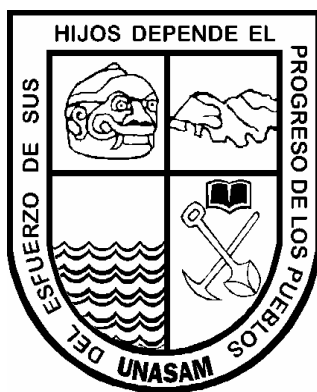


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA  
MICROCUENCA QUEBRADA HONDA”**

**MAYO 2000 – MAYO 2001**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental**

**Br. Ivan Juan Montes Mallqui**

**Huaraz – Ancash – Perú**

**Noviembre 2002**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA  
MICROCUENCA QUEBRADA HONDA”**

**MAYO 2000 – MAYO 2001**

A mis queridos padres  
Juan y Petronila  
con toda mi gratitud y mis mayores consideraciones

---

---

## AGRADECIMIENTO

- Al Ing. Eduardo Castro Suárez por su apoyo logístico.
- Al Blgo. Edwin J. Palomino Cadenas y al Ing. Jerónimo Manrique por su asesoramiento.
- Al Ing. David Tamblyn y a la Señora MSc. Edmé Landeo por su asesoramiento en el proyecto de investigación.
- A mis revisores de Tesis MSc. Fernando Castillo Picón, Ing. Ashtu Paucar, y al Ing. Pedro Valladares Jara.
- Al Ing. Germán Cáceres Salazar, quien me ayudó a realizar los bioensayos de *Allium cepa* y *Daphnia sp*; entre otros aspectos.
- A la Blga. Adriana Polo Salazar, quien me ayudó en el bioensayo con *Allium cepa*.
- Al Sr. Luís Armas, por la medición de caudales en quebrada Honda.
- Al Ing. Jean Ortiz Reyes, al Químico Mario Leyva Collas, al Ing. Arnulfo Serna, y al Ing. Ciro Fernández, quienes me apoyaron en la elaboración del proyecto de investigación y la tesis misma.
- A todos mis profesores de la Universidad.

### A las **Instituciones:**

- Asociación Urpichallay y The Mountain Institute.
- Compañía Minera Nueva California S.A.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
- INRENA – Huaraz.
- Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”
- Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH  
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL  
DE INGENIERIA AMBIENTAL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Los miembros del jurado que suscriben, reunidos para la ceremonia de sustentación de Tesis que presenta el Señor Bachiller: IVAN JUAN MONTES MALLQUI.

titulada: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA HONDA".

y atendida la exposición oral y oídas las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

*APROBADO CON MENCION.....*

con el calificativo de:

*DIESCISEIS (16)*

Debiendo la facultad publicarla y difundirla obligatoriamente.

En consecuencia, queda en condiciones de ser APROBADA por el Consejo de Facultad y recibir el título de

### INGENIERO AMBIENTAL

de conformidad con los Artículos 40, 42, 43, 45 y 46 del Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional de Ancash "Santiago Antúnez de Mayolo".

Huaraz, *11* de *NOVIEMBRE* ..... del 2002.

  
Mag. HERACLIO CASTILLO PICON  
Presidente

  
Ing. VÍCTOR ASHTU PAUCAR  
Secretario

  
Ing. PEDRO VALLADARES JARA  
Vocal

## **PREFACIO**

Este trabajo se ha realizado a iniciativa de los comuneros de la Comunidad Campesina de Vicos, frente a la notoria contaminación de sus aguas. Solicitaron apoyo técnico y financiero a las ONGs The Mountain Institute Inc. y la Asociación Urpichallay.

Estas instituciones elaboraron el Proyecto “**Agua para Siempre**” que incluía un trabajo de investigación sobre calidad de aguas en el área de influencia del proyecto. The Mountain Institute Inc. a su vez realizó un convenio con la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo.

La Facultad de Ciencias del Ambiente solicitó a sus alumnos proyectos de investigación, los que debería presentarse a las ONGs. En este contexto se elaboró el proyecto de investigación para la subcuenca alta del río Marcará denominado:

### **Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda**

En el diseño de investigación se contó con la colaboración del Ingeniero David Tamblyn, quien había trabajado en investigaciones similares en la zona de estudio y del biólogo Julio Palomino para plantear los bioensayos y la metodología de investigación.

El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda, y realizar una evaluación al sistema de monitoreo campesino, formado y capacitado por la Asociación Urpichallay como parte del proyecto “Agua para Siempre”.

Debo expresar que, cuando estaba culminando mis estudios creía saber mucho sobre calidad de aguas, y al realizar esta investigación me di cuenta de lo contrario, y ahora, al finalizarla creo que me falta saber mucho más; pues solamente se tanto como la tierra, pero me falta conocer tanto como el universo.



## RESUMEN

Los objetivos del trabajo de investigación fueron: determinar las fuentes de contaminación, los niveles de toxicidad, la contaminación fecal de las aguas superficiales en la microcuenca quebrada Honda y evaluar el sistema de monitoreo comunitario (SMC); desarrollado por los miembros de la Comunidad Campesina de Vicos.

El estudio se realizó en la microcuenca quebrada Honda, ubicada entre las coordenadas (UTM 18) 225 768,05; 8 968 746,55 y 245 522,04; 8 968 397 este (X) y oeste (Y) respectivamente, entre 3 550 a 6 200 msnm, área dentro del Parque Nacional Huascarán; pese esto, existe pequeña minería, ganadería extensiva, agricultura y turismo. Por otro lado no es perceptible la vida en sus cursos de agua.

La investigación transcurrió entre abril del 2000 y Junio del 2001. Se realizó análisis de aguas mediante parámetros físicos, químicos, biológicos y bioensayos con *Allium cepa* (cebolla común) y *Daphnia sp* (pulga de agua); considerando los protocolos de la APHA (1992) y del Ministerio de Energía y Minas. Para evaluar el SMC se tomaron pruebas teóricas, interpretación y comparación de resultados con equipos de laboratorio.

El lugar de mayor contaminación está ubicada, en las coordenadas X 241 809 e Y 8 967 840 a una altitud de 4 239 msnm (QH – 10), en la quebrada Minayaku; donde la mayoría de parámetros analizados están por encima de los estándares con respecto a la Ley General de Aguas (LGA) para todas sus Clases, estando el níquel (Ni) en 219 veces más sobre el Límite Máximo Permisible (LMP) para la Clase II.

Siendo el río Marcará uno de los afluentes más importantes del río Santa, en las coordenadas UTM 18 X 219 901,0 e Y 8 966 623,0 (QH – 01) a una altitud de 3 055 msnm. El níquel tiene valores promedio que están en 216.5 y 220,5 veces más que LMP de la LGA Clase II para las épocas sin y con lluvias.

El plomo sobrepasa los estándares de calidad de agua en los pequeños efluentes de minas y entre los puntos de muestreo QH – 03 (4 084 msnm) y QH – 01 (3 055 msnm).

Arsénico, cadmio y aluminio, tienen valores contaminantes a altitudes mayores de 4 000 msnm, debido a la acción corrosiva del agua a pH entre 6,6 y 3,4. (Minayaku y Yanayaku).

Altos niveles de toxicidad se tuvo en Minayaku (QH – 10) y Yanayaku (QH - 21), en ellos el *Allium cepa* no se desarrolló y las *Daphnias* murieron rápidamente. En la estación QH – 05 (aguas abajo de la mina Arequipa M.) a pesar de que las aguas estaban dentro de los estándares, se observó alta toxicidad; similarmente en la estación QH – 07 (aguas abajo de la mina Toma la Mano).

Siendo el sustrato de quebrada Honda mineralizado y erosionable (por la *formación Chicama* en Yanayaku y Minayaku), la depredación de la flora nativa (por los mineros, las quemadas y el ganado exótico) hace que las aguas incrementen su contenido de metales pesados, produciéndose toxicidad en las mismas. Además los efluentes de las minas abandonadas (23) y en funcionamiento (06), pese a ser muy pequeños en conjunto pueden aumentar los niveles de contaminación significativamente.

Los SMC son alternativas para concientizar a los pobladores en el cuidado ambiental y su control; siendo necesario antes de su implementación un estudio técnico de capacidades y parámetros según las condiciones del medio.

## TABLA DE CONTENIDO

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA HONDA” MAYO 2000 – MAYO 2001.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
COPIA DEL ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iv
PREFACIO.....	v
RESUMEN.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	ix
RELACIÓN DE MAPAS.....	xiv
RELACIÓN DE FIGURAS.....	xiv
RELACIÓN DE GRÁFICAS.....	xv
RELACIÓN DE TABLAS.....	xviii
RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS.....	xxi
ABREVIATURAS Y SIGLAS INSTITUCIONALES.....	xxiv
Abreviaturas.....	xxiv
Siglas Institucionales.....	xxv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	4
ANTECEDENTES.....	4
CAPÍTULO III.....	7
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
3.1.    Ubicación del área de estudio.....	7
3.2.    Mapas de Ubicación.....	8
3.3.    Extensión.....	9
3.4.    Geología.....	9
3.4.1.    Generalidades.....	9
3.4.2.    Estratigrafía de la cuenca.....	10
3.4.3.    Estratigrafía local.....	12
3.4.4.    Mineralización.....	15
3.4.5.    Geomorfología.....	16
3.5.    Hidrología de la zona.....	26
3.5.1.    Generalidades.....	26
3.5.2.    Climatología.....	27

3.5.3.	Precipitación .....	30
3.5.4.	Escorrentía.....	31
3.6.	Características ecológicas .....	33
3.6.1.	Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT).....	34
3.6.2.	Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT).....	34
3.6.3.	Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT).....	35
3.6.4.	Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT).....	35
3.6.5.	Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT).....	36
3.6.6.	Nival Tropical (NT) .....	36
3.7.	Flora .....	37
3.7.1.	Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT).....	37
3.7.2.	Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT).....	37
3.7.3.	Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT).....	38
3.7.4.	Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT).....	38
3.7.5.	Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT).....	38
3.8.	Fauna .....	39
3.8.1.	Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT).....	39
3.8.2.	Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT).....	39
3.8.3.	Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT).....	40
3.8.4.	Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT).....	40
3.8.5.	Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT).....	40
3.9.	Aspectos sociales .....	41
3.9.1.	Minería.....	41
3.9.2.	Agricultura.....	42
3.9.3.	Ganadería .....	44
3.9.4.	Turismo.....	44
CAPÍTULO IV.....		45
REVISIÓN CONCEPTUAL.....		45
4.1.	Teoría relacionada a la investigación.....	45
4.1.1.	Fuentes de aguas residuales .....	45
4.1.2.	Interpretación del análisis físico-químico.....	45
4.1.3.	Bioensayos .....	46
4.1.4.	Bioensayos usando <i>Daphnia sp.</i> .....	47
4.1.5.	Bioensayos usando <i>Allium cepa</i> .....	52
4.2.	Definición de términos básicos.....	56

4.2.1.	Ambiente.....	56
4.2.2.	Biota.....	57
4.2.3.	Cuenca hidrológica .....	57
4.2.4.	Contaminación .....	57
4.2.5.	Sustancias tóxicas y peligrosas.....	57
4.3.	Parámetros organolépticos y físico-químicos del agua .....	58
4.3.1.	Acidez .....	58
4.3.2.	Conductividad eléctrica .....	58
4.3.3.	Oxígeno Disuelto.....	59
4.3.4.	Dureza total.....	60
4.3.5.	Potencial de iones hidrógeno (pH) .....	60
4.3.6.	Temperatura .....	60
4.3.7.	Turbidez.....	61
4.3.8.	Sólidos totales.....	61
4.3.9.	Sólidos suspendidos .....	62
4.4.	Parámetros de sustancias no deseables del agua .....	62
4.4.1.	Aluminio .....	62
4.4.2.	Demanda Química de Oxígeno .....	62
4.4.3.	Hierro.....	63
4.5.	Parámetros de sustancias tóxicas a la salud humana.....	63
4.5.1.	Arsénico.....	63
4.5.2.	Cadmio .....	64
4.5.3.	Níquel .....	65
4.5.4.	Plomo.....	65
4.6.	Parámetros de contaminación biológica.....	66
4.6.1.	Coliformes totales. ....	66
4.6.2.	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	66
4.7.	Normatividad peruana vigente .....	67
4.7.1.	Ley general de aguas.....	67
4.8.	Estándares de la Organización Mundial de la Salud .....	71
CAPÍTULO V.....		73
MÉTODO .....		73
5.1.	Determinación de las fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda.....	73
5.1.1.	Ubicación de estaciones de muestreo.....	74

5.1.2.	Selección de parámetros de muestreo .....	77
5.1.3.	Monitoreo .....	79
5.1.4.	Análisis de parámetros físico-químicos y biológicos en campo y laboratorio .....	83
5.2.	Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda....	85
5.2.1.	Bioensayo con <i>Allium cepa</i> (cebolla común) .....	85
5.2.2.	Bioensayo con <i>Daphnia sp</i> (pulga de agua) .....	86
5.3.	Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda	87
5.4.	Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad de Vicos ..	88
CAPÍTULO VI.....		89
RECURSOS.....		89
6.1.	Recursos humanos .....	90
6.2.	Bienes y servicios .....	90
6.2.1.	Servicios .....	90
6.2.2.	Materiales .....	90
6.2.3.	Equipos.....	90
CAPÍTULO VII.....		91
RESULTADOS.....		91
7.1.	Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda .	91
7.1.1.	Ubicación de estaciones de muestreo.....	91
7.1.2.	Análisis de parámetros físico-químicos en campo y laboratorio .....	92
7.2.	Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda..	115
7.2.1.	Bioensayo con <i>Allium cepa</i> .....	115
7.2.2.	Bioensayo con <i>Daphnia sp</i> .....	120
7.3.	Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda...	121
7.3.1.	Coliformes totales .....	121
7.4.	Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos.....	122
CAPÍTULO VIII.....		123
DISCUSIÓN .....		123
8.1.	Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda ....	123
8.1.1.	Por estaciones de muestreo.....	123

8.1.2.	Por parámetros físico-químicos de análisis .....	138
8.1.3.	Por la naturaleza de la contaminación.....	152
8.2.	Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda..	154
8.2.1.	Bioensayo con <i>Allium cepa</i> .....	154
8.2.2.	Bioensayo con <i>Daphnia sp</i> .....	154
8.3.	Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda... .....	155
8.3.1.	Coliformes totales .....	155
8.4.	Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos.....	156
CAPÍTULO IX.....		158
CONCLUSIONES .....		158
CAPÍTULO X.....		160
RECOMENDACIONES .....		160
CAPÍTULO XI.....		164
BIBLIOGRAFÍA .....		164
ANEXOS .....		170
Anexo 01.	Caudales en la microcuenca quebrada Honda .....	171
Anexo 02.	Exámenes de evaluación del sistema de monitoreo campesino .....	172
	Primer examen teórico .....	172
	Primer examen práctico .....	172
	Segundo examen teórico .....	174
	Segundo examen práctico.....	174
	Tercer examen teórico .....	175
	Tercer examen práctico.....	177
Anexo 03.	Datos de evaluación del sistema de monitoreo campesino .....	178
Anexo 04.	Principales estaciones de muestreo .....	179
Anexo 05.	Fotografías relacionadas a la investigación .....	182
	<i>Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda</i> .....	182
	<i>Niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda</i> .....	183
	<i>Sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos</i> .....	184
Anexo 06.	Datos de bioensayo con <i>Allium cepa</i> .....	185
Anexo 07.	Cuadros de resultados de monitoreo de calidad de aguas .....	186
Anexo 08.	Resultados de bioensayo con <i>Daphnia sp</i> .....	204
Anexo 09.	Perspectiva en tres dimensiones de la subcuenca Marcará .....	205

## RELACIÓN DE MAPAS

Mapa 1.	Suramérica – Perú – Región Ancash (mapa a la izquierda).....	8
Mapa 2.	Región Ancash – Parque Nacional Huascarán (línea verde) – subcuencas de la Cordillera Blanca – microcuenca quebrada Honda (mapa a la derecha).....	8
Mapa 3.	Quebrada Honda (mapa inferior).....	8
Mapa 4.	Ubicación de estaciones de muestreo en la microcuenca quebrada Honda .....	75

## RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.	Perfil vertical agrícola de la subcuenca Marcará .....	43
Figura 2.	<i>Daphnia sp.</i> .....	48



## RELACIÓN DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Promedios anuales de flujo en el río Marcará en la estación hidrométrica de Chancos (1954 - 1994). ....	32
Gráfica 2.	Promedios mensuales de flujo en el río Marcará en la estación hidrométrica de Chancos (1954 - 1994). ....	32
Gráfica 3.	Caudales calculados en los cursos principales de agua de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo). ....	33
Gráfica 4.	Promedio de acidez por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001). ....	92
Gráfica 5.	Variación de acidez por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	93
Gráfica 6.	Promedio de conductividad eléctrica por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001). ....	94
Gráfica 7.	Variación de conductividad eléctrica por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	95
Gráfica 8.	Variación de Oxígeno Disuelto por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	96
Gráfica 9.	Concentración de iones hidrógeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001). ....	97
Gráfica 10.	Variación de iones hidrógeno por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	98
Gráfica 11.	Variación de temperatura por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	99
Gráfica 12.	Promedio de turbidez por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001). ....	100
Gráfica 13.	Variación de turbidez por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	101
Gráfica 14.	Variación de sólidos suspendidos por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001). ....	102

Gráfica 15.	Promedio de sólidos totales de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001). ...	103
Gráfica 16.	Promedio de aluminio por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001). ...	104
Gráfica 17.	Variación de aluminio por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	105
Gráfica 18.	Promedio de Demanda Química de Oxígeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo de 2000 – mayo 2001). ....	106
Gráfica 19.	Promedio de hierro por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre del 2000 a noviembre del 2001).....	107
Gráfica 20.	Variación de arsénico por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	108
Gráfica 21.	Promedio de cadmio por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (Junio del 2000 a mayo del 2001). ....	109
Gráfica 22.	Variación de cadmio por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	110
Gráfica 23.	Variación de níquel por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda (Marzo – mayo del 2001). ....	111
Gráfica 24.	Promedio de plomo por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre de 2000 – mayo 2001).....	112
Gráfica 25.	Variación de plomo por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda. ....	113
Gráfica 26.	Promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo de 2000 – mayo 2001). ....	114
Gráfica 27.	Longitud promedio de la raíz de <i>Allium cepa</i> luego de una semana de sembrado en muestras provenientes de quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).....	115
Gráfica 28.	Toxicidad promedio con respecto al agua de mesa y al agua destilada considerando la longitud de la raíz. ....	117
Gráfica 29.	Valores de índice mitótico por cada estación de muestreo en quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).....	118

Gráfica 30.	Toxicidad promedio con respecto al agua de mesa y al agua destilada considerando el índice mitótico. ....	119
Gráfica 31.	Porcentaje de movilidad de <i>Daphnias</i> luego de exposición en 24 horas a diferentes muestras de agua. ....	120
Gráfica 32.	Promedio de coliformes totales por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre del 2000 – mayo del 2001).....	121
Gráfica 33.	Porcentaje de promotores ambientales del sistema de monitoreo campesino aprobados. ....	122
Gráfica 34.	Caudales encontrados en los cursos principales de agua de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo). ....	171

## RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de superficie y altitud media en quebrada Honda. ....	17
Tabla 2.	Variación mensual de la temperatura en °C (1985 - 1992) .....	28
Tabla 3.	Variación mensual de la radiación solar en horas/mes (1985 - 1992) .....	28
Tabla 4.	Variación mensual de la humedad relativa en % (1985 – 1992) .....	29
Tabla 5.	Variación mensual de evaporación en mm/año (1985 - 1992).....	29
Tabla 6.	Velocidad del viento media mensual en m/s (1985 - 1992) .....	30
Tabla 7.	Cuenca del río Santa – estaciones pluviométricas y precipitación media.	31
Tabla 8.	Ejemplo de resultado de la prueba de <i>Allium</i> en aguas residuales de una industria de producción de clorato.....	56
Tabla 9.	Reglamentación francesa sobre relación entre mineralización y la conductividad eléctrica.....	59
Tabla 10.	Condición del agua bajo condiciones de dureza total.....	60
Tabla 11.	Ley General de Aguas: límites bacteriológicos (*) .....	68
Tabla 12.	Ley General de Aguas: límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 5 días a 20 °C y de Oxígeno Disuelto (OD) .....	68
Tabla 13.	Ley General de Aguas: límites de sustancias potencialmente peligrosas.	69
Tabla 14.	Ley General de Aguas: límites de sustancias o parámetros potencialmente perjudiciales .....	70
Tabla 15.	Constituyentes inorgánicos. ....	71
Tabla 16.	Substancias y parámetros del agua de consumo que pueden dar lugar a queja en los consumidores.....	72
Tabla 17.	Resultados de muestreo de diversos parámetros en dos estaciones representativas, en épocas con y sin precipitación pluvial.....	78
Tabla 18.	Descripción y coordenadas UTM de las estaciones de muestreo.....	80
Tabla 19.	Métodos y normas de análisis para diferentes parámetros de calidad de agua.....	84
Tabla 20.	Ubicación de estaciones de muestreo.....	91
Tabla 21.	Caudales en m <sup>3</sup> /s en diferentes lugares de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo). ....	171
Tabla 22.	Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 enero 22.....	172
Tabla 23.	Resultados obtenidos por el equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001, enero 22).....	173

Tabla 24.	Resultados de toma de muestras (2001, enero 24).....	173
Tabla 25.	Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 abril 21.....	174
Tabla 26.	Resultados obtenidos por equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001 abril 21 .....	175
Tabla 27.	Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 mayo 30.....	177
Tabla 28.	Resultados obtenidos por equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001 mayo 30. ....	177
Tabla 29.	Resumen de datos de la Evaluación del Sistema de monitoreo campesino .....	178
Tabla 30.	Quebrada Honda: Resumen de datos de índice mitótico usando t estudent para un 95% de confianza.....	185
Tabla 31.	Quebrada Honda: Resumen de datos de la longitud de la raíz de <i>Allium cepa</i> luego de una semana sembrada en muestras de cada estación de muestreo usando t estudent para un 95% de confianza. ....	185
Tabla 32.	Quebrada Honda: concentración de acidez (en mg/l de CaCO <sub>3</sub> ), mayo 2000 - mayo 2001 .....	187
Tabla 33.	Quebrada Honda: conductividad eléctrica (en μS/cm), mayo 2000 - mayo 2001.....	188
Tabla 34.	Quebrada Honda: concentración de Oxígeno Disuelto (en mg/l de O <sub>2</sub> ), mayo 2000 - mayo 2001 .....	189
Tabla 35.	Quebrada Honda: valores de pH (en Unidad Estándar), mayo 2000 - mayo 2001.....	190
Tabla 36.	Quebrada Honda: valores de temperatura (en °C), mayo 2000 - mayo 2001.....	191
Tabla 37.	Quebrada Honda: valores de turbidez (en UNT), mayo 2000 - mayo 2001 .....	192
Tabla 38.	Quebrada Honda: valores de sólidos suspendidos (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001 .....	193
Tabla 39.	Quebrada Honda: valores de sólidos totales (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001.....	194
Tabla 40.	Quebrada Honda: valores de aluminio (en mg/l de Al), mayo 2000 - mayo 2001.....	195
Tabla 41.	Quebrada Honda: valores de Demanda Química de Oxígeno (en mg/l de DQO), mayo 2000 - mayo 2001 .....	196

Tabla 42.	Quebrada Honda: concentración de hierro (en mg/l de Fe), mayo 2000 - mayo 2001 .....	197
Tabla 43.	Quebrada Honda: valores de arsénico (en mg/l de As), mayo 2000 - mayo 2001.....	198
Tabla 44.	Quebrada Honda: valores de cadmio (en mg/l de Cd), mayo 2000 - mayo 2001.....	199
Tabla 45.	Quebrada Honda: valores de níquel (en mg/l de Ni), mayo 2000 - mayo 2001.....	200
Tabla 46.	Quebrada Honda: valores de plomo (en mg/l de Cd), mayo 2000 - mayo 2001.....	201
Tabla 47.	Quebrada Honda: valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001 .....	202
Tabla 48.	Quebrada Honda: valores de coliformes Totales (NMP en 100 ml), mayo 2000 - mayo 2001 .....	203
Tabla 49.	Quebrada Honda: Porcentaje de movilidad de <i>Daphnias</i> luego de exposición en 24 horas a diferentes muestras de agua, mayo 2000 - mayo 2001.....	204

## RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Vista panorámica de la laguna Paqllashkocha. ....	13
Fotografía 2.	Vista panorámica de la mina Toma la Mano (al fondo el nevado Pomabamba).....	14
Fotografía 3.	Valle en U de la quebrada Kankawa, y al fondo la mina Arequipa M. debajo del nevado Tokllaraju.....	14
Fotografía 4.	Vista panorámica de la quebrada Minayaku, y lengua glaciar del nevado Jakabamba (derecha).....	15
Fotografía 5.	Mina Garrosa, ubicada en el lado izquierdo de la quebrada Minayaku (abajo).....	15
Fotografía 6.	Vista panorámica de la cubeta Winoyopampa (vista desde la falda del nevado Condormina).....	18
Fotografía 7.	Vista panorámica de la quebrada Kankawa (valle en U), y al fondo el nevado Rokotuyoq. ....	19
Fotografía 8.	Río Vicos a la altura de Ukushpampa a 3 060 msnm. ....	34
Fotografía 9.	Portada de quebrada Honda (valle glaciar en U) a 3 550 msnm.....	34
Fotografía 10.	Winoyopampa a 4 200 msnm (al fondo el Nevado Pukaranra). El área debajo de la línea corresponde a la región Páramo muy húmedo – Sub Andino tropical. ....	35
Fotografía 11.	Laguna Pukaranrakocha y entorno. La región entre líneas corresponde a la región Páramo pluvial – Sub Andino Tropical.....	35
Fotografía 12.	Laguna Paqllashkocha (4 597msnm) y entorno. La región entre líneas corresponde a la región Tundra Pluvial – Andino Tropical.....	36
Fotografía 13.	Zona alta de la quebrada Yanayaku.....	37
Fotografía 14.	Vegetación a 4 550 msnm arriba de la mina La Merced.....	38
Fotografía 15.	Zona de carga de la mina Toma la Mano (izquierda).....	42
Fotografía 16.	Bocamina de la mina Arequipa M. a 5 052 msnm (derecha). ....	42
Fotografía 17.	Ganado equino en estado semi silvestre en quebrada Honda.....	44
Fotografía 18.	Bulbo sembrado en agua sin contaminación (izquierda).....	116
Fotografía 19.	Bulbo sembrado en agua contaminada (derecha) .....	116
Fotografía 20.	Estación de muestreo QH – 01 (izquierda). ....	179
Fotografía 21.	Estación de muestreo QH – 02 (derecha). Entrada a quebrada Honda. ....	179

Fotografía 22.	Estación de muestreo QH – 03 (izquierda).....	179
Fotografía 23.	Estación de muestreo QH – 06 (derecha) – Winoyopampa.....	179
Fotografía 24.	Estación de muestreo QH – 09 (izquierda). Filtración, estación de comparación sin posible contaminación.....	179
Fotografía 25.	Estación de muestreo QH – 04 (derecha). Quebrada Escalón.....	179
Fotografía 26.	Estación de muestreo QH – 05a curso de agua que pasa por los desmontes de la mina Arequipa M.....	180
Fotografía 27.	Estación de muestreo QH – 05b (inferior izquierda). Agua que viene del área de influencia de la mina Arequipa M.....	180
Fotografía 28.	Estación de muestreo QH – 05c (inferior derecha). Pequeño efluente con influencia de la actividad antropica de la mina Arequipa M.....	180
Fotografía 29.	Estación de muestreo QH – 07 (izquierda). Efluente de pequeña laguna ubicada encima de la mina Toma la Mano.....	180
Fotografía 30.	Estación de muestreo QH – 08 (derecha). Pequeño curso, agua debajo de la influencia de la mina Toma la Mano.....	180
Fotografía 31.	Estación de muestreo QH – 10 (izquierda). Afluente proveniente de la quebrada Minayaku.....	181
Fotografía 32.	Estación de muestreo QH – 11 (derecha). Afluente proveniente de la laguna Pukaranrakocha (Laguna Winoyo).....	181
Fotografía 33.	Estación de muestreo QH – 12 (izquierda). Afluente proveniente de la laguna Paqllashkocha.....	181
Fotografía 34.	Estación de muestreo QH – 21 (derecha). Afluente proveniente de dos pequeñas quebradas, las que forman Yanayaku.....	181
Fotografía 35.	Fotografía tomada desde la mina Garrosa a la cabecera de la quebrada Minayaku (izquierda).....	182
Fotografía 36.	Acercamiento de la lengua glaciar sobre la <i>formación Chicama</i> (abajo).....	182
Fotografía 37.	Parte alta de la quebrada Yanayaku (abajo).....	182
Fotografía 38.	Agua entre la laguna Pakaranrakocha y quebrada Minayaku (derecha).....	182
Fotografía 39.	Mineral proveniente de la mina Arequipa M. en el curso de agua de la quebrada Kankawa al lado de la carretera (izquierda).....	183
Fotografía 40.	Bocamina abandonada con pequeño efluente de agua ácida en la parte alta de la quebrada Kankawa al margen izquierdo, y arriba de la pequeña laguna Kankawa.....	183



Fotografía 41.	Mineral depositado de manera inadecuada proveniente de la mina Garrosa en la quebrada.....	183
Fotografía 42.	Tesista pesando los bulbos de <i>Allium cepa</i> (izquierda). ....	183
Fotografía 43.	<i>Allium cepa</i> sembrado en muestras de agua provenientes de la microcuenca quebrada Honda (derecha). ....	183
Fotografía 44.	Muestras de agua y material para realizar el bioensayo con <i>Daphnia sp</i> (izquierda) .....	184
Fotografía 45.	Tesista separando las pulgas de agua ( <i>Daphnia sp.</i> ), y lavándolas (pasarlas de un vaso de precipitado a otro) para realizar luego las observaciones de movilidad (derecha). ....	184
Fotografía 46.	Medición en campo y capacitación a los promotores ambientales por visitante de la Universidad de Arburn – USA (izquierda) .....	184
Fotografía 47.	Promotores ambientales realizando mediciones de calidad de aguas en su examen de evaluación (derecha).....	184

## ABREVIATURAS Y SIGLAS INSTITUCIONALES

### *Abreviaturas*

A	área
Al	aluminio
As	arsénico
Cd	cadmio
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Fe	hierro
Hg	mercurio
Km.	Kilómetros
l	litros
LC <sub>50</sub>	dosis letal media
LGA	Ley General de Aguas
LMP	Límite Máximo Permisible
m	metros
mg/l	miligramos por litro
mm	milímetros
msnm	metros sobre el nivel del mar
µS	microsimens
Ni	níquel
NMP	Número Más Probable
OD	Oxígeno Disuelto
Pb	plomo
pH	potencial de iones hidrógeno
ppm	partes por millón
Q	caudal
SMC	Sistema de Monitoreo Campesino
T	temperatura
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
v	velocidad

V	volumen
Zn	zinc

### ***Siglas Institucionales***

APGEP	Ambiente, Participación y Gestión Privada
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
CCV	Comunidad Campesina de Vicos
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
FCAM	Facultad de Ciencias del Ambiente
FDA	Food Drug Agency
INDECOPI	Instituto de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual
INGEMMET	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
INTINTEC	Instituto de Investigación y Tecnología Industrial (hoy INDECOPI)
MEM	Ministerio de Energía y Minas del Perú.
MINAG	Ministerio de Agricultura
MINSA	Ministerio de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
SPDA	Sociedad Peruana de Derecho Ambiental
TMI	The Mountain Institute Inc.
UNASAM	Universidad Nacional de Ancash “Santiago Antúnez de Mayolo”
WPCF	Water Pollution Control Federation
WHO	World Health Organization
Urpichallay	Asociación Urpichallay
USAID	United States Agency for International Development.

# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN**

---

El Objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua de la micro cuenca quebrada Honda, en el que se determinó las fuentes de contaminación, los niveles de toxicidad y la contaminación fecal; así como se evaluó el sistema de monitoreo comunitario, desarrollado por los miembros de la comunidad campesina de Vicos.

David, T. en julio de 1999, dice que el estado ecológico de la cuenca de la quebrada Honda está enfermo y pobre, las aguas están contaminadas por metales de plomo zinc y hierro; y en febrero del 2000, manifiesta la existencia de contaminación por metales pesados.

La microcuenca quebrada Honda, en su 100% se encuentra dentro del Parque Nacional Huascarán, en la que se observan especies de fauna salvaje y flora nativa, las que son depredadas por el personal de las minas asentadas en las partes altas, por los mismos comuneros y por visitantes (cazadores y turistas).

Las aguas superficiales presentan notoria contaminación debido a las, actividades mineras, agrícolas y ganaderas realizadas de forma inadecuada, manifestada por la carencia de biota acuática perceptible, lo cual provoca la preocupación de los pobladores usuarios de estas aguas.

En esta investigación en el transcurso de un año, considerando las épocas de precipitaciones y no precipitaciones, se ha determinado el grado de deterioro acuático identificando las causas y fuentes de contaminación, así como la operatividad y funcionamiento del Sistema de Monitoreo Campesino (a fin de posibilitar su replicabilidad).

La naturaleza del trabajo fue descriptivo, con un propósito aplicado y técnico, se realizó monitoreos de calidad de aguas considerando el protocolo del Ministerio de Energía y Minas, y propuestas APHA y EPA, y los análisis de la muestras de agua se efectuó también usando los métodos normalizados APHA y EPA, en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente.

Las aguas de quebrada Honda están contaminadas por metales pesados, ya que la depredación de la flora nativa por actividad antropogénica ocasiona que el sustrato naturalmente mineralizado este expuesto a la erosión pluvial y eólica, y al llegar los sedimentos a los cursos de agua, se produce dilución y formación de ácidos minerales. Además los efluentes de las minas abandonadas (23) y en funcionamiento (06), pese a ser muy pequeños en conjunto pueden tener significancia, aumentando los niveles de contaminación.

La sugerencia para disminuir la contaminación de las aguas es realizar una restauración ecológica y forestación, así como prácticas de tratamiento pasivo de aguas ácidas.

El presente documento consta de diez capítulos sobre el trabajo y dos adicionales de revisión documentaria y anexos. El primer capítulo es la introducción, el segundo capítulo contiene los antecedentes, el tercer capítulo trata de la caracterización del área de estudio, el cuarto capítulo es la revisión conceptual, el quinto capítulo es la metodología, el sexto capítulo es de los recursos usados en la investigación, el séptimo capítulo es de los resultados, el octavo capítulo la discusión, en el noveno capítulo las conclusiones y el décimo capítulo las recomendaciones.

## CAPÍTULO II.

### ANTECEDENTES

---

Buscando información relacionada al tema de investigación en el ámbito de estudio y temas relacionados, se han encontrado los siguientes:

- MENDOZA, Y. VÁZQUEZ, L. (2001), realizaron bioensayos con *Allium cepa*, donde observaron que las aguas con contaminantes se ven afectados en su desarrollo normal, y sugieren implementar y ampliar los bioensayos de toxicidad con éste y otros organismos vivos, para determinar el grado de toxicidad en las aguas.
- TAMBLYN, D (2001, julio), menciona que las “aguas de la quebrada Honda están contaminadas por metales de plomo, zinc y hierro (...), además hay niveles elevados de cadmio, arsénico, aluminio y conductividad eléctrica (...), un problema serio de pH y una alta contaminación microbiológica (...); y finalmente concluye que "el estado ecológico de la cuenca de la quebrada Honda está (...) enfermo y pobre".

Recomienda: analizar más parámetros para una mejor caracterización del agua, realizar bioensayos, efectuar una evaluación comparativa y visita de un biólogo experto en vida acuática.

- TAMBLYN, D (2000, enero), determinó que Kojup e Ishinka presentan mejores indicadores en cuanto a calidad de aguas naturales con respecto a quebrada Honda; probablemente debido a que en las primeras es menor el nivel de actividad antrópica, particularmente en minería y agricultura.
- TAMBLYN, D (2000, febrero), manifiesta la existencia de contaminación por metales pesados. Recomienda monitorear el efluente de la mina Garrosa y el efluente de la laguna Pukaranrakocha.
- UNASAM (1999, diciembre), en referencia a la estación de muestreo MS28 (río Marcará), afluente al río Santa a 2 750 msnm muestra resultados que superan los LMPs de la Clase II de la LGA de los parámetros arsénico (en más de 1 a 2,5 veces), mercurio (en más de 14 a 41 veces) , níquel (en más de 19 a 759 veces), plomo (en más de 2 a 7 veces), nitrato (de 0 a más de 53 veces), coliformes totales y coliformes fecales.
- DEUTSCH, W. et al (1997, mayo), realizan un trabajo que muestran las experiencias del cuidado del agua en Alabama (USA) por los pobladores y estudiantes de todas las edades, usando kits, equipos sencillos y bioindicadores. Determinaron la calidad de los cursos y cuerpos de agua, mediante sus protocolos que han sido validados por la EPA y sus resultados por laboratorios certificados y laboratorios de universidades.



Del mismo modo sus equipos y kits fueron evaluados, calibrados y cambiados al menos una vez al año. Se menciona que la experiencia partió de una anterior en Filipinas, auspiciado por USAID.

- SOTELO, M. (1994, julio), realizó bioensayos de índice mitótico en bulbos de *Allium cepa* donde encontró relación de disminución en su desarrollo en aguas contaminadas con metales pesados respecto a aguas no contaminadas. Además observó que la toxicidad por metales pesados alteran los índices normales de proliferación celular en la raíz dichos bulbos.

## CAPÍTULO III.

# CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

---

### **3.1. *Ubicación del área de estudio.***

Políticamente, el área de estudio pertenece al distrito de Marcará, provincia de Carhuaz, de la Región Ancash.

Considerando coordenadas UTM se encuentra en la zona 18, en la parte alta de la subcuenca Marcará, denominada quebrada Honda, teniendo sus extremos las coordenadas UTM: X 231 075,07 e Y 8 977 765,95 por el norte; X 8 975 384,49 e Y 8 961 676,70 por el sur; X 245 522,04 e Y 8 968 397,15 por el este; y las coordenadas en X 225 768,05 e Y 8 968 746,55 por el oeste. Su centroide esta ubicada en las coordenadas UTM X 235 645,04 e Y 8 968 530,60<sup>1</sup>.

La altitud del área de estudio está comprendida entre los 3 550 a más de 6 200 msnm.

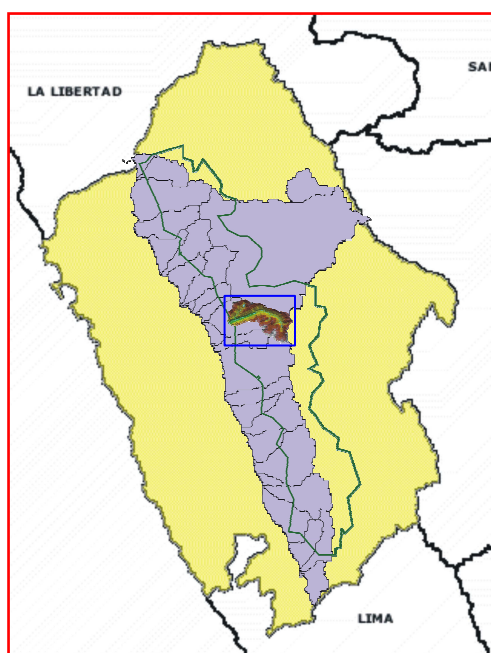
---

<sup>1</sup> Todos los datos fueron obtenidos de la carta nacional vigente.

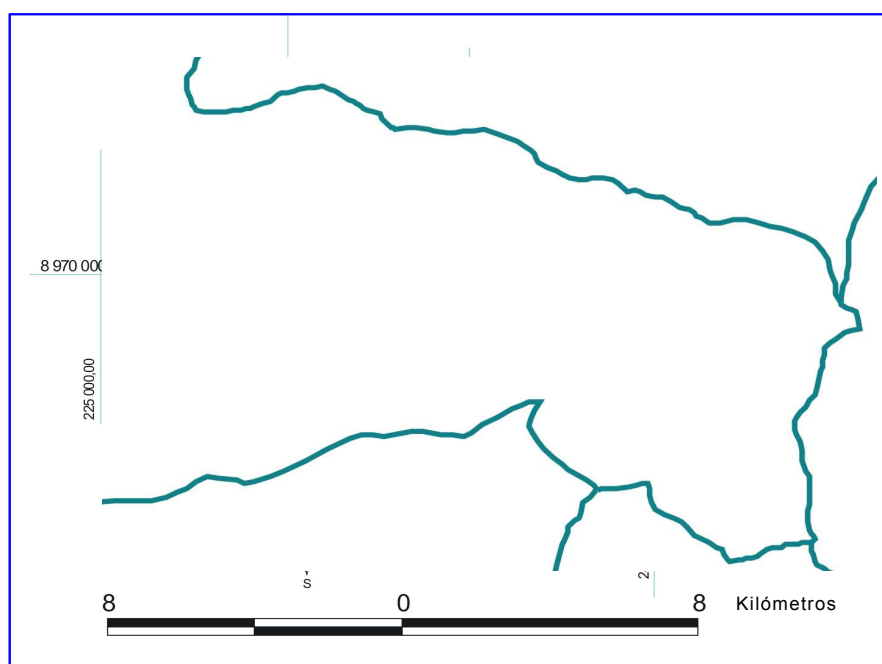
### 3.2. Mapas de Ubicación.

Mapa 1. Suramérica – Perú – Región Ancash (mapa a la izquierda).

Mapa 2. Región Ancash – Parque Nacional Huascarán (línea verde) – subcuencas de la Cordillera Blanca – microcuenca quebrada Honda (mapa a la derecha).



Mapa 3. Quebrada Honda (mapa inferior)



### **3.3. Extensión**

La microcuenca quebrada Honda tiene un largo aproximado de 19 788,56 m (en su parte más larga) y un ancho variable con una longitud mayor de 9 741,42 m. Su perímetro tiene una longitud de 93 510,87 m.

La subcuenca Marcará tiene un largo de una longitud de 32 483,33 m de ancho variable, y un perímetro de 88 936,42 m.

La superficie de la microcuenca quebrada Honda es de 135,25 Km<sup>2</sup>, siendo el 49,08% de la subcuenca Marcará.

### **3.4. Geología**

#### **3.4.1. Generalidades**

“Se ubica en la Cordillera Blanca de los Andes del Perú, es parte del sistema hidrográfico del río Santa; geológicamente está inscrita en el cuerpo intrusivo de la Cordillera de los Andes y el canal de desagüe hasta su desembocadura en el río Santa, prácticamente el 60% es en intrusivos y 40% en sedimentarios con pendiente variable que generalmente determinan un carácter torrentoso” (SA&ESA 1998).

La zona de quebrada Honda es una de las provincias más mineralizadas y activas del Callejón de Huaylas, encontrándose muchas pequeñas minas en explotación. Las mineralizaciones se encuentran principalmente dentro y cerca de las zonas de contacto entre las rocas plutónicas y granodioríticas y las rocas sedimentarias cuarcíticas, pizarrosas y algo de calizas, de edad Cretácica Inferior y Jurásico Superior (MORALES 1967).

### **3.4.2. Estratigrafía de la cuenca**

La geología que comprende a la cuenca de la quebrada Honda esta basada en las investigaciones del INGEMMET, cuya descripción se presenta a continuación:

#### ***Formación Chicama (Js – chic)***

Afloran en los nevados Toclla, Cojup, Minayoc, Jacabamba y Pomabamba; cuya representatividad es abundante en el flanco oriental de la Cordillera Blanca; yace discordantemente sobre los intrusivos graníticos del batolito Andino, se compone de lutitas, areniscas y pizarras carbonosas; estas últimas, en el nevado Pomabamba son erosionados y contaminan las aguas de la quebrada Honda. El espesor en esta parte no ha sido definido y su edad es Titoniana (SA&ESA 1998).

#### ***Formación Chimú (Ki – chim)***

INGEMMET considera esta formación a estratos que se ubican en la parte media y flanco derecho de la quebrada Honda (altura de Vicos). Se componen de areniscas y cuarcitas marrones con intercalaciones de lutitas; el espesor no ha sido medido, yace sobre la formación Chicama y su edad se le considera del Valanginiano Inferior (SA&ESA 1998).

#### ***Formación Santa (Ki – sa)***

Es un pequeño afloramiento de contacto con la formación Chimú en la parte baja y margen derecho de la quebrada Honda, a la altura de Vicos. Se compone de lutitas gris oscuras con calizas (su litología es similar a la correspondiente a la formación Carhuaz) y su espesor no ha sido medido (SA&ESA 1998).

“Yace sobre la formación Chimú y subyace a la formación Carhuaz, su edad se le considera Valanginiana” (SA&ESA 1998).

### **Formación Carhuaz (Ki – ca)**

Expuesta entre Vicos y Pariahuanca a ambos lados de los flancos del valle. Consiste de areniscas, cuarcitas marrones, lutitas negras a grises; en algunas áreas se ubica intercalaciones de conglomerados. La presencia de yeso y calizas es común en la base de la unidad; su espesor regional es del orden de 1 000 metros, yace discordantemente sobre la formación Santa e infrayace concordantemente a las cuarcitas de la formación Farrat, la edad se le considera del Valanginiano Superior y Albiano Inferior, el tope se supone que queda en el Albiano (SA&ESA 1998)<sup>2</sup>.

### **Formación Yungay (TS – yu)**

Se denomina así a afloramientos piroclásticos dacíticos e ignimbritas encontrados en sectores medios del tramo de la quebrada Honda. Está comprendido en la localidad de Vicos. Son tufos blancos a gris claro, friables y pobremente estratificados, compuestos de abundantes cristales de cuarzo y biotita. Yace sobre una superficie irregular de sedimentos cretáceos y rocas plutónicas; el contacto superior está en discordancia con depósitos de aluvión antiguo y se le considera de edad del Pleistoceno (SA&ESA 1998).

### **Depósitos de aluviales morrénicos (Qr – alm)**

“Son depósitos mapeados por el INGEMMET en la zona o área de contacto con los intrusivos del batolito Andino como aluviales” (SA&ESA 1998).

---

<sup>2</sup> Benavides 1956 según sistemas agua y energía 1998.

La textura y composición son propias de las morrenas, igualmente la forma de sus depósitos corresponden a materiales glaciáricos; sin embargo se les denomina depósitos aluviales, los cuales se componen de mantos de gravas con cantos rodados con baja cohesión. El espesor es variable (SA&ESA 1998).

### **Depósitos morrénicos (Qr – m)**

Son depósitos ubicados en las zonas bordes de los glaciares actuales. Son generalmente materiales sueltos y de dimensiones variables; que en muchos casos han dado lugar a la formación de lagunas y son de edad del Cuaternario (SA&ESA 1998).

### **Intrusivos (Kti – gr)**

Están compuestos por extensos afloramientos de rocas graníticas, correspondientes al batolito de la Cordillera Blanca (200 kilómetros de longitud); su afloramiento tiene diez kilómetros en la cuenca y la presencia de estas rocas determina la fisiografía de la cuenca (superficie accidentada por su gran resistencia a los fenómenos erosivos) (SA&ESA 1998).

## **3.4.3. Estratigrafía local**

### **Zona de la laguna Paqlashkocha**

“En la litología que comprende la zona de la **laguna Paqlashkocha**, se observa: la formación Chicama que aflora en el nevado Toclla (se compone de lutitas, areniscas, pizarras carbonosas y pizarras) el que yace sobre intrusivos graníticos del batolito Andino” (SA&ESA 1998).

“También, se observan depósitos de morrenas laterales (ubicadas a ambos lados de la laguna, compuestas de intrusivos y de la formación Chicama) y frontales (caracterizado por presentar un aspecto de terrazas escalonadas con abundante material térreo de color negruzco por los materiales de la formación Chicama, de un espesor aproximado de 40m)” (SA&ESA 1998). A la izquierda de la laguna se encuentra ubicada la **mina Nueva Esperanza**, a una altitud 5 100 msnm.

Fotografía 1. Vista panorámica de la laguna Paqllashkocha.



### **Zona de la quebrada Minayoq**

En el flanco derecho de la cubeta Winoyopampa se ubica la quebrada Minayoq, en él se encuentra la **mina Toma la Mano**. El área de la mina está en la vertiente norte del valle glaciar denominado quebrada Honda, debajo del nevado Pomabamba a altitudes que varían entre 4 600 y 4 800 msnm.

Se observa la *formación Chicama* (constituida por un paquete que aflora de 800 a 1500 metros de lutitas gris oscuras, intercaladas con paquetes delgados de areniscas lutáceas) que yace sobre *intrusivos graníticos* del batolito de la Cordillera Blanca (complejo plutónico Terciario de 150 Km. de largo y 15 Km. de ancho) (SIANCAS 1999).



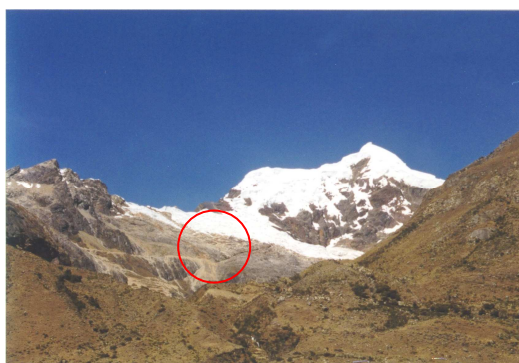
Fotografía 2. Vista panorámica de la mina Toma la Mano (al fondo el nevado Pomabamba).



### Zona de la quebrada Kankawa (Escalón)

Se encuentra en la parte alta de quebrada Honda, al finalizar Winoyopampa, a la mano izquierda; precisamente en la unión de las quebradas Winoyo y Escalón; aflora un stock de 5 Km. de diámetro que cubre toda la propiedad de la **mina Arequipa M**. La intrusión corresponde al Terciario Superior (Neógeno) que trajo consigo soluciones minerales. El yacimiento de esta mina se clasifica como típico Filoneano de origen hidrotermal” (ATIMM 1997).

