2 del 31 de marzo del 2.003, Libro 6, Anexo 1) recomienda para agua de riego agrícola, a excepción de la muestra del Río Estero Salado, afluente del río Valdivia, que por tratarse de agua estancada, presenta elevados los parámetros de CE, SDT y turbidez, por lo que estos valores no son representativos ni reflejan la realidad de ese sector de la cuenca.

Tabla 3. Parámetros de pH, CE, SDT y turbidez.

PUNTO	pH	CE	SDT	Turbidez
	u.	u-mhos	mg/l	NTU
Río Negro	6,7	405	259	< 5
Río California (sector río Negro)	6,9	403	258	< 5
Río Culebra	7,2	442	283	< 5
Río La Ponga o Botija 2	7,5	727	465	< 5
Río Huaca 1	7,5	380	243	< 5
Río Estero Salado 2	7,0	6240	3994	20
Río California (Bramona)	7,7	451	289	< 5
Río California (Chorillo)	7,4	317	203	< 5
Río Valdivia (sector Barcelona)	7,8	535	342	< 5
Río Valdivia (sector Sinchal)	7,8	521	333	6
Río California (sector Suspiro)	7,70	407	261	< 5
Río California (sector Loma Alta)	7,8	448	287	< 5
Pozo Loma Alta	7,4	805	515	< 5
Pozo Unión - La Ponga	7,33	758	485	< 5
Pozo El Suspiro	7,45	562	360	< 5
Pozo Carrizal	7,3	1123	719	< 5
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	7,25	1076	689	< 5
Pozo Junta Sinchal	7,25	1282	821	< 5

En cuanto a calcio, magnesio (dureza), sodio y potasio los valores están dentro de los parámetros que TULAS recomienda para agua de riego, exceptuando la muestra del río Estero Salado por ser agua estancada.

Tabla 4. Parámetros de los cationes.

PUNTO	CATIONES				
	Ca	Mg	Na	K	DUREZA
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Río Negro	31,2	4,7	32,4	4,3	97,50
Río California (sector río Negro)	42,8	9,7	28,8	3,9	147,00
Río Culebra	47,0	10,1	28,8	4,7	159,00
Río La Ponga o Botija 2	86,0	20,7	29,9	5,9	300,00
Río Huaca 1	41,0	9,4	26,5	3,9	141,00
Río Estero Salado 2	644,0	415,5	248,4	25,8	3320,00
Río California (Bramona)	40,0	8,3	31,3	6,3	134,00
Río California (Chorillo)	33,6	7,5	25,3	3,5	115,00
Río Valdivia (sector Barcelona)	37,0	20,0	31,1	5,9	175,00
Río Valdivia (sector Sinchal)	40,0	15,8	35,9	5,5	165,00
Río California (sector Suspiro)	40,0	9,2	27,1	2,7	138,00
Río California (sector Loma Alta)	34,0	15,6	29,4	3,9	149,00
Pozo Loma Alta	47,6	22,0	105,8	4,3	209,50
Pozo Unión - La Ponga	53,0	26,2	100,1	3,9	240,50
Pozo El Suspiro	30,0	9,1	99,8	3,9	112,50
Pozo Carrizal	58,8	35,7	144,9	5,1	294,00
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	60,8	31,7	155,0	5,1	282,50
Pozo Junta Sinchal	72,8	40,8	135,0	5,9	350,00

De los parámetros de cloruros, nitratos, sulfatos y carbonatos, también están dentro de lo que TULAS recomienda para agua de riego, excepto la muestra del río Estero Salado por ser agua estancada.

Tabla 5. Parámetros de los aniones.

PUNTO	ANIONES			
	CO3H	SO4	Cl	N-NO3
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Río Negro	168,4	42,2	23,4	2,6
Río California (sector río Negro)	183,0	38,4	19,9	2,5
Río Culebra	152,5	76,8	24,8	3,6
Río La Ponga o Botija 2	183,0	132,5	53,9	7,5
Río Huaca 1	106,8	78,2	24,5	3,0
Río Estero Salado 2	463,6	1440,0	1451,3	8,0
Río California (Bramona)	152,5	50,9	40,8	4,6
Río California (Chorillo)	129,3	48,0	14,2	3,2
Río Valdivia (sector Barcelona)	189,1	43,2	39,0	1,7082
Río Valdivia (sector Sinchal)	162,3	55,2	48,6	1,7958
Río California (sector Suspiro)	152,5	35,0	31,6	1,7
Río California (sector Loma Alta)	201,3	38,4	28,4	1,3578
Pozo Loma Alta	207,4	110,4	138,3	3,1536
Pozo Unión - La Ponga	201,9	104,2	127,6	2,7594
Pozo El Suspiro	203,7	54,2	74,4	2,3
Pozo Carrizal	244,0	192,0	195,0	3,6354
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón A	198,3	211,2	187,2	2,7156
Pozo Junta Sinchal	219,6	144,0	237,5	3,723