Fotografía 3. Valle en U de la quebrada Kankawa, y al fondo la mina Arequipa M. debajo del nevado Tokllaraju.



### Zona de la quebrada Minayaku

Ubicada en el lado norte de la cabecera de Quebrada Honda, formando una pequeña quebrada lateral.

Hacia la derecha se observa la *formación Chicama* que aflora en el nevado Jakabamba (se compone de lutitas, arenisca, pizarras carbonosas y pizarras). Esta formación sedimentaria se encuentra sobre el batolito Andino y al lado izquierdo de esta quebrada se encuentra la **mina Garrosa**.

Fotografía 4. Vista panorámica de la quebrada Minayaku, y lengua glaciarse del nevado Jakabamba (derecha).

Fotografía 5. Mina Garrosa, ubicada en el lado izquierdo de la quebrada Minayaku (abajo).



#### 3.4.4. Mineralización

“La mineralización se encuentra emplazada en el contacto entre el stock granodiorítico y la formación Chicama, constituyendo un metalotecto importante que incluye operaciones mineras antiguas como la minas Laurión, Huamani, Atlante, Toma la Mano (en operación), Chaco, Soledad, Cóndor (o Garrosa), Merced, Esparta y otras” (ATIMM 1997).

El Dr. G. Eriksen, en su estudio sobre génesis de los yacimientos en quebrada Honda, estableció que los polimetálicos son derivados de soluciones hidrotermales que emanaron de intrusivos del Terciario Superior (ATIMM 1997).

Los minerales en esta región tienen un rango de deposición acorde con su formación a baja o mediana temperatura. Las sulfosales de plata abundantes en las vetas de la zona fueron formadas a baja temperatura; así los depósitos pueden ser clasificados desde mesotermales a epitermales (ATIMM 1997).

### **3.4.5. Geomorfología**

La forma de la subcuenca está dada por los siguientes coeficientes:

#### **Coefficiente de compacidad**

“Es de 5,39 significando la ocurrencia de pocas crecientes, es decir limitándose a épocas de avenidas” (SA&ESA 1998).

#### **Grado de ramificación**

“En este caso tomamos la clasificación generalizada para el río Santa, correspondiendo al séptimo orden, como producto de la actividad tectónica con influencia de la actividad climática” (SA&ESA 1998).

#### **Densidad de drenaje (Dd)**

“Es de 0,42 Km/Km<sup>2</sup> indicando una alta incidencia del efecto erosivo de tipo lineal” (SA&ESA 1998).

#### **Extensión media del escurrimiento superficial (Es)**

“Es de 595 m., lo que significa que el agua de lluvia deberá recorrer 595 m. antes de llegar al curso de agua” (SA&ESA 1998).

### Frecuencia de ríos

“Es de 0,064 ríos/Km<sup>2</sup>” (SA&ESA 1998).

### Altitud media.

“Es de 4387 msnm” (SA&ESA 1998).

**Tabla 1. Distribución de superficie y altitud media en quebrada Honda.**

Cotas bajas	Cotas altas	Área parcial en m <sup>2</sup> (Si)	Altitud media en m (Hi)	Si x Hi
2700	3000	5700,00	2850	16245000
3000	4000	74500,00	3500	260750000
4000	5000	114000,00	4500	513000000
5000	6034	55500,00	5500	305250000
---	---	249700,00	---	1095245000

Fuente: SA&ESA 1998 (Cuadro N°8,2)

### Geoformas representativas:

#### *Cubeta de Winoyopampa.*

La cabecera de la quebrada Honda está dominada por una gran cubeta que está rodeada de elevadas cumbres con glaciares y por 3 valles colgantes que drenan sus aguas a esta. Winoyopampa tiene una pendiente de 1 a 2%, su boquilla no es muy alta y está cerrada débilmente por unos arcos morrénicos y conos de deyección que bajan de los costados; en el flanco derecho de la boquilla se notan cinco sistemas morrénicos diferentes, los cuales atestiguan las fluctuaciones que han tenido los glaciares en esta zona (MORALES 1967).

Las geoformas muestran que los hielos en el pasado ocuparon espesores superiores a los 500 metros en la parte superior de esta quebrada. Toda esta pampa tiene carácter pantanoso (MORALES 1967).

Por su amplia superficie y buen volumen de agua que la atraviesa es bastante interesante para embalsamientos (MORALES 1967), y/o para generación de electricidad; pues al finalizar esta cubeta tenemos un desnivel de aproximadamente 100 m que forma una cascada.

Fotografía 6. Vista panorámica de la cubeta Winoyopampa (vista desde la falda del nevado Condormina).

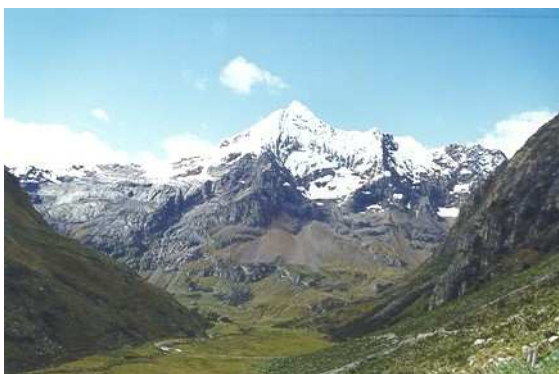


### ***Quebrada lateral de Kankawa (Escalón)***

Esta quebrada se encuentra al final de Winoyopampa, donde las aguas de fusión del glaciar 16 confluyen con las aguas que cruzan la pampa de Winoyopampa, aguas debajo de la boquilla de esta cubeta. Es un extenso valle colgante a lo largo de la cual se notan los pasos de antiguos mineros, que han dejado chozas y residuos minerales (MORALES 1968).

En la cabecera tenemos un estrecho glaciar que baja del nevado Tokllaraju de 6 037 msnm. Se observa una lengua glaciar, que al final está cubierta de substrato. Aguas abajo del hielo blanco, este desaparece para quedar solo la morrena de ablación *in situ*. A unos 150 m. de este glaciar cubierto se encuentra una pequeña lagunilla de 100 x 60 m., con un dique morrénico y sin contacto glaciar, esta a 4 550 msnm (MORALES 1968).

Fotografía 7. Vista panorámica de la quebrada Kankawa (valle en U), y al fondo el nevado Rokotuyoq.



### **Unidades geomorfológicas**

La acción de los agentes geomorfológicos han determinado las siguientes unidades geomorfológicas:

#### ***Remanentes de erosión***

“Se considera remanentes de erosión a los afloramientos de rocas sedimentarias de las formaciones del Cretáceo Inferior (Santa, Carhuaz y Chimú), y del Terciario Superior (formación Yungay) (SA&ESA 1998).

“Estas resistieron a la acción de los agentes erosivos en especial al escurrimiento superficial. Se las ubica entre las cotas 2 750 y 3 300 msnm. El escurrimiento en esta zona es superficial y el escurrimiento subterráneo es subsuperficial” (SA&ESA 1998).

#### ***Terrazas aluviales***

“Son superficies estrechas en el cause de la quebrada Honda, ubicadas en la localidad de Vicos, se caracteriza por estar formadas por materiales aluviales compuestos por aglomerados de poco espesor” (SA&ESA 1998).

### **Glaciares**

Producen cambios morfológicos importantes y se les ubica entre cotas 5 000 y más de 6 000 msnm. Los depósitos más representativos se ubican en depresiones con desarrollo de acción glaciár y formación de morrenas.

En la zona de estudio se distinguen:

- El nevado Vicos de 4,22 Km<sup>2</sup>, alimenta a la laguna Kocha (SA&ESA 1998), esta ubicado en el lado derecho de la Portada de quebrada Honda.
  
- El nevado Bayokocha de 2 Km<sup>2</sup>, el nevado Rokotuyoq de 2,6 Km<sup>2</sup> y el nevado Pomabamba de 4,5 Km<sup>2</sup> (SA&ESA 1998), ubicados al lado derecho de quebrada Honda y Winoyopampa.
  
- “El glaciár Pukaranra tiene un campo de nieve bastante grande sobre el plano norte del nevado Pukaranra (6 147msnm.); este glaciár termina a más de 200 m de la laguna Pukaranrakocha (4 400 msnm)” (MORALES 1968).
  
- El glaciár de Condormina se encuentra en el flanco derecho de quebrada Honda, el cual baja con suave pendiente desde el pico del nevado Chinchay (6 222 msnm). La lengua terminal de este glaciár no ha formado ninguna laguna en su parte final, saliendo las aguas de fusión del glaciár por un riachuelo de descarga. Esta lengua esta a 4 300 msnm aproximadamente (MORALES 1968).

- El glaciar de Pakllash, denominado glaciar 515, da origen a una pequeña laguna llamada Pakllashcocha, de dique morrénico y contacto glaciar al fondo. La legua glaciar 515 se encuentra a 4 560 msnm (MORALES 1968).
- El glaciar Kojup, de 12,70 Km<sup>2</sup> (SA&ESA 1998), ubicado al lado izquierdo de la quebrada Pakllash.
- El glaciar Toklla de 3,2 Km<sup>2</sup> alimenta a la laguna Aquilpo de 0,36 Km<sup>2</sup> (SA&ESA 1998), se encuentra en la cabecera de la quebrada Escalón.

### ***Escarpas***

Se han formado por erosión, fallamientos, acción de glaciares y otros factores geomorfológicos. Destacan las escarpas de Cordillera Blanca sobre el macizo rocoso del batolito Andino, cuyo rumbo es noroeste y las escarpas de erosión glaciar en la quebrada Honda es 6:1 a 7:1 de talud (SA&ESA 1998).

### ***Derrubios***

“Son depósitos de escombros de talud por desprendimientos de materiales de los taludes de fuerte pendiente, se les denomina también coluviales” (SA&ESA 1998), están presentes en la zona agrícola de quebrada Honda.

### ***Conos aluviales***

Depósitos de origen aluvional en la entrada de la quebrada Honda, de la quebrada de la laguna Pakllaskocha, entre otros.



***Depósitos morrénicos***

Están en los frentes glaciares; en algunos casos, son alineaciones de morrenas, en otros, tienen formas alargadas o de alenguasda; también se encuentran al pie de la escarpa de la zona de contacto entre los intrusivos y depósitos sedimentarios en el flanco del valle del río Santa (Cuaternario antiguo) (SA&ESA 1998).

**Geodinámica**

En la microcuenca de la quebrada Honda han ocurrido fenómenos de pequeños deslizamientos y de probable ocurrencia en el futuro.

**Factores:*****Factores geomorfológicos***

La cuenca de la quebrada Honda se caracteriza por presentar las siguientes unidades morfológicas: terrazas aluviales, escarpas, cerros o montañas escarpadas, valles glaciares en “u”, depósitos morrénicos, depósitos glaciares, lagunas (con una litología predominante de intrusivos), formaciones sedimentarias (terciarias y cretácicas que han sido factor determinante en la conformación de las geoformas) (SA&ESA 1998).

Los factores físicos que han caracterizado y actúan en la cuenca son: la gravedad, la fuerza del agua (energía cinética), poder de arrastre de sólidos del agua corriente y glaciares, erosión fluvial, secundariamente la acción de los vientos y los cambios de temperatura.

### **Factores litológicos**

Los fenómenos geodinámicos se producen con más probabilidad sobre las formaciones geológicas del Cuaternario (como depósitos de morrenas fluvio-glaciares y aluviales) por efecto de la gravedad y acción del agua; secundariamente sobre depósitos eluviales y materiales eolíticos. La erosión e inestabilidad de taludes de las formaciones geológicas que están presentes en el área varían de acuerdo a factores climatológicos y de altitud, los cuales dependen de los siguientes factores:

- Consistencia y naturaleza de las formaciones:

**Zonas de ambientes sub – húmedo y frío** (3 200 – 3 800 msnm) las formaciones morrénicas del Cuaternario antiguo son mayormente de naturaleza térrea, poco consistentes y susceptibles de remoción de masas por soliflucción (SA&ESA 1998).

**Zona muy húmeda y frígida** (3 800 – 4 600 msnm) la formación geológica es el cuerpo intrusivo del batolito de la Cordillera Blanca (rocas dioríticas), son rocas resistentes a la compresión de los materiales de cobertura o depósitos cuaternarios como morrenas aluviales (SA&ESA 1998).

**Zona fluvial y gélida** (4 600 – 5 900 msnm), las formaciones geológicas corresponden a rocas intrusivas y sedimentarias de buena resistencia a las presiones; posibles de ser afectadas por desplazamiento de glaciares. En esta parte existe también presencia de depósitos morrénicos en los cuales pueden producirse desplazamientos (SA&ESA 1998).

La infiltración y erosión hídrica superficial son factores incidentes sobre depósitos cuaternarios (aluviales, morrenas y eluviales) que se encuentran generalmente como material de cobertura sobre el cuerpo intrusivo (SA&ESA 1998).

- Las geoformas más comunes son las cárcavas, debido al fuerte declive de la superficie de la cuenca. La infiltración de las aguas es superficial generando remoción de masas por saturación del material, cuyos movimientos de masas son en dirección de la pendiente (SA&ESA 1998).
  
- La fracturación se produce mayormente en la zona de ambiente pluvial gélido, por acción de la nieve que altera a la roca a través de acuñamiento y disgresión, formando depósitos morrénicos (SA&ESA 1998).

El espesor y pendiente de la superficie sobre la cual se emplazan los depósitos es importante.

“Desde 4 000 a 6 000 msnm los depósitos son generalmente de poco espesor, excepto en las morrenas motivo por el cual el riesgo es localizado especialmente donde los depósitos de nieve son importantes” (SA&ESA 1998).

“La pendiente y buzamiento de las estructuras de las rocas intrusivas y rocas cretáceas – terciarias son generalmente favorables a la estabilidad de taludes” (SA&ESA 1998).

### ***Factores tectónicos y estructurales***

“Las tensiones y compresiones actúan en las masas rocosas cuyos efectos no son previsibles, debiéndose tan solo adoptar medidas de prevención para atenuar los efectos en especial de las obras de regular a gran magnitud” (SA&ESA 1998).

“Existen evidencias de fenómenos que han producido grandes deformaciones, tales como la falla normal de la Cordillera Blanca, considerada activa y la falla Santa potencialmente activa” (SA&ESA 1998)<sup>3</sup>.

### ***Factores hidrogeológicos***

“Las aguas subterráneas en la cuenca se caracterizan por ser de escurrimiento superficial en materiales de cobertura, especialmente en morrenas cuyo substrato impermeable son rocas intrusivas y secundariamente sedimentarias y volcánicas”. (SA&ESA 1998).

En las rocas el escurrimiento es lento y a través de los sistemas de diaclasas en cantidades poco significativas. La presencia de aguas subterráneas genera movimientos de masas térreas por soliflucción preferentemente en el ambiente sub – húmedo (SA&ESA 1998).

### ***Factores sísmicos***

“Es importante debido a la gran actividad que se registra en la Cordillera Blanca, cuyos focos son entre 70 y 150 m de profundidad y los rasgos o grados de sismicidad con intensidad probable MM – VII – IX, inclusive X y XI. (SA&ESA 1998).

---

<sup>3</sup> INGEMET, 1989 según SA&SA (1998).

Preliminarmente el coeficiente sísmico es de 0,1 (C.s.) correspondiente a grado 9 de intensidad sísmica” (SA&ESA 1998).

“Las características de los sismos son: fenómenos de licuefacción, y deslizamiento de taludes (Yungay 1970). Los movimientos sísmicos más importantes que han ocurrido y que tienen una estrecha relación con la geodinámica de la cuenca son los sismos del 10 de mayo de 1946<sup>4</sup>, del 31 de mayo de 1970<sup>5</sup>” (SA&ESA 1998).

### ***Factor bio - antropogénico***

En la cuenca, la acción del hombre es marcada entre altitudes de 3 200 a 3 800 msnm pues existen áreas de cultivo, bajo riego en algunos casos, el exceso de la misma provoca pequeños deslizamientos por solifluxión (SA&ESA 1998).

En zonas más altas, la pequeña minería fractura el material parental en busca de los minerales (mina Arequipa M., mina Toma la Mano, mina Garrosa, mina Nueva Esperanza, mina Santa Ana, y otras pequeñas minas abandonadas).

## **3.5. Hidrología de la zona**

### **3.5.1. Generalidades**

“Esta cuenca es sumamente importante desde el punto de vista de los recursos hídricos, por tener una de las descargas más altas de entre los tributarios del Santa (7 m<sup>3</sup>/s promedios)” (MORALES 1967).

---

<sup>4</sup> X y XI MM – INGEMET, 1978 según SA&ESA 1998.

<sup>5</sup> VI y IX MM – INGEMET, 1989 según SA&ESA 1998.

Para una data de los años 1954 – 1994 (SA&ESA 1998)<sup>6</sup>.se tiene un caudal promedio de 8,16 m<sup>3</sup>/s, en un área de cuenca de 209,90 Km<sup>2</sup>; su mínimo caudal es en el mes de julio y su máximo caudal en el mes de marzo. Esta cuenca tiene una tendencia positiva de incremento en su flujo de 0,0281 m<sup>3</sup>/s por cada año.

### 3.5.2. Climatología

“Por encontrarse el Perú en la zona de convergencia intertropical, las masas de viento que vienen desde las direcciones del noreste producen abundantes precipitaciones estacionalmente. Los vientos provenientes del noreste, conteniendo abundante humedad al llegar a la Cordillera de los Andes son elevados ocasionando alta pluviosidad en la vertiente oriental. Es así como al sobrepasar la Cordillera de los Andes tienen todavía un contenido de humedad, por lo cual las precipitaciones disminuyen al llegar a la costa” (SA&ESA 1998). Los vientos tienen un mayor contenido de humedad en los meses de diciembre a abril, por lo cual en esta época aumentan considerablemente las precipitaciones en la sierra y selva.

#### Temperatura

Para encontrar los valores de temperatura en el área de la microcuenca quebrada Honda se puede usar la relación entre la altitud en msnm (H) y la temperatura media anual en °C (T)<sup>7</sup>, para un R<sup>2</sup> de 0,9749:

$$T = 33,466 - 0,0067 H \quad (\text{SA\&ESA 1998})$$

---

<sup>6</sup> Obtenido del cuadro de caudales medios mensuales completados – estación hidrométrica de Chancos.

<sup>7</sup> La relación fue obtenida de un análisis regional de Altitud Vs. Temperatura de las estaciones hidrometeorológicas: Hidroeléctrica, Caraz, Anta, Huaraz, San Lorenzo, Lampas bajo, Querococha, Conococha, Lampas alto N°2 y Safuna en la figura N°7,1 (SA&ESA 1998).

Considerando la estación climatológica de Lampas Alto N°2 como la que registra datos hidrometeorológicos representativos de la zona en estudio, ubicada a una altitud de 4 030 msnm.

**Tabla 2. Variación mensual de la temperatura en °C (1985 - 1992)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Promedio mensual	5,99	5,96	6,26	6,43	6,05	5,67	4,73	5,71	5,86	6,03	6,33	6,23	5,94

Fuente: SA&ESA 1998 (Anexo 13.2)

### **Radiación solar**

Considerando representativo para el área de estudio la estación Lampas Alto N°2.

**Tabla 3. Variación mensual de la radiación solar en horas/mes (1985 - 1992)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Promedio mensual	4,17	4,76	4,91	4,64	7,37	7,86	8,68	7,03	6,67	6,45	7,08	5,67	6,27

Fuente: SA&ESA 1998 (Anexo 13.2)

### **Presión atmosférica**

Sabiendo que la presión atmosférica varía con la altitud según la relación:

$$Pat = 760 e^{-\text{altitud}/8\ 005}$$

A una altitud de 4 000 msnm la presión atmosférica es de 461,11 mm de Hg.

## Humedad Relativa

Considerando la estación Lampas N°2 como representativa de la zona de estudio.

**Tabla 4. Variación mensual de la humedad relativa en % (1985 – 1992 )**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Prmedio Mensual	72	72	75	68	62	57	57	56	64	66	68	68	65,42

Fuente: SA&ESA 1998 (Anexo 13.2)

## Evaporación

Al igual que la temperatura media anual, se tiene una relación de la evaporación total anual en mm (E) de diferentes estaciones climatológica con su altitud en msnm (H)<sup>8</sup> para un R<sup>2</sup> de 0,7379.

$$E = 3282,143 - 0,55351 H \quad (\text{SA\&ESA 1998})$$

Por no haber datos en la estación Lampas N°2, consideramos los datos de la estación Querococha, ubicada a una altitud de 4 020 msnm.

**Tabla 5. Variación mensual de evaporación en mm/año (1985 - 1992)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Promedio	111,6	93,9	101,3	101,9	112,6	120,4	136,5	137,8	126,6	120,3	108,8	107,3	114,9
Máximo	127,2	118,6	124,9	117,3	135,0	147,4	153,7	166,8	152,0	160,6	130,2	140,6	139,5
Mínimo	91,3	55,4	76,6	86,0	83,4	87,2	120,3	119,5	107,6	81,7	73,3	90,9	89,4

Fuente: SA&ESA 1998 (Anexo 13.2)

<sup>8</sup> La relación fue obtenida de un análisis regional de la altitud Vs. la evaporación total anual de las estaciones: Santiago de Chuco, Huaraz, San Lorenzo, Lampas Bajo, Querococha, Conococha, Lampas alto N°2 y Safuna en la Figura N°7,2 (SA&ESA 1998).



### Velocidad de viento media mensual

Considerando que los datos de velocidad de viento media mensual registrada en la estación Lampas Alto N°2 como representativa de la zona de estudio, se tiene:

**Tabla 6. Velocidad del viento media mensual en m/s (1985 - 1992)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
1985	2,50	2,70	3,50	3,10	2,50	4,10	3,10	2,50	2,50	3,10	2,90	3,00	2,96
1986	2,80	2,50	2,50	2,10	2,50	3,10	3,50	2,80	2,50	3,10	3,50	2,90	2,82
1988	2,20	2,10	2,90	6,20	2,90	3,60	3,70	3,40	3,60	3,70	ND	3,80	3,46
1989	2,90	2,90	2,40	4,60	ND	ND	ND	3,10	2,10	2,10	1,90	2,50	2,72
1990	2,60	3,10	3,00	2,90	2,70	2,20	2,90	3,10	3,70	3,30	3,00	2,20	2,89
1991	2,70	2,80	3,00	3,70	2,90	3,20	3,60	2,90	2,90	3,50	3,30	3,10	3,13
1992	2,50	2,70	3,10	3,90	2,90	3,50	3,20	3,40	2,70	3,10	2,40	3,10	3,04
Promedio	2,60	2,69	2,91	3,79	2,73	3,28	3,33	3,03	2,86	3,13	2,83	2,94	3,00

Fuente: SA&ESA 1998 (Anexo 13.2)

ND quiere decir no determinado

### 3.5.3. Precipitación

El área de influencia de la investigación realizada pertenece a la vertiente del Pacífico.

El régimen de avenidas es gobernado principalmente por la Orografía<sup>9</sup> propia de la cordillera de los Andes, y no habiendo estaciones pluviométricas en el área de investigación, pero si en la región, mostramos las precipitaciones medias de las estaciones pluviométricas próximas al área de estudio.

<sup>9</sup> Geografía física que trata de la descripción de las montañas.

**Tabla 7. Cuenca del río Santa – estaciones pluviométricas y precipitación media.**

Estación Pluviométrica	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Periodo de registro	Precipitación media (mm)
Yanacochas	10°02'	77°12'	4450	1953 - 1994	858,2
Querococha	9°41'	77°21'	3955	1954 - 1994	1060,7
Pachacoto	9°50'	77°24'	3760	1953 - 1994	578,6
Cahuish	9°41'	77°15'	4550	1953 - 1994	971,4
Ticapampa	9°45'	77°26'	3480	1949 - 1994	722,5
Shacaypampa	9°44'	77°23'	3600	1953 - 1994	639,5
Huaraz	9°30'	77°31'	3063	1953 - 1993	754,0
Chancos	9°19'	77°34'	2840	1953 - 1994	546,0
Llanganuco	9°04'	77°38'	3840	1953 - 1994	573,3
Paron	9°00'	77°41'	4185	1949 - 1994	759,0
Caraz	9°02'	77°48'	2286	1953 - 1994	175,5

Fuente: SA&ESA 1998 (Cuadros 7.5 y 7.6)

Investigando la relación altitud (H) Vs. precipitación (P) con los datos anuales de los registros completados, consistenciados y extendidos de las estaciones pluviométricas del cuadro arriba mostrado, tenemos la siguiente relación<sup>10</sup>:

$$P = 0,0001 H^{1,9122} \quad (\text{SA\&ESA 1998})$$

Con ayuda de esta relación se pueden encontrar las isoyetas (curvas de precipitaciones) de la quebrada Honda.

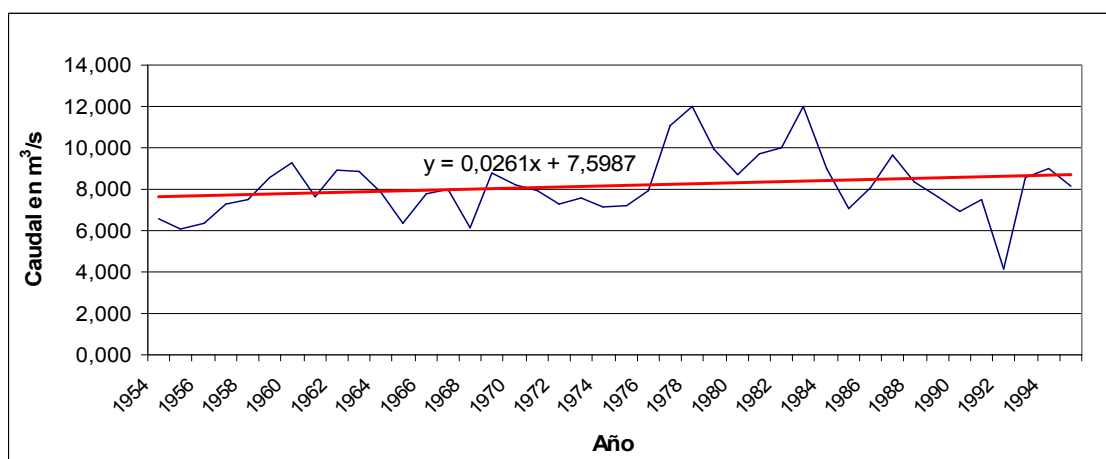
### 3.5.4. Escorrentía

Entre los datos importantes que podemos mencionar tenemos la avenida máxima registrada en la estación de hidrométrica de Chancos con un caudal medio mensual de 22,98 m<sup>3</sup>/s, ocurrido en el año de 1978 en el mes de febrero (SA&ESA 1998).

<sup>10</sup> SA&ESA (1998), lo presenta en la figura N°7,3, con un R<sup>2</sup> de 0,6762.

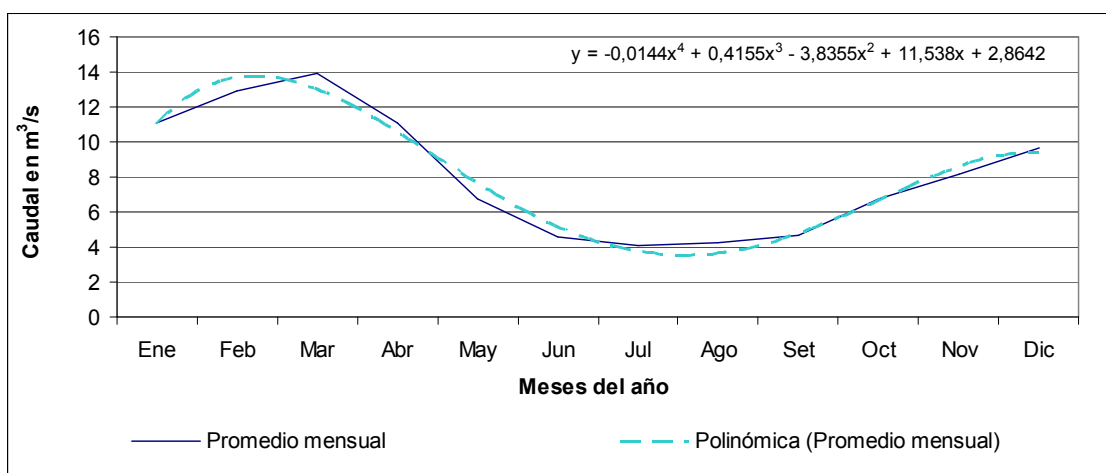
La escorrentía en los diversos cursos de agua de la subcuenca Marcará y lugares en la microcuenca quebrada Honda<sup>11</sup> son:

Gráfica 1. Promedios anuales de flujo en el río Marcará en la estación hidrométrica de Chancos (1954 - 1994).



Fuente: SA&ESA 1998 (del cuadro 7.7)

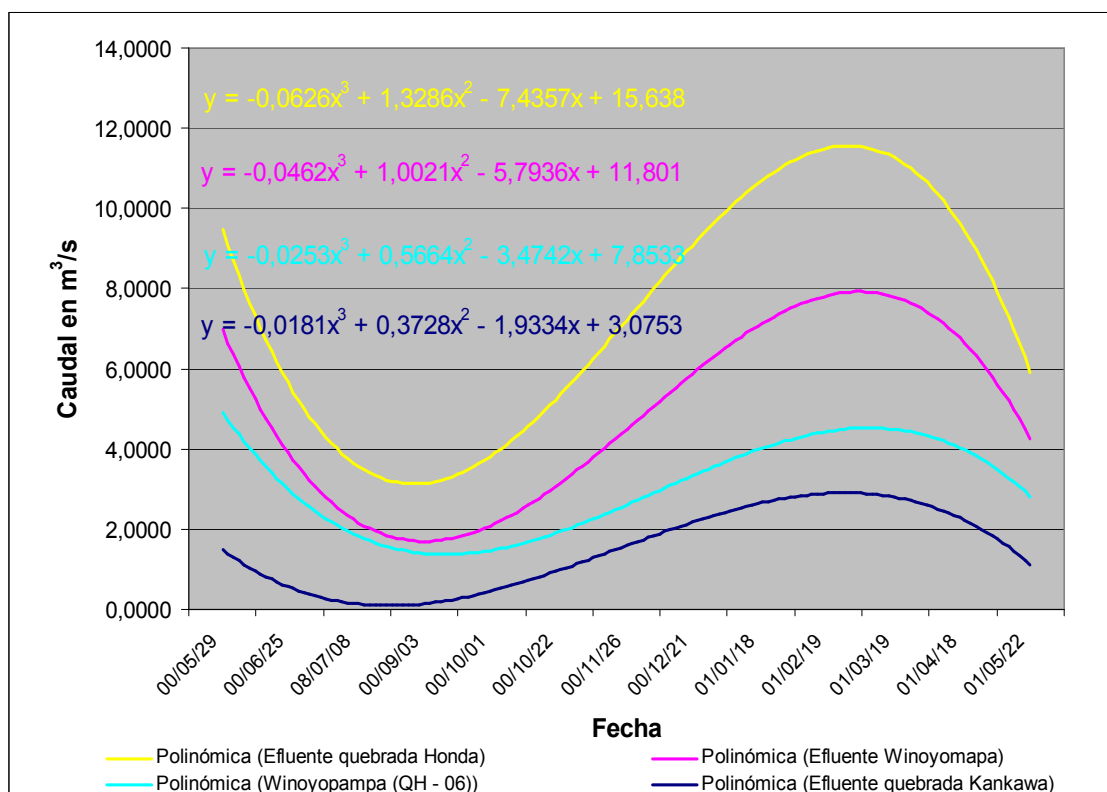
Gráfica 2. Promedios mensuales de flujo en el río Marcará en la estación hidrométrica de Chancos (1954 - 1994).



Fuente: SA&ESA 1998 (del cuadro 7.7)

<sup>11</sup> Obtenida mediante aforos mensuales en mas/menos dos días de la fecha de muestreo, determinando las áreas y la velocidad del agua en los diferentes cursos de agua. Las gráficas fueron obtenidas haciendo uso de una ecuación de tercer y cuarto grado.

Gráfica 3. Caudales calculados en los cursos principales de agua de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo)<sup>12</sup>.



Aproximadamente el afluente Yanayaku es el 16,6 % de Winoyopampa  
 Aproximadamente el afluente Minayaku es el 14,3 % de Winoyopampa  
 Aproximadamente el afluente Pukaranrakocha es el 28,5 % de Winoyopampa  
 Aproximadamente el afluente Pakllashkocha es el 21,4 % de Winoyopampa  
 Ver datos en el anexo

### 3.6. Características ecológicas

Según el sistema Holdridge, estrictamente ecológico y de alcance mundial, considerando el orden natural entre los factores principales del clima (biotemperatura, precipitación y humedad ambiental) y la vegetación (factor considerado esencialmente dependientes de la acción directa del clima), se pudo determinar 6 zonas de vida, las cuales son:

<sup>12</sup> SA&ESA 1998 presenta como los flujos pueden ser calculados tomando como base los caudales de la estación de Chancos:  $(Q_{\text{quebrada}}/Q_{\text{Chancos}})=(A_{\text{quebrada}}/A_{\text{Chancos}})$

### 3.6.1. Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT)

“Desde el poblado de Marcará ubicado a una altitud de 2 700 msnm hasta una altitud de 3 200 msnm” (TAMBLYN 2000, febrero).

Fotografía 8. Río Vicos a la altura de Ukushpampa a 3 060 msnm.



### 3.6.2. Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT)

“Desde una altitud de 3 200 msnm hasta el Cruce a Chacas, que esta a una altitud de 3 800 msnm” (TAMBLYN 2000, febrero).

(Ambiente sub – húmedo) “caracterizado por ser una zona semi-accidentada, donde se emplazan cultivos de los pueblos de quebrada Honda, Marcará, y Vicos. El régimen pluviométrico es abundante y torrencial. Los agentes erosivos actúan en forma fácil determinando cárcavas, desprendimiento de rocas y pequeños deslizamientos por solifluxión” (SA&ESA 1998).



Fotografía 9. Portada de quebrada Honda (valle glaciar en U) a 3 550 msnm.

### 3.6.3. Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT)

“Considerado desde el cruce a Chacas a una altitud de 3 800 msnm hasta la laguna Pukaranrakocha a una altitud de 4 260 msnm” (TAMBLYN 2000, febrero).

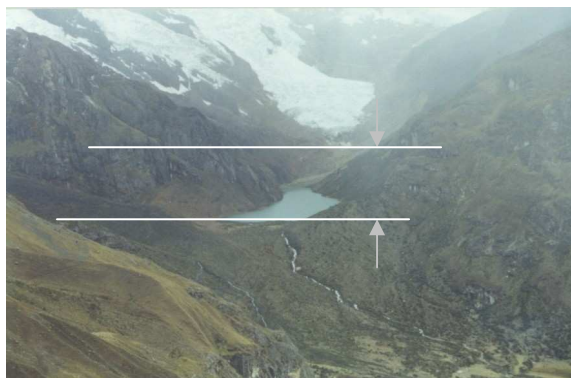
Fotografía 10. Winoyopampa a 4 200 msnm (al fondo el Nevado Pukaranra). El área debajo de la línea corresponde a la región Páramo muy húmedo – Sub Andino tropical.



### 3.6.4. Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT)

“Considerado a la región de altitudes mayores a la laguna Pukaranrakocha de 4 260 msnm hasta la laguna Paqllaskocha” (TAMBLYN 2000, febrero) a 4 597 msnm.

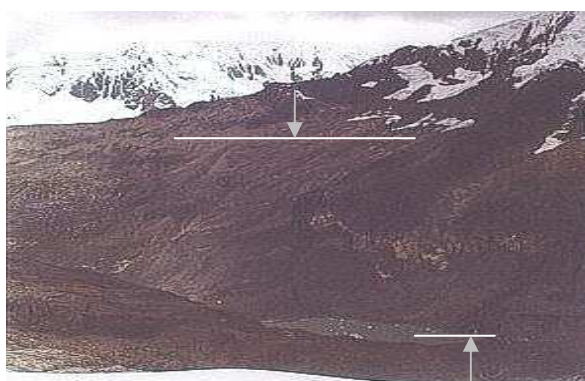
Fotografía 11. Laguna Pukaranrakocha y entorno. La región entre líneas corresponde a la región Páramo pluvial – Sub Andino Tropical.



### 3.6.5. Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT)

Desde los 4 597 msnm de altitud que es “donde se encuentra ubicada la laguna Paqllaskocha hasta el limite inferior del Nival Tropical” (TAMBLYN 2000, febrero).

Fotografía 12. Laguna Paqllaskocha (4 597msnm) y entorno. La región entre líneas corresponde a la región Tundra Pluvial – Andino Tropical.



### 3.6.6. Nival Tropical (NT)

Zona de glaciares desde una altitud aproximada de 4 300 msnm hasta los 6 000 msnm a más.

(Ambiente pluvial y gélido) “(4 600 – 6 000 msnm), se caracteriza por presentar topografía accidentada con temperaturas bajas y gélidas, precipitación en forma sólida muy abundante con predominio de la acción glaciar y erosión físico-mecánico” (SA&ESA 1998).

“Ecológicamente, es bueno reconocer que quebrada honda es un conjunto de ecosistemas, algunos altamente alterados y simplificados por la presencia del hombre, sobre todo en la parte baja de la cuenca” (TAMBLYN 2000, febrero).

Fotografía 13. Zona alta de la quebrada Yanayaku.



### 3.7. Flora

La vegetación es variada debido a las diferentes zonas de vida existentes, de ellas podemos mencionar:

#### 3.7.1. Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT)

La flora se caracteriza por la presencia de: *Alnus jorullensis* (aliso), *Eucalyptus sp* (eucalipto), *Pinus sp* (pino), *Agave americana* (penca), *Schinus molle* (molle), *Nassella sp* (cebadilla), pastos naturales, *Medicago sativa* (alfalfa), *Solanum tuberosum* (papa), *Hordeum vulgare* (cebada), *Triticum sativum* (trigo), *Zea mays* (maíz), *Vicia faba* (habas), *Prunus serotina* (capuli) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).

#### 3.7.2. Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT)

La flora que caracteriza ésta zona encontramos: *Polylepis sp* (quenual), *Oxalis sp* (oca), *Chenopodium album* (quinua), *Distichia muscoides sp* (champa), *Urtica sp* (shinua), *Belloa longifolia* (flor blanca), *Paranephelius uniflores* (flor amarilla), *Solanum sp* (papa), *Hordeum vulgare* (cebada), *Triticum sativum* (trigo), *Zea mays* (maíz), *Prunus serotina* (capuli), *Vicia faba* (habas), *Rubus roseus* (mora) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).



### 3.7.3. Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT)

Se observa la presencia de *Stipa ichu* (ichu), *Braccharis sp* (taya), *Belloa longifolia* (flor blanca), *Paranephelius uniflores* (flor amarilla), tupa, *Urtica sp* (shinua u ortiga), *Perezia multiflora* (escorzonera), *Perezia pinnatifida* (escorzonera de laguna), *Polistichium sp* (helecho), *Distichia muscoides* (champa), *Plantago rigida* (champa estrella) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).

### 3.7.4. Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT)

La flora que caracteriza esta zona es la siguiente: *Senecio tephrosioides* (huamanripa), *Krapfia aff weberbauerii* (rima rima), *Mutisia mathewsii* (siete sabios), *Baccharis genistelloides* (Karkeja) y otras especies no reconocidas (TAMBLYN 2000, febrero).

Fotografía 14. Vegetación a 4 550 msnm arriba de la mina La Merced.



### 3.7.5. Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT)

La vegetación en esta zona no configura una fisonomía propia porque sólo sobreviven unas pocas especies herbáceas y pastos naturales de portes muy pequeños (TAMBLYN 2000, febrero).

A pesar de alguna aparente abundancia de diversidad vegetal, la zona del estudio presenta características de alteración y simplificación por las actividades antropogénicas (TAMBLYN 2000, febrero), por lo que es necesario implementar prácticas de recuperación y restauración ecológica.

### **3.8. Fauna**

La fauna es variada debido a las diferentes zonas de vida existentes; sin embargo, debida a la actividad antrópica, está siendo depredada, dando lugar a la desaparición de ésta.

Considerando las zonas de vida tenemos:

#### **3.8.1. Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT)**

La fauna que caracteriza esta zona son: *Conepatus rex* (zorrillo), *Didelphis albiventris* (muca), *Mustela frenata* (comadreja), *Metallura phoebe* (picaflor), *Patagona gigas peruviana* (picaflor gigante), *Spinus sp* (jilguero), *Turdus chiguanco* (yuquis), *Zonotrichia capensis peruviana* (pichisanka) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).

#### **3.8.2. Bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT)**

La fauna que caracteriza esta zona encontramos: *Asthenes sp* (canastero), *Fulica americana peruviana* (gallareta), *Notiochelidon cyonoleuca peruviana* (santa rosita), *Petrochelidon sp* (golondrina), *Bufo spinolosus* (sapo) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).

### 3.8.3. Páramo muy húmedo – Sub Andino Tropical (pmh – SaT)

Se observa la presencia de *Dusycion culpaeus* (zorro andino), *Felis concolor* (puma), *Odocoileus virginianus* (venado), *Lagidium peruvianum* (vizcacha), *Thomasomys* (ratón), *Anas flavirostris oxyptera* (pato), *Chloephaga melanoptera* (huachwa), *Lophonetta specularoides* (pato cordillerano), *Podiceps sp* (zambullidor), *Veniliornis fumigatus* (carpintero de polylepis) y otras especies no identificadas (TAMBLYN 2000, febrero).

### 3.8.4. Páramo pluvial – Sub Andino Tropical (pp – SaT)

De similar manera por la movilidad de las especies, encontramos el mismo tipo de fauna que en la zona de vida anterior (pmh-SaT) (TAMBLYN 2000, febrero).

### 3.8.5. Tundra pluvial - Andino Tropical (tp-AT)

La especie más representativa de ésta zona es el *Vultur gryphus* (cóndor), *Buteo poecilochrous* (aguilucho), *Genonoactes melanoleuca* (gavilán) y otras *Falconiformes* (TAMBLYN 2000, febrero).

Por la movilidad que caracteriza a la fauna existente en la microcuenca en estudio, es común apreciar las mismas especies en diferentes zonas de vida.

Para el poblador la fauna silvestre no representa ingresos económicos considerables, ya que ellos basan su economía en la ganadería extensiva (vacuno, caprino, porcino, caballar, onagro, ovino y otros de menor importancia). Igual o peor que la flora, la fauna de la quebrada se presenta en forma altamente simplificada por las actividades humanas en la zona (TAMBLYN 2000, febrero).

### **3.9. Aspectos sociales**

Los aspectos sociales de la quebrada Honda están relacionados a la Comunidad Campesina de Vicos, pues ellos son propietarios de la zona en estudio.

La población estimada de la Comunidad Campesina de Vicos para el año 2000 fue de 3 684 personas (siendo el 51,01% mujeres), con un promedio por familia de 5,65 personas [ÁLVAREZ99].

“Se pudo apreciar que aproximadamente el 65% de la población vive en condiciones de pobreza, ya que no poseen los servicios básicos de luz, agua (potable) y desagüe, o si los poseen no cumplen con las reglas establecidas para el mantenimiento óptimo de la salud. Una clara mayoría de los pobladores de tercera edad hablan quechua únicamente y en la quebrada Honda sigue siendo una zona netamente quechua-hablante aunque los jóvenes son bilingües” (TAMBLYN 2000, febrero).

#### **Principales Actividades Humanas:**

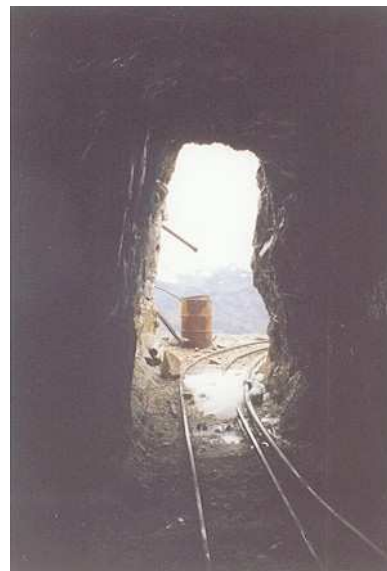
##### **3.9.1. Minería**

En quebrada Honda, en las alturas de Winoyopampa se encuentran las minas: Garroza, que operó en los primeros meses del periodo de investigación; Toma la Mano, Arequipa M., Nueva Esperanza y Santa Ana, estas dos últimas empezaron a funcionar en los últimos meses del periodo de investigación. Estas minas son de carácter polimetálico, de extracción artesanal, mediante socavones. Los minerales generalmente tienen buena ley y son directamente exportados al extranjero, y los desmontes son transportados a las plantas concentradoras de Santa Rosa (Jangas) y Mezapata (Catac), en donde se obtienen los concentrados de plomo, plata y zinc.

Además existe una referencia de 23 minas abandonas<sup>13</sup> en quebrada Honda, las que fueron explotadas desde tiempos muy antiguos (periodo colonial).

Fotografía 15. Zona de carga de la mina Toma la Mano (izquierda).

Fotografía 16. Bocamina de la mina Arequipa M. a 5 052 msnm (derecha).



### 3.9.2. Agricultura

En quebrada Honda se realiza una agricultura de tipo extensiva y manual; con cultivos de papa, olluco, oca, maíz, etc.; que sirven de sustento alimenticio y económico a las familias que habitan en la Comunidad Campesina de Vicos. Existen personas que cultivan más de 100 variedades de papa (contando con un banco genético propio), se cultiva casi exclusivamente para autoconsumo y tratando de preservar la cultura tradicional.

Se observan cuatro zonas agroecológicas de acuerdo a la gradiente de altitud, siendo [ÁLVAREZ99]:

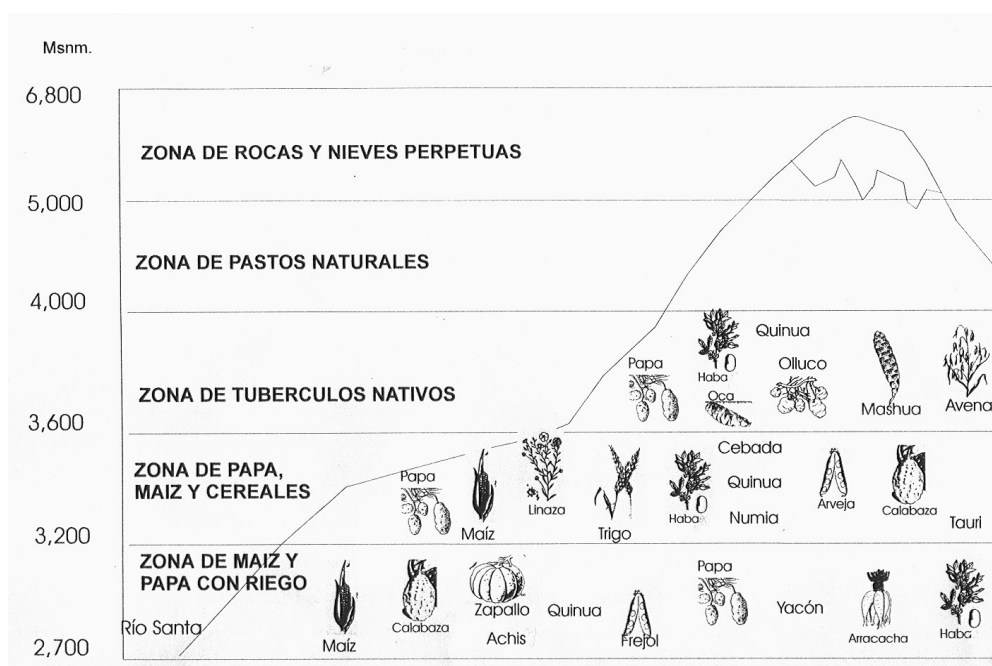
- Zona de pastos naturales o de alturas (5 000 – 4 000 msnm).
- Zona de tubérculos nativos (3 950 – 3 500 msnm).

---

<sup>13</sup> HUAMANI A. Walter. 1998. "Diagnóstico Ambiental Preliminar del Parque Nacional Huascarán: Actividad Minera y Actividad turística / Desechos sólidos". Según TAMBLYN, D. (1999, Julio)

- Zona de cultivo de granos y tubérculos (3 600 – 3 200 msnm).
- Zona del maíz y papa riego (3 200 – 2 700 msnm).

Figura 1. Perfil vertical agrícola de la subcuenca Marcará.



Fuente: Álvarez 1999

Quebrada Honda, sin llegar a ser la gran zona papera de Ancash, tiene en especies nativas la más importante diversidad de plantas cultivadas. Un aproximado de 100 variedades, florecen en los campos de los agricultores junto con una docena de variedades híbridas. No menos importante en cuanto a diversidad es la oca. Existen más de 45 variedades cultivadas en la cuenca, siguiéndole en importancia el olluco con cerca de 20 variedades. Lo acompañan otros tubérculos como la mashua y raíces como el yacón, la arracacha y el camote. Además, se conservan más de 20 variedades nativas de maíz; algunas especies de frijón, numia, quinua, achis y chocho (ÁLVAREZ 1999).

### 3.9.3. Ganadería

La ganadería practicada es también de tipo extensivo, en el que el ganado sirve de sustento alimenticio, laboral y económico de las familias. Las principales especies de crianza son: ganado vacuno, ganado equino (caballos), ganado onagro (acémilas), ganado caprino (cabras) y ganado ovino (ovejas).

Fotografía 17. Ganado equino en estado semi silvestre en quebrada Honda.



### 3.9.4. Turismo

“El turismo que se practica en la zona tiene como principal atractivo los Baños Termales de Chancos, que funciona durante todo el año y por otro lado en la época de estiaje (abril - setiembre) se practica el turismo de aventura (escalada, trekking, etc.) (TAMBLYN 2000, febrero)”.

“Se cree que la zona tiene un alto potencial turístico, que actualmente no se explota por las políticas algo bruscas de los pobladores y por la relacionada falta de infraestructura” (TAMBLYN 2000, febrero).

## CAPÍTULO IV.

### REVISIÓN CONCEPTUAL

---

#### **4.1. *Teoría relacionada a la investigación***

##### **4.1.1. Fuentes de aguas residuales**

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: (1) aguas domésticas o urbanas, (2) aguas residuales industriales, (3) aguas de escorrentías de usos agrícolas, y (4) aguas pluviales (en zonas urbanizadas) (RAMALHO 1993).

##### **4.1.2. Interpretación del análisis físico-químico**

Numerosos elementos presentes en el agua tienen un origen natural como los que provienen de las rocas, del suelo, del aire; a éstos se añaden los originados por la actividad humana: aglomeraciones, industrias y agricultura (RODIER 1998).

Aparte de las normas bacteriológicas, no existen reglas absolutas concernientes a la calidad físico-química del agua.



La presencia de ciertos elementos tóxicos, hacen rechazar el empleo del agua. Otros pueden ser en rigor tolerados si no sobrepasan de un cierto límite. Además, es necesario tener en cuenta el carácter cotidiano u ocasional del consumo y la posibilidad de acumulación en los organismos vivos. También puede ser útil tener en cuenta una especie de sinergia de la toxicidad, que haría intervenir no solamente los contenidos de cada tóxico considerado aisladamente, sino también un efecto nocivo global superior a la suma de los elementos tóxicos presentes. Ciertos países tienen un límite a la presencia simultánea de diferentes productos cuyas concentraciones deben satisfacer la relación:

$$\Sigma(C_i / CMA_i) \leq 1 \quad (\text{RODIER 1998})$$

Donde:

$C_i$  = contenido del tóxico en el agua

$CMA_i$  = concentración máxima admisible del elemento

En lo concerniente a elementos tóxicos, se pueden indicar los niveles límites sin considerarlos, como absolutos (RODIER 1993).

#### 4.1.3. Bioensayos<sup>14</sup>

Para realizar un bioensayo es necesario el empleo de un organismo biológico, con el que se prueba la toxicidad química. Quizá el ejemplo más antiguo y conocido es el uso del canario en las minas de carbón. Tradicionalmente, los mineros de carbón han introducido canarios enjaulados a las minas para comprobar un suministro seguro de aire. Los canarios son más sensibles que los humanos al metano (gas inoloro que se suelta durante el proceso minero), y estos advertían la presencia del metano en niveles peligrosos.

---

<sup>14</sup> Traducido de la dirección Web : <http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/Uses.asp>

Otros tipos de bioensayos se usan para probar los efectos de compuestos que son considerados para el uso de drogas o en las cubiertas para el cuidado de productos. Antes de que un compuesto químico reciba la aprobación de la FDA (Food Drug Agency) para ser usado como ingrediente en productos consumidos por el hombre, debe probarse completamente en animales de laboratorio.

Para las pruebas ambientales, los bioensayos proporcionan un cuadro integrado de toxicidad global de un efluente o una muestra de agua, sedimento, o tierra contaminada.

Los pececillos, varios invertebrados acuáticos, gusanos de tierra, protozoos, y semillas; se usan para bioensayos de muestras acuáticas (Keddy et al., 1995<sup>15</sup>). La idea detrás de estos bioensayos es que el organismo de prueba reaccione de una manera predecible a los varios tipos de contaminantes medioambientales. Varios estudios han comparado la sensibilidad de varios tipos de semillas a los contaminantes comunes (por ejemplo, Wang y Williams 1988; Wang 1987; Wang 1986<sup>16</sup>).

#### **4.1.4. Bioensayos usando *Daphnia sp*<sup>17</sup>.**

Las *Daphnias sp*, popularmente conocidas como “pulgas de agua”, son crustáceos pequeños que viven en el agua fresca como los estanques, lagos, y arroyos. Ellos sirven como una fuente importante de alimento para los peces y otros organismos acuáticos.

---

<sup>15</sup> Según <http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/Uses.asp>

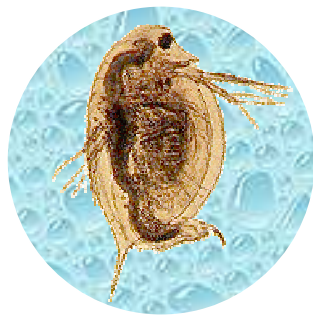
<sup>16</sup> Según <http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/Uses.asp>

<sup>17</sup> El texto sobre *Daphnia* en general fue traducido de la dirección web : <http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/daphnia/>

***Daphnia sp.***

“Ph. ARTHROPODA, SPh. Crustacea, Cl. Branchiopoda, SO. Diplostraca, O. Cladocera, sO. Eucladocera, SF. Daphnoidea, F. Daphnidae” (FOX 1994).

Figura 2. *Daphnia sp.*



Cladóceros de 0,2 a 6 mm, crustáceos acuáticos que forman uno de los órdenes Branchiopoda. Entre los rotíferos y copépodos son los que se encuentran en mayor cantidad en el zooplancton del agua dulce, siendo la mayoría de ellos bentónicos. La mayoría de los cladóceros se alimentan filtrando el agua, consumiendo fitoplancton y quitándola de restos tóxicos; usando para ello sus apéndices torácicos, siendo unos pocos carnívoros (los que atrapan a otro cladóceros). Su cuerpo está casi incluido completamente en un caparazón bivalvo, lateralmente comprimido; además tienen antenas (secundarias) alargadas que les sirven como órganos de locomoción (FOX 1994).

Las *Daphnias* son organismos excelentes para ser usados en bioensayos, ya que son sensibles a los cambios en la química del agua, y sobre todo son simples y baratos para cultivarlos en un acuario. Ellos maduran en sólo unos días, lo que hace posible hacer ensayos en poco tiempo, durante su ciclo de vida o en parte de él.

Siendo la *Daphnia* transparente, es posible dirigir bioensayos, observando en su interior, y de que manera se produce su muerte. Por ejemplo, a través de un microscopio se puede medir los latidos del corazón u observar si ellos han estado comiendo (señales que son usadas para medir el estrés).

Estos organismos bajo las mejores condiciones viven tan solo uno o dos meses, y en la naturaleza, la mayoría de ellos son comidos en sus primeros días o semanas de vida.

### **Las adaptaciones de *Daphnia* al estrés ambiental**

En un ambiente adecuado, la mayoría de *Daphnias* son hembras y se reproducirán asexualmente, a través de una forma natural de clonación. Al reproducirse de esta manera, los huevos no se fertilizan, por lo tanto las crías son copias exactas de sus madres. Los huevos no fertilizados se desarrollan a embriones dentro del cuerpo de la hembra, y luego el joven es soltado al ambiente dentro de dos a tres días.

Cuando el ambiente se altera, la *Daphnia* se adapta produciendo embriones machos y embriones hembras. Una vez adultos, los machos engendran a las hembras, producto del cual; se obtienen huevos fertilizados y protegidos por cáscaras duras, éstos se sueltan del cuerpo de la hembra al medio ambiente, siendo capaces de soportar ciclos de estrés, calor y frío antes de salir del cascarón. Es difícil distinguir la *Daphnia* macho de una hembra. Aunque los machos son generalmente más pequeños, tiene anténulas más grandes, teniendo las primeras secciones ganchos robustos, utilizados para agarrar a la hembra durante la cópula.

En lugar de intentar identificar a los machos para descubrir ambientes estresados (dañados), es más simple inspeccionar las cámaras de cría de las hembras (ubicados en la espalda). Si se observan huevos con las cáscaras de protección, será una señal de que las condiciones medioambientales son desfavorables. Por otro lado, cuando las cámaras de cría están llenas de embriones o huevos, sin la cáscara de protección, se puede concluir que la *Daphnia* no es sensible al estrés.

***La Daphnia ante el estrés mediante reproducción sexual.***

Mediante la reproducción sexual se producen jóvenes que no son copias exactas de sus madres, y algunos de los críos se podrán adaptar al ambiente estresado (alterado), donde ellos deberán vivir; además, los huevos fertilizados están protegidos en cáscaras. Ésta es una adaptación útil para organismos que viven en estanques u otros, los que pueden secarse en cualquier época del año, que aunque los adultos mueran, sus huevos se adaptarán a sobrevivir hasta que el ambiente sea favorable una vez más.

**Cultivo de *Daphnia***

La *Daphnia* típicamente vive entre uno y dos meses. Esto varía según las especies y las condiciones medioambientales. Cada hembra sostiene de 6 a 10 huevos, los que se convierten en embriones, soltándose generalmente dentro de unos días. Estas alcanzan la madurez sexual en una a dos semanas.

Una población saludable de *Daphnia* esta conformada principalmente por hembras jóvenes, reproducidas asexualmente a través de una clonación natural. La población puede estresarse si la densidad es alta, si hay una escasez de alimento, si la calidad del agua es pobre o si las temperaturas son extremas. Bajo condiciones de estrés la *Daphnia* produce embriones machos y empieza a reproducirse sexualmente.

Para producir un suministro adecuado de *Daphnia* en el laboratorio, es necesario mantener condiciones favorables para que éstas se reproduzcan asexualmente. Se recomienda las condiciones siguientes:

- pH entre 7,0 y 8,6,

- una densidad de población menor de 30 *Daphnias* por recipiente de 3 litros,
- temperatura del agua entre 20 y 25°C,
- Oxígeno Disuelto de 6 mg/l o superior,
- dureza del agua entre 160 y 180 mg CaCO<sub>3</sub>/l, y un
- ciclo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad por día.

Los vasos de cultivo deben limpiarse semanalmente con agua destilada ó agua desionizada, con ayuda de una esponja limpia para quitar la comida acumulada y *Daphnias* muertas. Mensualmente se debe lavar cada vaso con detergente. Después de lavar, enjuagar tres veces con el agua destilada (a presión) y una vez con el medio de cultivo para quitar todos los rastros del detergente. Si se mantienen los cultivos bajo estas condiciones óptimas, un vaso de 3 litros con 30 *Daphnias* producirá aproximadamente 300 jóvenes por semana. El tamaño del vaso de cultivo normalmente depende de la necesidad del investigador. Sin embargo, la *Daphnia* crece más rápidamente y de mayor tamaño en recipientes más grandes. Los recipientes que contienen entre 10 y 100 galones (37,8 – 378,5 l) son los recipientes más adecuados, pero entre 1 y 5 galones, son satisfactorios, ya que las poblaciones pueden supervisarse fácilmente.

Los equipos necesarios son: un microscopio y/o estereoscopio, y equipo de medición de pH, dureza y Oxígeno Disuelto. Los materiales necesarios son: una pipeta de 5 mm de diámetro o un cuentagotas de ojo, una pecera o un recipiente para cultivar *Daphnia* (mayor a 3 l), la diapositiva del microscopio, pipetas de 1 ml (con 0,1 divisiones), termómetro, agua de arroyo o manantial limpio (impoluto), *Daphnia* cultivadas de edad mixta (dependiendo del bioensayo que se desee realizar), alimento para *Daphnia* (Roti – Rich, levadura seca, algas unicelulares como *Selenastrum*).

#### 4.1.5. Bioensayos usando *Allium cepa*<sup>18</sup>

Clase Monocotiledoneae, Familia liliácea, Tribu Alioideas  
Género *Allium*, Especie *Allium cepa* (GOLA 1965).

#### Test de *Allium* en monitoreo de Aguas residuales<sup>19</sup>

La cebolla común, *Allium cepa*, es un conveniente sistema de prueba para estimar los efectos dañinos de químicos en el material biológico; debido a las condiciones excelentes de sus cromosomas. El material de *Allium* está siendo usado ampliamente con diferentes propósitos desde que fuera introducida como un sistema de la prueba por A. Levar en 1938.

La prueba de *Allium* se ha extendido a monitoreos ambientales y factores de riesgo. Por ejemplo, cuando las aguas residuales de una industria química en el sur de Suecia causó severa contaminación de un río adyacente; la restricción del crecimiento en las raíces de *Allium* fue tomada como una medida del grado de contaminación en el río, y el resultado de la prueba de *Allium* se admitió como una evidencia en un juicio contra la fábrica.

La prueba de *Allium cepa* ha mostrado una buena correlación con otros sistemas de pruebas, involucrando la toxicidad general (crecimiento de la raíz) y genotoxicidad (aberraciones del cromosoma). El material vivo de *Allium* es fácilmente guardado y manejado; es barato y asegura ver cromosomas muy claros.

---

<sup>18</sup> Traducido y modificado de LIU, D. y DUTKA, B. (1993). "Environmental Toxicology and Water Quality".

<sup>19</sup> Por Geirid Fiskesjö "The *Allium* Test in Wastewater Monitoring", en: LIU, D. y DUTKA, B. (1993). "Environmental Toxicology and Water Quality".

Una prueba de *Allium* toma un tiempo relativamente corto para llevarlo a cabo: 2 días para las preparaciones de los cromosomas y de 3 a 4 días para medir el crecimiento de la raíces.

### **Materiales y métodos**

Se debe seleccionar bulbos frescos y pequeños, de peso, tamaño y apariencia similar, de una misma variedad de cebolla común, *Allium cepa* ( $2n = 16$ ). Cada serie de prueba usualmente requiere de 10 bulbos; sin embargo, se inician con 12 en cada serie, de los cuales se toman 10 con raíces buenas (similares a la mayoría), los que deben estar disponibles para ser cosechadas en el experimento.

El material viviente de los bulbos tiene que ser fácilmente guardado hasta una próxima vez, bajo condiciones secas y a una temperatura de 10 a 20°C. Se tiene que calcular la pérdida de tamaño cuidando el enmohecimiento durante el almacenamiento, moldeado y secado, para ello se debe partir en mitades cada muestra.

El agua para el control y para la dilución en la pruebas de los compuestos a menudo debe ser agua destilada (o desionizada), con tal de que esté libre de iones de cobre y sosteniendo un cierto contenido de iones de Mg y Ca (aproximadamente 50 mg/l). Se ha determinado que tal agua da el mismo crecimiento de raíces de la cebolla como una solución nutriente fisiológica (Fiskesjö, 1990b).

Las aguas naturales algunas veces pueden ser ideales como los controles: por ejemplo, el agua, arriba de un afluyente residual podría ser el control más correcto para esta agua residual.



Los químicos a ser probados deben ser solubles en el agua de control. Probar, por ejemplo, los compuestos lipo-solubles, primero se deben disolver en una cantidad pequeña de solvente (metanol, etanol, cloroformo, etc.), y después se diluye en agua (considerándose agua más solvente para la dilución). En cada caso, el solvente en la concentración usada debería estructurarse como una serie adicional de la prueba.

Las soluciones de la prueba, deben renovarse todos los días durante el experimento. Después de 2 días, algunas raíces se pueden preparar y fijar para ser vistos en el microscopio (Fiskesjö<sup>20</sup>, 1985b, 1988). Después de 3 o 4 días en las soluciones las longitudes de todas las raíces son determinadas; las raíces muy cortas o excepcionalmente largas no se consideran.

Es muy fácil de estimar directamente una longitud media de las raíces de cada bulbo. El valor de diez es la base de los análisis estadísticos. Aunque el método de medir la longitud de la raíz es bastante básico, ha demostrado ser muy fiable. Comparaciones entre este método, de estimar el crecimiento porcentual de la raíz con restricciones y la medición de las raíces en cada bulbo separadamente dieron casi los mismos resultados (Fiskesjö, 1985b).

### **Algunas aplicaciones de la prueba de *Allium*.**

Esta prueba se aplica para rastrear fuentes de contaminación en muestras de agua; una de ellas puede ser cuando un río pasa por tierras de industrias.

---

<sup>20</sup> En Geirid Fiskesjö "The *Allium* Test in Wastewater Monitoring", según LIU D. L. y B. J. DUTKA (1993). "Environmental Toxicology and Water Quality".

Un ejemplo ocurrió con BT Kemi (ahora cerrado) industria que fabricaba herbicidas (phenoxyacetic acids), se observaron bulbos sembrados en muestras de una corriente tóxica de la fábrica (las raíces no crecieron) y muestras de aguas arriba (en la que sí crecieron las raíces). En ese momento cada serie de la prueba contuvo sólo 5 bulbos; suficiente, especialmente cuando la cantidad de fluido accesible es pobre (poco). Es interesante notar que aguas arriba de la fábrica indujo una restricción de crecimiento y curvaturas anormales de las raíces, indicando incluso la toxicidad en esta agua.

Fue revelado después que aguas arriba de la industria, también ésta había descargado efluente tóxico en un lugar no lejos de dónde la muestra fue tomada. Esto es un ejemplo de cómo inesperadas descargas de toxinas pueden ser revelados por la prueba del *Allium*.

El potencial de toxicidad de aguas residuales industriales involucra riesgos medioambientales que pueden estudiarse de manera ventajosa con la prueba de *Allium*. Un ejemplo de esto es que los valores extremos de pH restringen el crecimiento de las raíces. Además el observar condiciones anormales en el crecimiento de la raíz podría justificar los análisis químicos.

En una prueba específica de *Allium* con diferentes valores de pH en el agua, se determinó que las raíces en aguas entre 4 y 11 de pH eran capaces de soportar y ser similares al medio de crecimiento de pH entre 6 y 7; significado que los pH dentro de este rango no son por si solo la causa de restricción en el crecimiento de las raíces (Fiskejö. 1985b<sup>21</sup>).

---

<sup>21</sup> En Geirid Fiskesjö "The *Allium* Test in Wastewater Monitoring", según LIU D. L. y B. J. DUTKA (1993). "Environmental Toxicology and Water Quality".

Otra razón, por que el pH de las aguas residuales es de importancia, es que el incremento de iones  $H^+$  podrían interferir con el complejo-limite de aluminio en el suelo y podría causar la descarga de iones de  $Al^{+3}$ ; esto ocurre cuando el pH tiene valores menores de 4. Otros estudios han mostrado ser sumamente tóxicos a las plantas, árboles del bosque (Reggren y Fiskejö, 1978) así como en cebollas, dónde el organelo dañado fueron las células del casquete de las raíces, muriendo éstas después de la exposición al aluminio (Fieskejo, 1990b) (LIU 1993).

En la mayoría de los casos las pruebas de aguas residuales industriales requieren de series de dilución. De esa manera se demuestra el efecto contaminante a varias concentraciones (50, 20, 10, y 2%) de agua residual, el que debe ser comparado con una serie de control.

**Tabla 8. Ejemplo de resultado de la prueba de *Allium* en aguas residuales de una industria de producción de clorato.**

Conc. en %	Observaciones de la longitud de 10 raíces de los bulbos en cm										Promedio	S.E.	Crecimiento en % del control	95 % de intervalo de confianza
100	0,7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,43	0,12	9,4	1,8
50	0,7	1,5	1,2	1,3	1,6	0,8	1,4	1,3	1,3	1,5	1,26	0,30	27,5	4,4
10	3,2	3,6	4,0	3,2	3,3	2,7	3,4	3,8	2,7	4,1	3,40	0,49	74,2	7,4
2	3,2	4,6	4,3	5,7	4,7	5,1	5,0	4,7	4,8	4,8	4,69	0,64	102,4	9,9
1	4,5	4,3	4,2	4,0	4,5	4,2	4,1	4,4	4,7	5,2	4,41	0,35	96,3	5,4

Fuente: Geirid Fiskesjö "The *Allium* Test in Wastewater Monitoring" (Tabla 1) (LIU 1993)

## 4.2. Definición de términos básicos

### 4.2.1. Ambiente

"Es el hábitat físico y biótico que nos rodea; lo que podemos ver, oír, tocar, oler y saborear" (GLYNN 1999). Biotos y abiotos interrelacionados sistemáticamente y donde existe flujo materia, energía e información.

#### **4.2.2. Biota**

“Es el conjunto de todos los elementos vivos de un ecosistema o un área determinada” (GLYNN 1999).

#### **4.2.3. Cuenca hidrológica**

“Es el territorio cuyas aguas afluyen hacia un punto del río, al lago o una laguna; aunque las aguas proceden inicialmente de las lluvias. Esas aguas afluentes son tanto las que discurren superficialmente como aquellas que después de una trayectoria subterránea, emergen y se incorporan al flujo superficial antes del punto de control” (CHÁVEZ 1994).

#### **4.2.4. Contaminación**

“Cambio indeseable de las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua o el suelo que puede afectar de manera adversa la salud, la supervivencia o las actividades de los humanos y de otros organismos vivos” (GLYNN 1999).

#### **4.2.5. Sustancias tóxicas y peligrosas**

“Concentraciones bajas de ácidos, cáusticos, cianuro, arsénico, muchos metales pesados y numerosas sustancias tóxicas para los organismos vivos, incluso para los humanos, y para la población microbiana que se utiliza en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Dos de los metales más dañinos son el cadmio y el mercurio, los cuales se bioacumulan” (GLYNN 1999).

### **4.3. Parámetros organolépticos y físico-químicos del agua**

#### **4.3.1. Acidez**

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, para reaccionar con iones hidroxilo, para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas (ROMERO 1999).

“La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte hasta un pH designado. El valor medio puede variar significativamente con el pH final utilizado en la determinación. La acidez constituye la medida de una propiedad sobreañadida del agua y puede interpretarse en términos de sustancias específicas solamente cuando se conoce la composición química de la muestra. Con arreglo al método de determinación, los ácidos minerales fuertes, los ácidos débiles, como el carbónico y el acético y las sales hidrolizables, como los sulfatos de hierro y aluminio, pueden incrementar la acidez determinada” (APHA – AWWA – WPCF 1992).

#### **4.3.2. Conductividad eléctrica**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica; capacidad que depende de la presencia de iones, de su concentración relativa, de la temperatura (APHA – AWWA – WPCF 1992).

La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas, de la movilidad de los iones disueltos y de su valencia. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos (ROMERO 1999).

Para el agua de riego la conductividad eléctrica puede clasificarse en: Clase C1 que varía entre 0 y 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (agua apta para la mayoría de cultivos), Clase C2 que varía entre 250 y 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (aptas para plantas moderadamente tolerantes), Clase C3 que varía entre 750 y 2 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (puede utilizarse en el riego de cultivos tolerantes), y Clase C4 que varía entre 2 500 a 5 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (agua altamente salina) (VÁSQUEZ 1997).

**Tabla 9. Reglamentación francesa sobre relación entre mineralización y la conductividad eléctrica.**

Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Mineralización
< 100	Muy débil
100 - 200	Débil
200 - 333	Media acentuada
333 - 666	Media
666 - 1000	Importante
> 1000	Excesiva

Fuente: (RODIER 1998)

### 4.3.3. Oxígeno Disuelto

La determinación de OD es muy importante en ingeniería ambiental por ser un factor que determina la existencia de condiciones aerobias o anaerobias en un medio particular. Sirve como base para cuantificar la DBO, aerobidad de los procesos de tratamiento, tasa de aireación en los procesos de tratamiento aerobio y grado de contaminación de ríos. El OD se presenta en cantidades variables; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la auto purificación de los ríos. Los valores de OD en aguas son bajos y disminuyen con la temperatura. El oxígeno libre en solución, especialmente cuando está acompañado de  $\text{CO}_2$  es un agente de corrosión importante del hierro y el acero (ROMERO 1999).

#### 4.3.4. Dureza total

La dureza tiene un carácter natural y corresponde al lavado de los terrenos atravesados; salvo excepciones muy particulares. Una dureza de 80 a 100 mg/l puede considerarse como satisfactoria (RODIER 1998).

**Tabla 10. Condición del agua bajo condiciones de dureza total**

Dureza en mg/l de CaCO <sub>3</sub>	Condición del agua
< 150 (03 meq)	Buena calidad
< 300 (06 meq)	Calidad media
< 500 (10 meq)	Calidad aceptable
> 600 (12 meq)	Difícilmente utilizables

Fuente: (RODIER 1998)

En todas las aguas monitoreadas eventualmente, en quebrada Honda, se tuvo valores menores a 150 mg/l.

#### 4.3.5. Potencial de iones hidrógeno (pH)

El pH se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o alcalinidad total. En el análisis de aguas es un factor que debe considerarse con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de la corrosión (ROMERO 1999).

#### 4.3.6. Temperatura

“La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio. Puesto que por ejemplo el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura” (ROMERO 1999).

“En estudios de polución de ríos la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo” (ROMERO 1999).

#### **4.3.7. Turbidez**

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra, causando que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra (APHA – AWWA – WPCF 1992).

La turbiedad en el agua puede deberse a la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbidez es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales.

La eliminación de la turbidez, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbidez nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta que punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida (5 UNT).

#### **4.3.8. Sólidos totales**

Los sólidos totales<sup>22</sup>, incluye toda materia, excepto el agua.

---

<sup>22</sup> ROMERO, A. (1999, define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (Sólidos suspendidos)”.



En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento (ROMERO, 1999).

#### **4.3.9. Sólidos suspendidos**

“Son determinados directamente por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos, es decir es el residuo no filtrable o material no disuelto” (ROMERO 1999).

### **4.4. *Parámetros de sustancias no deseables del agua***

#### **4.4.1. Aluminio**

El aluminio ocupa el tercer lugar en orden de abundancia entre los elementos de la corteza terrestre, formando parte de minerales, rocas y arcillas. Esta amplia distribución es la causa de la presencia de aluminio en casi todas las aguas naturales como sal soluble, coloide o compuesto insoluble (APHA – AWWA – WPCF 1992).

#### **4.4.2. Demanda Química de Oxígeno**

“Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química” (ROMERO 1999).

“La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte” (ROMERO 1999).

La DQO es la medida cuantitativa de todo el material oxidable en una muestra de agua o de aguas residuales que se determina instrumentalmente midiendo el agotamiento del oxígeno después de la combustión a alta temperatura (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>).

Las diferencias de los resultados obtenidos para la DQO y la DBO constituyen una indicación de la importancia de las materias contaminantes poco o nada biodegradables (RODIER 1998).

#### **4.4.3. Hierro**

El hierro existe en suelos y minerales principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro (pirita). En algunas áreas se presenta también como carbonato ferroso (siderita), la cual es muy poco soluble. El hierro insoluble es reducido a su forma soluble en condiciones anaerobias. Las aguas con hierro (y manganeso) al ser expuestas al aire, por acción del oxígeno, se hacen turbias e inaceptables estéticamente debido a la oxidación del hierro, el que forma precipitados coloidales (ROMERO 1999).

### **4.5. *Parámetros de sustancias tóxicas a la salud humana***

#### **4.5.1. Arsénico**

El arsénico en aguas existe como arsenito ( $\text{AsO}_2^-$  y  $\text{As}^{+3}$ ) o como arsenato ( $\text{AsO}_4^{-3}$  y  $\text{As}^{+5}$ ). El tratamiento se hace mediante precipitación con cal o sulfuros, o por coprecipitación en la coagulación, con el hidróxido de aluminio o de hierro (ROMERO 2000).

La exposición crónica hacia compuestos inorgánicos de arsénico puede producir neurotoxicidad. Ésta, usualmente comienza con cambios sensoriales, parestiasis, y tendiasis muscular; seguida por debilidad hacia todos los grupos musculares (ADMUR 1991).

Desde el punto de vista toxicológico, el arsénico actúa en el organismo bloqueando los grupos tiol, ocasionando perturbaciones en los procesos de oxido-reducción celular ( $\text{As}^{+++}$ ) y trastornos del metabolismo glúcido lípido ( $\text{As}^{5+}$ ). Puede haber igualmente, aunque esto haya sido puesto en duda, una acción cancerígena. Ciertos autores piensan que los compuestos minerales del arsénico pueden inhibir los procesos de multiplicación celular al nivel de DNA y bloquear los mecanismos de reparación (RODIER 1998).

#### **4.5.2. Cadmio**

“Los efectos en el largo tiempo de niveles bajos de exposición hacia el cadmio producen obstrucción pulmonar, enfisema, y afección crónica en los tubos conductores de los riñones. También pueden haber efectos cardiovasculares y en el sistema óseo” (ADMUR 1991).

Kidney menciona que los efectos del cadmio se observan en el funcionamiento de los riñones, manifestado por un incremento de cadmio en la orina, proteinuria, aminoaciduria, glucosuria, y disminución de la reabsorción de fosfato. Los cambios morfológicos no son específicos y consiste en la degeneración celular en las fases iniciales, proseguido de inflamación y fibrosis (ADMUR 1991).

Su toxicidad relativamente elevada con efecto acumulativo se acompaña de trastornos renales, alteraciones óseas e hipertensión arterial. El zinc y el calcio tienen un papel protector frente al cadmio. Para la vida acuática, en particular para los peces, no parece que haya problemas por debajo de 1 mg/l (RODIER 1998).

El proceso principal para remover cadmio es el de precipitación a pH 9 y 12 (ROMERO 2000).

### 4.5.3. Níquel

“Es cancerígeno, estudios epidemiológicos en 1958 con trabajadores de un refinera de níquel en Inglaterra muestran una mayor incidencia de cáncer nasal y pulmonar con respecto a la población. También una de las más comunes formas de alergia de la dermis” (ADMUR 1991).

### 4.5.4. Plomo

El contenido de plomo en casi todas las aguas varía en 0,001 y 0,01  $\mu\text{g/ml}$ , sin embargo en zonas ligeramente ácidas puede llegar a disolverse (ALBERT 1990).

El plomo afecta adversamente a todos los organismos, en concentraciones de 0,1 a 0,5 mg/ml, este elemento retarda la ruptura heterolítica de la materia orgánica. Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular. Algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra tienden a acumular plomo y pueden ser una de las rutas por las que este elemento entra a las cadenas alimenticias. En general, en los animales se ha demostrado que produce tumores malignos y benignos. En el hombre el plomo hace una inhibición del grupo hemo de la hemoglobina lo que produce anemia, produce encefalopatías, debilidad en los músculos extensores, trastornos sensoriales, trastornos renales; también causa aberraciones cromosómicas y una morfología anormal del espermatozoide en seres humanos (ALBERT 1990).

El plomo genera alteraciones neurológicas (disminución del coeficiente intelectual infantil), nefrotoxicidad, anemia y cáncer al riñón [ASTE00]

La intoxicación plúmbica se manifiesta por trastornos clínicos, anomalías biológicas y alteraciones histopatológicas variadas. El plomo es susceptible de acumularse en el organismo; siendo el peligro mayor la acumulación de dosis consideradas como no tóxicas. El plomo se fija, en particular, sobre el esqueleto; donde se encuentra en estrecha dependencia con el metabolismo cálcico (RODIER 1998).

La OMS califica a este metal como altamente tóxico, acumulativo y cuya ingestión produce dolor abdominal, vómito y diarreas (SOTELO 1994).

#### **4.6. Parámetros de contaminación biológica**

##### **4.6.1. Coliformes totales.**

“El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aerobias y facultativas anaerobias, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35°C (o 37°C). El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre  $125 \times 10^9$  y  $400 \times 10^9$ . Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos” (ROMERO 1999). El grupo de coliformes se compone de *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobater freundii* y bacterias afines (GLYNN 1999)

##### **4.6.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

“Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de 5 días y a 20°C” (ROMERO 1999).

“La Demanda Bioquímica de Oxígeno se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia” (RAMALHO 1993).

#### **4.7. Normatividad peruana vigente**

##### **4.7.1. Ley general de aguas**

La Ley General de Aguas promulgada por Decreto Ley N°17752<sup>23</sup> y modificada por el D.S. 007-83-SA, dice:

#### **CAPÍTULO IV. DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS CURSOS DE AGUA Y DE LAS ZONAS COSTERAS DEL PAÍS**

Artículo 81°.- Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificará respecto a sus usos de la siguiente manera:

- Clase I.** Aguas de Abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- Clase II.** Aguas de abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- Clase III.** Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

---

<sup>23</sup> Con las modificaciones contenidas en el Decreto Ley N°18735, en el Decreto Legislativo N°106 (81/06/05), así como en el Decreto Legislativo N°708, y concordando con el Decreto Supremo N°053-92-AG (92/12/23), y con el Decreto Supremo N°0015-91-AG (91/05/25).

**Clase IV.** Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).

**Clase V.** Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos

**Clase VI.** Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.<sup>24</sup>

Artículo 82°.- Para los efectos de protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos, regirán los siguientes valores límites:

**pH** para todos los usos entre **6 y 9**

**Tabla 11. Ley General de Aguas: límites bacteriológicos (\*)**

Valores en NMP./100 ml

USOS

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes totales	8,8	20,0	5,0	5,0	1,0	20,0
Coliformes fecales	0,0	4,0	1,0	1,0	200,0	4,0

Los valores mostrados en el cuadro deben ser multiplicados por 1000

\* Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales

**Tabla 12. Ley General de Aguas: límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 5 días a 20 °C y de Oxígeno Disuelto (OD)**

Valores en mg/l

USOS

Parámetro	I	II	III	IV	V	VI
DBO	5,0	5,0	15,0	10,0	10,0	10,0
OD	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	4,0

<sup>24</sup> Artículo modificado por el Decreto Supremo N° 007 83 S.A.

**Tabla 13. Ley General de Aguas: límites de sustancias potencialmente peligrosas**

Valores en mg/m<sup>3</sup>

USOS (2)

Parámetro	I	II	III	V	VI
Selenio	10,0	10,0	50,0	5,0	10,0
Mercurio	2,0	2,0	10,0	0,1	0,2
PCB	1,0	1,0	1+	2,0	2,0
Esteres Estalatos	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cadmio	10,0	10,0	50,0	0,2	4,0
Cromo	50,0	50,0	1,0	50,0	50,0
Níquel	2,0	2,0	1+	2,0	**
Cobre	1,0	1,0	500,0	10,0	*
Plomo	50,0	50,0	100,0	10,0	30,0
Zinc	5,0	5,0	25,0	20,0	**
Cianuros (CN)	200,0	200,0	1+	5,0	5,0
Fenoles	0,5	1,0	1+	1,0	100,0
Sulfuros	1,0	2,0	1+	2,0	2,0
Arsénico	100,0	100,0	200,0	10,0	50,0
Nitratos (N)	10,0	10,0	100,0	N.A	N.A

NOTAS:

\* Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1

\*\* Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02

LC<sub>50</sub> : Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIOENSAYO

1+ : Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.

(2) Para el uso de aguas IV no es aplicable

N.A. Valor no aplicable.

**PESTICIDAS.-** Para cada uso se aplicará como límite, los criterios de calidad de aguas establecidas por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica.



**Tabla 14. Ley General de Aguas: límites de sustancias o parámetros potencialmente perjudiciales**

Valores en mg/l

APLICABLES EN LOS USOS I, II, III, IV, V

Parámetro		I y II	III	IV
M.E.H	(1)	1,5	0,5	0,2
S.A.A.M	(2)	0,5	1,0	0,5
C.A.E	(3)	1,5	5,0	5,0
C.C.E.	(4)	0,3	1,0	1,0

(1) Material extractable en Hexano (grasa principalmente)

(2) Sustancias activas de azul de metileno (detergente principalmente)

(3) Extracto de columna de carbón activo por alcohol (según método de flujo lento)

(4) Extracto de columna de carbón activo de Cloroformo (según método de flujo lento)

#### 4.8. Estándares de la Organización Mundial de la Salud<sup>25</sup>

Las siguientes tablas presentadas son un sumario de valores de diferentes parámetros de calidad de aguas de la World Health Organization (WHO), los cuales determinan la calidad de las aguas:

**Tabla 15. Constituyentes inorgánicos.**

Parámetro	Valor LMP(mg/l)	Observación
Arsénico	0.005 (P) <sup>a</sup>	
Arsénico	0.01 <sup>b</sup> (P)	Riesgo de cáncer a la piel al exceder de $6 \times 10^{-4}$
Bario	0.7	
Berilio		NAD <sup>c</sup>
Boro	0.5 (P)	
Cadmio	0.003	
Cromo	0.05 (P)	
Cobre	2 (P)	Basado en efectos gastrointestinales agudos
Cianuro	0.07	
Fluoruro	1.5	Condiciones climáticas, volumen de agua consumida, e intangibilidad de otros recursos que podrían ser considerados cuando se inserten en estándares nacionales.
Plomo	0.01	Se reconoce que no toda agua alcanzará el valor LMP inmediatamente; mientras tanto, se recomienda hacer otras mediciones para reducir la exposición de plomo por un sistema que podría ser implementado.
Manganeso	0.5 (P)	ATO <sup>d</sup>
Mercurio (Total)	0.001	
Molibdeno	0.07	
Níquel	0.02 (P)	
Nitrato (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 (agudo)	
Nitrito (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	3 (agudo)	
	0.2 (P) (crónico)	
Selenio	0.01	
Uranio	0.002 (P)	

**(P)** Valor de pauta provisional. Este término es usado para componentes que estén con alguna evidencia de un riesgo potencial pero donde la información disponible sobre los efectos de salud es limitada.

**b** Para sustancias que son consideradas como carcinogénicas.

**c** NAD (No Adequate Data) Datos no adecuados que permitan recomendaciones para la salud basado en valores guía.

**d** ATO (Affect The Appearance) Concentraciones de la sustancia debajo del valor de pauta para la salud que pueden afectar la apariencia, sabor, u olor del agua.

Fuente: APHA – AWWA – WPCF (1992)

<sup>25</sup> Las tablas completas se encuentran en la dirección Web:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Summary\\_tables/Sumtab.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/Sumtab.htm) .

**Tabla 16. Substancias y parámetros del agua de consumo que pueden dar lugar a queja en los consumidores**

Parámetro	Niveles que probablemente producirán quejas	Razones para la queja del consumidor
<b>Parámetros físicos</b>		
Color	15 TCU <sup>b</sup>	Apariencia
Sabor y olor	—	Debe ser aceptable
Temperatura	—	Debe ser aceptable
Turbiedad	5 NTU <sup>c</sup>	Apariencia; para hacer una efectiva desinfección final, Turbiedad media = 1 NTU, una muestra = 5 NTU
<b>Constituyentes inorgánicos</b>		
Aluminio	0.2 mg/l	Depositación, decoloración
Amonio	1.5 mg/l	Olor y sabor
Cloro	250 mg/l	Sabor y corrosión
Cobre	1 mg/l	Manchado de lavados y sanitarios (valor LMP provisional para la salud = 2 mg/l)
Dureza	—	Dureza alta: formación de sarro; Dureza baja: posible corrosión
Sulfuro de hidrógeno	0.05 mg/l	Olor y sabor
Hierro	0.3 mg/l	Manchado de lavados y sanitarios
Manganeso	0.1 mg/l	Manchado de lavados y sanitarios (Valor LMP provisional para la salud 0.5 mg/l)
Oxígeno disuelto	—	Efectos indirectos
pH	—	pH bajo: Corrosión; pH alto: sabor jabonoso; Preferiblemente < 8,0 para una efectiva desinfección con Cloro
Sodio	200 mg/l	Sabor
Sulfato	250 mg/l	Sabor y corrosión
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l	Sabor
Zinc	3 mg/l	Apariencia y sabor
<b>Constituyentes orgánicos</b>		
Tolueno	24–170 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 700 µg/l)
Xileno	20–1800 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 500 µg/l)
Etilbenzeno	2–200 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 300 µg/l)
Estireno	4–2600 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 20 µg/l)
Monoclorobenzeno	10–120 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 300 µg/l)
1,2-diclorobenzeno	1–10 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 1000 µg/l)
1,4-diclorobenzeno	0.3–30 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 300 µg/l)
Triclorobenzenos (total)	5–50 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 20 µg/l)
Detergentes sintéticos	—	Espuma, sabor y olor
<b>Desinfectantes y sus derivados</b>		
Cloruro	600–1000 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 5 µg/l)
<b>Clorofenoles</b>		
2-clorofenol	0.1–10 µg/l	Sabor y olor
2,4-diclorofenol	0.3–40 µg/l	Sabor y olor
2,4,6-triclorofenol	2–300 µg/l	Olor, sabor (valor de pauta para la salud 200 µg/l)

**a** Los niveles indicados no son números precisos. Los problemas pueden ocurrir con valores bajos o altos, de acuerdo a las circunstancias locales. El rango de sabor y olor de concentraciones límites es dado por constituyentes orgánicos.

**b** TCU (True Colour Unit) unidad de verdadero color.

**c** NTU (Nephelometric turbidity unit) unidad nefelométrica de turbiedad.

Fuente: [WHO96-98]

## CAPÍTULO V.

### MÉTODO

---

---

#### **5.1. *Determinación de las fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda***

Se buscó lugares de posible contaminación mediante entrevistas a pobladores, profesionales de instituciones que han venido trabajando en el área; fuentes de información de trabajos anteriores y visitas *in situ*.

Esta búsqueda de información facilitó la ubicación de las estaciones de muestreo, donde se realizaron los análisis de campo y en laboratorio, comparando los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de la Ley General de Aguas (LGA) Clase II (Agua para abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud), y en caso de no haber estándar para algún parámetro en esta norma se consideró los de la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo esta comparación referencial para las condiciones que debería tener un río.

La evaluación de la calidad de aguas consideró la LGA Clase II, debido a que en la parte baja de la cuenca del Santa<sup>26 - 27</sup>, el agua es usada para consumo humano por las poblaciones de Chimbote y Trujillo, además es usada en proyectos de irrigación como Chavimochic y Chinecas (si solo fuera uso agrícola sería Clase III).

No se comparó con la Clase VI de la LGA (Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial), puesto que en la zona de estudio, dentro del Parque Nacional Huascarán, no se observó presencia de biota acuática, y tampoco estas aguas estaban destinadas a la crianza de peces (en la zona de estudio).

### **5.1.1. Ubicación de estaciones de muestreo**

Para ubicar las estaciones de muestreo se consideró los estudios de TAMBLYN (2000, febrero); lugares de mayor contaminación determinados con de equipos de campo, en los que se medía pH y conductividad eléctrica<sup>28</sup>; consideraciones del protocolo de monitoreo de calidad de agua del Ministerio de Energía y Minas (para las minas ubicadas en la zona de estudio), y los criterios del manual de la American Public Health Association (APHA) – American Water Works Association (AWWA) – Water Pollution Control Federation (WPC) (APHA – AWWA – WPCF 1992)<sup>29</sup>.

---

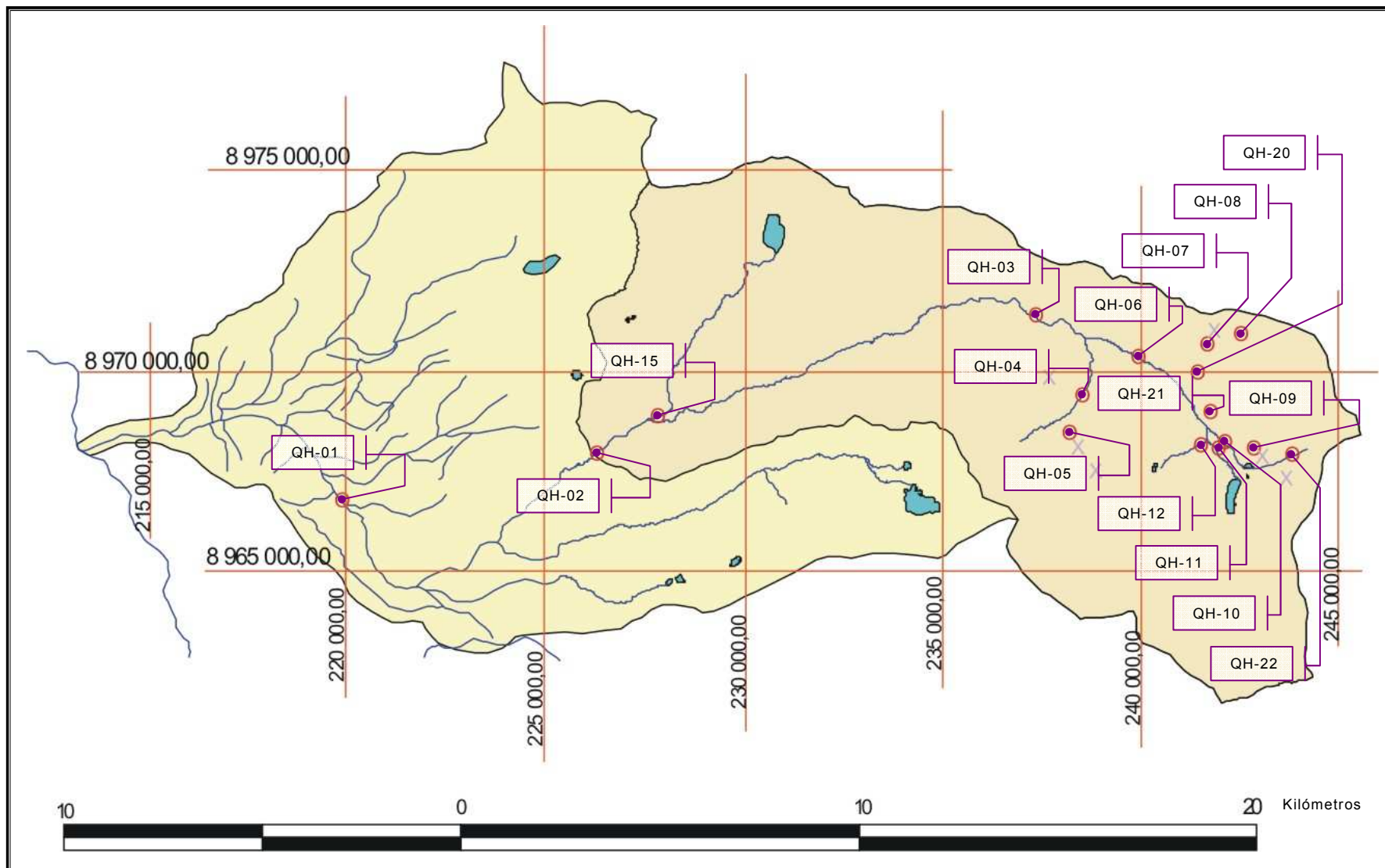
<sup>26</sup> (UNASAM 1999) en el "Monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del Santa 'MONICA SANTA'", sus resultados son analizados comparándolos con la LGA clase II.

<sup>27</sup> (CÁCERES 2001) menciona que el río Santa es Clase II de la LGA, según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

<sup>28</sup> Mediciones realizadas en los meses de marzo y abril del 2000

<sup>29</sup> Parte 1060. Toma y conservación de muestras.

Mapa 4. Ubicación de estaciones de muestreo en la microcuenca quebrada Honda



Los criterios en la selección de puntos de muestreo fueron:

- Según el protocolo del Ministerio de Energía y Minas (antes y después de los efluentes de aguas provenientes de la actividad minera), para los puntos de muestreo QH – 07 y QH– 08 en la mina Toma la Mano; QH – 10 y QH – 22 para la mina Garrosa; QH – 05 para la mina Arequipa M. (considerado como efluente, pues la deglaciación se confunde en los desmontes y efluentes de la mina); y algunos efluentes importantes de bocaminas (abandonadas y en extracción).
- Afluentes principales al río quebrada Honda y río Winoyo: QH – 15 (quebrada Rokotuyoq), QH – 21 (quebrada Yanayaku), QH – 10 (quebrada Minayaku), QH – 11 (quebrada Pukaranra) y QH – 12 (quebrada Pakllash) teniendo en cuenta el grado de contaminación de los mismos en base a un reconocimiento anterior con parámetros básicos de campo.
- Puntos de confluencia de las aguas según el concepto de cuenca hidrológica: los anteriores y QH – 02 (quebrada Honda) y QH – 04 (quebrada Kankawa).
- Puntos de muestreo sin probable intervención antropogénica corresponden a: QH – 09 (filtración entre Minayaku y Yanayaku), y QH – 08 (lagunilla aguas arriba de la mina Toma la Mano).
- Puntos con notoria y posible contaminación de aguas como: QH – 05, QH – 21 y QH – 10.

- Puntos de muestreo para determinar la influencia de la actividad agrícola en el curso de agua: QH – 01 y QH - 02.
- Puntos para determinar la influencia de la actividad ganadera: QH – 03 y QH – 06.

### 5.1.2. Selección de parámetros de muestreo

Los parámetros a ser muestreados se eligieron teniendo en cuenta los estudios realizados por TAMBLYN (2000, febrero) y un tamiz de posibles elementos que podrían encontrarse en las aguas superficiales de quebrada Honda [efectuados en dos estaciones de muestreo, una en la parte media de quebrada Honda (QH -03 al final de Winoyopampa) y otra en la parte baja de la subcuenca Marcará (QH – 01 a la altura de la comunidad campesina de Vicos)].

Al realizar estos muestreos se analizó la mayor cantidad de parámetros posibles en función a la geología, actividades antrópicas y relieve<sup>30</sup>, observando cual de ellos sobrepasan los LMPs de la LGA Clase II<sup>31</sup>, y los estándares de la Organización Mundial de la Salud; a los cuales se les seleccionó para el muestreo respectivo, además de ellos, se incluyó los parámetros que necesariamente deben medirse, y otros indicadores de acuerdo a la actividades que se realizan en el área de investigación.

---

<sup>30</sup> Los muestreos completos en época sin precipitaciones y con precipitaciones pluviales se realizaron para corregir los parámetros a estudiar, es decir incluir algunos adicionales no considerados, proceso que debería ser necesario en todo estudio inicial.

<sup>31</sup> Clasificado así al río Santa por DIGESA según CÁCERES 2001, siendo un afluente del mismo, considero también este estándar.