4.3 Metales pesados.

Según TULAS, el parámetro de aguas para consumo humano, en el caso del aluminio, debe estar en 0,2 mg/l. Dos muestras están sobre esta medida, la del río Valdivia sector Sinchal y la otra en el pozo de Loma Alta. Para uso agrícola y pecuario no hay problema ya que el máximo tolerable es 5 mg/l.

Tabla 6. Valores de metales pesados Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg

PUNTO	Al	Cd	Cu	Ni	Pb	Hg
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Río Valdivia (sector Barcelona)	<0,5	<0,02	<0,05	<0,1	<0,2	<0,0005
Río Valdivia (sector Sinchal)	0.65	<0,02	<0,05	<0,1	<0,2	<0,0005
Río California (sector Suspiro)	<0,5	<0,02	<0,05	<0,1	<0,2	<0,0005
Río California (sector Loma Alta)	<0,5	<0,02	<0,05	<0,1	<0,2	<0,0005
Pozo Loma Alta	0.4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pozo Unión - La Ponga	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pozo El Suspiro	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pozo Carrizal	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apoli	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

4.4 Coliformes totales.

TULAS recomienda un mínimo de 1.000 NMP/100 ml (número más probable) para uso del agua en agricultura, por lo que según esta normativa ninguna de las muestras están aptas. Además, la misma TULAS recomienda que para aguas de uso recreativo lo mínimo es 1.000 NMP/100 ml, por lo que tampoco se recomienda su uso para estos fines.

Tabla 7. Tabla de coliformes totales.

PUNTO	COLIFORMES TOTALES
	NMP/100ml
Río Valdivia (sector Barcelona)	>1600
Río Valdivia (sector Sinchal)	>1600
Río California (sector Suspiro)	>1600
Río California (sector Loma Alta)	>1600
Pozo Loma Alta	>1600
Pozo Unión - La Ponga	>1600
Pozo El Suspiro	>1600
Pozo Carrizal	<2
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	>1600
Pozo Junta Sinchal	>1600

4.5 Trazas de organofosforados (agroquímicos).

Los parámetros de organofosforados están bajo los límites máximos expuestos en la normativa TULAS por lo que cumple con los requisitos para su uso en irrigación y consumo humano.

Tabla 8. Tabla de trazas de organofosforados en µg/l

PUNTOS DE RECOLECCION	CADUSAFOS	CLORPIRIFOS	DIAZINON	DICLORVOS + TRICLORFON
Pozo Carrizal	<0,05	<0,03	<0,02	<0,04
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	<0,05	<0,03	<0,02	<0,04
PUNTOS DE RECOLECCION	**DIMETOATO**	**DISULFOTON**	**ENTOPROFOS**	**FENCLORFOS**
Pozo Carrizal	<0,09	<0,02	<0,01	<0,01
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	<0,09	<0,02	<0,01	<0,01
PUNTOS DE RECOLECCION	**MALATION**	**MEVINFOS**	**METAMIDOFOS**	**ETIL PARATION**
Pozo Carrizal	<0,01	<0,02	<0,5	<0,01
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	<0,01	<0,02	<0,5	<0,01
PUNTOS DE RECOLECCION	**METIL PARATION**	**FORATE**	**TERBUFOS**	**TOLIFLUANIDA**
Pozo Carrizal	<0,04	<0,02	<0,02	<1
Pozo Sinchal-Barcelona Sr. Ramón Apolinario	<0,04	<0,02	<0,02	<1

5. Conclusiones.

A pesar de que el agua de este sistema hídrico presenta niveles adecuados en los parámetros físico-químicos, es necesario que se establezca la siembra de cultivos tolerantes a la salinidad, ya que los niveles de potasio, cloro, sodio y CE de los pozos de la cuenca baja son altos, sin llegar a exceder los límites de la norma, por lo que podemos decir que la cofia marina está afectando la calidad del agua.