Los resultados de los muestreos completos se ven en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Resultados de muestreo de diversos parámetros en dos estaciones representativas, en épocas con y sin precipitación pluvial.**

Parámetros de contaminación del agua			LMP OMS	LIMP Clase II	00/06/28		01/02/19		
Nº	Parámetro	Norma			Expresión de los resultados	QH - 01	QH - 03	QH - 01	QH - 03
<b>A. PARAMETROS ORGANOLEPTICOS Y FISICO-QUIMICOS</b>									
1	Acidez total	APHA 2310 B	mg/l CaCO <sub>3</sub>	---	---	4,000	6,000	6,000	8,000
2	Alcalinidad total	APHA 2320 B	mg/l HCO <sub>3</sub>	---	---	4,000	4,000	3,600	4,200
3	Cloruros	APHA 4500 B	mg/l Cl	250,000	---	3,470	3,970	0,040	0,030
4	Color	Merk 139 E.	UPU	---	---	3,010	2,130	ND	ND
5	Concentraciones de iones H+	EPA 150.1	Valor PH	6.5 - 8.5	---	7,110	5,700	7,640	5,290
6	Conductividad	EPA 120.1	μS/cm	---	---	118,000	134,000	121,000	139,000
7	Dureza total	APHA 2340 C	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500,000	---	45,000	49,000	5,800	5,200
8	Oxígeno Disuelto	EPA 360.1	mg/l O <sub>2</sub>	---	3,000	5,980	4,680	5,050	4,300
9	Solidos suspendidos	APHA 2540 D	mg/l	---	---	26,000	23,000	56,000	68,000
10	Solidos totales	APHA 2540 B	mg/l	---	---	ND	ND	96,000	101,000
11	Turbiedad	Merk 113 E.	NTU	6,500	---	16,000	14,000	13,000	11,000
12	Temperatura	APHA 2550 B	°C	---	---	9,000	9,700	12,900	14,800
<b>B. METALES DISUELTOS</b>									
13	Aluminio	APHA 3500 Al B	mg/l Al	0,200	---	0,180	0,300	0,280	0,270
14	Arsénico	APHA 3500 Al B	mg/l As	0,050	0,100	0,091	<b>0,205</b>	<b>0,115</b>	<b>0,109</b>
15	Bario	APHA 3500 Ba B	mg/l Ba	---	---	ND	ND	0,060	0,070
16	Cadmio	APHA 3500 Cd B	mg/l Cd	0,005	0,010	0,005	0,009	0,011	0,009
17	Calcio	APHA 3500 Ca B	mg/l Ca	75 - 200	---	6,000	6,600	5,460	5,210
18	Cobre	APHA 3500 Cu B	mg/l Cu	1,000	1,000	< 0,01	< 0,01	0,036	0,037
19	Cromo	APHA 3500 Cr B	mg/l Cr	0,050	0,050	0,020	0,030	0,050	0,040
20	Hierro	APHA 3500 Fe B	mg/l Fe	0,300	---	0,100	1,790	0,410	0,400
21	Magnesio	APHA 3500 Mg B	mg/l Mg	125,000	---	1,800	1,920	2,100	1,900
22	Manganeso	APHA 3500 Mn B	mg/l Mn	---	---	ND	ND	0,430	0,450
23	Mercurio	APHA 3500 Hg B	mg/l Hg	0,001	---	< 0,001	0,001	< 0,002	< 0,002
24	Niquel	APHA 3500 Ni B	mg/l Ni	---	0,002	ND	ND	<b>0,480</b>	0,100
25	Plomo	Merk 114 E.	mg/l Pb	0,050	0,050	<b>0,920</b>	<b>1,320</b>	ND	ND
26	Plomo	APHA 3500 Pb B	mg/l Pb	0,050	0,050	<b>0,100</b>	<b>0,250</b>	<b>0,180</b>	<b>0,160</b>
27	Potasio	APHA 3500 K B	mg/l K	---	---	1,000	1,500	1,300	1,300
28	Selenio	APHA 3500 Se B	mg/l Se	---	---	ND	ND	0,008	0,007
29	Zinc	APHA 3500 Zn B	mg/l Zn	5,000	5,000	< 0,01	< 0,01	0,001	0,001
<b>C. NUTRIENTES</b>									
30	Fósforo (total)	EPA 365.3	mg/l P	---	---	0,040	0,040	0,026	0,021
31	Nitratos	Merk 055 E.	mg/l N-NO <sub>3</sub>	10,000	---	1,600	2,100	2,200	1,700
32	Nitritos	Merk 064 E.	mg/l N-NO <sub>2</sub>	---	---	ND	ND	1,020	0,820
33	Nitrógeno amoniacal	Merk 007 E.	mg/l N-NH <sub>3</sub>	---	---	2,240	3,360	1,600	1,050
<b>D. INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUIMICA</b>									
34	Demanda Bioquímica de Oxígeno	APHA 5210 B	mg/l DBO <sub>5</sub>	---	5,000	2,250	2,740	1,920	1,720
35	Demanda Química de Oxígeno	Merk 029 E.	mg/l DQO	---	---	580,000	548,000	687,400	651,700
<b>E. INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA</b>									
36	Coliformes fecales	APHA 9221 B	NMP/100mL	---	4000,000	2300,000	< 3,000	1100,000	< 3,000
37	Coliformes totales	APHA 9222 B	NMP/100mL	---	20000,000	2300,000	< 3,000	1100,000	21,000

Los valores en **negrita** sobrepasan los LMP Clase II de LGA

Los valores subrayados sobrepasan los LMP de la OMS

Los valores de Ni en *Cursiva* de la fecha 01/02/19 corresponden a la fecha 01/03/31

### 5.1.3. Monitoreo

El monitoreo se llevó a cabo según el plan de muestreo seguido en todo el proceso de investigación:

#### **Proyecto: “Agua para Siempre”**

“Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca ‘quebrada Honda’”.

#### **Objetivos de medición**

- Determinar las fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda.
- Determinar los niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda.
- Determinar la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda.

#### **Parámetros**

Estos se escogieron según las consideraciones de la sección 5.1.2, es decir por los resultados de estudios anteriores, geología de la zona y por los resultados obtenidos en la tabla de **resultados de muestreo de diversos parámetros en dos estaciones representativas, en épocas con y sin precipitación pluvial** (Tabla 17), de la cual se obtuvo aquellos parámetros que estaban fuera de la Clase II de la LGA, o fuera de los estándares de la OMS, y aquellos, que necesariamente tienen que medirse en todo proceso de evaluación de calidad de aguas (Oxígeno Disuelto y temperatura).

Los parámetros estudiados fueron: acidez total, conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, temperatura, turbidez, aluminio, arsénico, cadmio, hierro, plomo, níquel, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y coliformes totales; los que indican la contaminación de las aguas en quebrada Honda, y además de otros que solo fueron para selección y descarte.

### Lugares de muestreo

Las muestras se tomaron donde la mezcla horizontal y vertical con respecto al curso de agua es completa, evitando que sea cerca de la superficie, fondo u orilla (entre 30 cm. de la superficie y el fondo). Los lugares escogidos fueron según las consideraciones de la sección 5.1.1., los que se muestran en el mapa de ubicación de puntos de muestreo, cuyas coordenadas se tienen en la tabla siguiente:

**Tabla 18. Descripción y coordenadas UTM de las estaciones de muestreo**

Código	Descripción del lugar	Zona	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
QH - 01	Puente Wapra (Ucuspampa)	18S	220121,96	8966995,56	3055
QH - 02	Puente antes de portada	18S	226498,03	8967744,55	3550
QH - 03	Arriba de cascada (Winoyopampa)	18S	237308,16	8971413,57	4084
QH - 04	Puente en Quebrada Escalon	18S	238570,17	8969355,54	4335
QH - 05	Efluentes de mina Areqipa (m. compuesta)	18S	238132,16	8968469,53	4410
QH - 06	Winoyopampa	18S	239898,19	8970355,55	4080
QH - 07	Aguas debajo de mina Toma la Mano	18S	241620,21	8970665,55	4517
QH - 08	Aguas arriba de mina Toma la Mano (lagunilla)	18S	242441,22	8970919,55	4599
QH - 09	Filtración (sin probable contaminación)	18S	242790,22	8968061,51	4270
QH - 10	Efluente de quebrada de Yanayaku	18S	242030,21	8968212,52	4239
QH - 11	Efluente de laguna Winoyo	18S	241878,21	8968064,52	4243
QH - 12	Efluente de laguna Pakllaskocha	18S	241394,20	8968240,52	4237
QH - 15	Efluente de río Ruripakcha	18S	241380,20	8969952,54	ND
QH - 16	Arroyo abajo de pinturas rupestres	18S	241752,21	8969019,53	ND
QH - 20	Filtración de color rojo al oeste de río Yanayaku	18S	242298,22	8970966,55	4209
QH - 21	Efluente de río Yanayaku	18S	241701,21	8968993,53	4205
QH - 22	Arriba de efluente de mina Garrosa	18S	241966,21	8970846,55	ND
QH - 25	Aguas arriba de mina Toma la Mano (2ª lagunilla)	18S	242298,22	8970966,55	4590
QH - 26	Mina Toma la Mano (Labor 62)	18S	241825,21	8970954,55	4560
QH - 27	Aguas arriba de mina Toma la Mano (arroyo)	18S	241966,21	8970846,55	4540

Los datos fueron tomados en WGS84, convertidos al formato de la Carta Nacional y corregidos en la misma.

## Frecuencia

El monitoreo se realizó entre los meses de mayo del 2000 y mayo del 2001.

Las muestras, en los puntos de muestreo QH – 01 a QH – 12, se tomaron mensualmente y en las demás estaciones de muestreo fue aleatorio en tiempo y espacio.

Al inicio de las precipitaciones pluviales el muestreo fue a espacios de tiempo más reducidos (de 10 a 20 días).

El muestreo de parámetros completos se realizó una en época pluvial y otra en época sin precipitación pluvial.

## Muestreo

Los métodos utilizados en el muestreo y la preservación de muestras fueron indicados por los laboratorios encargados del análisis<sup>32</sup>, y las consideraciones del protocolo de monitoreo del Ministerio de Energía y Minas.

El recorrido para la toma de muestras fue en sentido opuesto al flujo del curso principal de agua (de QH – 01 a QH – 12 exceptuando algunos intermedios en caso de los puntos de muestreos eventuales y QH – 09).

Cada muestra codificada, llegó al laboratorio con la siguiente información:

---

<sup>32</sup> Consideraciones de la APHA – AWWA – WPCF (1992), según la parte 1060

- Código.
- Fecha y hora de recolección.
- Nombre de la persona que tomó la muestra.
- Datos de campo de Oxígeno Disuelto, temperatura, conductividad eléctrica y pH.

Adicionalmente para el manejo del investigador se consideró:

- Nombre del curso o cuerpo de agua.
- Ubicación del punto de muestreo.
- Flujo (a más/menos dos días de la fecha de muestreo para los cursos de agua).
- Condiciones climáticas.

## **Métodos**

Se usaron métodos normalizados especificados por el laboratorio encargado del análisis: APHA – AWWA – WPCF (1992), y las consideraciones de la guía ambiental de manejo de agua en operaciones minero metalúrgicas del Ministerio de Energía y Minas (BROUGHTON 1993).

Los niveles de detección para las sustancias tóxicas fueron de  $10^{-3}$  mg/l, y  $10^{-1}$  mg/l para las sustancias físico-químicas y sustancias no deseables (ver detalle en la Tabla 19 de la sección 5.1.4a y Minas (BROUGHTON 1993).

Los niveles de detección para las sustancias tóxicas fueron de  $10^{-3}$  mg/l, y  $10^{-1}$  mg/l para las sustancias físico-químicas y sustancias no deseables (ver detalle en la Tabla 19 de la sección 5.1.4).

### **Análisis de información**

Para caracterizar la calidad del agua, se calcularon los siguientes parámetros estadísticos: el promedio aritmético, la varianza y análisis de correlación<sup>33</sup>.

Se tuvo en cuenta las épocas sin precipitaciones entre los meses de mayo a setiembre del 2000 y mayo del 2001; y de precipitaciones pluviales entre los meses de octubre a diciembre del 2000 y de enero a abril del 2001.

Los caudales se calcularon determinando la velocidad del agua (mediante flotadores) y el área de flujo, y ayudado de una regresión polinómica.

### **Difusión de la información**

Los datos deberán estar a disposición de quien lo solicite en las oficinas de The Mountain Institute Inc., la Asociación Urpichallay, y en la Facultad de Ciencias del Ambiente y en la página Web de cada una de las instituciones antes mencionadas.

#### **5.1.4. Análisis de parámetros físico-químicos y biológicos en campo y laboratorio**

Los métodos normalizados utilizados en la evaluación de la calidad del agua en la microcuenca quebrada Honda, se muestran en la tabla siguiente:

---

<sup>33</sup> Entre estaciones de muestreo para un mismo curso de agua.

**Tabla 19. Métodos y normas de análisis para diferentes parámetros de calidad de agua.**

	Parámetro	Método	Norma	Expresión de los resultados	Limite de detección
<b>A. PARÁMETROS ORGANOLEPTICOS Y FISICO-QUÍMICOS</b>					
1	Acidez total	Titulación	APHA 2310 B	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0,100
2	Alcalinidad total	Titulación	APHA 2320 B	mg/l HCO <sub>3</sub>	0,100
3	Cloruros	Titulación	APHA 4500 B	mg/l Cl	0,010
4	Color	Colorimetría	Merk 139 E.	UPU	0,010
5	Concentraciones de iones H <sup>+</sup>	Electrométrico	EPA 150.1	Valor PH	0,010
6	Conductividad	Electrométrico	EPA 120.1	μS/cm	0,010
7	Dureza total	Titulación	APHA 2340 C	mg/l CaCO <sub>3</sub>	0,100
8	Oxígeno Disuelto	Campo	EPA 360.1	mg/l O <sub>2</sub>	0,010
9	Solidos suspendidos	Gravimetría	APHA 2540 D	mg/l	1,000
10	Solidos totales	Gravimetría	APHA 2540 B	mg/l	1,000
11	Turbiedad	Colorimetría	Merk 113 E.	NTU	1,000
12	Temperatura	Campo	APHA 2550 B	°C	0,010
<b>B. METALES DISUELTOS</b>					
13	Aluminio	Digestión AA	APHA 3500 Al B	mg/l Al	0,010
14	Arsénico	Digestión AA	APHA 3500 As B	mg/l As	0,007
15	Bario	Digestión AA	APHA 3500 Ba B	mg/l Ba	0,010
16	Cadmio	Digestión AA	APHA 3500 Cd B	mg/l Cd	0,002
17	Calcio	Digestión AA	APHA 3500 Ca B	mg/l Ca	0,002
18	Cobre	Digestión AA	APHA 3500 Cu B	mg/l Cu	0,030
19	Cromo	Digestión AA	APHA 3500 Cr B	mg/l Cr	0,002
20	Hierro	Digestión AA	APHA 3500 Fe B	mg/l Fe	0,008
21	Magnesio	Digestión AA	APHA 3500 Mg B	mg/l Mg	0,010
22	Manganeso	Digestión AA	APHA 3500 Mn B	mg/l Mn	0,010
23	Mercurio	Digestión AA	APHA 3500 Hg B	mg/l Hg	0,002
24	Niquel	Digestión AA	APHA 3500 Ni B	mg/l Ni	0,020
25	Plomo	Colorimetría	Merk 114 E.	mg/l Pb	0,010
26	Plomo	Digestión AA	APHA 3500 Pb B	mg/l Pb	0,010
27	Potasio	Digestión AA	APHA 3500 K B	mg/l K	0,100
28	Selenio	Digestión AA	APHA 3500 Se B	mg/l Se	0,005
29	Zinc	Digestión AA	APHA 3500 Zn B	mg/l Zn	0,001
<b>C. NUTRIENTES</b>					
30	Fósforo (total)	Colorimetría	EPA 365.3	mg/l P	0,001
31	Nitratos	Colorimetría	Merk 055 E.	mg/l N-NO <sub>3</sub>	0,100
32	Nitritos	Colorimetría	Merk 064 E.	mg/l N-NO <sub>2</sub>	0,010
33	Nitrógeno amoniacal	Colorimetría	Merk 007 E.	mg/l N-NH <sub>3</sub>	0,100
<b>D. INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA</b>					
34	Demanda Bioquímica de Oxígeno	ROB 5 días	APHA 5210 B	mg/l DBO <sub>5</sub>	0,010
35	Demanda Química de Oxígeno	Colorimetría	Merk 029 E.	mg/l DQO	0,100
<b>E. INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA</b>					
36	Coliformes fecales	NMP	APHA 9221 B	NMP/100mL	3,000
37	Coliformes totales	NMP	APHA 9222 B	NMP/100mL	3,000

## **5.2. Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda**

### **5.2.1. Bioensayo con *Allium cepa* (cebolla común)**

Este bioensayo se realizó utilizando la cebolla común, *Allium cepa*, con un máximo de 5% de variación de peso (de 185 a 200 gr.), con respecto a un peso de 192,5 gr.

Cada muestra de agua (provenientes de quebrada Honda) y los controles (agua destilada y agua de mesa sin gas) fueron llenadas en vasos de plástico descartables de 165 ml, sobre los que se sembró las cebollas en tres repeticiones por cada serie de análisis (por cada muestreo); luego de una semana se procedió a medir la longitud de las raíces y contar su número en aquellos bulbos de crecimiento homogéneo.

Para determinar el índice mitótico<sup>34</sup> (SOTELO 1994) por cada muestra, se escogieron bulbos con raíces homogéneas. Se escogió dos o tres raíces de tamaño menores a 5 mm., las que se cortaron; luego se colocó sobre lunas de reloj (una por muestra, incluyendo los controles).a los que se añadió gotas del colorante orceína acética<sup>35</sup>.

Posteriormente, haciendo uso de un mechero de alcohol, se tomó cada una de las lunas de reloj con una pinza y se calentó a la llama hasta que inicie la salida de vapores (aproximadamente 10 segundos), dejándose enfriar y repitiendo el proceso 2 veces más (en total 3).

---

<sup>34</sup> (número de células en división celular/ número total de células) \* 100

<sup>35</sup> Ver preparación en SOTELO (1994).



Luego de este proceso se extrajo las raíces, cortándose la punta de la raíz (0,1 mm) la que se desecho; se corto nuevamente 0,1 mm. y se colocó sobre una lámina portaobjetos agregando una gota de orceína acética, sobre la cual se colocó la lámina cubreobjetos.

En una superficie plana (sobre papel filtro), con la ayuda de un lápiz se, esparció la zona del meristemo, mediante pequeños golpecitos, luego se presiono fuertemente (con ayuda de un corcho de jebe) y se procedió a observar en el microscopio para determinar el Índice mitótico (SOTELO 1994).

### **5.2.2. Bioensayo con *Daphnia sp* (pulga de agua)**

Para realizar este bioensayo se consiguieron *Daphnias* (en número de 100) procedentes de la laguna de Conococha<sup>36</sup>, las que se llevaron al laboratorio, donde se cultivó en acuarios<sup>37</sup>.

Como alimento de las pulgas de agua se utilizó agua de remojo<sup>38</sup> de excremento de carnero (procedente de los alrededores de la laguna de Conococha) cada tres o cuatro días en volumen de 5 ml.

Para realizar el bioensayo se preparó los materiales de prueba (agua destilada y agua de mesa sin gas para el control; vasos de precipitado de 100 ml, placas petry para escoger las *daphnias* y muestras de agua).

---

<sup>36</sup> ubicada en la naciente de la cuenca del Santa a una altitud de 4 050 msnm.

<sup>37</sup> de 10x20x20 cm., con ayuda de una pequeña bomba de aireación la que funcionaba por aproximadamente media hora por día en cada acuario. Los organismos para el bioensayo fueron cultivados a una temperatura ambiente de laboratorio (20 °C aproximadamente).

<sup>38</sup> se pesó 30 gr. (aproximadamente) de excremento de carnero, que se depositó sobre un vaso de precipitado de 300 ml, y al que se añadió agua (de la laguna de Conococha) de donde provenían los organismos, y luego de tres o cuatro días, el líquido filtrado (en malla de 0,15 mm) servía de alimento.

Se extrajeron *daphnias*, en número de diez<sup>39</sup>, de tamaño máximo un tercio del adulto y se las colocó en vasos de precipitado con 5 ml de agua de cultivo.

Se añadió sobre cada vaso de precipitado una muestra de agua hasta completar 50 ml, del que se sacaron las pulgas sobre otro vaso de precipitado en 50 ml de muestra, se repitió este proceso<sup>40</sup> y se procedió a observar regularmente cada hora el primer día (necesariamente a 1, 2, 4, 8, y 16 horas) y luego cada 24 horas hasta completar una semana de control.

Se registró el número de animales móviles en cada recipiente de ensayo.

Este bioensayo se ha realizado considerando los “MÉTODOS NORMALIZADOS para el análisis de aguas potables y residuales” de la APHA – AWA – WPCF de 1992, partes: 8710 A, 8711B, y 8711C.

### **5.3. Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda**

Para determinar la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda se realizó análisis de coliformes totales a lo largo de todo el año. Dos veces se analizó coliformes fecales, considerando la época de precipitaciones y no precipitaciones pluviales (en el curso principal de agua).

---

<sup>39</sup> En cada una de las series de prueba y control las pulgas de agua fueron seleccionadas empleando (pipeta Pasteur) un tubo de vidrio de diámetro 8 mm y 10 cm de largo con uno de sus extremos estirado hasta un diámetro de 2 mm, y el otro pulido y acoplado una pequeña pera de goma (de un gotero).

<sup>40</sup> procurando un tiempo menor a 5 minutos por cada muestra de agua, en el lavado de las pulgas hasta proceder a la observación

Los métodos de muestreo, y análisis realizados, fueron los especificados en la parte 1060, 9221B y 9292B de los "MÉTODOS NORMALIZADOS para el análisis de aguas potables y residuales" de la APHA – AWWA – WPCF (1992).

#### **5.4. Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad de Vicos**

La evaluación del Sistema de Monitoreo Campesino (SMC) de la comunidad de Vicos, se realizó con:

- Exámenes teóricos de conceptos sobre monitoreo de aguas (ver anexo 02), los que fueron elaborados por profesionales de diferentes instituciones (UNASAM, DESA, otros).
- Interpretación de resultados de calidad de aguas.
- Exámenes prácticos de toma de muestras.
- Análisis de parámetros físico-químicos por los promotores con los equipos y personal de laboratorio, mediante un análisis simultáneo de la misma muestra y bajo las mismas condiciones (para los parámetros de campo).

Para evaluar la validez de los resultados se acepto valores de  $\pm 5\%$  con respecto a los resultados obtenidos por los equipos de laboratorio, o por la sensibilidad del método.

## CAPÍTULO VI.

### RECURSOS

---

---

Este trabajo fue realizado mediante el convenio de participación entre The Mountain Institute Inc.<sup>41</sup>, la FCAM-UNASAM, y el apoyo de la mina Nueva California.

Los recursos fueron aportados por:

- USAID (aporte económico),
- La Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (Programa APGEP – SENREM mediante gestión de recursos),
- The Mountain Institute Inc. (administración del proyecto),
- La Asociación Urpichallay (seguimiento del proyecto),
- La Compañía Minera Nueva California (análisis de aguas),
- El laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM (análisis de aguas), y
- El Investigador Ivan J. Montes Mallqui (trabajo y publicación).

---

<sup>41</sup> La cual mediante el convenio con la asociación Urpichallay trabajaron en el proyecto “Agua para siempre”, del cual es parte la presente investigación

Los recursos usados fueron:

### **6.1. Recursos humanos**

- Investigador (01)
- Asesores (02)
- Asistentes (02)

### **6.2. Bienes y servicios**

#### **6.2.1. Servicios**

- Transporte y alimentación
- Equipo de campamento
- Análisis de calidad de agua
- Comunicación (telefonía y correo electrónico)
- Fotocopiados y publicación

#### **6.2.2. Materiales**

- Carta Nacional
- Base cartográfica digitalizada
- Wincha (de 3m y 5m)
- De escritorio

#### **6.2.3. Equipos**

- De laboratorio para bioensayos
- De laboratorio para mediciones en campo
- GPS y altímetro
- Cámara filmadora y cámara fotográfica
- De cómputo (computadora, Impresora y escáner )

## CAPÍTULO VII.

### RESULTADOS

#### 7.1. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda

##### 7.1.1. Ubicación de estaciones de muestreo

Tabla 20. Ubicación de estaciones de muestreo.

Código	Zona	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)
QH - 01	18S	220121,96	8966995,56	3055
QH - 02	18S	226498,03	8967744,55	3550
QH - 03	18S	237308,16	8971413,57	4084
QH - 04	18S	238570,17	8969355,54	4335
QH - 05	18S	238132,16	8968469,53	4410
QH - 06	18S	239898,19	8970355,55	4080
QH - 07	18S	241620,21	8970665,55	4517
QH - 08	18S	242441,22	8970919,55	4599
QH - 09	18S	242790,22	8968061,51	4270
QH - 10	18S	242030,21	8968212,52	4239
QH - 11	18S	241878,21	8968064,52	4243
QH - 12	18S	241394,20	8968240,52	4237
QH - 15	18S	241380,20	8969952,54	ND
QH - 16	18S	241752,21	8969019,53	ND
QH - 20	18S	242298,22	8970966,55	4209
QH - 21	18S	241701,21	8968993,53	4205
QH - 22	18S	241966,21	8970846,55	ND
QH - 25	18S	242298,22	8970966,55	4590
QH - 26	18S	241825,21	8970954,55	4560
QH - 27	18S	241966,21	8970846,55	4540

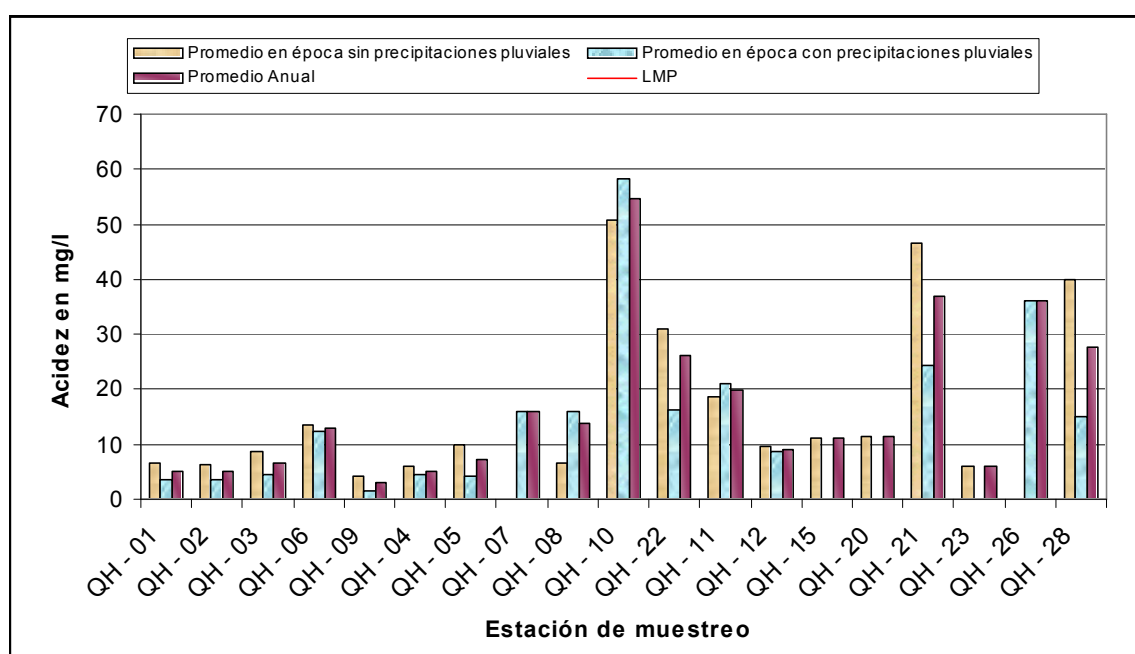
Datos para la Carta Nacional (tomados en UTM WGS 84 y corregidos)

## 7.1.2. Análisis de parámetros físico-químicos en campo y laboratorio

### Parámetros organolépticos y físicos-químicos

#### Acidez total

Gráfica 4. Promedio de acidez por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).



En el curso principal de agua (QH - 01, QH - 02, QH - 03 y QH - 06) predomina una mayor acidez en la época sin precipitaciones pluviales.

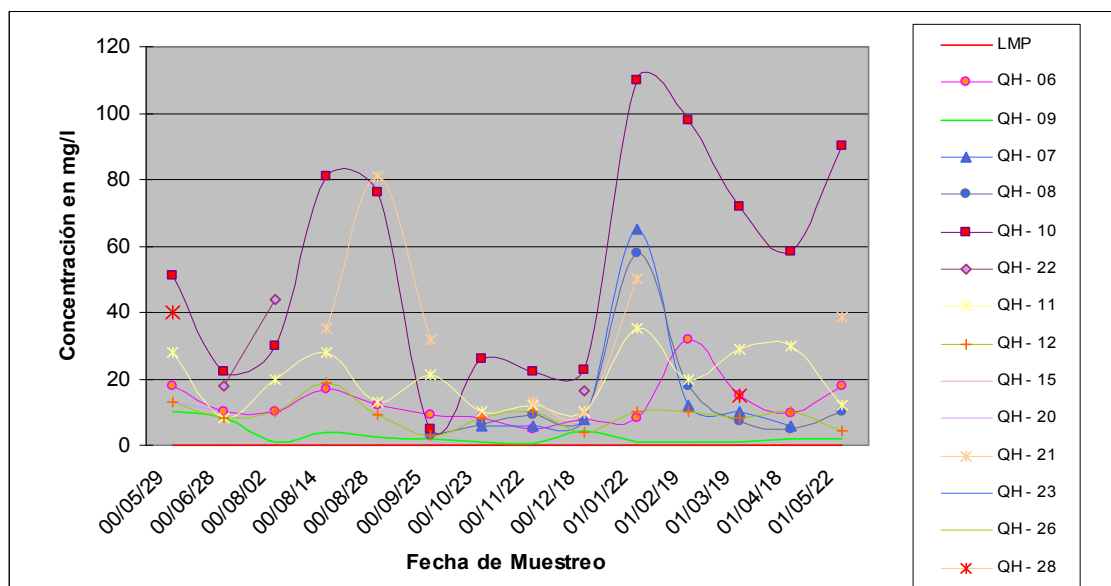
El lugar de mayor acidez en quebrada Honda es el ubicado en la estación de muestreo QH - 10 (quebrada Minayaku), con predominancia en la época de precipitaciones pluviales; notándose además que en la estación QH - 22 también la acidez es alta (aguas arriba de QH - 10).

Otro lugar con acidez alta tenemos en la estación de muestreo QH – 21 siendo mayor en la época seca.

No habiendo límites en la Clase II de la LGA para la acidez y teniendo ésta relación con el pH; al graficar estos dos parámetros con respecto a sus promedios anuales, se obtuvo una correlación de 0,6139 (aceptable). De esta forma se obtuvo un punto de acidez aceptable el que no debería sobrepasar a 7,79 mg/l de CaCO<sub>3</sub> (válido para la zona de estudio).

En la estación de muestro QH – 10, considerando como LMP 7,79, se obtuvo un promedio que sobrepasa en 6 veces más; en el control (QH – 09) los valores estaban por debajo.

Gráfica 5. Variación de acidez por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.



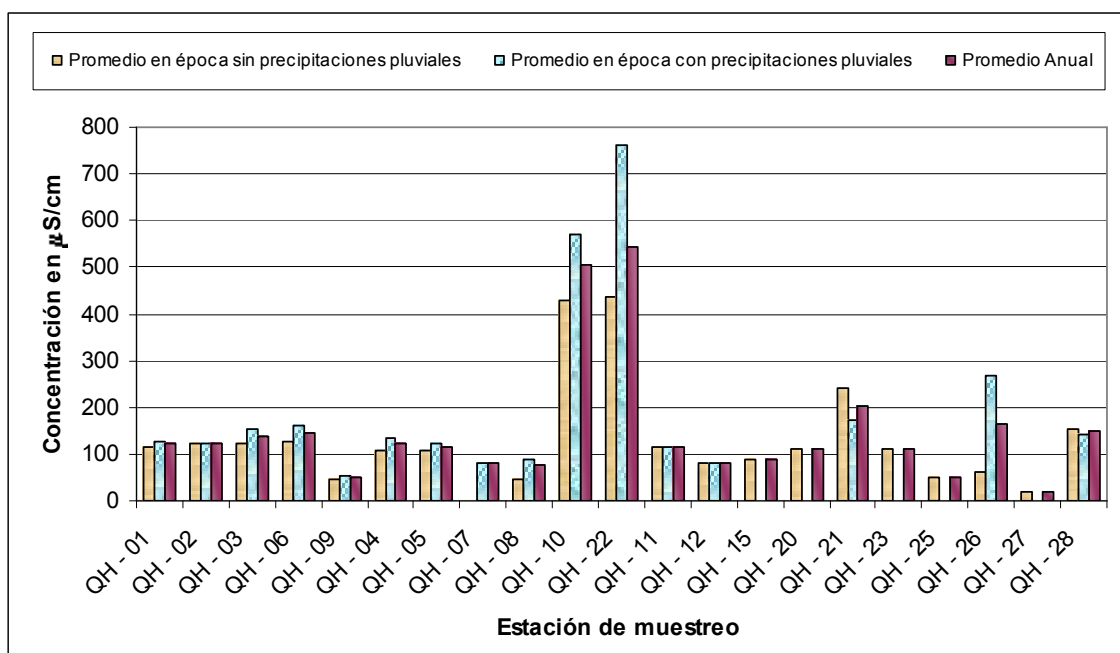
En la estación de muestreo QH – 10 tiene valores muy variables (1.1E+03 de varianza), con un valor máximo de 110 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.



En la estación QH – 07 (estación aguas debajo de la mina Toma la Mano) se encuentra en 0,88 veces más, con respecto a nuestro valor límite encontrado y comparando este valor con la estación de muestreo QH – 08 (control aguas arriba de la mina) que esta en 0,75 veces más, podríamos decir que las aguas se acidifican producto de la geología (SAE&SA 1998).

### **Conductividad eléctrica**

Gráfica 6. Promedio de conductividad eléctrica por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).



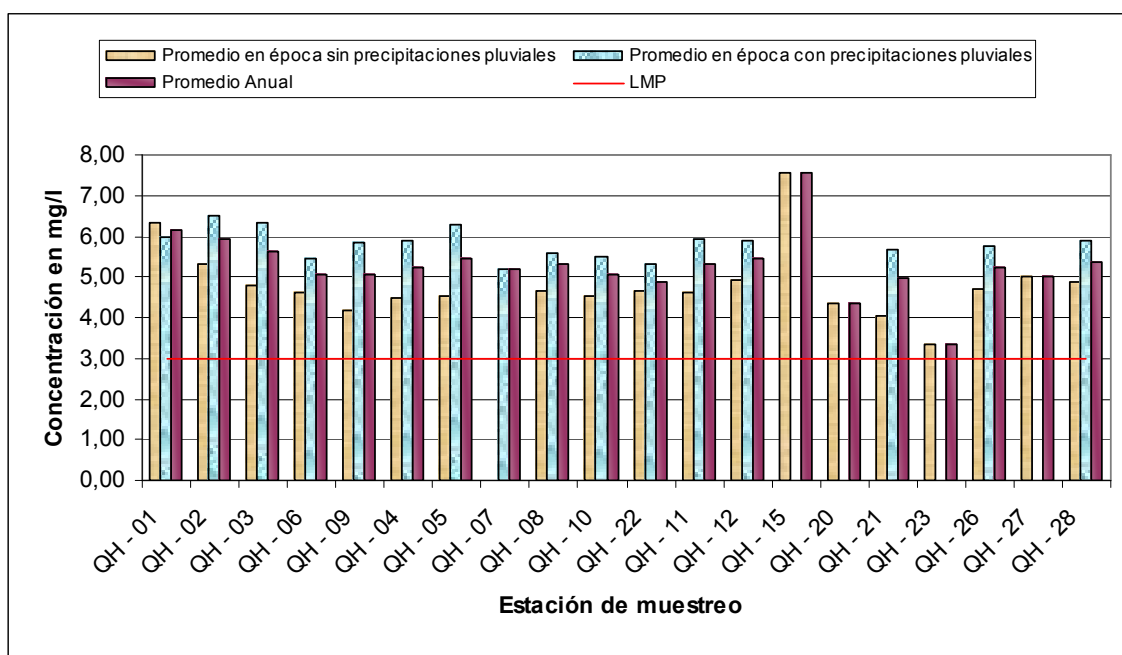
La variación de la conductividad eléctrica es de aproximadamente 50 a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con respecto a los promedios anuales, habiendo una mayor conductividad en la época de precipitaciones pluviales.



El lugar de mayor conductividad eléctrica es la estación de muestreo QH – 10, con valores entre 330 y 878  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (con  $2,1\text{E}+04$  de varianza). También tiene valor alto (para nuestro estudio) la estación de muestreo QH – 22 (con  $5,3\text{E}+04$  de varianza); siendo estos dos lugares ubicados en la quebrada Minayaku, notándose que la conductividad eléctrica se incrementa aguas abajo (para la quebrada Minayaku).

### Oxígeno Disuelto

Gráfica 8. Variación de Oxígeno Disuelto por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.

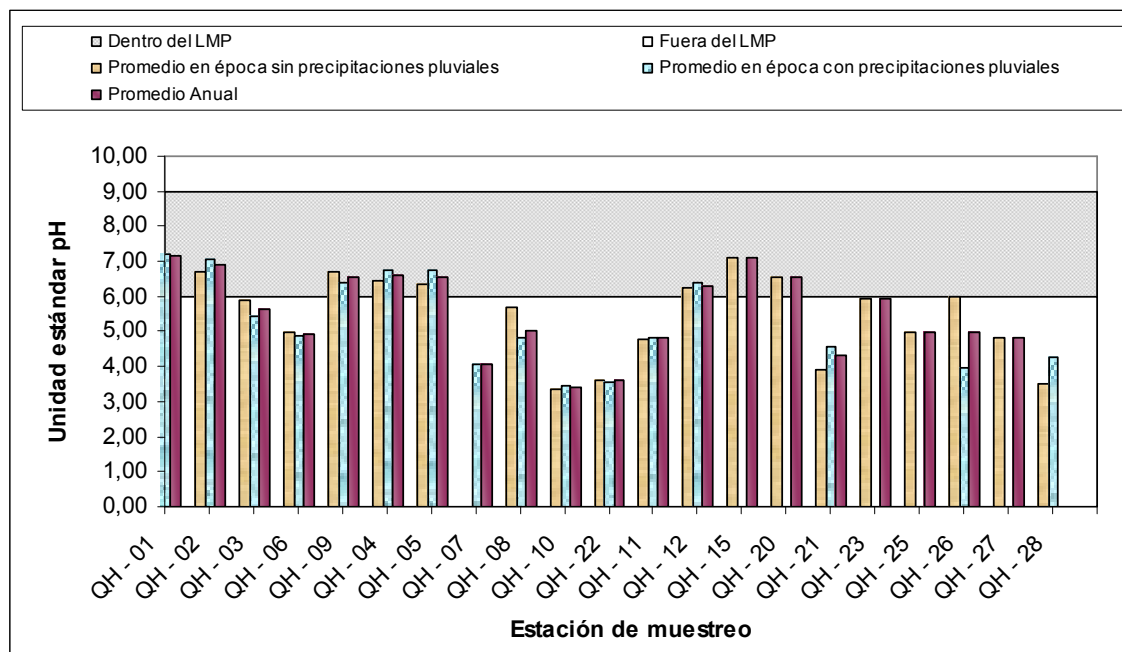


En todas las estaciones de quebrada Honda el promedio anual de oxígeno cumple con los estándares de calidad de aguas de la LGA Clase II, Además se tiene que una mayor oxigenación se da en la época de precipitaciones pluviales.

Los peces deben sobrevivir a un Oxígeno Disuelto mayor de 4 mg/l de  $\text{O}_2$ . (DEUTSCH 2001).

### Potencial de iones hidrógeno (pH)

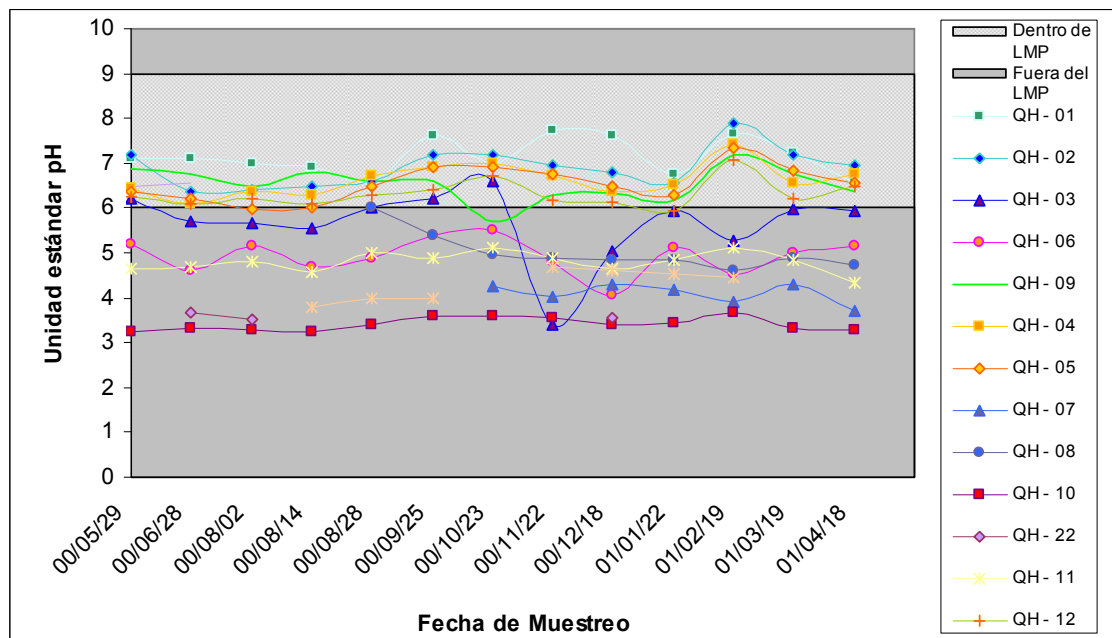
Gráfica 9. Concentración de iones hidrógeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).



En la mayoría de los lugares estudiados se observan valores debajo de los estándares de la LGA (Clase II), lo que significa que las aguas son ácidas. La variación de pH en las estaciones ubicadas en el río principal, partiendo del punto más alto (QH – 06, QH – 03, QH – 02 y QH – 01) nos muestra una recuperación natural, aumentando en 0,084 unidades entre cada kilómetro recorrido, para una correlación de 0,95; esto probablemente a que el río en su recorrido pasa por material cárstico.

En el lugar denominado quebrada Minayaku es donde se tiene mayores problemas de pH (aguas ácidas) con resultados que varían de 3,25 a 3,68 (QH – 10) y de 3,53 a 3,68 (QH - 22), en la parte baja y media alta de esta microcuenca.

Gráfica 10. Variación de iones hidrógeno por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda

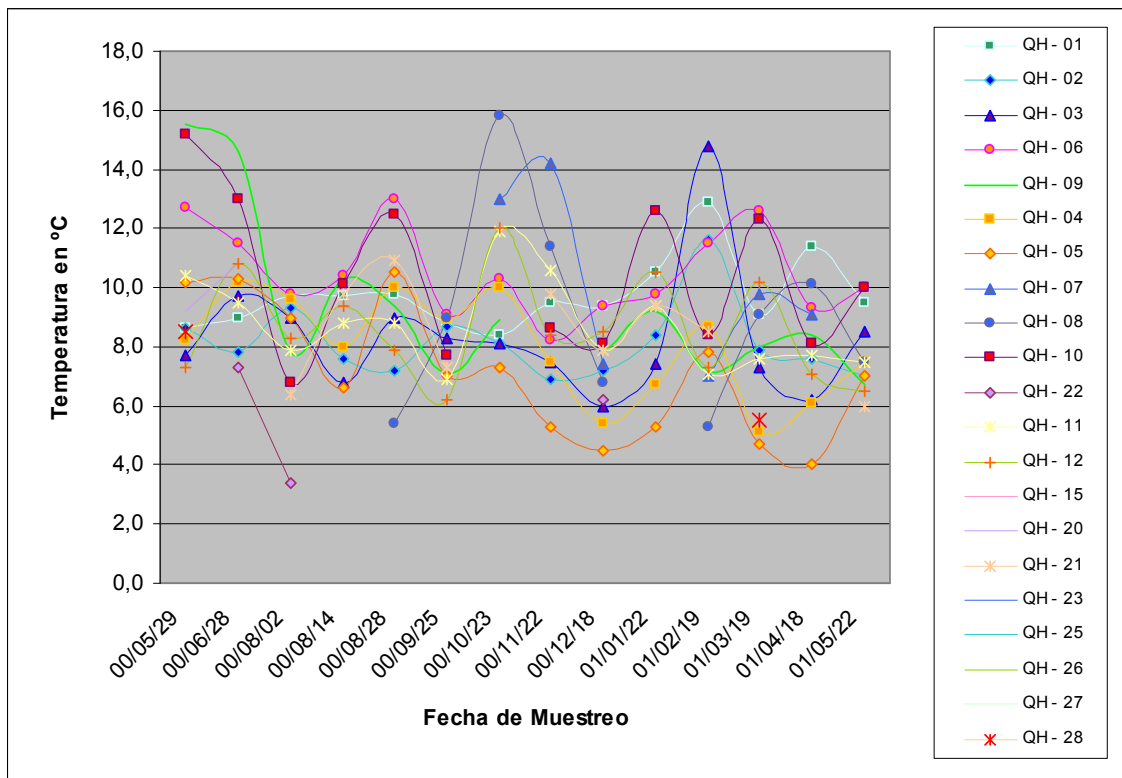


Al observar las gráficas no se notan tendencias relevantes en ninguna de las estaciones de muestreo, además, según el estándar de la LGA para todas las Clases (de pH 6 a pH 9) el agua en muchos de los lugares se encuentra fuera de éste.

Los lugares de mayor acidez corresponden: al curso de agua denominado río Minayaku (QH – 22 a medio Km. aproximadamente de la lengua glaciar y QH – 10), el curso de agua Yanayaku (QH - 21) y el pequeño efluente de la mina Toma la Mano correspondiente a la estación de muestreo QH – 28 (caudal aproximado promedio en época de lluvias de 15 l/s). Además en la estación de muestreo de referencia QH – 09 también se sale del estándar (octubre), de similar manera en la estación QH – 08 (aguas arriba de la mina Toma la Mano) se tienen valores bajos llegando hasta un pH de 4,6 lo que de alguna manera muestran la tendencia ácida de estas aguas en quebrada Honda.

## Temperatura

Gráfica 11. Variación de temperatura por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.

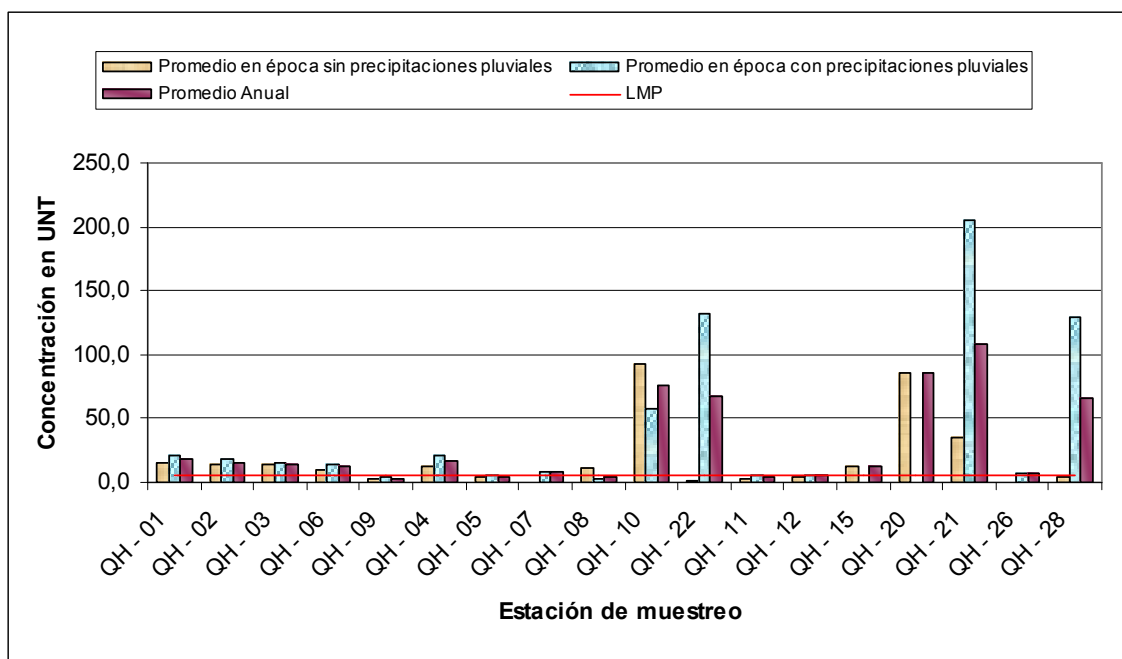


En general se observan valores muy variables, siendo la temperatura del agua mayor en las estaciones QH – 06 (10,64 °C) y QH – 10 (10,26°C) que son lugares en donde el agua es negra. El lugar con menor temperatura corresponde a la estación QH – 22 (5,63), pues este curso de agua proviene de una lengua glaciaria (aproximadamente 1 Km. aguas arriba).

En la estación de muestreo QH – 01 correspondiente a las proximidades de la comunidad campesina de Vicos el agua en la época de precipitaciones pluviales tiene una mayor temperatura, con respecto a la época sin precipitaciones pluviales.

### Turbidez

Gráfica 12. Promedio de turbidez por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).

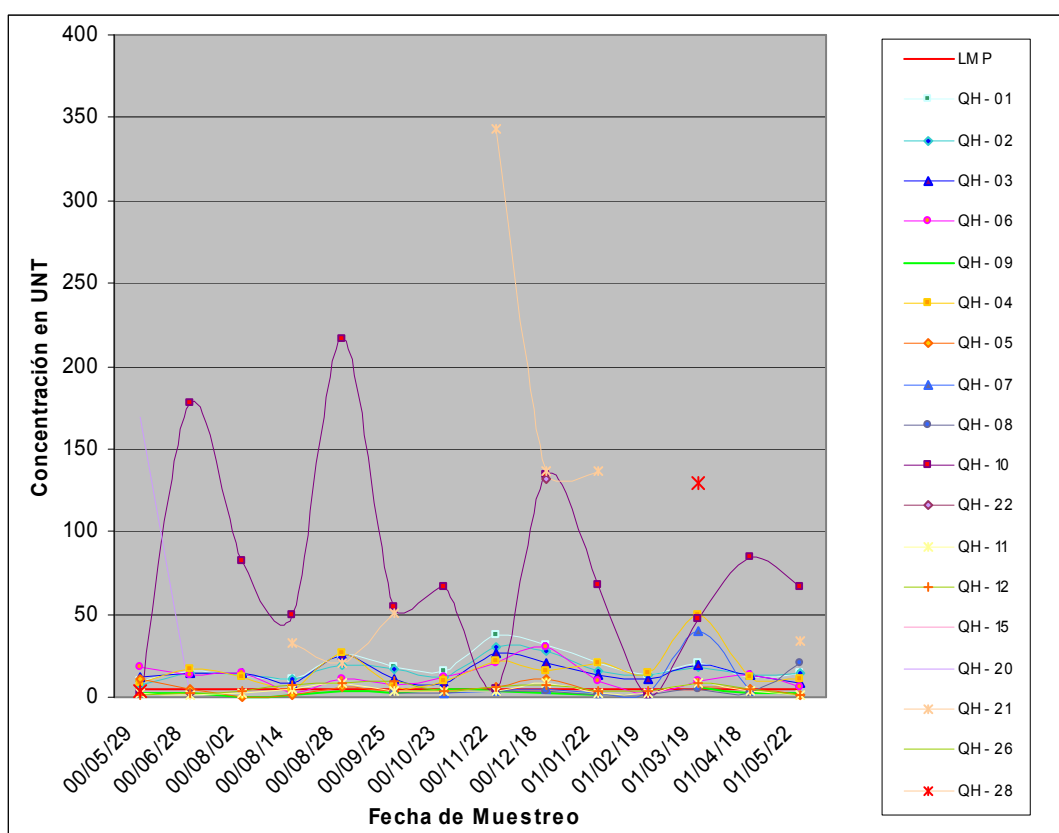


En general en las diferentes estaciones de muestreo se observa que se sobrepasan los estándares de la OMS de calidad de aguas de 0,5 UNT (no existen estándares de la ley de aguas para este parámetro). En el curso principal (QH – 03, QH – 02 y QH - 01) y en las demás estaciones si se observa una relación directa con las precipitaciones pluviales.

La mayor turbidez se da en época de lluvias, siendo lo contrario en la estación QH – 10 (una relación inversa) con un promedio anual de 75,3 UNT; con promedios en época sin precipitaciones de 92 UNT y en la época con precipitaciones de 58 UNT.

En la estación de muestreo QH – 01 la turbidez tiene valores promedio de 21,71 y 18,57 UNT para la época seca y de precipitaciones respectivamente., sobrepasando el LMP de la OMS (5,00) lo que muestra que es un agua que arrastra sedimentos.

Gráfica 13. Variación de turbidez por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.



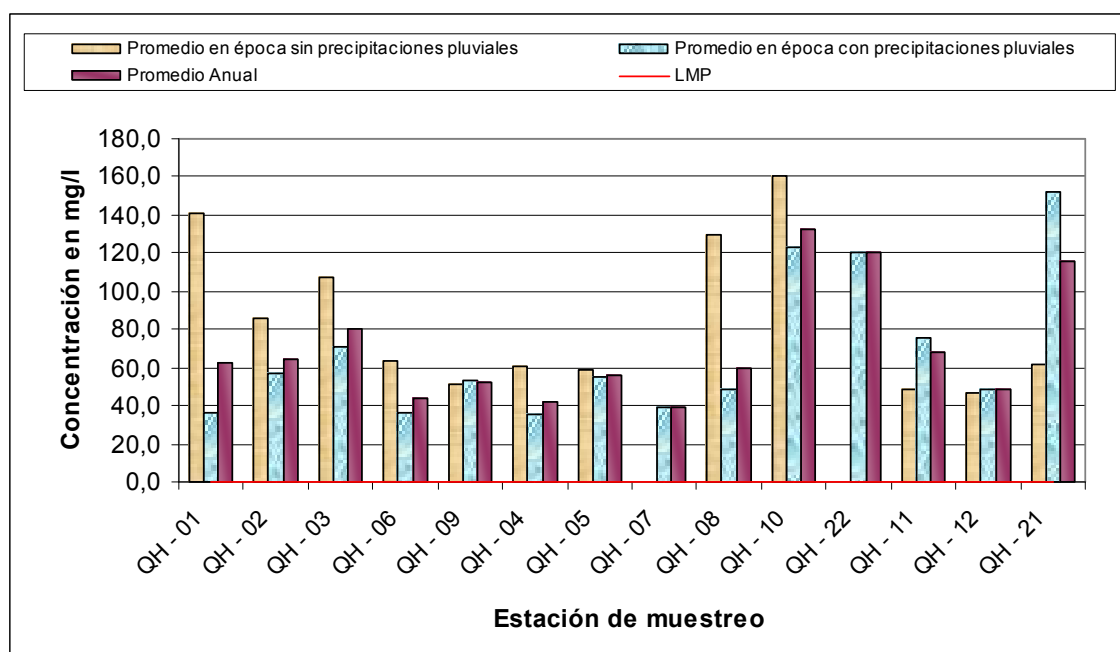
Estos resultados son muy variables a lo largo del año de estudio. En la estación de muestreo QH – 10 se tiene una varianza de  $4,0E+03$ , con un pico de 42,2 veces más sobre el LMP la OMS (comparado con este estándar por no haber LPM en la LGA Clase II); de similar manera bajo las mismas consideraciones en la estación de muestreo QH – 21 se tiene una varianza de  $1,3E+04$  con un pico de 67,6 veces más.



En la estación de referencia QH – 09 se observan en general valores dentro del estándar de la OMS y ligeramente altos en la estación QH – 08 (no superado en más de una vez).

### **Sólidos suspendidos**

Gráfica 14. Variación de sólidos suspendidos por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001).

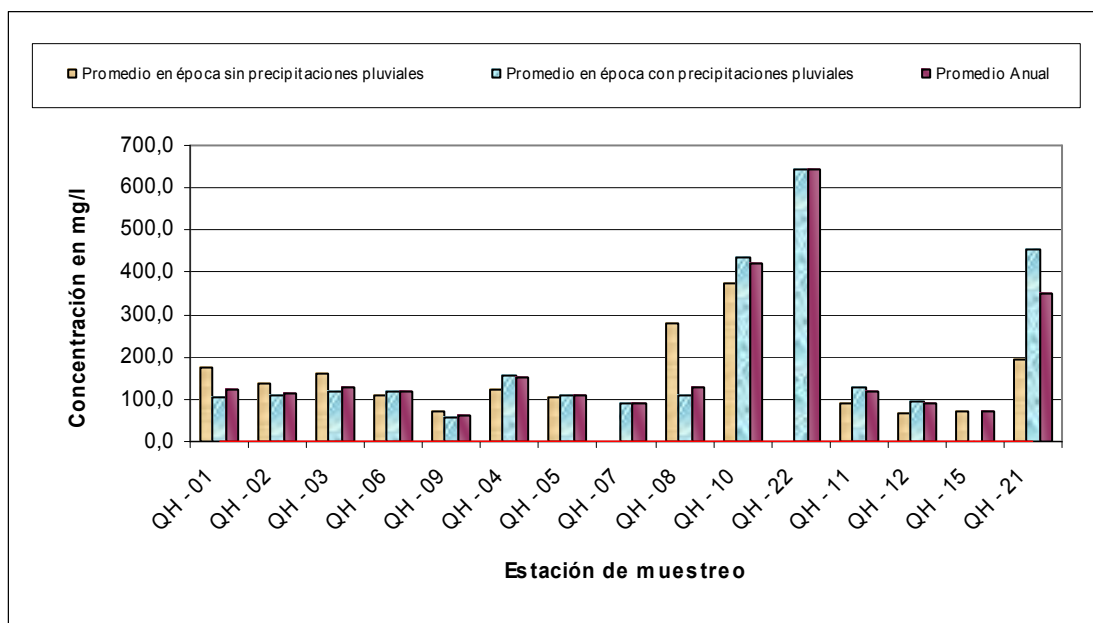


En la mayoría de estaciones de muestreo, se observan valores mayores en la época sin precipitaciones pluviales.

El mayor contenido de sólidos suspendidos lo tenemos en la quebrada Minayaku con valores promedio de 120,00 (QH - 10) y 132,75 (QH - 22) mg/l con una tendencia creciente a lo largo de su recorrido (producto del alto contenido de sólidos totales y bajo pH).

### Sólidos totales

Gráfica 15. Promedio de sólidos totales de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001).



Una mayor cantidad de sólidos totales se da en la época sin precipitaciones pluviales, excepto en las estaciones de muestreo QH – 10, y QH – 21 donde ocurre lo contrario (producto del arrastre de substrato por las lluvias).

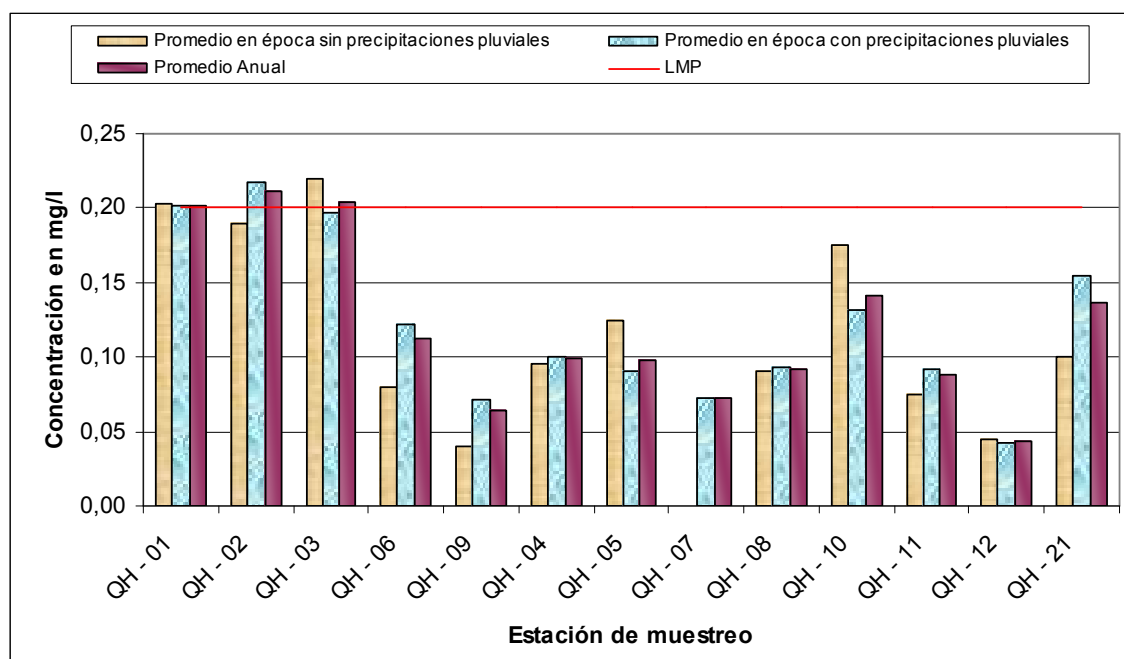
El lugar de mayor contenido de sólidos totales esta en la quebrada Minayaku, en las estaciones de muestreo QH – 22 (642 mg/l) y QH – 10 (422,11 mg/l), disminuyendo en su recorrido. Otro lugar es el curso de agua Yanayaku (350,60 mg/l).

Los lugares con menor contenido de sólidos totales, los tenemos en las estaciones QH – 09 (60,38 mg/l), QH – 12 (88,44 mg/l) y QH – 15 (69 mg/l) este último afluente del río Ruripakcha (al curso principal).

## Sustancias no deseables

### Aluminio

Gráfica 16. Promedio de aluminio por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (agosto del 2000 a mayo del 2001).

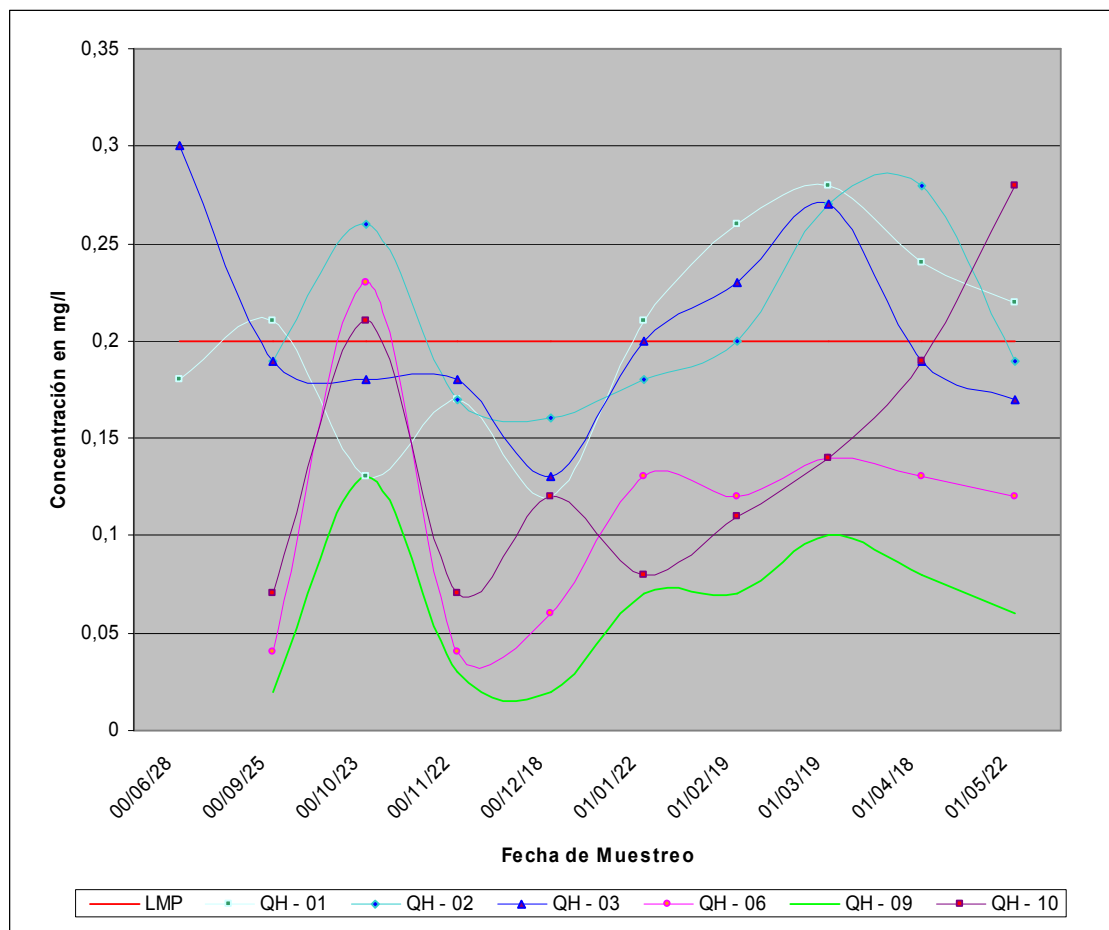


En todos los afluentes estudiados en quebrada Honda, incluyendo la parte alta del curso principal (QH-06) se encuentran dentro de los estándares de calidad de la LGA Clase II.

Las concentraciones de aluminio superando los estándares de la LGA Clase II (0,02) están aguas abajo de Winoyopampa en las estaciones de muestreo QH - 03, QH - 02 y QH - 01 con promedios de 0,20; 0,21 y 0,20 respectivamente.

Los lugares de menor contenido de este metal lo tenemos en la estación QH - 09 (control) y QH - 12 (aguas provenientes de la laguna Pakllashkocha).

Gráfica 17. Variación de aluminio por estación de muestreo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.



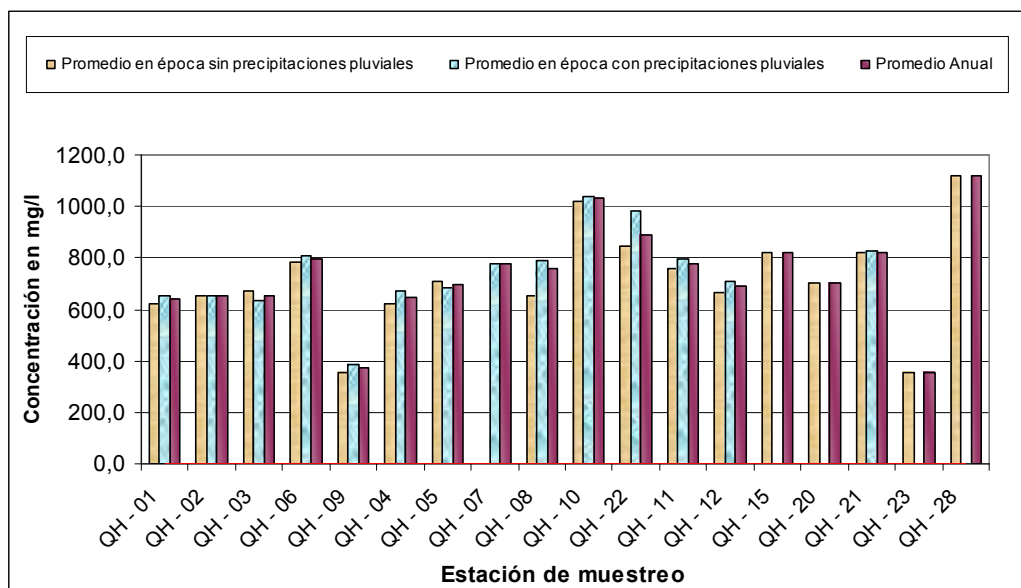
Se obtuvieron resultados muy variables, en todas las estaciones de muestreo (representadas en la Gráfica 17) y en algún momento superaron los LMPs de la LGA Clase II (0,2 mg/l).

En la estación de muestreo QH – 09 (control *in situ*), se tienen siempre valores dentro del estándar.

Se observa una tendencia creciente a partir de noviembre en la estación de muestreo QH – 10.

### ***Demanda Química de Oxígeno***

Gráfica 18. Promedio de Demanda Química de Oxígeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo de 2000 – mayo 2001).



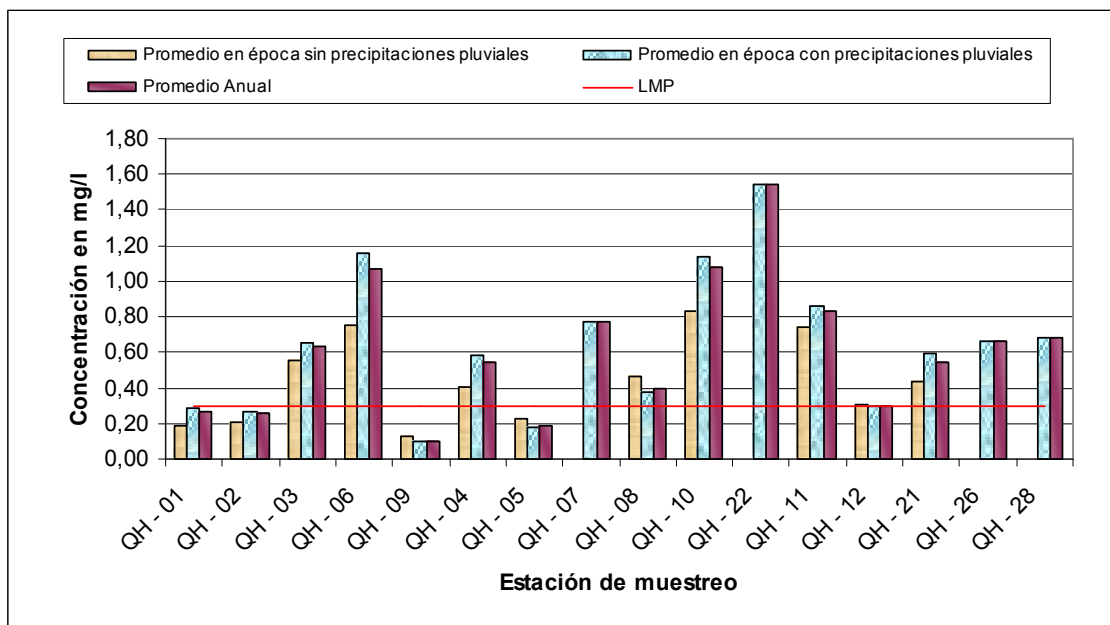
Las aguas no contaminadas deberían tener valores de 1 a 5 ppm o algo superiores, lo que no ocurre en ninguna de las estaciones de quebrada Honda.

Los mayores valores encontrados para la Demanda Química de Oxígeno, los tenemos en las estaciones de muestreo QH – 10 (1 029,81 mg/l de O<sub>2</sub>) y QH – 06 (795,71 mg/l de O<sub>2</sub>), para las estaciones regulares de muestreo.

Para un muestreo eventual el valor más alto encontrado es el correspondiente a un pequeño efluente de la mina Toma la Mano (QH – 28), con un consumo de oxígeno de 1 120,20 mg/l de O<sub>2</sub>.

### Hierro

Gráfica 19. Promedio de hierro por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre del 2000 a noviembre del 2001).



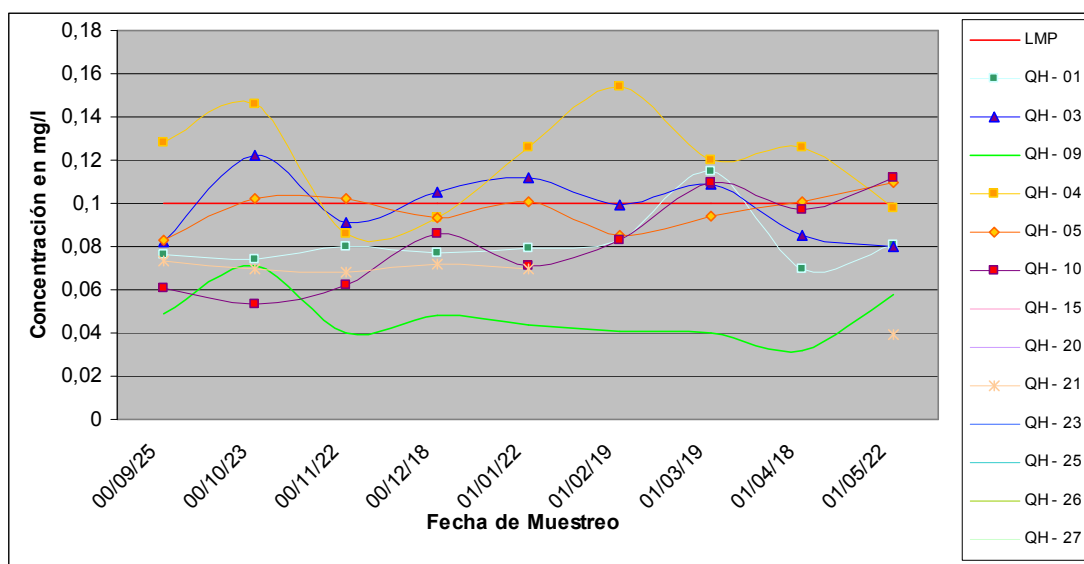
El hierro en las aguas de quebrada Honda en la época de precipitaciones hay una mayor concentración del mismo, y en el curso principal disminuye a lo largo de su recorrido. En general en la mayoría de las estaciones de muestreo excede los estándares de calidad de aguas de la LGA Clase II.

Los lugares de mayor concentración, para los muestreos regulares, los tenemos en la estación QH – 06 y QH – 10 con promedios de 1,07 mg/l de Fe (igual para ambos); y el siguiente más alto está en la estación QH – 11 con una concentración promedio de 0,83 mg/l. En las estaciones eventuales de muestreo el valor más alto encontrado lo tenemos en la estación QH – 22 con una concentración de 1,54 mg/l de Fe.

## Sustancias tóxicas para la salud humana

### Arsénico

Gráfica 20. Variación de arsénico por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.



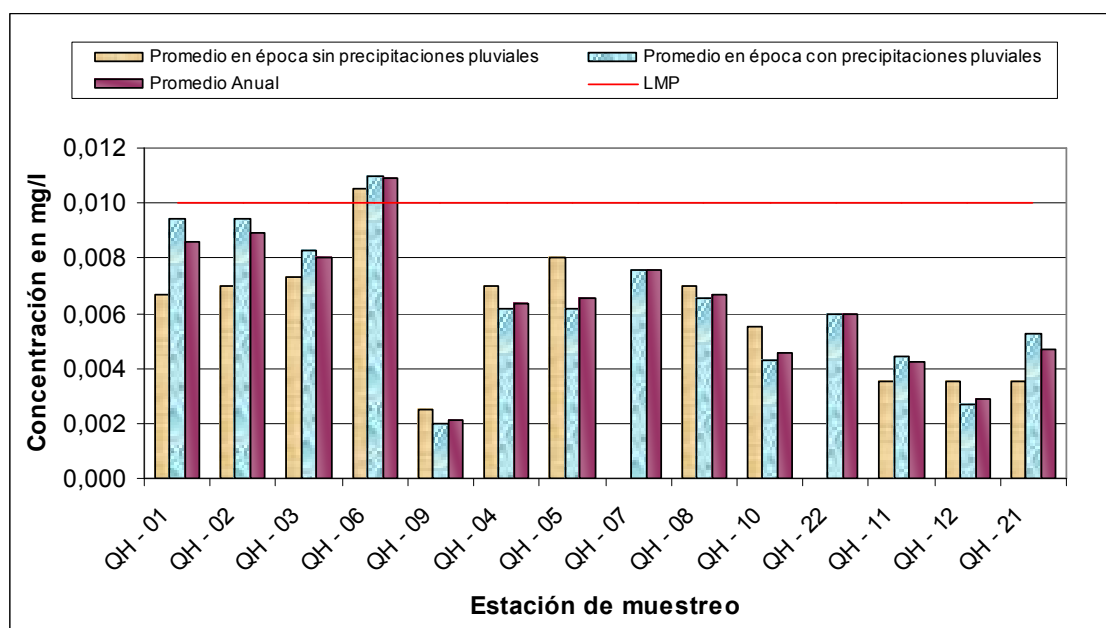
El lugar de mayor predominancia de éste contaminante lo tenemos en la estación de muestreo QH – 04, correspondiente a la quebrada Kankawa, con un promedio anual de 0,12 mg/l de As.

Otro lugar donde tenemos valores ligeramente altos al estándar (0,1 mg/l de As) es la estación de muestreo QH – 03 con una concentración promedio de 0,1 mg/l de As. También en algunas ocasiones en la estación de muestreo QH – 05 se superan los LMPs (agua que proviene de la influencia de la mina Arequipa M.).

Con respecto al control *in situ* (QH – 09), sus valores siempre están por debajo del estándar de calidad de aguas de la ley LGA Clase II.

### Cadmio

Gráfica 21. Promedio de cadmio por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (Junio del 2000 a mayo del 2001).



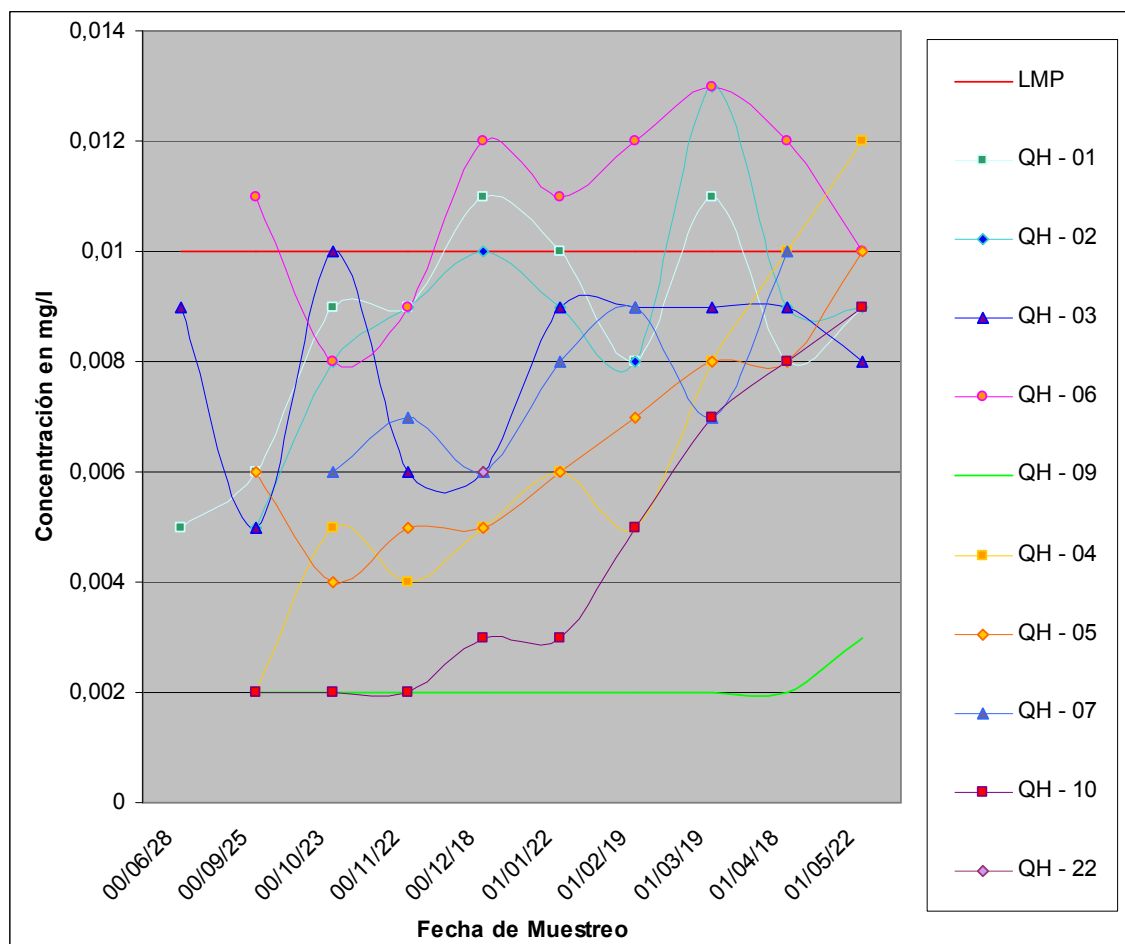
La mayoría de promedios de concentración del cadmio se encuentran dentro de los LMPs de la Clase II de la LGA (0,01 mg/l), además en el curso principal de agua hay una mayor concentración en la época de precipitaciones pluviales, y disminuye su concentración a lo largo de su recorrido de 0,11 a 0,09 mg/l, de la estación QH – 06 a QH – 01 respectivamente.

El único lugar donde se sobrepasa los LMP de la LGA Clase II es en la estación de muestreo QH – 06 (0,011 mg/l Cd).

En la estación de referencia (QH – 09) su concentración está muy por debajo del LMP, y en lugares aguas abajo de las minas tampoco se observa niveles altos de este contaminante.



Gráfica 22. Variación de cadmio por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.

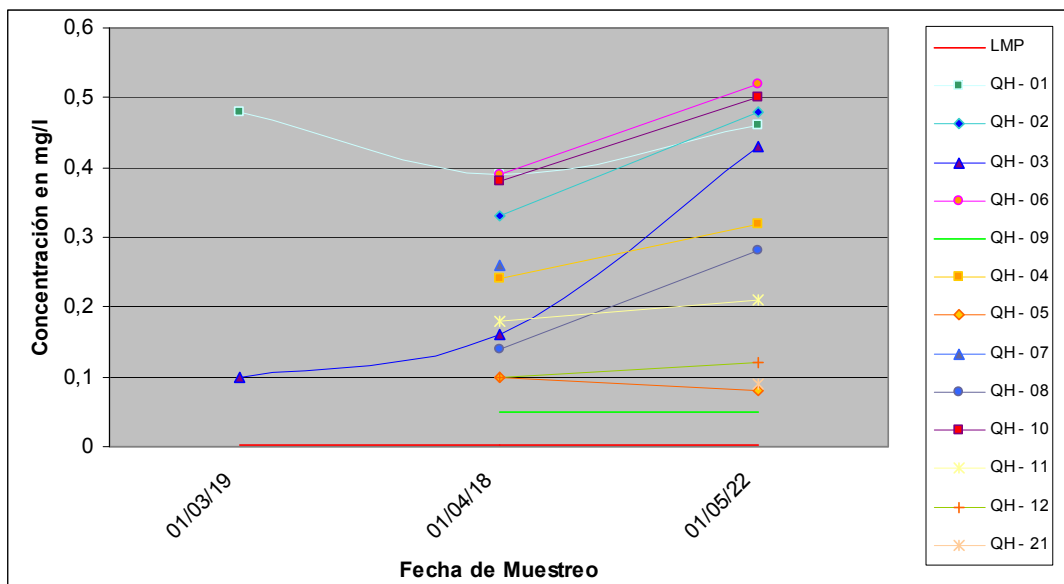


La estación QH – 06, QH – 01 y QH – 02 se obtuvieron valores por encima del LMP de la LGA Clase II (0,01 mg/l), además en las estación QH – 04, QH – 05 y QH – 10 se observa pendientes crecientes tendientes a sobrepasar el LMP, lo que de continuar así podría ser causa de mayor contaminación.

La estación de muestreo tomada como control (QH - 09) muestra valores homogéneos de 0,002 excepto en la última fecha de muestreo.

## Níquel

Gráfica 23. Variación de níquel por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda (Marzo – mayo del 2001).



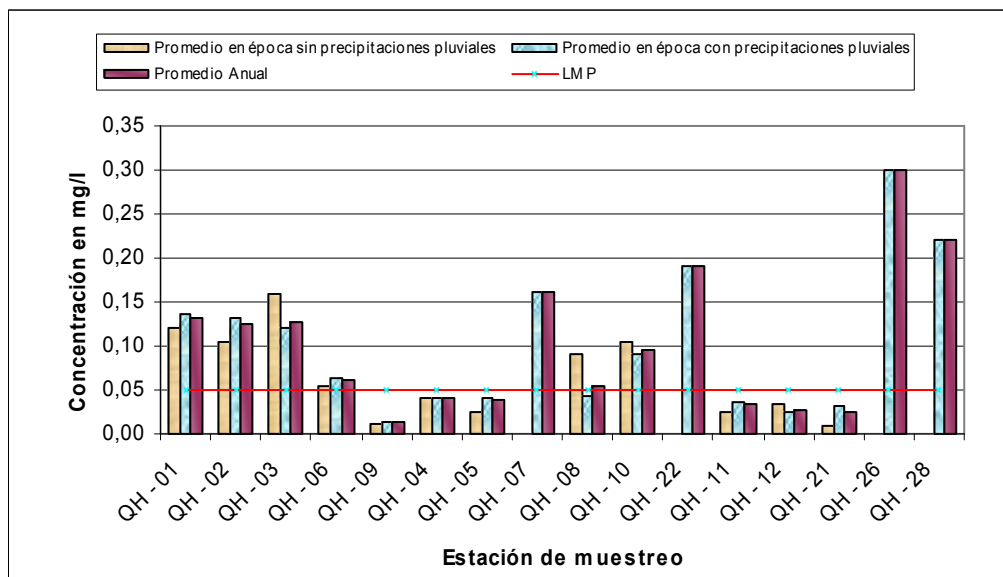
El níquel, en todos los lugares de quebrada Honda, supera los LMP de la ley de aguas Clase II (0.002 mg/l) lo que implica que estas aguas están contaminadas por este metal.

En el punto de muestreo más bajo QH – 01 (centro poblado de Vicos) la concentración promedio con respecto al LMP es superado en 220 veces, y en la estación tomada como control (filtración) QH – 09, el promedio del total de muestreos es superado en 25 veces.

Este parámetro solo se estudio en los últimos meses, luego de revisar el MONICA SANTA (UNASAM 1999) y haber realizado el muestreo de parámetros completos (para la época de precipitaciones pluviales), pues no se percibía la presencia de este metal. Así como este parámetro cabe la posibilidad de no haber considerado algún otro de importancia en la contaminación medioambiental del agua.

### Plomo

Gráfica 24. Promedio de plomo por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre de 2000 – mayo 2001).

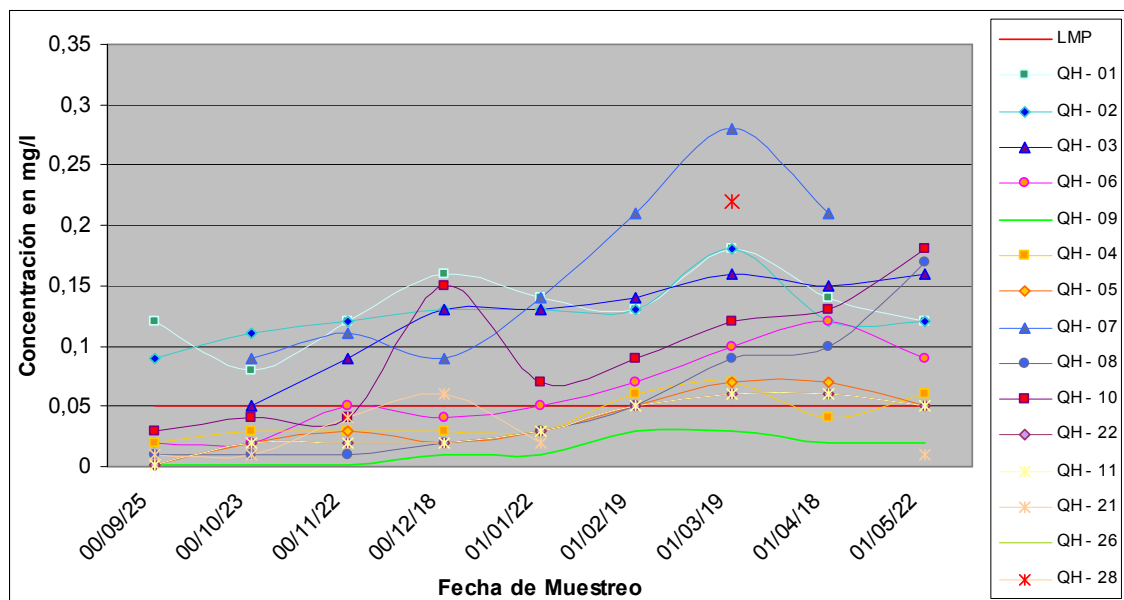


En las estaciones de muestreo de la mina Toma la Mano se excede en más de 5 veces (QH – 26) y en más de 3 veces (QH – 28) los estándares de la Clase II de la LGA (0,05 mg/l).

Del mismo modo, en la estación de muestreo QH – 07, aguas debajo de la Mina, se observa un promedio 2 veces por encima del estándar antes mencionado. Éstos comparados con el referente QH – 08 (estación ubicada aguas arriba) que muestra valores por encima del límite máximo permisible en la época seca, y valores un tanto menores en la época de lluvias (en no más de una vez).

El curso de agua Minayaku (QH – 10) tiene niveles por encima de la LGA Clase II, además aguas arriba (QH - 22) se observan valores aún más altos, considerando además que aguas arriba no hay presencia de minas, ni pasivos mineros.

Gráfica 25. Variación de plomo por periodo en las aguas de la microcuenca quebrada Honda.



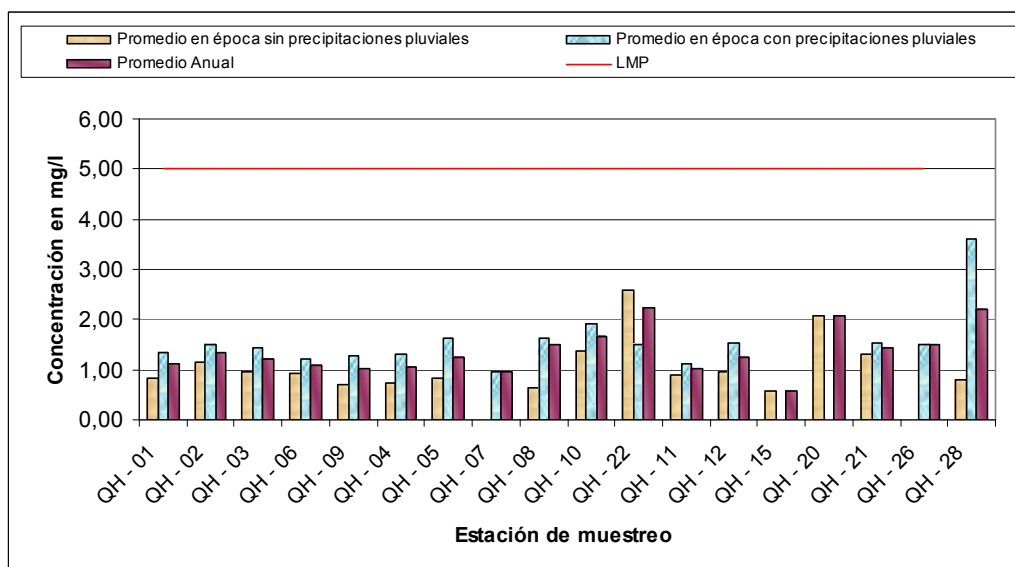
En muchas de las estaciones de muestreo el plomo esta sobrepasando los LMPs de la LGA Clase II, observándose además valores muy variables, en especial en la estación de muestreo QH – 07 ( $5,3E-03$  de varianza).

La estación QH – 06 es un lugar donde el plomo sobrepasa mínimamente la LGA Clase II (promedio anual de  $0,06$  mg/l Pb) pero además tiene un bajo pH (promedio anual de  $4,93$ ) y una alta turbidez (promedio anual de  $12,82$  UNT con una varianza de  $4,7E+01$ ), lo que hace que el curso principal de agua se siga contaminando debido a la facilidad que tiene este metal en disolverse cuando las aguas son ligeramente ácidas. Esto se nota claramente, en las demás estaciones del curso principal de agua, pues el plomo sobrepasa en más de una vez el estándar de calidad de aguas (incrementando su concentración aguas abajo).

## Parámetros biológicos

### *Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Gráfica 26. Promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (mayo de 2000 – mayo 2001).



Los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), todos ellos se encuentran por debajo del estándar de calidad de aguas de la LGA Clase II (5 mg/l de O<sub>2</sub>), lo que indica que no hay materia orgánica contaminante.

Predominantemente hay una mayor DBO en la época de precipitaciones pluviales (excepto en la estación QH – 22, pues aguas arriba solamente esta una lengua glaciar), producto del arrastre de material orgánico por las lluvias.

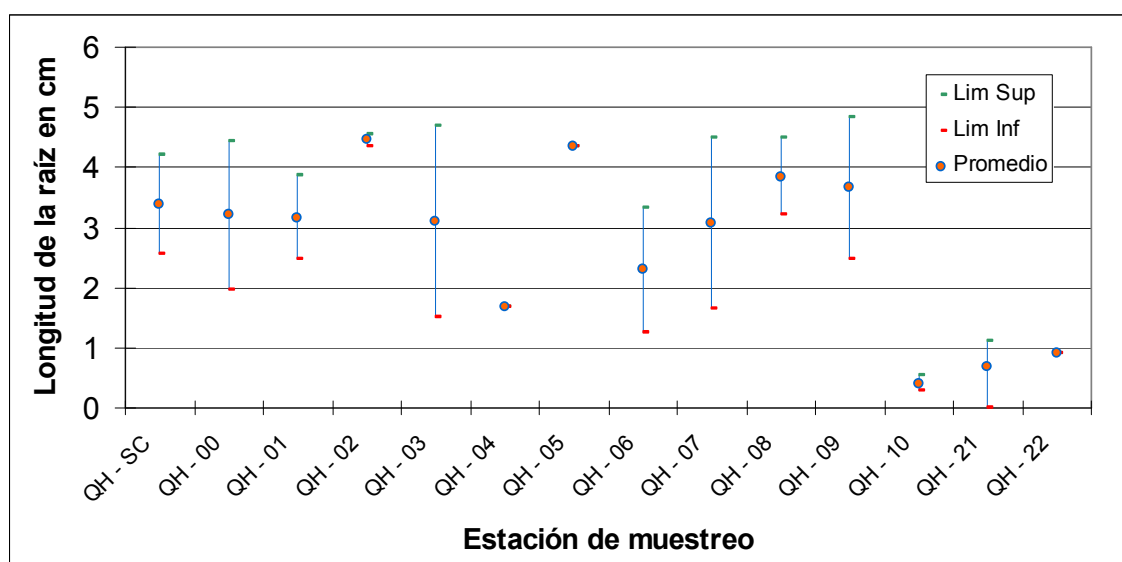
Posiblemente el efecto de no percibir la contaminación por materia orgánica se deba a la contaminación y toxicidad de las aguas.

## 7.2. Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda

### 7.2.1. Bioensayo con *Allium cepa*

#### Longitud de la raíz

Gráfica 27. Longitud promedio de la raíz de *Allium cepa* luego de una semana de sembrado en muestras provenientes de quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001)



En el eje de las abscisas se tienen las estaciones de muestreo de las cuales provienen las muestras en las que se sembró *Allium cepa* y en las ordenadas las longitudes alcanzadas por las raíces. La gráfica muestra los promedios de los diferentes bioensayos, notándose claramente que en las aguas más contaminadas (ver resultados de otros parámetros) el crecimiento de la raíz es mínimo (QH-10, QH-21, QH-22), en las aguas regularmente contaminadas el crecimiento es mediano; y en las aguas menos contaminadas es mayor.

Notamos que en las aguas ligeramente contaminadas en algunos casos el crecimiento de la raíz puede ser un tanto mayor (QH - 03), esto no quita la aceptabilidad de estos procedimientos, pues el común denominador es la confiabilidad de respuesta frente a la contaminación.

La acción contaminadora de algunos parámetros pueden ser contrarrestados por la presencia de otros (por ejemplo la presencia de zinc disminuye el riesgo de acumulación de plomo en los organismos vivos).

Fotografía 18. Bulbo sembrado en agua sin contaminación (izquierda)

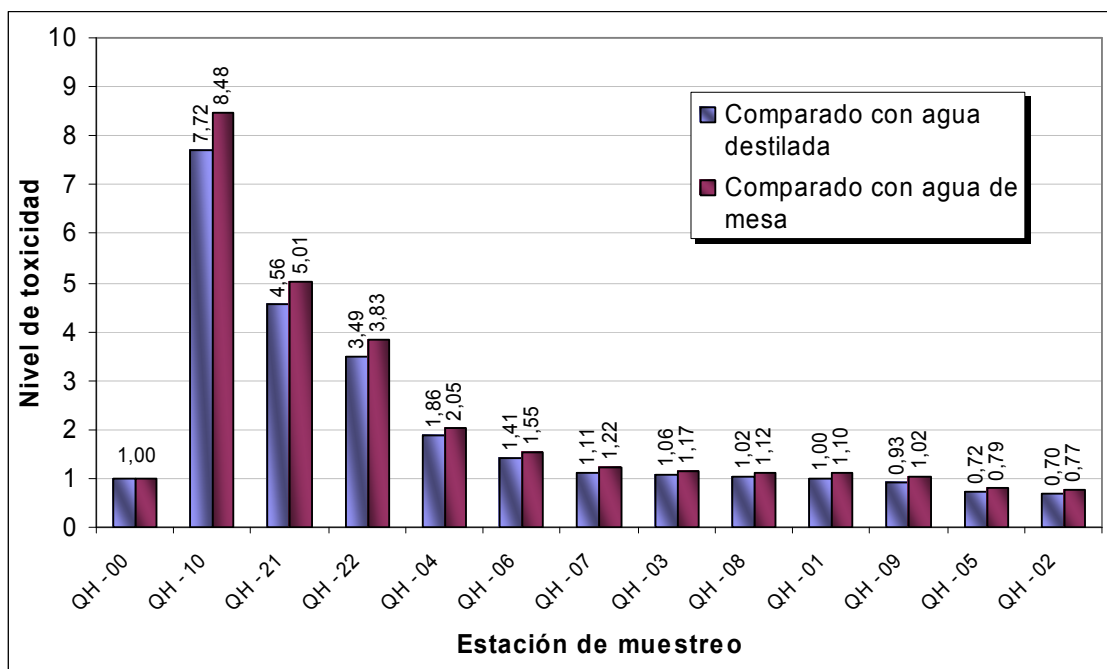


Fotografía 19. Bulbo sembrado en agua contaminada (derecha)



Estas fotografías de *Allium cepa* nos muestran claramente el crecimiento de la raíz en agua limpia y el no crecimiento de la raíz en agua contaminada (QH – 10), además observamos el ennegrecimiento de la cubierta producto de la reacción defensiva de la planta frente a agentes extraños.

Gráfica 28. Toxicidad promedio con respecto al agua de mesa y al agua destilada considerando la longitud de la raíz.



Al realizar las comparaciones con respecto al agua destilada y agua de mesa (QH - 00) la toxicidad es mayor con respecto a la segunda (es decir el agua de mesa es menos tóxica).

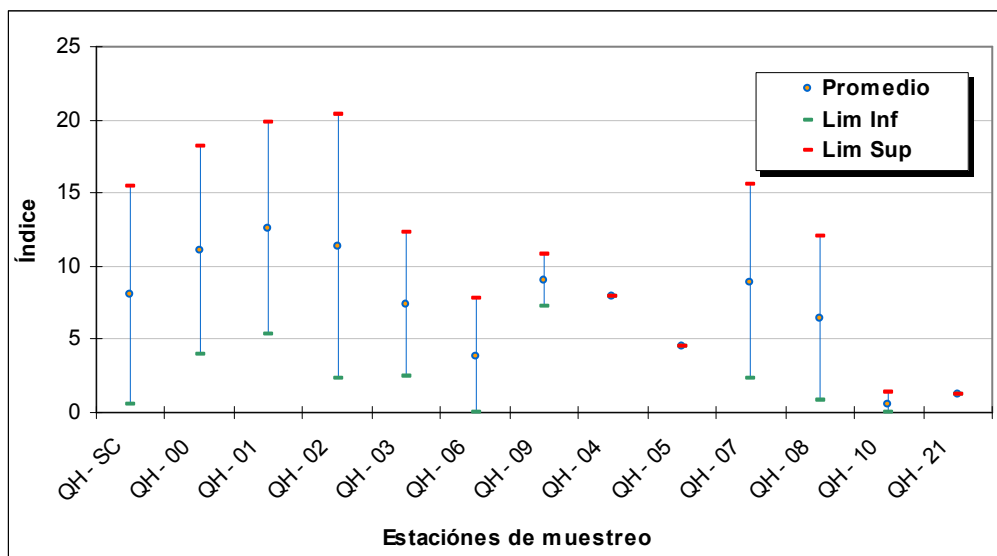
Según la prueba de *Allium* para la longitud de raíces, el área de mayor toxicidad en el lugar de estudio es la quebrada Minayaku (QH - 22 y QH - 10), observándose que en su recorrido aumenta su toxicidad. Otro lugar de toxicidad alta es la correspondiente al curso de agua Yanayaku (QH - 21).