La contaminación por coliformes totales, en la cuenca baja, es otro de los graves problemas del agua del río Valdivia ya que sus niveles exceden el límite mínimo de TULAS tanto para su uso en agricultura como para consumo humano, excepto en el pozo Sinchal pero este es exclusivamente para consumo humano. Por lo tanto será necesario concientizar a la población que vive en las riveras de implementar nuevas formas para el tratamiento de aguas servidas. Es tan crítica la contaminación por coliformes que incluso estaría prohibido el uso del agua del río para actividades recreativas, según la norma TULAS.

6. Agradecimientos.

Agradecemos al Sr. Eleodoro Rodríguez que sin sus conocimientos del terreno y del área de estudio, hubiera resultado imposible la ejecución de este trabajo. Asimismo, agradecemos la participación del Tecnólogo José Rivas que ayudó en la obtención de los mapas y gráficos de este proyecto. Finalmente agradecemos al Sr. Fausto Maldonado por su invaluable aporte.

7. Referencias.

[1] MUÑOZ LUZURIAGA FRANCO, Manejo de cuencas hidrográficas tropicales, Casa de la Cultura Ecuatoriana "Benjamín Carrión" Núcleo de Loja, 2007.

[2] ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones, No. 168, 5º edición, 1994.

[3] ZURY OCAMPO WILLIAM, FAO, DFC, Ministerio del Medio Ambiente, Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas, Embajada Real de los Países Bajos, Quito 2004.

[4] RAMAKRISHNA B., Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: conceptos y Experiencias, Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible, Proyecto IICA/GTZ, San José – Costa Rica, 1997.

[5] ESPOL, PROYECTO VLIR-ESPOL, Memorias del Seminario – Taller Manejo de Cuencas Hídricas en el Ecuador, Guayaquil 26-28 de febrero del 2003.

[6] AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE CHILE, ACICH, 1º Curso Regional Internacional, Manejo Integral de cuencas hidrográficas con énfasis en control de erosión y degradación de tierras, Santiago 22-26 de marzo del 2004.

[7] CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE, Elementos para diagnósticos biofísicos, Manual para el Manejo de Cuencas Hidrográficas, pg 4, 2005

[8] UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, UNCPBA, Conceptos básicos de hidrología, 2010

[9] GALLETI HUGO, Forest Management in Quintana-Roo. Thirteen years of conservation and community development, en Galleti Hugo, et al, Timber, tourists and temples, Island Press Washington, 1979

[10] DONOSO C. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Segunda Edición. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 484 p.

[11] VASQUEZ, A. Manejo de cuencas altoandinas. Escuela Superior de Administración. Lima, Perú. 1997

[12] TORRES G. JUAN, La gestión de microcuencas, una estrategia para el desarrollo sostenible en las montañas del Perú: Propuesta. Centro IDEAS, CCTA, CCAIJO, Lima. 1999

[13] SHENG T.C. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Guía FAO CONSERVACION No. 13/6. FAO, Roma, Italia. 185 p

[14] URBINA, C. "Manejo de Cuencas Hidrográficas", CIAF Bogotá, 1979

[15] LOPEZ CADENAS DE LLANO F. Corrección de torrentes y estabilización de cauces. pp. 182. Colección F.A.O. Fomento de tierras y aguas - Roma. 1973

[16] BOSCH, JM & JD HEWLETT. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal Hydrol. 55:3-23.

[17] CHOW V. T., Ph.;1994. Hidráulica de canales abiertos. McGRAW-HILL. Colombia.

[18] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DEL ECUADOR, MMAE, Texto Unificado de Legislacion AMbiental Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente (TULAS).

[19] UNESCO, WHO, UNEP. 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Edition. Deborah Chapman. Cambridge.

[20] FORESTA: Revista de la asociación y colegio de ingenieros técnicos forestales. No.31. Madrid, pp 26-33.

[21] AGUA, http://es.wikipedia.org/wiki/Agua/

[22] Rojas Juan, tesina CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL RIO VALDIVIA, Espol, 2010.

[23] CALIDAD DEL AGUA, http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap17.pdf

[24] SULFATOS, http://es.wikipedia.org/wiki/Sulfatos

[25] CARBONATOS, http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonatos

[26] Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, vol 1, Organización Mundial de la Salud, 2006. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/index.html