Con respecto al curso principal de agua (QH - 06, QH - 03, QH - 02 y QH - 01; según su recorrido), muestran una ligera toxicidad, disminuyendo a lo largo de su recorrido.



## Índice Mitótico

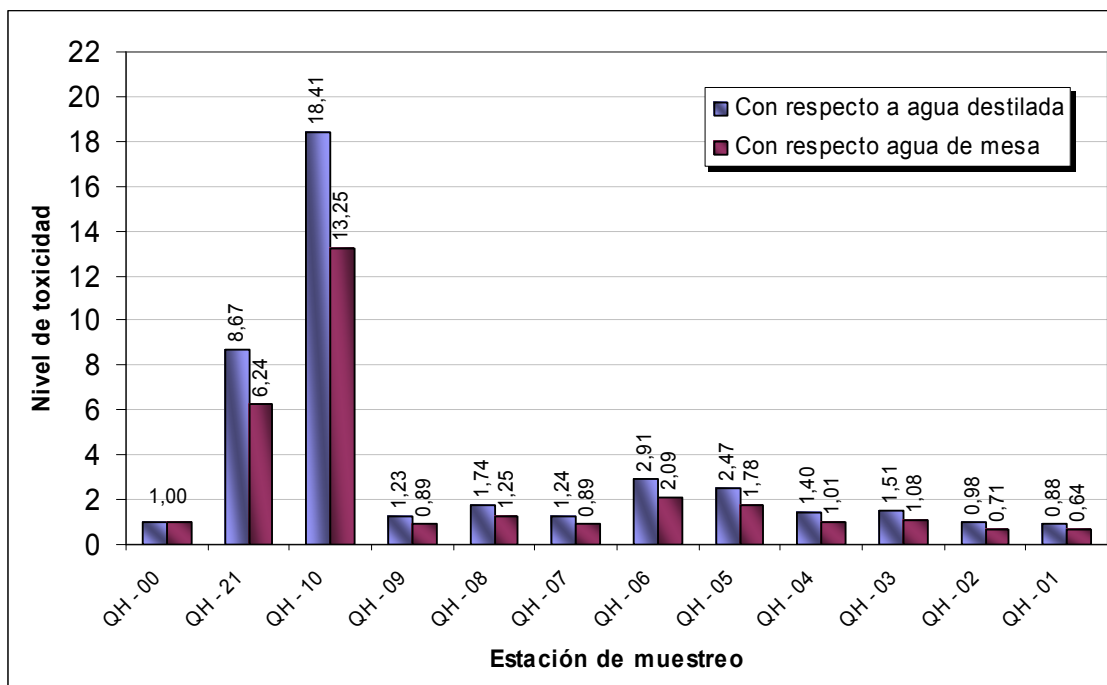
Gráfica 29. Valores de índice mitótico por cada estación de muestreo en quebrada Honda (mayo del 2000 a mayo del 2001).



Las raíces provenientes de los bulbos sembrados en muestras de agua de las diferentes estaciones, tienen distinto grado de propagación celular (diferentes valores de índice mitótico) siendo menor en las aguas altamente contaminadas (QH – 10 y QH – 21) con respecto a los referentes (QH – SC agua de mesa, QH – 00 el agua destilada y QH – 09 control proveniente de una filtración en quebrada Honda). Es notorio también que el agua de la estación QH – 05 (Aguas debajo de la mina Arequipa M.) muestra toxicidad media.

En las aguas ligeramente contaminadas (con respecto a los parámetros físico-químicos) se observa una similar o mayor propagación celular, pero en las aguas muy contaminadas es notoria la disminución de la propagación celular, siendo altamente confiable este bioensayo para estos casos.

Gráfica 30. Toxicidad promedio con respecto al agua de mesa y al agua destilada considerando el índice mitótico.



Al comparar los niveles de toxicidad con respecto al agua destilada y agua de mesa (QH - 00), se observa una mayor toxicidad con respecto a la primera.

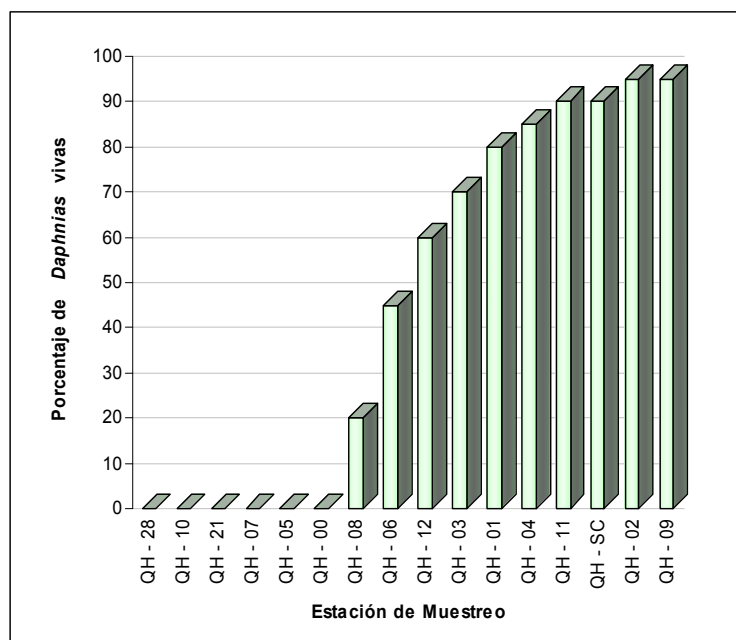
Según la prueba de *Allium*, para el índice mitótico los lugares de mayor contaminación son los correspondientes a los cursos de agua Minayaku (QH - 10), y Yanayaku.

Con respecto al curso principal de agua (QH - 06, QH - 03, QH - 02 y QH - 01; según su recorrido), muestran una ligera toxicidad, disminuyendo a lo largo de su recorrido en todas las estaciones de muestreo.

El control *in situ* está ligeramente tóxico con respecto al agua destilada, no así con respecto al agua de mesa.

### 7.2.2. Bioensayo con *Daphnia sp*

Gráfica 31. Porcentaje de movilidad de *Daphnias* luego de exposición en 24 horas a diferentes muestras de agua.



En la Gráfica 31 observamos en las abscisas las estaciones de muestreo y en las ordenadas, el porcentaje de sobrevivencia de las *Daphnias* luego de la exposición a las muestras de agua.

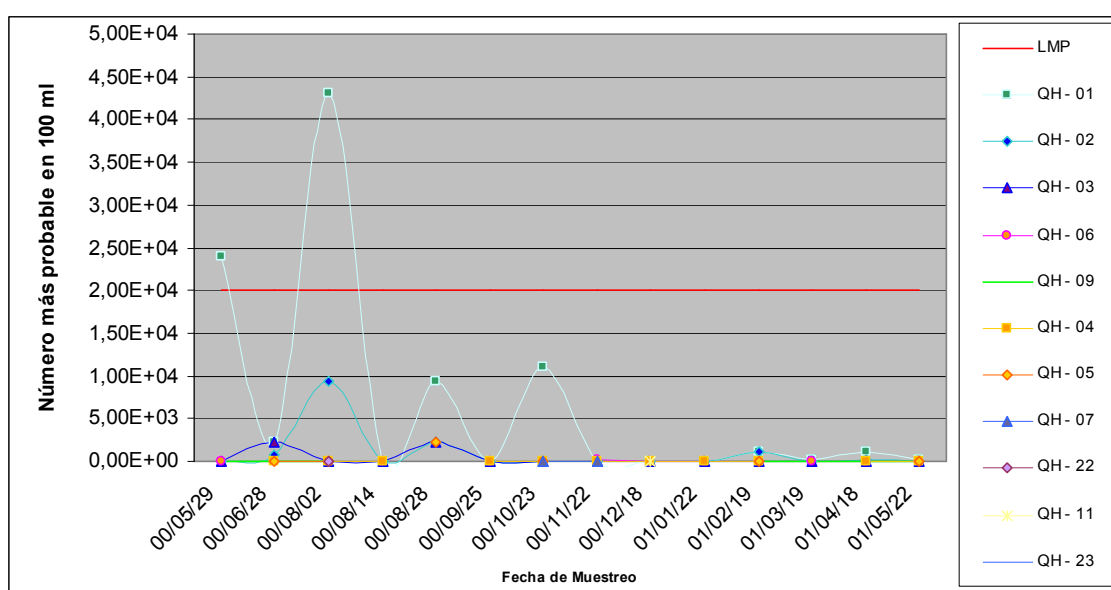
Considerando una máxima variación del 10% en la diferencia de muertes para los controles (QH – SC agua de mesa y QH – 09 control *in situ*). Los lugares de muestreo que tienen un 100% en porcentaje de muertes son aguas muy tóxicas, siendo las estaciones QH – 28, QH – 10, QH – 21, QH – 07, QH – 05. Además cabe mencionar que el agua destilada no es un buen control para este tipo de bioensayo.

Las estaciones que mostraron menor toxicidad corresponden al control *in situ* (QH – 09), a las aguas en el puente Wapis (QH – 02) y las aguas provenientes de la laguna Pukaranrakocha (QH - 11).

### 7.3. **Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda**

#### 7.3.1. **Coliformes totales**

Gráfica 32. Promedio de coliformes totales por periodo de precipitaciones pluviales en la microcuenca quebrada Honda (setiembre del 2000 – mayo del 2001).



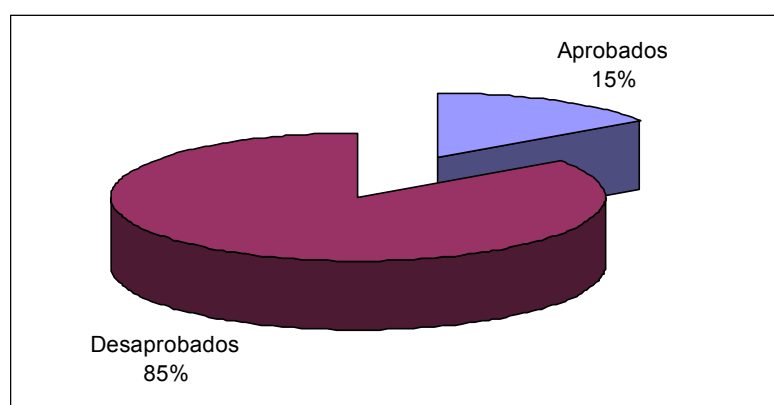
Se observa que en la época sin precipitaciones pluviales y en la parte más baja de la subcuenca es mayor la contaminación fecal, aunque siempre está debajo de los LMPs de la LGA Clase II (2,0E+04 en 100ml).

Las aguas superficiales de quebrada Honda no están contaminadas por coliformes a pesar de la actividad ganadera extensiva practicada en quebrada Winoyo<sup>42</sup>, producto de las condiciones extremas y altos niveles de contaminación.

<sup>42</sup> Aguas arriba de quebrada Honda

#### **7.4. Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos**

Gráfica 33. Porcentaje de promotores ambientales del sistema de monitoreo campesino aprobados.



Significa que usando las técnicas occidentales de evaluación, solamente el 15% de las personas evaluadas aprobó; lo que no quiere decir que las demás personas adiestradas no sean capaces de realizar un adecuado monitoreo y evaluación de calidad de aguas.

En las evaluaciones realizadas se observó que el principal problema para obtener buenos resultados de campo fue la mala calibración de los equipos, lo que puede ser superado con más práctica, o el asegurar una reacción adecuada para el caso de mediciones por colorimetría.

## CAPÍTULO VIII.

### DISCUSIÓN

---

#### **8.1. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda**

##### **8.1.1. Por estaciones de muestreo**

Teniendo en cuenta que los elementos tóxicos en el agua hacen rechazar su empleo, y más un efecto global, tenemos que considerar la sumatoria de las concentraciones del contaminante sobre el estándar admisible ( $\sum(C_i / CMA_i) \leq 1$ ) (RODIER 1998). En nuestro caso, para los elementos tóxicos analizados (arsénico, cadmio, níquel y plomo) con el fin de determinar los lugares de mayor contaminación con respecto a la LGA Clase II se tiene:

##### **Estación de muestreo QH – 01**

Ubicado en el lugar denominado puente Wapra en las coordenadas UTM este 220 121,96 y oeste 8 966 995,56; a una altitud de 3 055 msnm, próximo a la comunidad campesina de Vicos.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 225,99 (el segundo más tóxico) y excluyendo al níquel 4,32 (el tercero más tóxico); aunque en los bioensayos de toxicidad muestran lo contrario (1,00 y 1,01 comparado con el agua destilada y agua de mesa con respecto a la longitud de la raíz; y valores menores para el índice mitótico).

Presenta valores muy variables de conductividad con promedios de 121 y 127  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . en época seca y época de lluvias respectivamente, estando siempre en la Clase C1 (VÁSQUEZ 1997), según este parámetro apto para riego en la mayoría de cultivos y en cualquier tipo de suelo, debida a una mineralización débil (RODIER 1998). TAMBLYN (1999) tiene un valor de 126  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estando dentro de los valores obtenidos en la época seca.

La turbidez sobrepasa en 3,42 y 2,71 veces más los valores del estándar de la OMS en las épocas seca y de precipitaciones.

Para los parámetros más resaltantes con respecto a la LGA Clase II se tiene que:

El níquel tiene un valor excedido en 220,5 veces más para el promedio anual, además valores de 216.5 y 220,5 veces más, para las épocas seca y de lluvias, notándose que no hay un efecto de dilución, sino al contrario hay un pequeño incremento en la concentración.

El plomo se encuentra excediendo en 1,64 veces más para el promedio anual, con valores de 1,40 y 1,72 veces más para los promedios en época seca y de precipitaciones respectivamente.

Considerando que las aguas arrastran lo que en su camino encuentra (FUNDACIÓN IBEROAMERICANA 1999), tenemos valores que sobrepasan los estándares, a pesar que el agua se recupera (aumenta su pH) con respecto a las estaciones aguas arriba, producto de atravesar zonas cársticas (SA&ESA 1998).

### **Estación de muestreo QH – 02**

Ubicado en el lugar denominado puente Wapis en las coordenadas UTM este 226 498,03 y oeste 8 967 744,55, con una altitud de 3 550 msnm, en la portada de quebrada Honda.

El caudal máximo y mínimo registrados los tenemos el 18 de enero de 11,25 m<sup>3</sup>/s en época de precipitaciones pluviales y el 1 de octubre de 2,63 m<sup>3</sup>/s para la época seca, siendo sus promedios respectivos 9,96 y 5,18 m<sup>3</sup>/s.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 206,71 y excluyendo al níquel 4,21; siendo contradictorio a los bioensayos de toxicidad con *Allium* pues se tienen valores menores a 1; y para *Daphnia* una variación en 10% de muertes a una exposición de 24 horas (estando dentro de lo aceptable).

Los valores de conductividad son 123 y 122 µS/cm en la época seca y época de lluvias respectivamente, estando siempre en la Clase C1 (VÁSQUEZ 1997), con una mineralización débil (RODIER 1998).

La turbidez en la época seca y de precipitaciones excede en 1,74 y 2,71 veces más el estándar de la OMS. Los valores de sólidos totales y sólidos suspendidos tienen una varianza de 1 571 y 1 767.



Con respecto a la Clase II de la LGA se tiene que: La concentración de níquel es excedido en 239 y 164 veces más para la época seca y de precipitaciones respectivamente, además el aluminio y el plomo para el promedio anual es excedido en 0,05 y 1,52 veces más.

Para noviembre del 2000, Tamblyn (2000, febrero) reporta una concentración del plomo de 1,13 mg/l, siendo este mucho mayor a todos los valores encontrados, siendo el máximo de 0,18 mg/l.

### **Estación de muestreo QH – 03**

Ubicado en las coordenadas UTM este 237 308,16 y oeste 8 971 413,57 a una altitud de 4 084 msnm, al final de Winoyopampa, encima de la cascada en Kuchu.

El caudal máximo y mínimo registrados los tenemos el 18 de enero de 7,52 m<sup>3</sup>/s en época de precipitaciones pluviales y el 1 de octubre de 2,03 m<sup>3</sup>/s para la época seca; siendo sus promedios respectivos 6,51 y 3,56 m<sup>3</sup>/s.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 119,31 y excluyendo al níquel 4,31; siendo contradictorio a los bioensayos de toxicidad con *Allium* (comparado con el agua destilada y agua de mesa se tienen 1,06 y 1,17 para la longitud de la raíz; y para el índice mitótico 1,51 y 1,08) y *Daphnia* una variación en 20% de muertes a una exposición de 24 horas (estando en una vez más de lo aceptable).

Los valores de conductividad son de 123 y 122  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la época seca y época de lluvias respectivamente, estando siempre en la Clase C1 (VÁSQUEZ 1997) con una mineralización débil (RODIER 1998). Tamblyn (TAMBLYN 2000, febrero) tiene un valor similar a los obtenidos (132  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Los valores promedio de turbidez en época seca y de precipitaciones exceden en 1,74 y 2,71 veces respectivamente el estándar de la OMS, así mismo los valores de sólidos totales y suspendidos tienen una alta varianza siendo 1 571 y 1 767.

Con respecto a la LGA Clase II: el valor de níquel es excedido en 239 y 164 veces más para la época seca y de precipitaciones respectivamente, además el aluminio y el plomo para el promedio anual es excedido en 0,05 y 1,52 veces más.

#### **Estación de muestreo QH – 04**

Ubicado en el lugar denominado quebrada Escalón en un pequeño puente, en las coordenadas UTM este 238 570,17 y oeste 8 969 355,54, a una altitud de 4 335 msnm.

El valor promedio anual de turbidez está en 2,3 veces más el LMP de la OMS; 3,11 veces más en la época de precipitaciones y 1,49 veces más en la época seca, lo que indica que el arrastre de sedimento es en todo el año.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 142,65 y excluyendo al níquel 2,65.

Los bioensayos de toxicidad con *Allium* (comparado con el agua destilada y agua de mesa se tienen 1,86 y 2,05 para la longitud de la raíz; y para el índice mitótico 1,40 y 1,01) y *Daphnia* con una variación en 5% de muertes a una exposición de 24 horas con respecto al control (agua de mesa); muestran una ligera toxicidad.

El níquel se encuentra con respecto al promedio de los análisis realizados, en 139 veces más el LMP de la Clase II de la LGA, y para las épocas de lluvia y seca tiene valores promedio de 119 y 159 veces más respectivamente; lo que indica que en la época seca hay una mayor concentración de este elemento en el agua.

Además otro elemento que sobrepasa los estándares de calidad de la LGA Clase II es el arsénico, estando en 0,2 veces más con respecto al promedio anual, y con respecto a los promedios para las épocas de lluvia y seca lo sobrepasan en 0,22 y 0,13 veces más respectivamente.

### **Estación de muestreo QH – 05**

Ubicado en las coordenadas UTM este 238 132,16 y oeste 8 968 469,53 a una altitud de 4 410 msnm, en este lugar se tomó una muestra compósita de tres afluentes influenciados por la mina Arequipa M.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 47,38 y excluyendo al níquel 2,38. Los bioensayos de toxicidad con *Allium*, en cuanto a la longitud de su raíz no muestran toxicidad, pero en cuanto al índice mitótico se tienen valores con respecto al agua destilada y agua de mesa de 2,47 y 1,78; en el bioensayo con *Daphnia* a 7 horas de exposición se tiene muertes del 80 en el agua destilada, no siendo apta para estos organismos.

Con respecto al promedio anual el único valor que sobrepasa los LMP de la Clase II de la LGA es el níquel, que se encuentra excediéndolo 44 veces más. Con respecto a las época seca y de precipitaciones la turbidez esta en 0,17 veces más con respecto a la OMS, y el níquel esta 49 veces más con respecto a la LGA Clase II.

### **Estación de muestreo QH – 06**

Ubicado en el lugar denominado Winoyopampa en las coordenadas UTM este 239 898,19 y oeste 8 970 355,55, a una altitud de 4 080 msnm.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 230,51 y excluyendo al níquel 3,01; y con respecto a los bioensayos de toxicidad con *Allium*, en cuanto a la longitud de su raíz se tienen 1,41 y 1,55 (comparado con el agua destilada y agua de mesa), en cuanto al índice mitótico 2,81 y 2,09 (comparado con el agua destilada y agua de mesa) y respecto al bioensayo con *Daphnia* se tiene muertes del 45% a 24 horas de exposición, resultados que muestran la toxicidad de este curso de agua en la estación de muestreo QH – 06.

En esta estación de muestreo el pH se encuentra por debajo del rango de la LGA Clase II (6,0 – 9,0), teniendo un valor promedio anual de 4,93 y promedios en la época de precipitaciones y época seca de 4,88 y 4,99.

La turbidez, con respecto a la OMS, para el promedio anual lo excede en 1,44 veces más, para los promedios en época de precipitaciones y seca lo excede en 1,83 y 1,06 veces más respectivamente.

El hierro con respecto a la Clase II de la LGA, en su promedio anual se encuentra excediéndolo en 2,57 veces más y con respecto a las épocas de precipitaciones y seca tienen valores que lo exceden en 2,87 y 1,5 veces más respectivamente.

### **Estación de muestreo QH – 07**

Ubicado en el curso de agua debajo de la mina Toma la Mano, en las coordenadas UTM este 241 620,21 y oeste 8 970 665,55, a una altitud de 4 517 msnm.

En esta estación de muestreo solamente se pudo realizar mediciones en la época de precipitaciones, pues en la época seca no había agua.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 134,71 y excluyendo al níquel 4,71; y con respecto a los bioensayos de toxicidad con *Allium*, en cuanto a la longitud de su raíz se tienen 1,11 y 1,21 (comparado con el agua destilada y agua de mesa), en cuanto al índice mitótico 1,21 y 0,89 (comparado con el agua destilada y agua de mesa) y respecto al bioensayo con *Daphnia* se tiene muertes del 100% a las 3 horas de exposición, resultados que muestran la toxicidad de este curso de agua y más para organismos animales (alta toxicidad).

El valor promedio de pH fue de 4,08, estando fuera de los estándares de la LGA para todas las Clases (6,0 – 9,0), lo que implica que es un agua ácida (capas de solubilizar metales), además tiene una turbidez 1,21 veces más según la OMS.

Considerando la LGA Clase II, el hierro está 1,56 veces más, el níquel está 0,129 veces más y el plomo está 2,22 veces más; parámetros y concentraciones que nos indican la contaminación de las aguas.

### **Estación de muestreo QH – 08**

Ubicado en una pequeña lagunilla, encima de la mina Toma la Mano, en las coordenadas UTM este 242 441,22 y oeste 8 970 919,55, a una altitud de 4 599 msnm; las muestras fueron tomadas de un sistema entubado en la mina Toma la Mano.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 107,43 y excluyendo al níquel 2,43; y con respecto a los bioensayos de toxicidad con *Allium*, en cuanto a la longitud de su raíz se tienen 1,01 y 1,12 (comparado con el agua destilada y agua de mesa), en cuanto al índice mitótico 1,74 y 1,25 (comparado con el agua destilada y agua de mesa) y respecto al bioensayo con *Daphnia* se tiene muertes del 20% a 24 horas de exposición, resultados que muestran la toxicidad de este cuerpo de agua.

Con respecto al promedio anual el valor promedio de pH es 5,02 el que está debajo de los estándares de la LGA (6,0 – 9,0), y para las épocas de lluvia y época seca se tienen valores de 4,83 y 5,70.

Considerando los estándares de la LGA Clase II podemos decir que el hierro, para el promedio anual está en 0,3 veces más, y para las épocas de lluvia y época seca están en 0,23 y 0,57 veces más; el níquel, para su promedio anual está en 104 veces más y para las épocas de lluvia y seca está en 69 y 139 veces más.

El plomo para el promedio anual está en 0,08 veces más y para la época de lluvia esta dentro del estándar y para la época seca esta en 0,08 veces más.

De lo mencionado, podemos decir que a pesar de no tener influencia de la mina Toma la Mano el agua naturalmente está contaminado (tiene niveles un tanto altos de metales pesados), lógicamente que es magnificado con la presencia de ésta (aguas abajo). Se debe notar que esta agua (de la estación QH – 08) es la que se consume en el campamento de la mina, y sin tratamiento alguno (al menos durante la investigación).

La empresa minera debe implementar un sistema de tratamiento para que el agua de consumo sea apta para tal fin, con monitoreos continuos; considerando estándares de agua para consumo humano, de no ser así las personas tendrán enfermedades relacionadas a los metales mencionados (ver revisión literaria, para los posibles efectos).

#### **Estación de muestreo QH – 09**

Ubicado en una filtración de caudal muy pequeño en las coordenadas UTM este 242 790,22 oeste 8 968 061,51, a una altitud de 4 270 msnm próxima a la mina La Merced.

Esta estación es considerada como control en el mismo lugar de estudio, y podría decirse que si el ecosistema estaría en equilibrio, el agua de las otras estaciones debería tener condiciones parecidas a éste lugar.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene un valor de 25,95 y excluyendo al níquel se tiene valores menores a 1; siendo este resultado coherente a los bioensayos de toxicidad con *Allium* y *Daphnia*, pues estos organismos tienen una buena respuesta a esta agua, incluso superior a los controles de laboratorio (agua destilada y agua de mesa).

El agua de este lugar se encuentra dentro de los LMPs de la LGA Clase II, excepto el níquel, que está en 24 veces más, de igual manera para las épocas con lluvias y sin lluvias.

El agua no contaminada debería tener valores comprendidos entre 1 a 5 ppm (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>); sin embargo, en nuestro estudio se tuvieron valores de DQO entre 96 a 876,50, en todas las aguas, incluidas las no contaminadas (QH – 09).

### **Estación de muestreo QH – 10**

Ubicado en las coordenadas UTM este 242 030,21 y oeste 8 968 212,52 a una altitud de 4 239 msnm, es el efluente de la quebrada del río Minayaku al comienzo de Winoyopampa, y en general tiene una apariencia de color negro en la mayor parte del año, no importando la estación.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene un valor de 223,16 y excluyendo al níquel 3,16; siendo coherente a los bioensayos de toxicidad con *Allium* y *Daphnia*, pues estos muestran una alta toxicidad, manifestada por el no crecimiento de las raíces (las células no se multiplican) en la cebolla y la muerte del 100% de las pulgas de aguas en menos de 3 horas.



En este lugar la mayoría de parámetros analizados se encuentran fuera de estándares de la LGA para todas las Clases, estando el níquel en 219 veces más el LMP de la LGA Clase II para el promedio de los meses analizados.

La alta variación de la turbidez (con 4,0E+03 de varianza) posiblemente se deba a las avalanchas aguas arriba y a lo desprovisto de vegetación de la quebrada Minayaku (FUNDACIÓN IBEROAMERICANA 1999).

El alto contenido de metales pesados se debe a la composición mineralógica de la *formación Chicama* (SA&ESA 1998).

Este lugar muestra el promedio de pH (3,41) más bajo, siendo menor a 3,8 lo que indica la presencia de ácidos minerales (RODIER 1998).

Además el promedio de conductividad eléctrica es de 503,62  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lo que nos indica ser de Clase C2 (VÁSQUEZ 1997) con una mineralización media (RODIER 1998).

La contaminación en la quebrada Minayaku es debida a la *formación Chicama* (compuesta de lutitas, arenisca, pizarras carbonosas y pizarras), la cual aflora en el nevado Chinchay, cabecera de esta quebrada y producto de la acción erosiva de la lengua glaciario; junto con el deshielo, producen aguas ácidas.

Al lado izquierdo de la quebrada se encuentra la Mina Garrosa (Cóndor Mina); la cual tiene una zanja de coronación (en su cabecera).

### **Estación de muestreo QH – 11**

Ubicado en el afluente proveniente de la Laguna Pukaranrakocha (Winoyo) en las coordenadas UTM este 241 878,21 y oeste 8 968 064,52 a una altitud de 4 243 al comienzo de Winoyopampa.

La concentración de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) es de 99,27 y excluyendo al níquel de 1,77; con respecto al bioensayo con *Daphnia* no muestra ser tóxica, pues el 90 % de los organismos sobreviven, a la exposición (igual al control), en la muestra de agua, luego de 24 horas.

En esta estación de muestreo el pH tienen valor promedio anual de 6,32 y con respecto a los estándares de la LGA (6,0 – 9,0), este valor está dentro del rango, para las épocas de lluvia y seca tiene valores de 6,39 y 6,32 respectivamente, en el caso de la turbidez para el promedio anual su valor excede en 0,05 veces más con respecto al estándar de la OMS, y para el promedio de la época de lluvias su valor lo excede en 0.114 veces más y para la época seca su valor está dentro de los estándares.

El valor de níquel para el promedio de muestras tomadas lo excede en 54 veces más para la Clase II de la LGA, y para las épocas de lluvia y seca sus valores lo exceden en 49 y 59 veces más respectivamente.

### **Estación de muestreo QH – 12**

Ubicado en el afluente de la laguna Paqlashkocha en las coordenadas UTM este 241 394,2 y oeste 8 968 240,52, a una altitud de 4 237 msnm al comienzo de Winoyopampa.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 56,35 y excluyendo al níquel 1,35; habiendo una cierta relación con el ensayo de biotoxicidad con *Daphnia*, pues se tiene una variación de muertes del 30%, estando dos veces más de lo aceptado (APHA – AWWA – WPCF 1992).

El único parámetro que sobrepasa los estándares de la LGA Clase II es el níquel en 54 veces más. Además la DQO tiene un valor promedio de 688,96 mg/l de O<sub>2</sub>, alto con respecto a las aguas no contaminadas (de 1 a 5 ppm) (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>).

El pH en una sola ocasión (el 22 de enero) tuvo un valor fuera del estándar de la LGA Clase II (5,95); y comparados con los resultados obtenidos por Sistemas Agua y Energía (1998) en uno de sus muestreos (en noviembre) también tuvo un valor de 5,77, permaneciendo los otros dos dentro del estándar. Con respecto a la turbidez, el valor máximo obtenido llega a superar en una vez el LMP de la OMS (de 5 a 10 UNTs).

### **Estación de muestreo QH – 21**

Ubicado en un pequeño curso de agua al lado derecho de Winoyopampa en las coordenadas UTM este 241 701,21 y oeste 8 968 993,53, a una altitud de 4 209 msnm. Es un afluente de color negro en la mayor parte del año (no importando la estación).

En esta estación se tomaron algunos datos referenciales, puesto que aparentemente carecía de toda influencia de actividad antropogénica, pues aguas arriba no se observaron minas en funcionamiento y/o abandonadas (la mina más próxima es la mina Toma la Mano). Los datos obtenidos que se encontraron estaban dentro de los estándares de la Clase II de la LGA.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene 46,62 y excluyendo al níquel 1,62; y con respecto a los bioensayos de toxicidad con *Allium*, en cuanto a la longitud de su raíz se tienen 4,58 y 5,01 (comparado con el agua destilada y agua de mesa), en cuanto al índice mitótico 8,67 y 6,24 (comparado con el agua destilada y agua de mesa) y respecto al bioensayo con *Daphnia* se tiene muertes del 100% a las 3 horas de exposición, resultados que muestran la alta toxicidad del agua.

Este curso de agua atraviesa por quebradas desprovistas de vegetación lo que hace una notoria variación de la turbiedad (FUNDACIÓN IBEROAMERICANA 1999)

Al igual que en la quebrada Minayaku en las nacientes del curso de agua Yanayaku se observa la presencia de *formación Chicama* (compuesta de lutitas, arenisca, pizarras carbonosas y pizarras), sobre ella el nevado Jakabamba, y debido a la composición litológica, mediante la acción del glaciar, las lluvias y vientos (por estar desprovisto de vegetación) las aguas arrastran sedimentos, formadores de aguas ácidas (junto con metales pesados).

### **Estación de muestreo QH – 22**

Ubicado en el lugar denominado Yanayaku en las coordenadas UTM este 241 966,21 y oeste 8 970 846,55, a una altitud de 4 205 msnm, esta agua proviene de la quebrada del mismo nombre, y tiene una apariencia de color negro a lo largo del año (generalmente). Sus características geológicas y su contaminación se deben a la *formación Chicama* (ver la estación de muestreo QH – 10).

En esta estación de muestreo se tiene valores pH de 4,29, estando por debajo de los estándares de la LGA (6,0 – 9,0), considerando el estándar de la OMS, el valor promedio de turbidez estuvo en 20,57 veces más, y para las épocas de lluvia y seca estuvo en 40,07 y 5,95 veces más respectivamente, notándose claramente que en época de precipitaciones hay mayor arrastre de sedimento, lo que se corrobora claramente viendo los resultados de sólidos totales y sólidos suspendidos.

Con respecto a los metales, considerando los estándares de la LGA Clase II, se tiene que el hierro está excediendo en 0,83 veces más para el promedio anual, y para el promedio en época de lluvia y época seca está en 1 y 0,46 veces más.

Para las concentraciones de toxicidad sobre el estándar (RODIER 1998) se tiene un valor de de 5,22 (excluyendo al níquel). Al observar los resultados de los bioensayos, los datos de *Daphnia* muestran que a la hora habían muerto el 80 % y a las 2 horas murieron el 100%, lo que nos indica que esta agua es muy tóxica; de igual forma lo confirma el bioensayo del índice mitótico y del crecimiento de la raíz en el *Allium cepa*.

### **8.1.2. Por parámetros físico-químicos de análisis**

#### **Parámetros organolépticos y físicos-químicos**

##### ***Acidez total***

Teniendo en cuenta que los ácidos minerales fuertes, los ácidos débiles como el carbónico y el acético, y las sales hidrolizables, como los sulfatos de hierro y aluminio pueden incrementar la acidez (APHA – AWWA – WPCF 1992).

De lo anterior podemos decir que en las zonas con alta acidez se forman ácidos minerales fuertes (como el ácido sulfúrico), lo que a su vez incrementa el contenido de metales pesados por la corrosividad del agua ácida.

Se considera que para un pH inferior a 3,8 la acidez es de origen mineral y anormal (RODIER 1998); valores obtenidos en las estaciones de muestreo QH – 10 con pH = 3,41 y acidez = 54,57 mg/l CaCO<sub>3</sub>; y, QH – 22 con pH = 3,59 y acidez = 26,07 mg/l CaCO<sub>3</sub>; en la quebrada Minayaku, nos dan una relación inversa entre estos dos parámetros.

En general los resultados muestran predominancia de acidez en la época sin precipitaciones pluviales con respecto a la época con ellas, excepto en las estaciones QH – 10 y QH – 11, significando en que estos lugares producto de la erosión hídrica, junto con el agua son arrastrados sales hidrolizables de la *formación Chicama* (SA&ESA 1998).

Los valores mayores encontrados con respecto a los promedios anuales se encuentran en la estación QH – 10<sup>43</sup>, de 54,57 mg/l de CaCO<sub>3</sub> y en la estación QH – 21, de 37,04 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

En el curso de agua principal en las estaciones monitoreadas con respecto al promedio anual, aguas abajo se observa su disminución en 0,084 mg/l de CaCO<sub>3</sub> por Km. recorrido (para un correlación lineal de 0,95); probablemente a la existencia de calizas y yeso de la *formación Santa* y la *formación Carhuaz* (SA&ESA 1998).

---

<sup>43</sup> En [TAMBLYN99] se encontró valores de sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) de 188 mg/l (sal hidrolizable que aumenta la acidez), en el curso de agua Minayaku, siendo el valor mayor encontrado con respecto a todos sus demás puntos de muestreo.

### **Conductividad eléctrica**

La medida de la conductividad eléctrica permite evaluar rápida y aproximadamente la mineralización global del agua (RODIER 1998).

Considerando la reglamentación francesa sobre relación entre mineralización y la conductividad eléctrica, tenemos una mineralización media en las estaciones QH – 10 y QH – 22; una mineralización media acentuada en la estación QH – 21 y en las demás estaciones débil a muy débil mineralización.

Siendo las aguas de quebrada Honda una solución ácida, favorece el aumento del contenido de sales metálicas (metales pesados), incrementándose de manera significativa la conductividad eléctrica. Los valores obtenidos en la época de precipitaciones con relación a TAMBLYN (2000, febrero), para las estaciones de muestreo QH – 10 (503,62  $\mu\text{S/cm}$ ) y QH – 22 (543,67  $\mu\text{S/cm}$ ) con el punto 5 (329  $\mu\text{S/cm}$ ) son mayores.

Tamblyn (1999) con respecto al promedio en la época sin precipitaciones pluviales tiene resultados mínimamente mayores en las estaciones QH – 01 y QH – 02 con respecto a los puntos 9 y 8.

### **Oxígeno Disuelto**

Los valores de Oxígeno Disuelto son mayores a 3 mg/l en todas las estaciones de muestreo (por la turbulencia de las aguas), existiendo el necesario para sustentar la vida acuática; sin embargo es notoria la ausencia de organismos vivos en los cursos de agua, debido a la acción nociva de los contaminantes (alta acidez, bajo pH, y contenido de metales pesados) manifestadas por los resultados de toxicidad (con *Allium cepa* y *Daphnia sp*) de las aguas de la microcuenca quebrada Honda.

### **Potencial de iones hidrógeno (pH)**

Las aguas que provienen de terrenos pobres en calizas o silicatos tienen un pH próximo a 7 y algunas veces un poco inferior, aproximadamente 6 (RODIER 1998).

Las aguas naturales tienen normalmente valores de pH en la zona de 4 a 9, y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos y alcalino térreos (APHA – AWWA – WPCF 1992).

En los resultados observamos valores debajo de 4,5 de pH, producto de la presencia de ácidos inorgánicos ( $H_2SO_4$ ) (GLYNN 1999) originados por el sustrato de la *formación Chicama*, por donde atraviesan las aguas (SA&ESA 1998).

El pH está por debajo de los estándares de calidad de aguas para todas las Clases de la LGA (6,0 – 9,0), mostrando que los cursos de agua son ácidas, en su mayoría, y por tanto corrosivas (en los promedios de 11 estaciones de muestreo, sin importar la época con o sin precipitaciones).

La mayor variación e incidencia de pH se da en la época de precipitaciones pluviales, producto del arrastre de material mineralizado, que al juntarse con el agua forman ácidos (agua, oxígeno y mineral).

En las estaciones de muestreo QH – 10 y QH – 22 se tienen valores de pH inferiores a 3,8 lo que indica acidez de origen mineral (RODIER 1998).



### ***Temperatura***

Para obtener buenos resultados la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo; pues los resultados de algunos de los parámetros varían en función a ésta; principalmente el OD, la conductividad y pH.

En las estaciones QH – 05 y QH – 10 que son lugares en donde el agua es oscura, debida a la turbidez y por la relación de albedo el agua tiene una mayor temperatura (aproximadamente 2°C más con respecto a las demás estaciones). Nótese que la temperatura del agua (ver resultados) se incrementa con el contenido de sólidos, de igual forma en los glaciares que sobre él tienen partículas de polvo facilitan la deglaciación de los mismos.

### ***Turbidez***

La transparencia de una masa natural de agua es un factor decisivo para la calidad y productividad de esos sistemas (APHA – AWWA – WPCF 1992).

Usualmente cuando se examina el agua, una de las primeras propiedades que se suelen observar es la turbidez. En quebrada Honda los cursos de agua. Minayaku, Yanayaku y el curso principal de agua (Río Winoyo y río quebrada Honda), en general, visualmentente se observan turbios (una coloración negruzca), lo que es corroborado con los resultados de laboratorio.

El tipo de litología y la desprotección de la vegetación del sustrato produce una alta variabilidad de la turbidez (en QH – 10 la varianza fue de 4.0E+03).

La depredación de la flora (árboles y arbustos) se da principalmente por la pequeña minería asentada en la zona de estudio (por tala y quema), produciendo de esta manera daño ecológico a los ecosistemas naturales.

### ***Sólidos suspendidos***

No habiendo estándares para nuestra legislación hacemos uso de la Norma Oficial Mexicana NOM – 001 – ECOL – 1996 que establece los parámetros para contaminantes básicos según cuerpo receptor (ríos), estableciendo un LMP como promedio mensual de 150 mg/l (MENDOZA 2001); con esta consideración en todas las estaciones, los promedios anuales están dentro del estándar.

Los sólidos suspendidos en las aguas de quebrada Honda, predominan en la época sin precipitaciones pluviales, ocurriendo lo contrario en la estación de muestreo QH – 21.

Los lugares de mayor contenido de sólidos suspendidos son QH – 10, QH – 22, QH – 21 y QH – 01.

Los resultados obtenidos muestran susceptibilidad a la erosión en toda la subcuenca alta Marcará (quebradas Minayaku y Yanayaku) producto de la depredación de la flora y prácticas inadecuadas de la agricultura.

### ***Sólidos totales***

Las aguas de quebrada Honda tienen un alto contenido de sólidos totales, con respecto a la estación QH – 09 (control). Los sólidos totales del río principal predominan en la época sin precipitaciones, excepto en QH – 06.

Los lugares con mayor contenido de sólidos totales están en los cursos de agua en la quebrada Minayaku (QH - 10) y Yanayaku (QH - 21), lugares que en su parte alta el sustrato se encuentra desprovisto de vegetación.

Las aguas de quebrada Honda se contaminan debido a la erosión pluvial y eólica del sustrato, ya que los suelos se encuentran desprovistos de vegetación.

## **Sustancias no deseables**

### ***Aluminio***

El aluminio susceptible de encontrarse en el agua no presenta caracteres de toxicidad. El agua de buena calidad no debe sobrepasar de 5 mg/l (RODIER 1998).

“Según la Dra. Virginie Rondeau, de la Universidad Víctor Segalen de Burdeos II, junto con otros colegas sugieren en su estudio que una concentración de aluminio en el agua potable por arriba de 0.1 mg/l pudiera ser un factor de riesgo de la demencia, especialmente, Alzheimer”<sup>44</sup>.

En quebrada Honda aparentemente es notoria la presencia de aluminio, pues las piedras por donde pasa las aguas, en su superficie se observa una cubierta de color blanco, lo que es un indicador de la presencia de este elemento.

---

<sup>44</sup> En <http://www.geocities.com/HotSprings/Spa/7712/noticias/noticia-079.html>

El aumento de este metal en su concentración probablemente es producto de que en el sustrato por donde atraviesa el río existe este metal, y éste, aparentemente es indiferente a la actividad minera.

En el curso de agua principal (QH – 01, QH – 02 y QH - 03) en algún momento sobrepasan los LMPs de la Clase II de la LGA (0,2 mg/l). En la estación de muestreo QH – 21 (correspondiente a la quebrada Yanayaku), notoriamente se observa que en la época de precipitaciones hay una mayor concentración de 0,1 a 0,16 mg/l, producto al arrastre del material contenido en el sustrato por las lluvias.

#### ***Demanda Química de Oxígeno***

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. Esta medida es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen, orgánico o mineral (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>).

Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm, y en las residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación. (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>)

En la estación de muestreo QH – 09 (control) en su promedio anual se obtuvo un valor de 371,3 mg/l, lo que mostraría ser agua contaminada (<http://www.aguamarket.com/diccionario/>), pero los resultados de toxicidad (pruebas de *Allium* y *Daphnia*) muestran ser agua de buena calidad, significando que para nuestro estudio, este parámetro no tiene relación con la toxicidad.

En las aguas de quebrada Honda, en todas las estaciones obtuvimos tendencias horizontales y con respecto a su recorrido mostró una tendencia lineal (para el curso de agua principal una correlación de 0,66), disminuyendo sus valores en 4,11 mg/l por Km. (en los promedios anuales).

En la estación de muestreo QH – 10 (correspondiente a la quebrada Minayaku) su promedio anual es de 1 029,8 mg/l, el mayor valor en los cursos de agua estudiados. Valores relativamente altos se tienen también en las estaciones QH – 22 y QH – 28.

Teniendo una relación de DBO Vs. DQO, al graficar estos dos parámetros con respecto a los promedios anuales, no se obtuvo correlación, pues el valor obtenido fue de 0,160.

### **Hierro**

“En las muestras filtradas de aguas superficiales oxigenadas, el hierro raramente alcanza concentraciones de 1 mg/l. Algunas aguas subterráneas y drenajes superficiales ácidos pueden contener una cantidad de hierro bastante mayor” (APHA – AWWA – WPCF 1992).

Aldave (1989) en SOTELO (1994) señala que el hierro es tóxico para la mayor parte de algas (...), y la toxicidad se distingue frecuentemente cuando excede de 5,0 mg/l.

En general los mayores valores predominan en la época de precipitaciones pluviales, excepto en la estación QH – 09 (control) y QH – 05.

Los mayores valores (promedios anuales) se tienen en las estaciones de muestreo QH – 22 (1,54 mg/l), QH – 10 (1,07 mg/l) y QH – 06 (1,07 mg/l), los que exceden los estándares de calidad de aguas. Los valores más bajos están en las estaciones de muestreo QH – 09 (0,1 mg/l), QH – 05, QH – 01 y QH – 02.

TAMBLYN (1999), en su punto de muestreo #5 (4,80 mg/l) con respecto en la estación de muestreo QH – 10 (1,62 mg/l para el máximo encontrado) obtiene un valor mucho mayor a los obtenidos.

En quebrada Honda, el hierro existe naturalmente en su composición geológica, principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro (pirita), a pesar de ello estos se solubilizan en drenajes superficiales ácidos (principalmente en QH – 22). En condiciones anaeróbicas, también, el hierro férrico es reducido a hierro ferroso y la solución ocurre sin dificultad.

## **Sustancias tóxicas para la salud humana**

### ***Arsénico***

El arsénico está muy repartido en la biósfera: las rocas ígneas contienen de 1 a 9 mg/kg; los fosfatos naturales, 20 mg/kg; los carbones, 45 mg/kg, y las piritas de 5 a 6 g/kg (RODIER 1998); estos últimos abundantes en quebrada Honda.

En general el arsénico se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la Clase II de la LGA y con una concentración promedio, ligeramente mayor en el curso principal en la época de precipitaciones. El arsénico está levemente alto en las estaciones de muestreo QH – 04 y QH – 03, posiblemente influenciada por la mina Arequipa M. (mineral existente en su estructura geológica).

También se puede notar que el efluente de la quebrada Kankawa (Escalón) al confluir al curso principal (río Winoyo) incrementa el contenido de arsénico, lo que es notoriamente visible por la diferencia de las estaciones de muestreo QH – 06 y la estación QH – 03 (antes y después del afluente Escalón). Además en la época de precipitaciones en la estación QH – 03 se muestra también un incremento notorio de arsénico.

Aunque esta contaminación es mínima podría ser mitigada aplicando medidas de corrección en la mina Arequipa M, pues los efectos que podría producir el arsénico son: carcinogénesis, mutagénesis, teratogénesis entre otros.

### ***Cadmio***

En la naturaleza (minerales, suelos), el cadmio está asociado al zinc (RODIER 1998), mineral que se explota en quebrada Honda.

El lugar donde se sobrepasa los LMP de la Clase II de la LGA, (0,01 mg/l) en varias ocasiones y el único en su promedio anual es en la estación de muestreo QH – 06 (0,011 mg/l), probablemente a que en su recorrido recién en este lugar se solubiliza, y cuando el río comienza a neutralizarse en cuanto a su pH y/o aumentar el caudal, este metal también tiende a disminuir (por sedimentación y/o disolubilización).

TAMBLYN (1999) obtiene en todos sus resultados valores menores al estándar de comparación en la mayoría de estaciones, excepto en el control (QH - 09) y en QH – 12 (correspondiente al afluente de la quebrada Paqllash).

### **Níquel**

El procedimiento óptimo para el control de níquel es el de precipitación u ósmosis inversa. La precipitación óptima ocurre a pH mayor de 9,5. Aún con tratamiento con cal, el hidróxido de níquel tiene malas características de sedimentabilidad y, por tanto requiere sedimentación prolongada y filtración (ROMERO 1999).

El contenido de níquel en el agua potable no debería sobrepasar de 1 mg/l (RODIER 1998).

El níquel en todas las estaciones de muestreo en quebrada Honda superan los estándares de la LGA para todas las Clases.

El níquel en el río principal tiene valores promedios de 0,46 (QH – 06), 0,23 (QH – 03) 0,41 (QH – 02) y 0,44 (QH – 01) mg/l y en la estación de muestreo QH – 10 se tiene un promedio de 0,44 mg/l (siendo estos los mayores valores encontrados).

De lo anterior podemos observar que no hay una recuperación natural a diferencia de los demás parámetros estudiados (por ejemplo lo que ocurre con el pH).

Siendo el río Marcará uno de los afluentes más importantes del río Santa, en la estación de muestreo QH – 01 (próximo a la comunidad campesina de Vicos) el níquel tiene valores promedio que están entre 216,5 y 220,5 veces más que LMP de la LGA Clase II (0,002 mg/l) para las épocas: seca y de lluvias respectivamente; esto hace que sea un importante aportador de este elemento.



Los resultados obtenidos por el “MONICA Santa” (UNASAM 1999) en su estación de muestreo del río Marcará (afluente al río Santa), varían entre 0,010 y 0,080 mg/l de níquel, excepto en el mes de diciembre de 1998 que llega a tener un valor de 1,52 mg/l (como total); los resultados para la estación de muestre QH – 01 varían entre 0,39 y 0,48 mg/l, estando de alguna manera dentro del rango general del estudio antes mencionado (considerando que no son las mismas estaciones de muestreo).

En la estación tomada como control (filtración) QH – 09, el promedio del total de muestreos es superado en 25 veces.

### **Plomo**

Generalmente el contenido de plomo de las aguas superficiales no contaminadas no sobrepasa de 0,1 mg/l. Las normas americanas precisan que las aguas que contienen más de 0,05 mg/l de plomo son impropias para el consumo (RODIER 1998).

Siendo el plomo uno de los principales minerales que se explota por la minería asentada en quebrada Honda, en las estaciones de la mina Toma la Mano exceden en más de 5 veces (QH – 26) y en más de 3 veces (QH – 28) los estándares de la Clase II de la LGA, del mismo modo en la estación QH – 07, aguas debajo de la Mina se observa un promedio 2 veces por encima del estándar antes mencionado, comparado con el referente QH – 08 estación ubicada aguas arriba, muestra valores por encima del límite máximo permisible en la época seca y valores un tanto menores en la época de lluvias, lo que significa que dichas áreas son mineralizadas, que al estar desprovistas de vegetación y el mineral expuesto a la erosión, éste va a dar al agua, en donde se nota un incremento, acentuado por el bajo pH de estas aguas (de promedio anual 5,02) y alta solubilidad de éste metal.

En la Gráfica 25, de resultados de plomo observamos en el curso de agua Minayaku (QH – 10) tiene una alta contaminación por plomo y considerando el alto contenido de sólidos totales (promedio anual de 422,1), alta turbiedad (promedio anual de 75,3, un valor máximo de de 216 y una varianza de 4,0E+03) un bajo pH (promedio anual de 3,1) y una alta acidez total (promedio anual de 54,57) este afluente, es el que aporta mayor contaminación por plomo al curso principal de agua.

La estación de muestreo QH – 06 es un punto para determinar el efecto contaminante en la parte media alta de quebrada Honda, en este punto el plomo solamente sobrepasa mínimamente la LGA de la Clase II (promedio anual de 0,06) pero además tiene un bajo pH (promedio anual de 4,93) y una alta turbidez (promedio anual de 12,82 con una varianza de 4,7E+01), lo que hace que el curso principal de agua se siga contaminando debido a la facilidad que tiene este metal en disolverse cuando las aguas son ligeramente ácidas.

Lo anterior es corroborado, pues claramente se nota la presencia de plomo aguas abajo, en las demás estaciones del curso principal de agua, ya que su concentración sobrepasa en más de una vez el estándar de calidad de aguas de la LGA Clase II.

## **Parámetros biológicos**

### ***Coliformes totales***

No existe notoria contaminación por coliformes en toda la parte alta de quebrada Honda (para mayor detalle ver la discusión de la determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda).

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno***

Las aguas superficiales destinadas al consumo no deberían tener una DBO superior a 4 mg/l. Sin embargo, se ha de recordar que ciertos medios contaminados con pequeños valores de DBO pueden deberse a la presencia de elementos tóxicos inhibidores (RODIER 1998), lo que podría estar ocurriendo en quebrada Honda.

La DBO en las aguas de quebrada Honda para todas las estaciones de muestreo esta dentro de los estándares de calidad de aguas de la LGA Clase II (5 mg/l).

### **8.1.3. Por la naturaleza de la contaminación**

#### **Por sustrato mineralizado**

A pesar de faltar un estudio geológico detallado podemos decir que la contaminación en quebrada Honda se debe al afloramiento de la *formación Chicama*, compuesta de lutitas, areniscas y pizarras carbonosas, estas últimas son las que erosionan y contaminan las aguas de quebrada Honda (por ejemplo en el nevado Chinchay) (SA&ESA 1998).

Los lugares de mayor aporte de contaminantes se da en las quebradas Minayaku (producto de la erosión y transporte de la lengua glaciar de esta formación) y Yanayaku.

La recuperación natural de la acidez de las aguas ácidas en la parte alta se debe a la presencia de yeso y calizas en la *formación Carhuaz* (SA&ESA 1998).

### **Por actividad minera**

En las estaciones QH – 26 y QH – 28 existe una alta contaminación pues son efluentes de la mina Toma la Mano, (a pesar de tener un caudal mínimo (menor a 15 l/s el conjunto de todos los efluentes) y que a 500 metros abajo se infiltre) estas aguas alteran el entorno de la mina.

En la estación de muestreo QH – 07 (aguas debajo de la mina Toma la Mano) se observa que se superan los estándares de calidad de aguas en más de una vez y comparados con la estación de muestreo QH – 08 (aguas arriba de la mina, el efluente de una pequeña lagunilla), hay un incremento en la concentración de los diferentes parámetros estudiados.

En la estación QH – 04 en las últimas fechas de monitoreo se observó mineral en el curso de agua (luego de malogrado el volquete, este arrojó su carga al curso de agua), lo que causó el incremento en la concentración de algunos contaminantes (pues la mina no toma las precauciones necesarias para estos problemas).

En la estación QH – 05, en los bioensayos de toxicidad realizados (para este punto solamente una vez), a pesar de no superar los estándares de calidad de aguas de los diferentes parámetros de contaminación mostró ser una agua tóxica de acuerdo al bioensayo con *Daphnia sp* y poco tóxica para el bioensayo de *Allium cepa*.

### **Por ganadería**

Los resultados muestran no haber contaminación por coliformes fecales a pesar de que TAMBLYN (1999) y TAMBLYN (2000, enero) en sus resultados mencionó lo contrario.

## **8.2. Determinación de niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda**

### **8.2.1. Bioensayo con *Allium cepa***

Estudiando el índice mitótico y observando los controles de agua destilada y agua de mesa, en la primera se observó mayor índice mitótico, resultando que las aguas de muestreo de la estación QH – 10 es 18,41 veces tóxico, las aguas de la QH – 21 es 8,67 tóxico, las aguas de la estación QH – 06 es 2,91 veces tóxico y las aguas de la estación QH – 05 es 2,47 (proveniente del área de influencia de la mina Arequipa M.). Entonces lugares con cursos de agua tóxicos son los correspondientes a las estaciones mencionadas.

La prueba de *Allium* tiene buena correlación con otras pruebas sistemáticas de toxicidad (crecimiento) y genotoxicidad (aberraciones de cromosomas) (LIU 1993).

### **8.2.2. Bioensayo con *Daphnia sp***

De la observación a 24 horas de exposición de los organismos sometidos a prueba en las diferentes muestras de agua y comparadas con los controles se observa que en las estaciones QH – 05, QH – 07, QH – 10, QH – 21 y QH – 28 todos los organismos mueren; a diferencia del control de agua de mesa que solo mueren el 10%, lo que nos indica que estas aguas son muy tóxicas para organismos animales.

Las aguas de mayor toxicidad se encuentran en las estaciones de muestreo QH – 10, QH – 21, y QH – 28, pues a la hora de sometida la prueba de toxicidad notamos que los organismos que viven sólo son el 15%, 20% y 10% (respectivamente).

El microcrustáceo-cladócero *Daphnia magna* es universalmente usado como bioensayo para determinar toxicidad aguda (ISO 6341,1982) (CASTILLO 1996).

Pedro Zagatto y Eliana Goldstein al realizar estudios de toxicidad con *Daphnia similis* concluyen que los parámetros normalmente analizados para una estimación de calidad de aguas están de acorde con los límites previstos por la ley, situación que no excluye la posibilidad de que el agua sea inadecuada, pero las aguas que presentan toxicidad aguda indican las condiciones ambientales difíciles para mantener la vida acuática (ZAGATTO 1991).

### **8.3. Determinación de la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda**

#### **8.3.1. Coliformes totales**

Por los resultados obtenidos podemos decir que las aguas de quebrada Honda no hay contaminación fecal.

Los coliformes totales no sobrepasan los estándares de calidad de aguas de la Clase II de la LGA ( $2,0E+04$ ). Además al realizarse los estudios de contaminación de coliformes totales y fecales, entre los dos parámetros había similitud de resultados.

En la estación de muestreo ubicada a la altura de la comunidad campesina de Vicos (QH – 01), en la primera y segunda fecha de muestreo se observa que sobrepasaban el estándar de calidad de aguas, siendo el único lugar donde ocurrió este acontecimiento, probablemente debido a que la población asentada en el lugar carece de sistemas de tratamiento de excretas.

Según TAMBLYN (1999) existe una alta contaminación microbiológica en la cuenca baja, explicada por la buena cantidad de ganado en la zona y su libre acceso al río. Esta afirmación no es concordante con la investigación realizada, pues los resultados obtenidos muestran en general estar dentro del estándar de calidad de aguas de la Clase II de la LGA.

La actividad ganadera extensiva practicada en quebrada Honda, bajo las condiciones actuales no implica una alta contaminación por coliformes, a pesar de que las excretas del ganado van a dar al río.

Probablemente la alta contaminación por metales pesados y la acidez del agua hace que los coliformes mueran en los cursos de agua y no se perciba su presencia.

En un muestreo eventual en la parte alta de quebrada Honda, aguas abajo del control *in situ* (QH – 09) se noto que los coliformes sobrepasaban los estándares de la LGA Clase II (agua mínimamente contaminada con respecto a otros lugares de muestreo); de alguna manera confirmaría la aseveración anterior.

#### **8.4. Evaluación del sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos**

En los resultados obtenidos solamente aprueban el 15% de las personas capacitadas; lo que puede resultar engañoso, pues en las salidas de campo se notó que más de este porcentaje manejaba muy bien los procedimientos de análisis de agua. Además los exámenes de alguna manera puede ponerlos nerviosos, pues las personas no están acostumbradas a este tipo de presiones.

Cabe mencionar que algunas dificultades al momento de calibrar los equipos pueden ser la causa de los errores en la obtención de resultados, o el asegurarse en el viraje de color (percepción visual) para las pruebas colorimétricas.

Antes de implementar un sistema de monitoreo campesino es necesario realizar una investigación y reconocimiento previo de la población y del área donde ha de implementarse, además esto debe ser realizado por personas convenientemente capacitadas (un ingeniero ambiental), pues el proyecto “Agua para siempre” lo hizo notar, a pesar de contar con una evaluación ambiental previa, y profesionales de diferentes áreas (que es lo recomendable en todo proyecto de este tipo), hubieron errores en escoger los parámetros y los métodos.



## CAPÍTULO IX.

### CONCLUSIONES

---

- 9.1. Las fuentes de contaminación de las aguas de quebrada Honda son:
- La *Formación Chicama* (desprovista de vegetación por depredación de los mineros) que aflora en los nevados Jakabamba (debajo de la lengua glaciar Condormina y el margen derecho de la quebrada Minayaku – Garrosa) y la quebrada lateral Yanayaku (cabecera y paredes laterales).
  - La mina Toma la Mano, a pesar de tener un pequeño caudal (menor a 15 l/s en la época de precipitaciones pluviales) y demás minas abandonadas; son muy contaminantes para su entorno y área de influencia (local), poco significantes individualmente, pero en conjunto producen efectos sinérgicos, acumulativos e indirectos.
- 9.2. Los ensayos de toxicidad como resultado de los bioensayos muestran contaminación severa en las aguas, en la prueba de *Allium* la restricción en el crecimiento de las raíces se puede tomar como una medida del grado de contaminación y admitirse como evidencia del deterioro ambiental.

Los lugares de mayor toxicidad en las aguas de quebrada Honda se presentan en:

- El curso de agua Minayaku (QH – 22 y QH - 10) y Yanayaku (QH - 21), donde las aguas tienen un bajo pH ( $< 4$ ), hay un alto contenido de sólidos y metales pesados (como el plomo), que son muy tóxicos para los bioensayos de pulga de agua y de *Allium cepa*; así como para la toxicidad química.
- Las aguas provenientes del área de influencia de la mina Arequipa M. (QH – 05), que muestra niveles altos de toxicidad para la prueba de pulga de agua y regularmente tóxica para la prueba de cebolla común (*Allium*), pese a estar dentro de los estándares en los parámetros físico-químicos individualmente analizados, lo que demuestra la necesidad de los bioensayos en las evaluaciones de control de calidad ambiental.
- Las aguas del río Vicos (QH - 01) presentó una alta toxicidad química, a pesar que en los bioensayos no resultó ser agua tóxica, producto de la interacción de otros elementos que inhiben el efecto nocivo a los seres vivos (como la presencia de zinc).

9.3. Los cursos de agua en quebrada Honda no presentan coliformes (por encima de los estándares de calidad), debido a la alta contaminación de los ríos por metales pesados.

9.4. El Sistema de Monitoreo Campesino, de la comunidad campesina de Vicos, es una demostración de trabajo e interés de personas que sin mucho conocimiento técnico manejan equipos, métodos de medición y control de calidad de aguas; considerando estándares y métodos internacionales; los que han sido escogidos mediante evaluaciones de la realidad local, individual y áreas de estudio.

## CAPÍTULO X.

### RECOMENDACIONES

---

---

10.1. Para disminuir la contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda se recomienda:

- Implementar acciones de restauración ambiental mediante sucesión ecológica, reforestación y forestación con especies nativas (como *Polylepis sp.*), colaborando las empresas mineras que laboran en el área (minas: Toma la Mano, Arequipa M., Garrosa, Esperanza y Santa Ana), el Parque Nacional Huascarán, INRENA, ONGs (The Mountain Institute Inc. y la Asociación Urpichallay), y los usuarios de las aguas de quebrada Honda (la comunidad campesina de Vicos, EGENOR y los proyectos de irrigación Chavimohic – Chinecas); disminuyendo así la presencia de sólidos mineralizados en los ríos.
  
- Construir zanjas de coronación sobre las minas, evitando mezclar las aguas de escorrentía con materiales mineralizados<sup>45</sup>.

---

<sup>45</sup> Un ejemplo de este tipo se observa en la mina Garrosa, aunque construida para facilitar el trabajo en la mina es una buena práctica de mitigación de impactos ambientales.

- Monitorear los efluentes de las empresas mineras, las aguas que atraviesan por las minas y las aguas que se infiltran; determinando las condiciones de calidad, caudal y su recorrido; considerando y cumpliendo los estándares establecidos por el MEM y la LGA.
- Que las minas recientemente puestas en operación (Santa Ana y Esperanza) deben trabajar cuidando el ambiente, con los especialistas (Ingenieros Ambientales), y cumpliendo la normatividad vigente en nuestro país (realizando sus Evaluaciones de Impacto Ambiental); pues de lo contrario serán fuentes de contaminación.
- Incorporar prácticas de agricultura sostenible, mediante conservación de suelos, uso de cultivos mixtos y sin agroquímicos, evitando la pérdida de suelos y contaminación por tóxicos químicos.
- Incentivar el turismo de aventura, ecológico, vivencial y científico como alternativa de desarrollo para los habitantes de Vicos; pues esta zona es biodiversa tanto en su agricultura como en su naturaleza. La siembra de especies nativas tal vez únicas es una ventaja competitiva, pues si consideramos que el hombre siempre busca lo diferente, la zona de quebrada Honda y el Perú podrían satisfacer estos requerimientos (haciendo que el mundo venga a nosotros).
- Finalmente trabajar en la recuperación y descontaminación de los ríos de las cuencas empezando por las partes altas, pues de muy poco sirve recuperar y tratar de arreglar las zonas bajas, si en la cuenca alta se sigue contaminando y se sigue depredando.

10.2. Con respecto a los niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda se recomienda:

- Implementar en los análisis de calidad ambiental pruebas biológicas y bioensayos; para evaluar el riesgo de la interacción de sustancias en aguas, suelos, o barros contaminados; ya que los organismos no responden a cada sustancia en forma aislada, sino tal vez a fenómenos de antagonismo o sinergismo.
  
- Incorporar los bioensayos en la legislación peruana, teniendo en cuenta que a la fecha, en nuestro país existen datos sobre bioensayos que evalúan toxicidad en muestras de agua utilizando el meristemo de *Allium cepa*<sup>46</sup> o simplemente la longitud alcanzada por su raíz, *Daphnia sp*, y otros, hacen posible su viabilidad técnica. Considerando que Argentina, Chile, Brasil y los países desarrollados tienen a los bioensayos como una exigencia en la evaluación de la calidad ambiental.
  
- Replicar los bioensayos, pues en general son económicos y fáciles de realizar, como medir la longitud de la raíz del bulbo de *Allium cepa*<sup>47</sup>, que es una alternativa para el control de los efluentes de las diversas actividades antrópicas y para ayudar al cuidado ambiental.

10.3. Con respecto a la contaminación fecal en las aguas de quebrada Honda se recomienda.

- Cambiar o minimizar, al necesario, el ganado vacuno y caballar, sustituyéndolos por auquénidos, los que deberán ser traídos de otros lugares.

---

<sup>46</sup> En [SOTELO94], [MENDOZA01] y la presente entre otros.

<sup>47</sup> Realizado en esta investigación y en el Proyecto “agua para Siempre” por promotores ambientales de la comunidad campesina de Vicos.

- Construir abrevaderos para el ganado, ubicando fuentes no contaminadas considerando diseños adecuados, donde las excretas de los animales (del ganado vacuno) no se incorporen directamente a los cursos de agua.
- En la zona agrícola (quebrada Honda), y en las zonas altas de Vicos implementar sistemas de disposición sanitaria de excretas, considerando necesariamente el nivel freático del agua (para no contaminarla), diseños que no modifiquen notoriamente el paisaje rural y que sean sostenibles.

10.4. Con respecto a la evaluación del Sistema de Monitoreo Campesino de la comunidad campesina de Vicos se recomienda:

- Formar promotores ambientales con personas de las comunidades campesinas e indígenas, como una alternativa para el cuidado del ambiente y para la fomentar una conciencia ambiental.
- Realizar estudios de base científico antes de implementar un Sistema de Monitoreo Campesino para determinar los parámetros críticos, y plantear una propuesta práctica, fácil y manejable.
- Implementar los bioensayos en los sistemas de monitoreo siendo una alternativa la cebolla común, pues sus resultados son válidos científicamente.
- Incorporar equipos digitales para el monitoreo local, que sean fáciles de calibrar y mantener, teniendo además convenios con instituciones que den el mantenimiento periódicamente. De lo contrario se debe recomendar métodos colirimétricos de fácil lectura y procedimiento de análisis.

## CAPÍTULO XI.

### BIBLIOGRAFÍA

---

---

AIDIS (1996). XXV CONGRESO INTERAMERICANO. "Consolidación para el Desarrollo". D. F. México.

ADMUR Mary O. et al (1991). "Casarett and doull's toxicology the basic science of poisons". Pergamon Press. Cuarta Edición. McGraw-Hill. USA.

ALBERT, L. (1990) "Curso básico de Toxicología Ambiental". Centro panamericano de ecología humana y salud – Organización panamericana de la salud – Organización mundial de la salud. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Segunda edición. Primera reimpresión. D. F. México.

ÁLVAREZ, J. (1999). "Así converso con mis semillas". Asociación Urpichallay. Marcará – Carhuaz – Ancash – Perú.

APHA – AWWA – WPCF (1992). "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid – España.

ARRATE, M. et al (1999). "Protocolo de vigilancia sanitaria específica plomo". MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Comisión de Salud Pública. Consejo ínter territorial del sistema nacional de salud. Madrid – España.

ASTE, J. (2000, octubre). "Minería y Contaminación Ambiental en el Perú". Grupo Temático Medio Ambiente. NIVIB. Primera edición. Lima – Perú.

ATIMM. Alta Tecnología e Inversión Minera y Metalúrgica S.A. (1997, setiembre). "Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de Producción Minera a 300 TMs/día – Mina Arequipa M". Lima – Perú.

BROUGHTON, L. (1993). "Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua". Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú. Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima – Perú.

CÁCERES, G. y CAMONES E. (2001, diciembre). "Modelización de los componentes no conservativos y bacteriológicos de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Huaraz y su relación con la calidad del agua del río santa". Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ciencias del ambiente. Huaraz – Ancash – Perú.

CASTILLO, G. et al (1996, noviembre). XXV CONGRESO INTERAMERICANO "Consolidación para el desarrollo". MEMORIAS TÉCNICAS. AIDIS. D.F. México.

CHASQUIBOL, N. (1997). "Acreditación de laboratorios". UNMSM - Facultad de Química e Ingeniería Química. Lima – Perú.

DEUTSCH, W. et al (1997, mayo). "Alabama Water Watch". Auburn University. Alabama Department of Environmental Management. Alabama – USA.



DEUTSCH, W. et al (2001, abril) "Manual de laboratorio y campo para el monitoreo de calidad del agua en la región andina". SANREM CRSP Ecuador. Centro de acuicultura y ambientes acuáticos. Universidad de Auburn. Alabama – USA.

FOX, R. (1994). "Invertebrate anatomy – *Daphnia magna*". Department of biology. Lander University. Greenwood, SC 29649.  
<http://www.lander.edu/rsfox/daphnia.html>

FUNDACIÓN IBEROAMERICANA. (1999). "Ecología". Universidad Gran Canarias. España.

GLYNN, H. y HENKIE, G. (1999). "Ingeniería Ambiental". PRENTICE HALL. Segunda edición. D.F. México.

GOLA, N. y CAPPELDETTY (1965). "Tratado de Botánica". Editorial Labor S.A. Segunda reimpresión. Impreso en Barcelona – España.

<http://www.aguamarket.com/diccionario/>. "Diccionario del agua". AGUAMARKET. 2002/07/06.

<http://ei.cornell.edu/toxicology/bioassays/daphnia/adapt.asp>. "Bioassays Using *Daphnia*". Environmental Inquiry. Cornell University and Penn State University. 2001/05/05.

<http://www.geocities.com/HotSprings/Spa/7712/noticias/noticia-079.html>. Noticia – 079. "El aluminio en el agua puede incrementar el riesgo de Alzheimer". 2001/03/21.

World Health Organization (1996). "Health criteria and other supporting information". Water and Sanitation – Protection of the Human Environment – Guidelines for drinking quality. Volume II. Geneva.

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Summary\\_tables/Sumtab.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/Sumtab.htm).

World Health Organization (1998). "Addendum to Volume II. Health criteria and other supporting information". Geneva.

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Summary\\_tables/Sumtab.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/Sumtab.htm).

MENDOZA, Y. y VÁSQUEZ, L. (2001, julio). "Evaluación de la Calidad de Aguas de riego del Valle Santa Lacramarca". Universidad Nacional de Ancash – Facultad de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Ancash – Perú.

MORALES, B. (1997, agosto). "Reconocimiento Glaciológico Geológico de la quebrada Honda". Corporación Peruana del Santa. Oficina PATI. Electro Perú S.A. Glaciología y Seguridad de Lagunas. Biblioteca. Huaraz – Perú.

TAMBLYN, D. (1999, julio). "Informe sobre la calidad de agua en la quebrada Honda". Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Facultad de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Ancash – Perú.

TAMBLYN, D. (2000, enero). Informe de "Comparación de la calidad de aguas en las quebradas Cojup, Ishinca y Honda en la Cordillera Blanca del Perú". Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Facultad de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Ancash – Perú.

TAMBLYN, D. (2000, febrero). "Estudio de línea base ambiental preliminar de la quebrada Honda de la Cordillera Blanca del Perú". Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Facultad de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Ancash – Perú.

LIU, L. y DUTKA, B. (1993, agosto). "Environmental Toxicology and Water Quality". Volume 8, Number 3. An International journal. Department of Genetics. University of Lund. S 223 62. Lund – Sweden.

Rodier, J. (1998). "Análisis de las aguas – aguas naturales – aguas residuales – agua de mar". Traducido por Santiago Balagué Doiz. Tercera reimpresión. Ediciones Omega S.A. Barcelona - España.

RAMALHO, S. (1993). "Tratamiento de Aguas Residuales". Editorial Reverte. S.A. Segunda Edición. Barcelona – España.

ROMERO. A. (1999). "Calidad del agua". Editorial escuela colombiana de ingeniería. Segunda edición. Alfaomega. D.F. México.

ROMERO, A. (2000, enero). "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - Teoría y principios de diseño". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera Edición. Bogota – Colombia.

SA&E S.A (1998, mayo). "Estudio de Factibilidad y Definitivo para el desagüe de la laguna Paqllashkocha Cuenca del río Santa". Sistemas, Agua y Energía S.A. Electro Perú S.A. Gerencia de Producción Glaciología y Recursos Hídricos. Lima – Perú.

SIANCAS, M. et al (1999, septiembre). "Estudio de Impacto Ambiental para iniciar explotación de metales poli metálicos en la UEA Toma la Mano". SINMA SR Ltda. "Servicios Integrales de Energía y Medio Ambiente". Lima – Perú.

SOTELO, M. (1994). "Niveles de acumulación de metales pesados en agua, suelo y productos agrícolas y la importancia de sus efectos en la proliferación celular *Allium cepa* – Valle de Moche". Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo – Facultad de Ciencias del Ambiente. Huaraz – Perú.

UNASAM (1999). "Monitoreo de la calidad de las aguas de la cuenca del Santa". Convenio interinstitucional P.E. CHAVIMOCHIC – P.E. CHINECAS – EGENOR S.A.A. – UNASAM. INFORME FINAL. Huaraz – Ancash – Perú.

VÁSQUEZ, A. (1997). "Manejo de Cuencas Alto Andinas". Universidad Nacional Agraria la Molina. Escuela Superior de Administración de Aguas CHARLES SUTTON. Lima – Perú.

ZAGATTO, P. y GOLDSTEIN, E. (1991). "Toxicidade em águas do Estado de São Paulo". Revista Cetesb de tecnologia "**ambiente**". Volumen 5. Número - 1991 - ISSN 0102-8685 – Secretaría de Estado do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro de Informação, Ciencia e Tecnología do CNPq. Brazil

## **ANEXOS**

---

## Anexo 01. Caudales en la microcuenca quebrada Honda

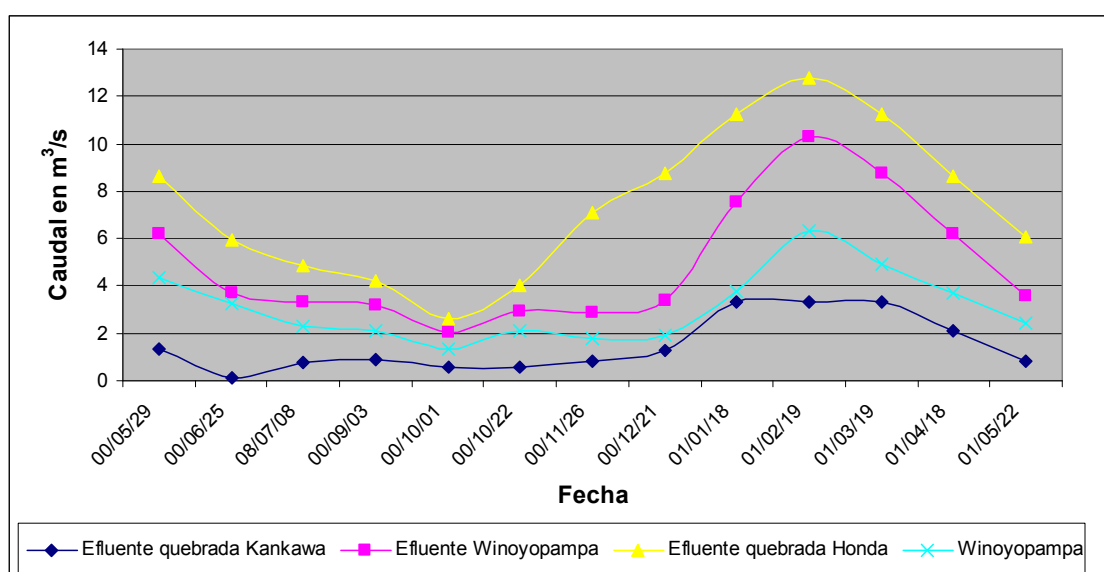
Tabla 21. Caudales en m<sup>3</sup>/s en diferentes lugares de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo).

Fecha	Efluente Winoyopampa	Winoyopampa	Efluente quebrada Kankawa	Efluente quebrada Honda
00/05/29	6,1811	4,3572	1,3398	8,6506
00/06/25	3,7055	3,2340	0,1123	5,9164
08/07/08	3,3131	2,2946	0,7635	4,8349
00/09/03	3,2090	2,0907	0,8860	4,2469
00/10/01	2,0341	1,3410	0,5442	2,6304
00/10/22	2,9117	2,0809	0,5997	3,9999
00/11/26	2,8770	1,8158	0,8594	7,0711
00/12/21	3,3981	1,8919	1,2960	8,7705
01/01/18	7,5193	3,7843	3,3145	11,2537
01/02/19	10,3220	6,3067	3,3145	12,7914
01/03/19	8,7842	4,9228	3,3145	11,2537
01/04/18	6,1811	3,6848	2,0870	8,6506
01/05/22	3,5781	2,4468	0,8594	6,0476

Los datos en cursiva fueron extrapolados en función a la variación anual de la estación hidrométrica de Chancos (1953 - 1994) y datos en los lugares de aforo.

Fuente: el autor

Gráfica 34. Caudales encontrados en los cursos principales de agua de quebrada Honda (2000, mayo – 2001, mayo).



## **Anexo 02. Exámenes de evaluación del sistema de monitoreo campesino**

### **Primer examen teórico**

Nombres: .....

Apellidos: .....

Fecha: 2001 enero 24

1. ¿Qué hacer para salir a muestrear?
2. ¿Qué es muestreo?
3. ¿Cómo se toman muestras?
4. ¿Para qué estas aprendiendo?
5. ¿Qué indica posiblemente?
  - a. pH < 5 y conductividad alta
  - b. pH > 8 y conductividad alta
  - c. pH = 7 y conductividad baja
  - d. pH < 5 y conductividad baja

### **Primer examen práctico**

#### **Comparación de análisis**

**Tabla 22. Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 enero 22.**

Promotor	Estación	pH (pH 3)	pH	Conductividad eléctrica	Oxígeno Disuelto	Acidez	Hierro
				μS	mg/l O <sub>2</sub>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l Fe
PA - 02	QH - 02	6,00	6,20	180	5,30	180	0,00
PA - 03	QH - 10	3,10	3,10	200	7,40	150	ND
PA - 04	QH - 06	5,30	4,90	470	6,90	209	1,84
PA - 05	QH - 12	6,30	7,30	220	7,80	50	0,05
PA - 07	QH - 03	5,80	5,80	160	9,50	150	1,04
PA - 08	QH - 01	7,50	6,20	170	9,70	190	0,61
PA - 09	QH - 09	6,40	7,20	240	7,10	120	0,03
PA - 11	QH - 11	4,90	5,30	170	6,80	50	0,17
PA - 12	QH - 04	7,70	7,40	170	8,90	89	0,13
PA - 13	QH - 21	4,30	4,40	180	0,63	196	ND

**Tabla 23. Resultados obtenidos por el equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001, enero 22).**

Estación	Análisis	Temperatura °C	pH	Conductividad eléctrica	Oxígeno Disuelto	Acidez	Hierro
				μS	mg/l O <sub>2</sub>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l Fe
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
QH - 02	Laboratorio	17,05	5,78	107	5,39	3,00	0,28
QH - 10	Laboratorio	15,40	3,27	594	5,71	110,00	1,42
QH - 06	Laboratorio	19,20	4,83	129	5,36	8,00	1,12
QH - 12	Laboratorio	20,20	5,82	92	5,10	10,00	0,35
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
QH - 03	Laboratorio	16,20	4,92	121	5,79	4,00	1,09
QH - 01	Laboratorio	20,00	6,27	86	5,39	2,00	0,24
QH - 09	Laboratorio	18,60	6,01	43	5,42	1,00	0,10
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
QH - 11	Laboratorio	18,20	4,88	107	5,54	35,00	1,25
QH - 04	Laboratorio	13,30	5,58	101	5,93	3,00	0,59
QH - 21	Laboratorio	20,80	4,31	164	5,31	50,00	0,48

### Toma de muestras de agua

Consideraciones para tener nota aprobatoria:

1. Enjuagar tres veces los recipientes de muestreo con el agua a ser tomada como muestra.
2. Al tomarse una muestra, la mano debe estar en sentido opuesto al flujo de agua (para cursos de agua).
3. La muestra debe en lo posible tomarse en el centro del río (alejado de las orillas).
4. La muestra debe tomarse debajo de la superficie, (y para la mayoría de los casos sin burbujas de aire).

**Tabla 24. Resultados de toma de muestras (2001, enero 24)**

Consideraciones	1	2	3	4	Nota práctica (muestreo)
<i>Puntaje máx.</i>	5,00	5,00	5,00	5,00	20,00
PA - 02	4,00	5,00	5,00	3,00	17,00
PA - 03	5,00	5,00	2,00	1,00	13,00
PA - 04	0,00	5,00	2,00	0,50	7,50
PA - 05	3,50	5,00	1,00	0,50	10,00
PA - 07	5,00	5,00	5,00	3,00	18,00
PA - 08	4,00	5,00	5,00	1,25	15,25
PA - 09	2,50	5,00	5,00	3,00	15,50
PA - 11	5,00	5,00	2,00	1,00	13,00
PA - 12	5,00	5,00	2,00	1,00	13,00
PA - 13	1,50	5,00	5,00	3,00	14,50



## Segundo examen teórico

Nombres: .....

Apellidos: .....

Fecha: 2001 abril 21

1. ¿Cuáles son las principales razones que justifican tener un plan de muestreo (el protocolo)?
2. ¿Qué es una muestra?
3. Describir el procedimiento a seguir en la prueba biológica de la cebolla (*Allium cepa*) aprendida en las Clases
4. ¿Que indica posiblemente?
  - a. pH = 7 y conductividad baja:
  - b. pH > 7 y conductividad alta:
  - c. Relación entre acidez y alcalinidad (interpretación):
5. ¿En que parte del río se toma la muestra de agua?

## Segundo examen práctico

Tabla 25. Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 abril 21.

Promotor	Estación	Temperatura	pH (3)	pH	Conductividad eléctrica	Oxígeno Disuelto	Acidez	Alcalinidad
PA - 02	QH - 02	ND	6,1	5,7	90	4,4	16	24
PA - 03	QH - 04	ND	5,5	ND	90	6,1	29	20
PA - 04	QH - 05	ND	5,4	ND	60	10,9	24	80
PA - 05	QH - 12	ND	4,9	ND	70	6,7	200	30
PA - 06	QH - 06	ND	4,2	ND	100	6,9	36	14
PA - 07	QH - 10	ND	2,2	ND	550	5,6	2000	0
PA - 09	QH - 11	ND	3,8	ND	0,08	7,6	290	15
PA - 10	QH - 01	ND	5,2	ND	0,08	8,5	30	60
PA - 11	QH - 07	ND	2,9	ND	90	6,3	40	75
PA - 12	QH - 03	ND	5,5	ND	90	6,1	29	20
PA - 13	QH - 09	ND	5,2	ND	30	5,5	21	15

**Tabla 26. Resultados obtenidos por equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001 abril 21**

Promotor	Estación	Temperatura	pH	pH	Conductividad eléctrica	Oxígeno Disuelto	Acidez	Alcalinidad
PA - 02	QH - 02	10,2	7,26	7,26	104	5,09	4,5	ND
PA - 03	QH - 04	10,2	6,73	6,73	136	5,8	4,8	ND
PA - 04	QH - 05	10	6,69	6,69	120	5,63	5	ND
PA - 05	QH - 12	14,2	6,15	6,15	105	5,48	10	ND
PA - 06	QH - 06	12,3	4,04	4,04	182	5,71	9,5	ND
PA - 07	QH - 10	13,1	3,30	3,30	641	5,11	58	ND
PA - 09	QH - 11	14	4,45	4,45	168	5,66	29,8	ND
PA - 10	QH - 01	10,4	7,64	7,64	108	5,2	4	ND
PA - 11	QH - 07	12,4	3,84	3,84	219	5,1	6	ND
PA - 12	QH - 03	9,8	6,02	6,02	119	5,98	4	ND
PA - 13	QH - 09	14,3	6,73	6,73	83	4,99	2	ND

### Tercer examen teórico

Nombres: .....

Apellidos: .....

Fecha: 2001 mayo 30

1. ¿En una cuenca como evaluar la calidad del agua?

Palomino Cadenas Edwin (UNASAM)

2. ¿Qué parámetros necesariamente se deben determinar en campo?

Palomino Cadenas Edwin (UNASAM)

3. Relacionar (lo más correcto):

- |                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| a. pH            | f. Contaminación agrícola |
| b. coliformes    | g. Contaminación fecal    |
| c. plomo         | h. Concentración de iones |
| d. Aldrín        | i. Relaves ácidos         |
| e. Conductividad | j. Metal pesado           |

Palomino Cadenas Edwin (UNASAM)

.....  
 .....



### Tercer examen práctico

**Tabla 27. Resultados obtenidos por el SMC, el 2001 mayo 30.**

Promotor	Código	Hora	Temperatura	Oxígeno Disuelto	pH	Dureza	Alcalinidad	Turbiedad	Acidez Total
			°C	mg/l	Unidad estandar	mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	UNT	mg/l CaCO <sub>3</sub>
PA - 01	QH - 05	13:00	19,50	7,00	6,50	30,00	15,00	0,00	200,00
PA - 03	QH - 10	16:27	19,00	5,00	4,00	310,00	0,00	ND	3,00
PA - 04	QH - 03	15:00	10,00	8,90	5,50	50,00	0,00	100,00	ND
PA - 06	QH - 12	12:24	11,00	6,90	6,50	40,00	15,00	0,00	ND
PA - 07	QH - 11	13:45	ND	7,00	5,50	50,00	10,00	5,00	50,00
PA - 09	QH - 02	12:30	15,00	ND	6,50	40,00	10,00	20,00	100,00
PA - 11	QH - 21	12:10	11,00	8,00	4,00	70,00	0,00	ND	15,00
PA - 12	QH - 01	12:50	17,00	7,50	7,50	50,00	35,00	10,00	5,00
PA - 13	QH - 08	15:00	18,50	7,00	5,20	30,00	10,00	ND	13,00

**Tabla 28. Resultados obtenidos por equipo de laboratorio (FCAM-UNASAM), el 2001 mayo 30.**

Laboratorio	Código	Hora	Temperatura	Oxígeno Disuelto	pH	>	Alcalinidad	Turbiedad	Acidez Total
			°C	mg/l	Unidad estandar	mg/l CaCO <sub>3</sub>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	UNT	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Laboratorio	QH - 05	14:25	18,50	9,49	ND	37,00	4,00	1,00	10,00
Laboratorio	QH - 10	15:45	20,80	5,28	ND	118,00	3,00	66,00	90,00
Laboratorio	QH - 03	14:22	19,10	5,67	ND	67,00	4,00	9,00	6,00
Laboratorio	QH - 12	12:24	ND	8,29	ND	48,00	5,00	1,20	4,50
Laboratorio	QH - 11	14:45	18,90	5,98	ND	48,00	3,00	1,00	12,00
Laboratorio	QH - 02	14:44	16,10	6,30	ND	55,00	4,00	14,00	5,00
Laboratorio	QH - 21	12:10	9,90		ND	116,00	2,00	34,00	38,60
Laboratorio	QH - 01	16:00	20,40	5,59	ND	47,00	4,00	15,00	5,00
Laboratorio	QH - 08	16:55	18,20	5,47	ND	10,2	2	20	10,2

### **Anexo 03. Datos de evaluación del sistema de monitoreo campesino**

**Tabla 29. Resumen de datos de la Evaluación del Sistema de monitoreo campesino**

Promotor	Ev T 01	Ev P 01	Ev T 02	Ev P 02	Ev T 03	Ev P 03	Intervención	<b>Promedio</b>
<b>PA - 01</b>	NP	2,50	0,00	5,00	12,25	5,00	14,00	<b>6,46</b>
<b>PA - 02</b>	11,50	11,00	9,00	5,00	NP	5,00	14,00	<b>9,25</b>
<b>PA - 03</b>	6,00	9,00	8,25	5,00	6,25	5,00	16,00	<b>7,93</b>
<b>PA - 04</b>	NP	10,75	8,25	5,00	9,25	5,00	14,00	<b>8,71</b>
<b>PA - 05</b>	10,00	12,00	6,75	5,00	NP	5,00	15,00	<b>8,96</b>
<b>PA - 06</b>	NP	2,50	11,50	8,00	9,00	5,00	14,00	<b>8,33</b>
<b>PA - 07</b>	11,75	13,00	11,75	5,00	6,75	9,00	16,00	<b>10,46</b>
<b>PA - 08</b>	13,25	10,13	0,00	5,00	NP	5,00	14,00	<b>7,90</b>
<b>PA - 09</b>	6,00	10,25	5,25	5,00	NP	5,00	14,00	<b>7,58</b>
<b>PA - 10</b>	NP	2,50	9,75	5,00	NP	5,00	14,00	<b>7,25</b>
<b>PA - 11</b>	8,75	9,00	8,00	5,00	10,25	7,00	14,00	<b>8,86</b>
<b>PA - 12</b>	11,25	9,00	13,50	8,00	9,75	7,00	16,00	<b>10,64</b>
<b>PA - 13</b>	13,00	11,25	15,25	5,00	11,75	9,00	14,00	<b>11,32</b>

PA<sub>i</sub> : Promotor ambiental i

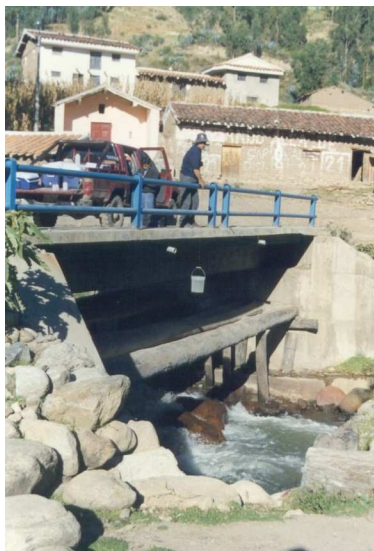
EvT<sub>j</sub> : Evaluación teórica j

EvP<sub>k</sub> : Evaluación práctica k

NP : No se presentó

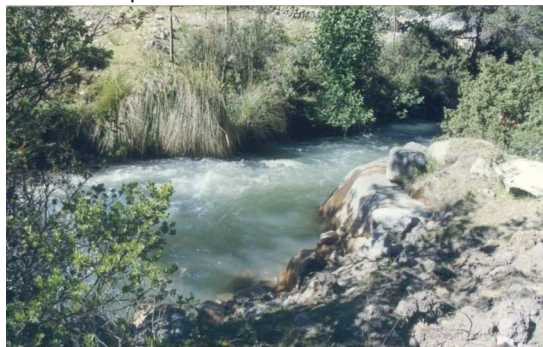
Fuente: el autor

## Anexo 04. Principales estaciones de muestreo



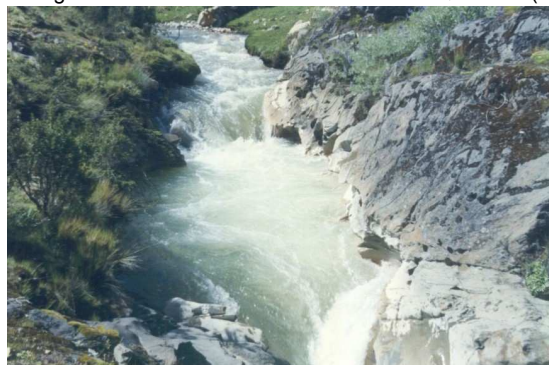
Fotografía 20. Estación de muestreo QH – 01 (izquierda).

Fotografía 21. Estación de muestreo QH – 02 (derecha). Entrada a quebrada Honda.



Fotografía 22. Estación de muestreo QH – 03 (izquierda).

Fotografía 23. Estación de muestreo QH – 06 (derecha) – Winoyopampa.



Fotografía 24. Estación de muestreo QH – 09 (izquierda). Filtración, estación de comparación sin posible contaminación.

Fotografía 25. Estación de muestreo QH – 04 (derecha). Quebrada Escalón



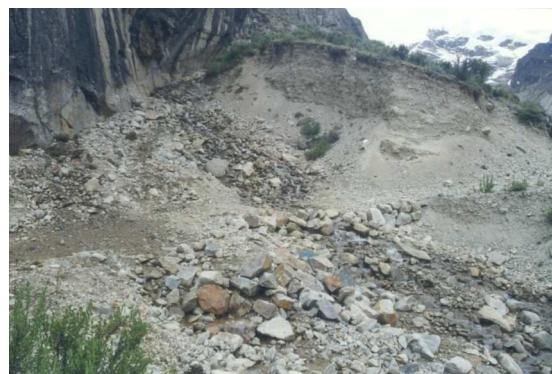


Estación de muestreo QH – 05, a partir de una muestra compósita<sup>48</sup>

Fotografía 26. Estación de muestreo QH – 05a curso de agua que pasa por los desmontes de la mina Arequipa M

Fotografía 27. Estación de muestreo QH – 05b (inferior izquierda). Agua que viene del área de influencia de la mina Arequipa M.

Fotografía 28. Estación de muestreo QH – 05c (inferior derecha). Pequeño efluente con influencia de la actividad antro pica de la mina Arequipa M.



Fotografía 29. Estación de muestreo QH – 07 (izquierda). Efluente de pequeña laguna ubicada encima de la mina Toma la Mano

Fotografía 30. Estación de muestreo QH – 08 (derecha). Pequeño curso, agua debajo de la influencia de la mina Toma la Mano.



<sup>48</sup> Formada por dos o más incrementos. Su composición es considerada como promedio y elimina la necesidad de analizar un número elevado de muestras o incrementos (CHAQUISBOL 1997).

Fotografía 31. Estación de muestreo QH – 10 (izquierda). Afluente proveniente de la quebrada Minayaku.

Fotografía 32. Estación de muestreo QH – 11 (derecha). Afluente proveniente de la laguna Pukaranrakocha (Laguna Winoyo)



Fotografía 33. Estación de muestreo QH – 12 (izquierda). Afluente proveniente de la laguna Paqllashkocha.

Fotografía 34. Estación de muestreo QH – 21 (derecha). Afluente proveniente de dos pequeñas quebradas, las que forman Yanayaku.

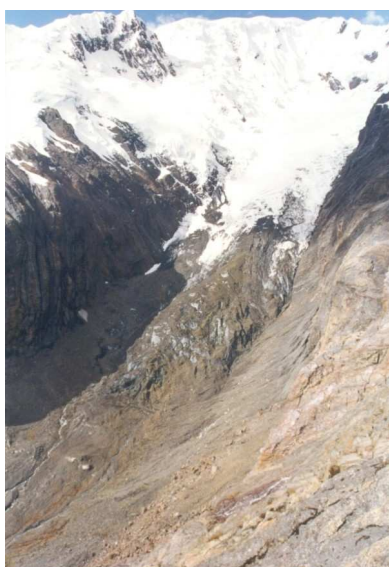




## **Anexo 05. Fotografías relacionadas a la investigación**

### **Fuentes de contaminación de las aguas superficiales en quebrada Honda.**

#### **Contaminación natural**



Fotografía 35. Fotografía tomada desde la mina Garrosa a la cabecera de la quebrada Minayaku (izquierda).

Fotografía 36. Acercamiento de la lengua glaciár sobre la formación Chicama (abajo).



Fotografía 37. Parte alta de la quebrada Yanayaku (abajo).

Fotografía 38. Agua entre la laguna Pakaranrakocha y quebrada Minayaku (derecha).



## Contaminación antropogénica

- Fotografía 39. Mineral proveniente de la mina Arequipa M. en el curso de agua de la quebrada Kankawa al lado de la carretera (izquierda).
- Fotografía 40. Bocamina abandonada con pequeño efluente de agua ácida en la parte alta de la quebrada Kankawa al margen izquierdo, y arriba de la pequeña laguna Kankawa



- Fotografía 41. Mineral depositado de manera inadecuada proveniente de la mina Garrosa en la quebrada



## Niveles de toxicidad en las aguas de quebrada Honda

### Bioensayo con *Allium cepa*

- Fotografía 42. Tesista pesando los bulbos de *Allium cepa* (izquierda).
- Fotografía 43. *Allium cepa* sembrado en muestras de agua provenientes de la microcuenca quebrada Honda (derecha).



### Bioensayo con *Daphnia sp*

Fotografía 44. Muestras de agua y material para realizar el bioensayo con *Daphnia sp* (izquierda)

Fotografía 45. Tesista separando las pulgas de agua (*Daphnia sp.*), y lavándolas (pasarlas de un vaso de precipitado a otro) para realizar luego las observaciones de movilidad (derecha).



### Sistema de monitoreo campesino de la comunidad campesina de Vicos

Fotografía 46. Medición en campo y capacitación a los promotores ambientales por visitante de la Universidad de Arburn – USA (izquierda)

Fotografía 47. Promotores ambientales realizando mediciones de calidad de aguas en su examen de evaluación (derecha)



## Anexo 06. Datos de bioensayo con *Allium cepa*

**Tabla 30. Quebrada Honda: Resumen de datos de índice mitótico usando t estudent para un 95% de confianza**

Estación	Promedio	Mín	Lim Sup	Máx	Varianza
QH - SC	7,99	4,46	15,38	13,69	24,81
QH - 00	11,11	4,37	18,23	17,46	30,71
QH - 01	12,57	6,17	19,76	19,01	31,30
QH - 02	11,33	6,87	20,35	18,26	36,99
QH - 03	7,37	5,44	12,33	9,30	7,46
QH - 06	3,82	0,76	7,75	5,39	7,03
QH - 09	9,01	7,63	10,80	9,86	1,46
QH - 04	7,95	7,95	7,95	7,95	0,00
QH - 05	4,49	4,49	4,49	4,49	0,00
QH - 07	8,94	4,51	15,57	13,45	20,00
QH - 08	6,40	4,21	12,02	8,59	9,56
QH - 10	0,60	0,06	1,35	1,39	0,34
QH - 21	1,28	1,28	1,28	1,28	0,00

Fuente: el autor

**Tabla 31. Quebrada Honda: Resumen de datos de la longitud de la raíz de *Allium cepa* luego de una semana sembrada en muestras de cada estación de muestreo usando t estudent para un 95% de confianza.**

Código	Número de datos	Promedio	Varianza	Lim Inf	Lim Sup
QH - SC	7	3,3845	0,7218	2,5592	4,2097
QH - 00	7	3,2030	1,6014	1,9738	4,4322
QH - 01	7	3,1659	0,5253	2,4619	3,8699
QH - 02	3	4,4589	0,0046	4,3577	4,5600
QH - 03	6	3,1014	2,3188	1,5037	4,6991
QH - 04	2	1,6850	0,0000	1,6850	1,6850
QH - 05	2	4,3600	0,0000	4,3600	4,3600
QH - 06	6	2,2948	0,9844	1,2538	3,3358
QH - 07	4	3,0649	1,2283	1,6407	4,4890
QH - 08	3	3,8430	0,1845	3,2057	4,4803
QH - 09	6	3,6578	1,2539	2,4830	4,8327
QH - 10	6	0,4097	0,0160	0,2771	0,5423
QH - 21	3	0,6884	0,0782	0,2734	1,1034
QH - 22	2	0,9000	0,0000	0,9000	0,9000

Fuente: el autor

***Anexo 07. Cuadros de resultados de monitoreo de calidad de aguas***

**Tabla 32. Quebrada Honda: concentración de acidez (en mg/l de CaCO<sub>3</sub>), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual				
															Cuenta	Prom	Mín	Máx	Var
LMP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
QH - 01	10,0	4,0	6,0	8,0	7,0	6,0	3,6	3,0	3,2	2,0	6,0	3,0	4,0	5,0	14	5,06	2,00	10,00	5,0E+00
QH - 02	7,0	6,0	6,0	9,0	7,0	5,0	4,1	2,0	3,6	3,0	5,0	3,5	4,5	5,0	14	5,05	2,00	9,00	3,4E+00
QH - 03	12,0	6,0	10,0	12,0	9,0	6,0	3,8	3,0	4,0	4,0	8,0	4,0	4,0	6,0	14	6,56	3,00	12,00	9,7E+00
QH - 06	18,0	10,0	10,0	17,0	12,0	9,0	8,2	5,0	7,8	8,0	32,0	15,0	9,5	18,0	14	12,82	5,00	32,00	4,7E+01
QH - 09	10,0	8,0	1,0	4,0	2,5	2,0	1,0	0,6	4,2	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	14	2,88	0,60	10,00	8,1E+00
QH - 04	9,0	6,0	4,0	6,0	7,0	4,0	6,2	4,0	3,5	3,0	6,0	3,5	4,8	6,0	14	5,21	3,00	9,00	2,8E+00
QH - 05	11,0	8,0	12,0	15,0	9,0	4,0	3,6	3,0	3,7	4,0	ND	6,0	5,0	10,0	13	7,25	3,00	15,00	1,5E+01
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,6	6,0	7,6	65,0	12	10,0	6,0	ND	7	16,03	5,60	65,00	4,7E+02
QH - 08	ND	ND	ND	ND	ND	3,0	6,2	9,0	8,3	58,0	18	7,0	5,0	10,2	9	13,86	3,00	58,00	2,9E+02
QH - 10	51,0	22,0	30,0	81,0	76,0	5,0	26,2	22,0	22,6	110,0	98,0	72,0	58,2	90,0	14	54,57	5,00	110,00	1,1E+03
QH - 22	ND	18,0	44,0	ND	ND	ND	ND	ND	16,2	ND	ND	ND	ND	ND	3	26,07	16,20	44,00	2,4E+02
QH - 11	28,0	8,0	20,0	28,0	13,0	21,0	10,1	12,0	10,3	35,0	20,0	29,0	29,8	12,0	14	19,73	8,00	35,00	8,0E+01
QH - 12	13,0	8,0	10,0	19,0	9,0	3,0	8,2	10,0	3,8	10,0	10,0	8,0	10,0	4,5	14	9,04	3,00	19,00	1,6E+01
QH - 15	ND	ND	ND	ND	11,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	11,00	11,00	11,00	ND
QH - 20	13,0	10,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	11,50	10,00	13,00	4,5E+00
QH - 21	ND	ND	ND	35,0	81,0	32,0	ND	13,0	9,7	50,0	ND	ND	ND	38,6	7	37,04	9,70	81,00	5,8E+02
QH - 23	ND	ND	6,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6,00	6,00	6,00	ND
QH - 26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	36,0	ND	ND	1	36,00	36,00	36,00	ND
QH - 28	40,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	15,0	ND	ND	2	27,50	15,00	40,00	3,1E+02

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 33. Quebrada Honda: conductividad eléctrica (en  $\mu\text{S/cm}$ ), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	Resumen Anual					
	LMP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Cuenta	LMP	Prom	Mín	Máx	Var
QH - 01	107	118	113	117	123	110	100	112	234	93	121	124	105	13	---	121,31	93	234	1,2E+03
QH - 02	127	129	122	127	116	118	120	116	135	116	126	127	115	13	---	122,62	115	135	4,0E+01
QH - 03	123	134	116	123	108	120	110	242	186	133	139	119	141	13	---	138,00	108	242	1,4E+03
QH - 06	123	134	125	131	113	122	100	177	244	143	146	149	176	13	---	144,85	100	244	1,4E+03
QH - 09	43	50	50	34	51	50	10	67	60	43	63	61	67	13	---	49,92	10	67	2,4E+02
QH - 04	100	109	114	118	91	112	110	215	146	103	106	138	119	13	---	121,62	91	215	1,0E+03
QH - 05	63	100	96	171	141	70	120	119	123	124	137	109	114	13	---	114,38	63	171	8,2E+02
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40	94	84	76	70	92	101	7	---	79,57	40	101	4,2E+02
QH - 08	ND	ND	ND	ND	50	40	70	60	53	49	240	65	70	9	---	77,44	40	240	3,8E+03
QH - 10	421	416	425	495	369	439	330	605	878	566	642	523	438	13	---	503,62	330	878	2,1E+04
QH - 22	ND	303	568	ND	ND	ND	ND	ND	760	ND	ND	ND	ND	3	---	543,67	303	760	5,3E+04
QH - 11	120	105	100	160	98	101	70	96	109	110	164	167	90	13	---	114,62	70	167	9,2E+02
QH - 12	83	75	74	94	61	91	40	89	89	92	91	84	86	13	---	80,69	40	94	2,4E+02
QH - 15	ND	ND	ND	ND	89	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	---	89,00	89	89	ND
QH - 20	107	113	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	---	110,00	107	113	1,8E+01
QH - 21	ND	ND	ND	254	224	248	ND	169	177	159	180	ND	ND	7	---	201,57	159	254	1,6E+03
QH - 23	ND	ND	111	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	---	111,00	111	111	ND
QH - 25	ND	ND	ND	ND	50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	---	50,00	50	50	ND
QH - 26	ND	ND	ND	ND	60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	267	ND	2	---	163,50	60	267	2,1E+04
QH - 27	ND	ND	ND	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	---	20,00	20	20	ND
QH - 28	155	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	140	ND	2	---	147,50	140	155	1,1E+02

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 34. Quebrada Honda: concentración de Oxígeno Disuelto (en mg/l de O<sub>2</sub>), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	Resumen Anual					
														Cuenta	LMP	Prom	Mín	Máx	Var
LMP Clase II	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	13	3,00	6,13	3,20	10,89	4,0E+00
QH - 01	5,89	5,98	4,86	3,20	10,89	7,20	4,70	3,86	6,17	6,95	5,05	8,05	6,93	13	3,00	6,13	3,20	10,89	4,0E+00
QH - 02	5,41	6,23	5,10	3,60	6,84	4,70	4,10	6,30	6,19	6,50	4,49	8,10	9,81	13	3,00	5,95	3,60	9,81	2,9E+00
QH - 03	5,69	4,68	4,50	3,05	6,21	4,50	8,05	5,94	5,99	6,80	4,30	6,73	6,62	13	3,00	5,62	3,05	8,05	1,8E+00
QH - 06	5,52	4,43	3,89	2,90	6,45	4,40	4,33	5,38	5,01	7,28	4,24	5,65	6,32	13	3,00	5,06	2,90	7,28	1,4E+00
QH - 09	3,80	4,10	2,60	4,00	5,66	4,90	7,01	5,43	5,24	6,35	5,30	5,67	5,91	13	3,00	5,07	2,60	7,01	1,4E+00
QH - 04	5,02	4,80	4,43	2,00	6,12	4,40	4,45	5,53	5,93	6,99	4,63	7,47	6,28	13	3,00	5,23	2,00	7,47	2,0E+00
QH - 05	4,80	4,60	3,90	2,30	6,95	4,50	5,11	6,05	5,74	7,20	5,94	7,40	6,59	13	3,00	5,47	2,30	7,40	2,1E+00
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,93	4,70	5,34	ND	4,36	5,68	6,13	6	3,00	5,19	4,36	6,13	4,3E-01
QH - 08	ND	ND	ND	ND	4,70	4,60	4,15	5,39	5,37	ND	6,72	6,07	5,70	8	3,00	5,34	4,15	6,72	7,1E-01
QH - 10	4,13	4,54	4,68	3,15	6,25	4,40	3,97	5,85	5,52	6,25	5,12	5,48	6,28	13	3,00	5,05	3,15	6,28	9,9E-01
QH - 22	ND	5,06	4,24	ND	ND	ND	ND	ND	5,32	ND	ND	ND	ND	3	3,00	4,87	4,24	5,32	3,2E-01
QH - 11	4,80	5,40	3,59	2,60	6,54	4,80	5,34	3,99	5,38	7,64	5,23	7,22	6,70	13	3,00	5,33	2,60	7,64	2,1E+00
QH - 12	5,20	4,90	4,10	3,01	7,00	5,20	4,88	6,54	5,44	7,14	5,11	5,98	6,11	13	3,00	5,43	3,01	7,14	1,3E+00
QH - 15	ND	ND	ND	ND	7,54	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	3,00	7,54	7,54	7,54	ND
QH - 20	4,50	4,20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	3,00	4,35	4,20	4,50	4,5E-02
QH - 21	ND	ND	ND	2,18	5,68	4,30	ND	5,21	5,16	6,65	5,73	ND	ND	7	3,00	4,99	2,18	6,65	2,0E+00
QH - 23	ND	ND	3,32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	3,00	3,32	3,32	3,32	ND
QH - 25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	3,00	ND	ND	ND	ND
QH - 26	ND	ND	ND	ND	4,70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,75	ND	2	3,00	5,23	4,70	5,75	5,5E-01
QH - 27	ND	ND	ND	ND	5,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	3,00	5,00	5,00	5,00	ND
QH - 28	4,87	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,87	ND	2	3,00	5,37	4,87	5,87	5,0E-01

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor



**Tabla 35. Quebrada Honda: valores de pH (en Unidad Estándar), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	Resumen Anual					
														Cuenta	LMP	Prom	Mín	Máx	Var
LMP <sub>LGA</sub>	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	13	6,0 - 9,0	7,14	6,58	7,72	1,6E-01
QH - 01	7,10	7,11	7,00	6,91	6,60	7,60	7,00	7,72	7,60	6,75	7,64	7,21	6,58	13	6,0 - 9,0	7,14	6,58	7,72	1,6E-01
QH - 02	7,18	6,38	6,39	6,48	6,60	7,20	7,20	6,97	6,78	6,55	7,88	7,17	6,97	13	6,0 - 9,0	6,90	6,38	7,88	1,9E-01
QH - 03	6,22	5,70	5,66	5,56	6,00	6,20	6,60	3,40	5,05	5,94	5,29	5,98	5,93	13	6,0 - 9,0	5,66	3,40	6,60	6,2E-01
QH - 06	5,20	4,61	5,15	4,67	4,90	5,40	5,50	4,80	4,08	5,12	4,52	5,01	5,14	13	6,0 - 9,0	4,93	4,08	5,50	1,5E-01
QH - 09	6,88	6,76	6,50	6,80	6,60	6,60	5,70	6,30	6,32	6,16	7,18	6,74	6,35	13	6,0 - 9,0	6,53	5,70	7,18	1,4E-01
QH - 04	6,43	6,08	6,35	6,28	6,70	6,90	7,00	6,70	6,35	6,54	7,44	6,55	6,74	13	6,0 - 9,0	6,62	6,08	7,44	1,3E-01
QH - 05	6,38	6,23	5,96	6,01	6,50	6,90	6,90	6,76	6,50	6,29	7,34	6,83	6,58	13	6,0 - 9,0	6,55	5,96	7,34	1,5E-01
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,24	4,01	4,28	4,17	3,90	4,28	3,71	7	6,0 - 9,0	4,08	3,71	4,28	4,8E-02
QH - 08	ND	ND	ND	ND	6,00	5,40	4,97	4,88	4,86	4,86	4,60	4,90	4,73	9	6,0 - 9,0	5,02	4,60	6,00	1,8E-01
QH - 10	3,26	3,32	3,28	3,25	3,40	3,60	3,60	3,56	3,40	3,45	3,68	3,32	3,27	13	6,0 - 9,0	3,41	3,25	3,68	2,2E-02
QH - 22	ND	3,68	3,53	ND	ND	ND	ND	ND	3,55	ND	ND	ND	ND	3	6,0 - 9,0	3,59	3,53	3,68	6,6E-03
QH - 11	4,65	4,67	4,82	4,58	5,00	4,90	5,10	4,90	4,65	4,83	5,10	4,85	4,32	13	6,0 - 9,0	4,80	4,32	5,10	4,9E-02
QH - 12	6,24	6,10	6,20	6,10	6,30	6,40	6,70	6,19	6,12	5,95	7,08	6,23	6,49	13	6,0 - 9,0	6,32	5,95	7,08	9,0E-02
QH - 15	ND	ND	ND	ND	7,10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6,0 - 9,0	7,10	7,10	7,10	ND
QH - 20	6,50	6,57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	6,0 - 9,0	6,54	6,50	6,57	2,4E-03
QH - 21	ND	ND	ND	3,80	4,00	4,00	ND	4,68	4,59	4,53	4,45	ND	ND	7	6,0 - 9,0	4,29	3,80	4,68	1,2E-01
QH - 23	ND	ND	5,95	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6,0 - 9,0	5,95	5,95	5,95	ND
QH - 25	ND	ND	ND	ND	5,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6,0 - 9,0	5,00	5,00	5,00	ND
QH - 26	ND	ND	ND	ND	6,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3,98	ND	2	6,0 - 9,0	4,99	3,98	6,00	2,0E+00
QH - 27	ND	ND	ND	ND	4,80	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6,0 - 9,0	4,80	4,80	4,80	ND
QH - 28	3,48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,25	ND	2	6,0 - 9,0	3,87	3,48	4,25	3,0E-01

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 36. Quebrada Honda: valores de temperatura (en °C), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual				
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Cuenta	Prom	Mín	Máx	Var
LMP	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
QH - 01	8,60	9,00	9,70	9,70	9,80	8,80	8,40	9,50	9,40	10,50	12,90	9,10	11,40	9,50	14	9,7	8,4	12,9	1,4E+00
QH - 02	8,60	7,80	9,30	7,60	7,20	8,70	8,10	6,90	7,20	8,40	11,60	7,90	7,60	7,00	14	8,1	6,9	11,6	1,5E+00
QH - 03	7,70	9,70	9,00	6,80	9,00	8,30	8,10	7,50	6,00	7,40	14,80	7,30	6,20	8,50	14	8,3	6	14,8	4,6E+00
QH - 06	12,70	11,50	9,80	10,40	13,00	9,10	10,30	8,20	9,40	9,80	11,50	12,60	9,30	10,00	14	10,5	8,2	13	2,2E+00
QH - 09	15,50	14,60	7,80	10,30	9,40	7,10	8,90	ND	7,80	9,20	7,20	8,00	8,40	6,70	13	9,3	6,7	15,5	7,6E+00
QH - 04	8,20	10,20	9,60	8,00	10,00	8,90	10,00	7,50	5,40	6,70	8,70	5,10	6,10	7,50	14	8,0	5,1	10,2	2,9E+00
QH - 05	10,20	10,30	9,00	6,60	10,50	7,00	7,30	5,30	4,50	5,30	7,80	4,70	4,00	7,00	14	7,1	4	10,5	5,0E+00
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13,01	14,20	7,40	ND	7,00	9,80	9,10	ND	6	10,1	7	14,2	8,7E+00
QH - 08	ND	ND	ND	ND	5,40	9,00	15,80	11,40	6,80	ND	5,30	9,10	10,10	7,50	9	8,9	5,3	15,8	1,1E+01
QH - 10	15,20	13,00	6,80	10,10	12,50	7,70	ND	8,60	8,10	12,60	8,40	12,30	8,10	10,00	13	10,3	6,8	15,2	6,7E+00
QH - 22	ND	7,30	3,40	ND	ND	ND	ND	ND	6,20	ND	ND	ND	ND	ND	3	5,6	3,4	7,3	4,0E+00
QH - 11	10,40	9,50	7,90	8,80	8,80	6,90	11,90	10,60	7,90	9,40	7,10	7,60	7,70	7,50	14	8,7	6,9	11,9	2,2E+00
QH - 12	7,30	10,80	8,30	9,40	7,90	6,20	12,00	8,40	8,50	10,50	7,30	10,20	7,10	6,50	14	8,6	6,2	12	3,0E+00
QH - 15	ND	ND	ND	ND	9,10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	9,1	9,1	9,1	ND
QH - 20	9,20	10,80	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	,	ND	ND	2	10,0	9,2	10,8	1,3E+00
QH - 21	ND	ND	6,40	9,80	10,90	7,30	ND	9,80	7,90	9,40	8,50	ND	ND	6,00	9	8,4	6	10,9	2,8E+00
QH - 23	ND	ND	8,10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	8,1	8,1	8,1	ND
QH - 25	ND	ND	ND	ND	5,20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	5,2	5,2	5,2	ND
QH - 26	ND	ND	ND	ND	3,30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,50	ND	ND	2	4,9	3,3	6,5	5,1E+00
QH - 27	ND	ND	ND	ND	4,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	4,0	4	4	ND
QH - 28	8,50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,50	ND	ND	2	7,0	5,5	8,5	4,5E+00

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 37. Quebrada Honda: valores de turbidez (en UNT), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
	<i>Cuenta</i>	<i>LMP</i>	<i>Prom</i>	<i>Min</i>	<i>Máx</i>	<i>Var</i>														
LMP <sub>OMS</sub>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	14	5,0	18,6	10,0	37,0	6,4E+01
QH - 01	10,0	16,0	13,0	11,0	25,0	18,0	16,0	37,0	32,0	21,0	13,0	21,0	12,0	15,0	14	5,0	18,6	10,0	37,0	6,4E+01
QH - 02	7,0	15,0	13,0	11,0	19,0	17,0	12,0	30,0	28,0	16,0	13,0	18,0	13,0	14,0	14	5,0	16,1	7,0	30,0	3,9E+01
QH - 03	12,0	14,0	14,0	9,0	25,0	11,0	8,0	27,0	20,0	13,0	11,0	19,0	13,0	9,0	14	5,0	14,6	8,0	27,0	3,5E+01
QH - 06	18,0	13,0	15,0	2,0	11,0	7,0	12,0	21,0	30,0	10,0	3,0	10,0	13,0	6,0	14	5,0	12,2	2,0	30,0	5,4E+01
QH - 09	3,0	3,0	0,0	1,0	4,0	2,0	5,0	4,0	3,0	1,0	ND	6,0	3,0	2,0	13	5,0	2,8	0,0	6,0	2,8E+00
QH - 04	9,0	17,0	12,0	5,0	27,0	6,0	10,0	22,0	16,0	20,0	15,0	49,0	12,0	11,0	14	5,0	16,5	5,0	49,0	1,2E+02
QH - 05	11,0	5,0	0,0	1,0	6,0	4,0	4,0	6,0	11,0	3,0	ND	6,0	5,0	1,0	13	5,0	4,8	0,0	11,0	1,1E+01
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,0	4,0	5,0	3,0	2,0	40,0	4,0	ND	7	5,0	8,6	2,0	40,0	1,9E+02
QH - 08	ND	ND	ND	ND	ND	3,0	3,0	4,0	4,0	1,0	1,0	5,0	3,0	20,0	9	5,0	4,9	1,0	20,0	3,4E+01
QH - 10	2,0	178,0	82,0	49,0	216,0	54,0	67,0	5,0	134,0	68,0	1,0	47,0	85,0	66,0	14	5,0	75,3	1,0	216,0	4,0E+03
QH - 22	ND	2,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	132,0	ND	ND	ND	ND	ND	2	5,0	67,0	2,0	132,0	8,5E+03
QH - 11	2,0	1,0	2,0	5,0	9,0	4,0	4,0	4,0	8,0	3,0	3,0	9,0	4,0	1,0	14	5,0	4,2	1,0	9,0	7,3E+00
QH - 12	1,0	3,0	4,0	7,0	8,0	10,0	4,0	6,0	7,0	4,0	4,0	9,0	5,0	1,2	14	5,0	5,2	1,0	10,0	7,4E+00
QH - 15	ND	ND	ND	ND	13,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	5,0	13,0	13,0	13,0	ND
QH - 20	169,0	1,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	5,0	85,0	1,0	169,0	1,4E+04
QH - 21	ND	ND	ND	33,0	21,0	51,0	ND	343,0	136,0	137,0	ND	ND	ND	34,0	7	5,0	107,9	21,0	343,0	1,3E+04
QH - 26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7,0	ND	ND	1	5,0	7,0	7,0	7,0	ND
QH - 28	4,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	129,0	ND	ND	2	5,0	66,5	4,0	129,0	7,8E+03

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 38. Quebrada Honda: valores de sólidos suspendidos (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/08/14	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual				
	LMP <sub>OMS</sub>	---	---	---	---	---	---	---	Cuenta	Prom	Mín	Máx	Var
QH - 01	19	12	35	42	56	26	45	262	8	62,1	12	262	6,7E+03
QH - 02	25	51	98	35	61	57	41	146	8	64,3	25	146	1,6E+03
QH - 03	23	48	83	41	68	91	95	192	8	80,1	23	192	2,7E+03
QH - 06	31	27	60	39	48	11	35	96	8	43,4	11	96	6,6E+02
QH - 09	22	16	74	10	12	151	54	80	8	52,4	10	151	2,4E+03
QH - 04	34	14	53	30	32	62	20	88	8	41,6	14	88	6,0E+02
QH - 05	29	25	59	18	ND	86	86	89	7	56,0	18	89	1,0E+03
QH - 07	ND	23	44	38	39	80	12	ND	6	39,3	12	80	5,4E+02
QH - 08	ND	32	61	41	44	58	53	130	7	59,9	32	130	1,1E+03
QH - 10	49	44	125	133	171	217	51	272	8	132,8	44	272	7,1E+03
QH - 22	ND	ND	120	ND	ND	ND	ND	ND	1	120,0	120	120	ND
QH - 11	5	53	45	32	62	176	83	92	8	68,5	5	176	2,6E+03
QH - 12	7	14	52	28	70	78	49	87	8	48,1	7	87	8,8E+02
QH - 21	29	188	97	170	ND	ND	ND	94	5	115,6	29	188	4,1E+03

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 39. Quebrada Honda: valores de sólidos totales (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/08/28	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual				
										<i>Cuenta</i>	<i>Prom</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Var</i>
LMP <sub>OMS</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
QH - 01	71	116	124	68	84	96	164	89	280	9	121,3	68	280	4,4E+03
QH - 02	80	120	116	116	70	89	166	83	196	9	115,1	70	196	1,8E+03
QH - 03	90	97	122	158	82	101	194	70	234	9	127,6	70	234	3,1E+03
QH - 06	78	99	101	204	78	85	208	65	138	9	117,3	65	208	3,0E+03
QH - 09	45	42	63	80	18	20	ND	114	101	8	60,4	18	114	1,3E+03
QH - 04	64	90	109	110	60	70	186	475	180	9	149,3	60	475	1,7E+04
QH - 05	99	109	107	102	36	ND	200	110	112	8	109,4	36	200	2,0E+03
QH - 07	ND	63	68	74	60	80	198	82	ND	7	89,3	60	198	2,4E+03
QH - 08	ND	49	66	64	54	91	340	85	278	8	128,4	49	340	1,3E+04
QH - 10	437	202	418	858	500	681	302	95	306	9	422,1	95	858	5,6E+04
QH - 22	ND	ND	ND	642	ND	ND	ND	ND	ND	1	642,0	642	642	ND
QH - 11	72	73	78	132	64	110	291	131	105	9	117,3	64	291	4,9E+03
QH - 12	6	43	68	94	56	105	191	109	124	9	88,4	6	191	2,9E+03
QH - 15	69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	69,0	69	69	ND
QH - 21	196	ND	308	720	341	ND	ND	ND	188	5	350,6	188	720	4,7E+04

Las estaciones de muestreo QH - 01, QH - 02, QH - 03 y QH - 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH - 08, QH - 25, QH - 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 40. Quebrada Honda: valores de aluminio (en mg/l de Al), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/06/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
											<i>Cuenta</i>	<i>LMP</i>	<i>Prom</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Var</i>
LMP <sub>OMS</sub>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	10	0,20	0,20	0,12	0,28	2,8E-03
QH - 01	<i>0,18</i>	0,21	0,13	0,17	0,12	0,21	0,26	0,28	0,24	0,22	9	0,20	0,21	0,16	0,28	2,1E-03
QH - 02	ND	0,19	0,26	0,17	0,16	0,18	0,20	0,27	0,28	0,19	9	0,20	0,21	0,16	0,28	2,1E-03
QH - 03	<i>0,30</i>	0,19	0,18	0,18	0,13	0,20	0,23	0,27	0,19	0,17	10	0,20	0,20	0,13	0,30	2,5E-03
QH - 06	ND	0,04	0,23	0,04	0,06	0,13	0,12	0,14	0,13	0,12	9	0,20	0,11	0,04	0,23	3,6E-03
QH - 09	ND	0,02	0,13	0,03	0,02	0,07	0,07	0,10	0,08	0,06	9	0,20	0,06	0,02	0,13	1,4E-03
QH - 04	ND	0,09	0,19	0,09	0,08	0,07	0,09	0,10	0,08	0,10	9	0,20	0,10	0,07	0,19	1,3E-03
QH - 05	ND	0,13	0,11	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,11	0,12	9	0,20	0,10	0,08	0,13	3,9E-04
QH - 07	ND	ND	0,05	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,08	ND	7	0,20	0,07	0,05	0,09	1,9E-04
QH - 08	ND	0,04	0,15	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,07	0,14	9	0,20	0,09	0,04	0,15	1,1E-03
QH - 10	ND	0,07	0,21	0,07	0,12	0,08	0,11	0,14	0,19	0,28	9	0,20	0,14	0,07	0,28	5,2E-03
QH - 11	ND	0,05	0,10	0,06	0,05	0,07	0,10	0,14	0,12	0,10	9	0,20	0,09	0,05	0,14	1,0E-03
QH - 12	ND	< 0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,07	0,05	0,10	0,08	9	0,20	0,04	0,01	0,10	1,1E-03
QH - 21	ND	0,11	0,17	0,14	0,16	0,15	ND	ND	ND	0,09	6	0,20	0,14	0,09	0,17	9,5E-04

Las estaciones de muestreo QH - 01, QH - 02, QH - 03 y QH - 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH - 08, QH - 25, QH - 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 41. Quebrada Honda: valores de Demanda Química de Oxígeno (en mg/l de DQO), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual				
															Cuenta	Prom	Mín	Máx	Var
LMP Clase II	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---					
QH - 01	831,6	580,0	578,0	456,0	694,8	538,4	576,2	563,4	735,2	586,3	687,4	689,3	738,1	689,8	14	638,9	456	831,6	1,0E+04
QH - 02	781,8	516,0	750,0	516,8	663,3	636,2	589,1	616,1	698,5	618,2	715,2	597,2	748,4	710,5	14	654,1	516	781,8	7,1E+03
QH - 03	911,3	548,0	750,0	456,0	663,3	629,1	499,7	598,2	711,3	669,5	651,7	617,4	710,9	730,6	14	653,4	456	911,3	1,3E+04
QH - 06	1003,4	516,0	750,0	760,0	884,4	761,6	721,6	730,2	835,2	810,4	859,1	887,1	810,5	810,5	14	795,7	516	1003,4	1,2E+04
QH - 09	731,0	548,0	96,0	243,2	189,5	326,2	336,2	331,6	876,5	247,2	298,2	286,5	322,6	365,2	14	371,3	96	876,5	4,4E+04
QH - 04	805,5	452,0	608,0	638,4	631,7	531,6	636,2	630,2	586,4	710,9	749,6	708,2	695,2	696,8	14	648,6	452	805,5	8,1E+03
QH - 05	971,0	580,0	668,0	729,6	694,8	591,2	485,2	710,8	697,8	695,3	ND	770,4	735,9	730,0	13	696,9	485,2	971	1,3E+04
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	712,4	699,9	816,9	836,5	772,4	816,7	ND	ND	6	775,8	699,9	836,5	3,4E+03
QH - 08	ND	ND	ND	ND	ND	587,3	629,2	780,5	799,7	887,4	859,1	791,9	ND	722,7	8	757,2	587,3	887,4	1,1E+04
QH - 10	1341,6	720,0	990,0	972,8	1042,3	991,7	987,2	985,1	1120,8	1037,4	1036,4	1031,6	1080,3	1080,1	14	1029,8	720	1341,6	1,7E+04
QH - 22	ND	680,0	1010,0	ND	ND	ND	ND	ND	985,4	ND	ND	ND	ND	ND	3	891,8	680	1010	3,4E+04
QH - 11	875,2	452,0	896,0	638,4	789,6	856,8	780,0	780,6	896,4	796,5	695,4	875,1	767,6	819,7	14	780,0	452	896,4	1,4E+04
QH - 12	788,6	420,0	482,0	760,0	726,4	694,3	690,2	816,2	645,2	710,6	651,7	765,3	698,5	796,4	14	689,0	420	816,2	1,3E+04
QH - 15	ND	ND	ND	ND	821,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	821,2	821,2	821,2	ND
QH - 20	700,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	700,2	700,2	700,2	ND
QH - 21	ND	356,0	ND	881,6	1120,6	917,5	ND	838,8	796,5	845,2	ND	ND	ND	830,4	8	823,3	356	1120,6	4,6E+04
QH - 23	ND	ND	352,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	352,0	352	352	ND
QH - 28	1120,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1120,2	1120,2	1120,2	ND

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 42. Quebrada Honda: concentración de hierro (en mg/l de Fe), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
	LMP <sub>OMS</sub>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	Cuenta	LMP	Prom	Min	Máx	Var
QH - 01	0,11	0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,16	0,36	0,21	0,30	0,24	0,26	0,41	0,22	0,21	9	0,30	0,26	0,16	0,41	6,4E-03
QH - 02	0,28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,22	0,32	0,20	0,33	0,28	0,24	0,22	0,28	0,20	9	0,30	0,25	0,20	0,33	2,5E-03
QH - 03	1,37	1,79	0,68	< 0,01	< 0,01	0,83	1,05	0,62	0,69	1,09	0,47	0,40	0,28	0,27	9	0,30	0,63	0,27	1,09	9,5E-02
QH - 06	1,70	2,08	0,26	< 0,01	< 0,01	1,02	2,25	0,99	1,87	1,12	0,62	0,71	0,55	0,48	9	0,30	1,07	0,48	2,25	3,7E-01
QH - 09	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,13	0,06	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	9	0,30	0,10	0,06	0,13	3,8E-04
QH - 04	0,16	0,88	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,32	1,19	0,36	0,29	0,59	0,51	0,62	0,53	0,50	9	0,30	0,55	0,29	1,19	7,2E-02
QH - 05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,29	0,09	0,14	0,27	0,19	0,17	0,22	0,16	0,16	9	0,30	0,19	0,09	0,29	4,0E-03
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,94	0,76	0,93	0,79	0,66	0,68	0,61	ND	7	0,30	0,77	0,61	0,94	1,7E-02
QH - 08	ND	ND	ND	ND	ND	0,24	0,84	0,32	0,38	0,29	0,24	0,29	0,24	0,69	9	0,30	0,39	0,24	0,84	4,8E-02
QH - 10	ND	ND	ND	< 0,01	< 0,01	1,16	1,54	1,08	1,62	1,42	0,89	0,76	0,68	0,51	9	0,30	1,07	0,51	1,62	1,6E-01
QH - 22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,54	ND	ND	ND	ND	ND	1	0,30	1,54	1,54	1,54	ND
QH - 11	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,99	1,03	1,00	1,21	1,25	0,54	0,49	0,51	0,49	9	0,30	0,83	0,49	1,25	1,0E-01
QH - 12	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,35	0,28	0,33	0,40	0,35	0,29	0,25	0,18	0,26	9	0,30	0,30	0,18	0,40	4,4E-03
QH - 21	ND	ND	ND	< 0,01	< 0,01	0,50	0,65	0,44	0,82	0,48	ND	ND	ND	0,38	6	0,30	0,55	0,38	0,82	2,6E-02
QH - 26	ND	ND	ND	2,89	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,66	ND	ND	1	0,30	0,66	0,66	0,66	ND
QH - 28	2,11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,68	ND	ND	1	0,30	0,68	0,68	0,68	ND

Las estaciones de muestreo QH - 01, QH - 02, QH - 03 y QH - 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH - 08, QH - 25, QH - 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Los datos para análisis corresponden a fechas 00/09/25 al 01/05/22 pues se realizaron por digestión de absorción atómica

Fuente: el autor



**Tabla 43. Quebrada Honda: valores de arsénico (en mg/l de As), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
															Cuenta	LMP	Prom	Min	Máx	Var
LMP Clase II	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	9	0,100	0,082	0,070	0,115	1,7E-04
QH - 01	ND	0,091	0,168	0,053	ND	0,076	0,074	0,080	0,077	0,079	0,083	0,115	0,070	0,081	9	0,100	0,082	0,070	0,115	1,7E-04
QH - 02	ND	0,070	0,268	0,171	ND	0,069	0,086	0,084	0,062	0,080	0,082	0,092	0,086	0,085	9	0,100	0,081	0,062	0,092	8,8E-05
QH - 03	ND	0,205	0,164	0,068	ND	0,082	0,122	0,091	0,105	0,112	0,099	0,109	0,085	0,080	9	0,100	0,098	0,080	0,122	2,2E-04
QH - 06	ND	0,055	0,161	0,147	ND	0,069	0,057	0,062	0,066	0,067	0,074	0,098	0,068	0,049	9	0,100	0,068	0,049	0,098	1,8E-04
QH - 09	ND	0,072	ND	ND	ND	0,049	0,071	0,040	0,048	0,044	0,041	0,040	0,032	0,058	9	0,100	0,047	0,032	0,071	1,3E-04
QH - 04	ND	0,182	0,197	0,275	ND	0,128	0,146	0,086	0,093	0,126	0,154	0,120	0,126	0,098	9	0,100	0,120	0,086	0,154	5,4E-04
QH - 05	ND	0,092	0,242	0,176	ND	0,083	0,102	0,102	0,093	0,101	0,085	0,094	0,101	0,110	9	0,100	0,097	0,083	0,110	7,7E-05
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,062	0,076	0,071	0,072	0,069	0,081	0,073	ND	7	0,100	0,072	0,062	0,081	3,5E-05
QH - 08	ND	ND	ND	ND	0,099	0,060	0,068	0,058	0,062	0,063	0,074	0,074	0,072	0,080	9	0,100	0,068	0,058	0,080	5,7E-05
QH - 10	ND	0,094	0,248	0,186	ND	0,061	0,053	0,062	0,086	0,071	0,083	0,110	0,097	0,112	9	0,100	0,082	0,053	0,112	4,7E-04
QH - 22	ND	0,072	0,147	ND	ND	ND	ND	ND	0,082	ND	ND	ND	ND	ND	1	0,100	0,082	0,082	0,082	ND
QH - 11	ND	0,080	0,162	0,212	ND	0,053	0,062	0,065	0,064	0,066	0,071	0,070	0,075	0,063	9	0,100	0,065	0,053	0,075	4,0E-05
QH - 12	ND	0,083	0,152	0,095	ND	0,056	0,046	0,051	0,057	0,056	0,052	0,053	0,050	0,055	9	0,100	0,053	0,046	0,057	1,3E-05
QH - 21	ND	ND	ND	0,235	ND	0,073	0,070	0,068	0,072	0,070	ND	ND	ND	0,039	6	0,100	0,065	0,039	0,073	1,7E-04

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Los datos para análisis corresponden a fechas 00/09/25 al 01/05/22 pues se realizaron por digestión de absorción atómica

Fuente: el autor

**Tabla 44. Quebrada Honda: valores de cadmio (en mg/l de Cd), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/06/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
	LMP <small>Clase II</small>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	<i>Cuenta</i>	<i>LMP</i>	<i>Prom</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>
QH - 01	0,005	0,006	0,009	0,009	0,011	0,010	0,008	0,011	0,008	0,009	10	0,010	0,009	0,005	0,011	3,8E-06
QH - 02	ND	0,005	0,008	0,009	0,010	0,009	0,008	0,013	0,009	0,009	9	0,010	0,009	0,005	0,013	4,4E-06
QH - 03	0,009	0,005	0,010	0,006	0,006	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	10	0,010	0,008	0,005	0,010	2,9E-06
QH - 06	ND	0,011	0,008	0,009	0,012	0,011	0,012	0,013	0,012	0,010	9	0,010	0,011	0,008	0,013	2,6E-06
QH - 09	ND	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	< 0,002	0,002	0,002	0,003	9	0,010	0,002	0,002	0,003	1,1E-07
QH - 04	ND	0,002	0,005	0,004	0,005	0,006	0,005	0,008	0,010	0,012	9	0,010	0,006	0,002	0,012	9,7E-06
QH - 05	ND	0,006	0,004	0,005	0,005	0,006	0,007	0,008	0,008	0,010	9	0,010	0,007	0,004	0,010	3,5E-06
QH - 07	ND	ND	0,006	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007	0,010	ND	7	0,010	0,008	0,006	0,010	2,3E-06
QH - 08	ND	0,006	0,005	0,007	0,005	0,008	0,006	0,007	0,008	0,008	9	0,010	0,007	0,005	0,008	1,5E-06
QH - 10	ND	< 0,002	0,002	< 0,002	0,003	0,003	0,005	0,007	0,008	0,009	9	0,010	0,005	0,002	0,009	7,8E-06
QH - 22	ND	ND	ND	ND	0,006	ND	ND	ND	ND	ND	1	0,010	0,006	0,006	0,006	ND
QH - 11	ND	< 0,002	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,003	0,006	0,005	9	0,010	0,004	0,002	0,006	1,9E-06
QH - 12	ND	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,004	0,003	0,003	9	0,010	0,003	0,002	0,004	6,1E-07
QH - 21	ND	0,004	0,005	0,007	0,004	0,005	ND	ND	ND	0,003	6	0,010	0,005	0,003	0,007	1,9E-06

Las estaciones de muestreo QH - 01, QH - 02, QH - 03 y QH - 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH - 08, QH - 25, QH - 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

Tabla 45. Quebrada Honda: valores de níquel (en mg/l de Ni), mayo 2000 - mayo 2001

Estación	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen				
LMP Clase II	0,002	0,002	0,002	<i>LMP</i>	<i>Prom</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Var</i>
QH - 01	0,480	0,390	0,460	0,002	0,44	0,39	0,48	2,2E-03
QH - 02	ND	0,330	0,480	0,002	0,41	0,33	0,48	1,1E-02
QH - 03	0,100	0,160	0,430	0,002	0,23	0,10	0,43	3,1E-02
QH - 06	ND	0,390	0,520	0,002	0,46	0,39	0,52	8,5E-03
QH - 09	ND	0,050	0,050	0,002	0,05	0,05	0,05	0,0E+00
QH - 04	ND	0,240	0,320	0,002	0,28	0,24	0,32	3,2E-03
QH - 05	ND	0,100	0,080	0,002	0,09	0,08	0,10	2,0E-04
QH - 07	ND	0,260	ND	0,002	0,26	0,26	0,26	ND
QH - 08	ND	0,140	0,280	0,002	0,21	0,14	0,28	9,8E-03
QH - 10	ND	0,380	0,500	0,002	0,44	0,38	0,50	7,2E-03
QH - 11	ND	0,180	0,210	0,002	0,20	0,18	0,21	4,5E-04
QH - 12	ND	0,100	0,120	0,002	0,11	0,10	0,12	2,0E-04
QH - 21	ND	ND	0,090	0,002	0,09	0,09	0,09	ND

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 46. Quebrada Honda: valores de plomo (en mg/l de Cd), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
													Cuenta	LMP	Prom	Mín	Máx	Var
LMP Clase II	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05						
QH - 01	< 0,01	0,10	ND	0,12	0,08	0,12	0,16	0,14	0,13	0,18	0,14	0,12	9	0,05	0,13	0,08	0,18	7,9E-04
QH - 02	< 0,01	< 0,01	ND	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,18	0,12	0,12	9	0,05	0,13	0,09	0,18	5,8E-04
QH - 03	< 0,01	0,21	ND	ND	0,05	0,09	0,13	0,13	0,14	0,16	0,15	0,16	8	0,05	0,13	0,05	0,16	1,5E-03
QH - 06	< 0,01	0,35	ND	0,02	0,02	0,05	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,09	9	0,05	0,06	0,02	0,12	1,2E-03
QH - 09	< 0,01	ND	ND	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	9	0,05	0,014	0,001	0,030	1,4E-04
QH - 04	< 0,01	0,38	ND	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,07	0,04	0,06	9	0,05	0,04	0,02	0,07	3,1E-04
QH - 05	< 0,01	0,52	ND	< 0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,07	0,07	0,05	9	0,05	0,038	0,001	0,070	5,6E-04
QH - 07	ND	ND	ND	ND	0,09	0,11	0,09	0,14	0,21	0,28	0,21	ND	7	0,05	0,16	0,09	0,28	5,3E-03
QH - 08	ND	ND	0,46	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,10	0,17	9	0,05	0,05	0,01	0,17	3,1E-03
QH - 10	0,13	< 0,01	ND	0,03	0,04	0,04	0,15	0,07	0,09	0,12	0,13	0,18	9	0,05	0,09	0,03	0,18	2,9E-03
QH - 22	ND	0,07	ND	ND	ND	ND	0,19	ND	ND	ND	ND	ND	1	0,05	0,19	0,19	0,19	ND
QH - 11	< 0,01	< 0,01	ND	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	9	0,05	0,035	0,001	0,060	4,4E-04
QH - 12	< 0,01	< 0,01	ND	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,05	9	0,05	0,027	0,010	0,050	1,5E-04
QH - 21	ND	ND	ND	0,01	< 0,01	0,04	0,06	0,02	ND	ND	ND	0,01	6	0,05	0,025	0,010	0,060	4,3E-04
QH - 26	ND	ND	3,31	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,30	ND	ND	1	0,05	0,30	0,30	0,30	ND
QH - 28	0,60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,22	ND	ND	1	0,05	0,22	0,22	0,22	ND

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 47. Quebrada Honda: valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/l), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	Resumen Anual					
														Cuenta	LMP	Prom	Mín	Máx	Var
LMP Clase II	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00						
QH - 01	0,81	2,25	0,56	0,51	0,56	0,35	0,71	0,81	0,85	1,89	1,92	2,16	1,05	13	5,00	1,11	0,35	2,25	4,7E-01
QH - 02	0,67	3,51	0,78	0,57	0,45	0,89	0,68	1,04	1,50	1,94	1,86	2,18	1,33	13	5,00	1,34	0,45	3,51	7,5E-01
QH - 03	0,75	2,74	0,65	0,53	0,38	0,79	0,79	1,11	1,20	1,88	1,72	1,84	1,56	13	5,00	1,23	0,38	2,74	4,7E-01
QH - 06	0,85	2,02	0,69	0,80	0,43	0,67	0,66	1,07	1,10	1,48	1,52	1,69	0,97	13	5,00	1,07	0,43	2,02	2,2E-01
QH - 09	1,25	1,47	0,52	0,58	0,19	0,24	0,49	1,05	0,86	1,69	1,60	1,47	1,72	13	5,00	1,01	0,19	1,72	3,2E-01
QH - 04	0,72	2,18	0,33	0,30	0,23	0,63	0,33	0,76	0,80	1,69	1,74	2,11	1,75	13	5,00	1,04	0,23	2,18	5,4E-01
QH - 05	0,99	1,44	0,70	0,66	0,28	1,00	1,63	0,98	1,05	1,59	ND	2,88	1,63	12	5,00	1,24	0,28	2,88	4,5E-01
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,15	0,21	0,50	1,18	1,34	1,37	ND	6	5,00	0,96	0,21	1,37	2,3E-01
QH - 08	ND	ND	ND	ND	ND	0,63	3,15	0,82	2,15	1,12	1,12	1,43	ND	7	5,00	1,49	0,63	3,15	7,8E-01
QH - 10	0,93	1,94	1,90	1,51	0,96	1,08	1,15	4,22	3,70	0,93	1,12	2,10	0,18	13	5,00	1,67	0,18	4,22	1,3E+00
QH - 22	ND	3,70	ND	1,48	ND	ND	ND	ND	1,50	ND	ND	ND	ND	3	5,00	2,23	1,48	3,70	1,6E+00
QH - 11	1,17	1,68	0,77	0,86	0,23	0,59	0,54	0,71	0,76	1,41	1,46	1,66	1,35	13	5,00	1,01	0,23	1,68	2,2E-01
QH - 12	0,91	2,25	0,69	0,27	0,61	1,02	1,39	0,98	1,02	1,63	1,55	1,51	2,54	13	5,00	1,26	0,27	2,54	4,1E-01
QH - 15	ND	ND	ND	ND	0,58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	5,00	0,58	0,58	0,58	ND
QH - 20	2,36	1,76	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	5,00	2,06	1,76	2,36	1,8E-01
QH - 21	ND	ND	ND	ND	1,44	1,15	ND	2,79	1,02	0,83	ND	ND	ND	5	5,00	1,45	0,83	2,79	6,1E-01
QH - 26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,5	ND	1	5,00	1,50	1,50	1,50	ND
QH - 28	0,79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3,62	ND	2	5,00	2,21	0,79	3,62	4,0E+00

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

**Tabla 48. Quebrada Honda: valores de coliformes Totales (NMP en 100 ml), mayo 2000 - mayo 2001**

Estación	00/05/29	00/06/28	00/08/02	00/08/14	00/08/28	00/09/25	00/10/23	00/11/22	00/12/18	01/01/22	01/02/19	01/03/19	01/04/18	01/05/22	Resumen Anual					
	LMP <small>Clase II</small>	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+04	<i>si &gt; 3</i>	<i>LMP</i>	<i>Prom</i>	<i>Min</i>	<i>Máx</i>
QH - 01	2,40E+04	2,30E+03	4,30E+04	9,30E+01	9,30E+03	< 3	1,10E+04	9,30E+01	9,30E+00	9,30E+01	1,10E+03	1,10E+02	1,10E+03	1,50E+02	14	2,00E+04	6,60E+03	3,00E+00	4,30E+04	1,56E+08
QH - 02	< 3	7,00E+02	9,30E+03	< 3	2,30E+03	< 3	9,30E+01	< 3	9,30E+00	9,30E+01	1,10E+03	9,30E+01	1,50E+02	9,30E+01	14	2,00E+04	9,96E+02	3,00E+00	9,30E+03	6,13E+06
QH - 03	< 3	2,30E+03	< 3	< 3	2,30E+03	< 3	< 3	< 3	4,30E+00	2,10E+01	2,10E+01	4,00E+01	2,30E+01	< 3	14	2,00E+04	3,38E+02	3,00E+00	2,30E+03	6,91E+05
QH - 06	< 3	ND	ND	< 3	ND	< 3	ND	2,40E+02	7,50E+00	< 3	ND	< 3	2,30E+01	9,30E+01	9	2,00E+04	4,21E+01	3,00E+00	2,40E+02	6,37E+03
QH - 09	< 3	< 3	< 3	ND	< 3	ND	ND	< 3	ND	ND	< 3	< 3	< 3	1,50E+01	9	2,00E+04	4,33E+00	3,00E+00	1,50E+01	1,60E+01
QH - 04	ND	< 3	< 3	< 3	ND	< 3	< 3	< 3	2,30E+00	9,30E+01	2,40E+01	ND	2,30E+01	< 3	11	2,00E+04	1,48E+01	2,30E+00	9,30E+01	7,40E+02
QH - 05	ND	< 3	< 3	ND	2,30E+03	ND	< 3	ND	ND	ND	2,40E+01	ND	ND	1,50E+01	6	2,00E+04	3,91E+02	3,00E+00	2,30E+03	8,74E+05
QH - 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 3	< 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	2,00E+04	3,00E+00	3,00E+00	3,00E+00	0,00E+00
QH - 22	ND	ND	< 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2,00E+04	3,00E+00	3,00E+00	3,00E+00	ND
QH - 11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	< 3	ND	ND	ND	ND	ND	1	2,00E+04	3,00E+00	3,00E+00	3,00E+00	ND
QH - 23	ND	ND	< 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2,00E+04	3,00E+00	3,00E+00	3,00E+00	ND

Las estaciones de muestreo QH – 01, QH – 02, QH – 03 y QH – 06 corresponden al río principal (del punto más bajo al más alto)

Las letras en *cursiva ND*, nos indica que no había flujo

Los datos de la fecha 00/08/14 de de las estaciones QH – 08, QH – 25, QH – 26 y QH 27 corresponden a la fecha 00/09/13-14

Fuente: el autor

### Anexo 08. Resultados de bioensayo con *Daphnia sp*

Tabla 49. Quebrada Honda: Porcentaje de movilidad de *Daphnias* luego de exposición en 24 horas a diferentes muestras de agua, mayo 2000 - mayo 2001

Estación	Horas																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	24	48	72	96	120	144	168	192
QH - SC	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	70	50	40	20	20	10	0
QH - 28	100	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 10	100	15	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 21	100	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 07	100	50	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 05	100	90	75	65	35	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 00	100	100	100	100	100	80	50	20	20	20	20	20	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QH - 08	100	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	35	35	20	0	0	0	0	0	0	0
QH - 06	100	80	75	70	70	70	70	70	70	70	70	70	60	50	50	50	45	45	0	0	0	0	0	0	0
QH - 12	100	95	80	70	70	70	70	70	70	70	65	65	65	65	60	60	60	60	10	10	10	10	10	10	5
QH - 03	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	80	80	80	70	30	15	10	15	10	10	10
QH - 01	100	95	95	95	95	95	95	95	90	90	85	85	85	85	85	85	80	80	80	80	75	75	50	25	25
QH - 04	100	100	100	100	100	100	95	95	95	95	95	95	95	95	90	85	85	85	60	35	20	15	5	5	5
QH - 11	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	95	95	95	95	95	95	90	5	0	0	0	0	0	0
QH - 02	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	90	85	70	75	50	40	30
QH - 09	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	65	65	65	50	10	0	0

Fuente: el autor

**Anexo 09. Perspectiva en tres dimensiones de la subcuenca  
Marcará**

