

Contaminación del río Chili, en Arequipa, durante los años 1972 a 1982 y 1999 a 2004

*Chemic-physic pollution of Chili River (Arequipa)
from 1972 to 1982 and 1999 to 2004*

Iboni Fernández P. de Vizcardo*

<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2006.v7.08>

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de determinar los parámetros de la contaminación de la cuenca del río Chili, y se desarrolló a través de métodos y técnicas estándar internacionales recomendados por American Water Works Association (A.W.W.A.), los mismos que permitieron detectar la presencia de contaminantes de origen físico y químico identificados por análisis o pruebas fisicoquímicas, espectrofotométricas, volumétricas y complexométricas aplicados a estas sustancias.

Arequipa, conocida como la Ciudad Blanca, está ubicada al sur del Perú, parte en la costa y parte en la sierra, y cuenta con más de 725 838 habitantes. La campiña arequipeña, entorno natural que rodea la ciudad, provee a esta de los recursos agrícolas. Las aguas del río Chili, que divide la ciudad de norte a sur, son el recurso hídrico más importante. Sin embargo, visto que sirve para el consumo humano, los regadíos y la generación de electricidad, las aguas del río Chili vienen sufriendo la contaminación de sus aguas por los residuos domésticos y químicos (curtiembres, textiles, etc.).

El río Chili se está convirtiendo en río muerto y también en un agente letal. Sus aguas, cargadas de cromo en una proporción 8 veces mayor al límite permisible según las Normas Internacionales, se usan para regar el valle agrícola de La Joya.

El estudio comprende tres partes:

Primera parte

- Estudio de la contaminación del río Chili-Vitor-Quilca y afluentes producida desde 1972 a 1982.

Segunda parte

- Estudio de los niveles de contaminación de la cuenca del río Chili (de 1973 a 1982 y de 2003 a 2005).

Tercera parte

- Identificación fisicoquímica de metales pesados (2004), demanda bioquímica de oxígeno (de 1999 a 2002) y análisis microbiológicos de las aguas del río Chili (de 2001 a 2004).
- Detección de la contaminación de las aguas y del lecho del río Chili por desechos domésticos y desechos químicos tóxicos procedentes de la industria y de la agricultura que sobrepasan los límites medios permisibles (LMP).

Los **objetivos específicos** son:

- Determinar la calidad de las aguas del río Chili y el grado de sus contaminantes orgánicos e inorgánicos.
- Realizar el examen de las aguas del río Chili mediante el análisis y control de calidad que permitan detectar las fuentes de contaminación.
- Comparar estas variables obtenidas a través del tiempo.
- Evaluar la calidad sanitaria del río Chili, para su recuperación, protección y desarrollo sustentable.
- Esbozar programas para fomentar aptitudes y conductas favorables hacia el medio ambiente.

Palabras clave: *contaminación, pruebas fisicoquímicas, pruebas espectrofotométricas, pruebas volumétricas, pruebas complexométricas.*

* Universidad Alas Peruanas, filial Arequipa.

ABSTRACT

This study has been done in order to determine the pollution parameters in River Chili Basin. The Research mentioned has been carried out using Standards Methods and Techniques recommended by the American Water Works Association (A.W.W.A.). The pollutants of chemical, biological and mineralogical origin were detected by physical chemical, spectro-chemical, volumetric and complexmetric tests.

Arequipa is known as White City, it located in south Peru, has coast and mountain range, and there are more than 725 838 habitants, the Arequipa 's countryside provide agriculture resource. Chile water, is the main hydro resource because is used to water fields and generate electrical current, the pollution appear because remainder domestic servant and chemical compound like factory remainder are spilling in there

Chili river is becoming die river and also a killer agent, like for example the crome level is 8 times more than allowed standars, and in spite of it water is used to water La Joya agricultural fields.

The Study comprises three parts:

First Part

- Study of River Chili - Vitor - Quilca and Affluents Pollution during the period 1 972 to 1982.

Second Part

- Study of the level of contamination in the River Chili Basin (1 973 to 1 975).

Third Part

- Physical Chemical Identification of heavy metals (2 004), Oxygen Biological Demand (1 999 to 2 002) and Microbiological Analysis of River Chili Waters (2001 to 2 004).
- It is concluded that Contamination of River Chili Waters is due to domiciliary, industrial, and agricultural wastes.
- The concentration of the pollutants present in River Chili would exceed the maximum permissible limits.

Specific objectives

- To determine Chili water quality, organic and inorganic polutting agent percentage.
- To make water Test witch lend detect the pollution sources
- To compare that variable thought the time
- To evaluate Chili river quality sanitary, to recovery and protect
- Like contribution of this work is try design programs to foment aptitudes and conducts favourable to mind

Key words: *pollution, physical chemical tests, spectro-chemical tests, volumetric tests, complex metric tests.*

INTRODUCCIÓN

El agua

- Es esencial para la vida.
- Es la sustancia más común de la Tierra.
- Cubre el 70 % de la superficie terrestre. Sin embargo, el agua dulce no es tan abundante.
- Sirve como alimento, además de tener uso doméstico, industrial, recreativo, en la generación de energía, etc.

Disponibilidad de agua en la Tierra

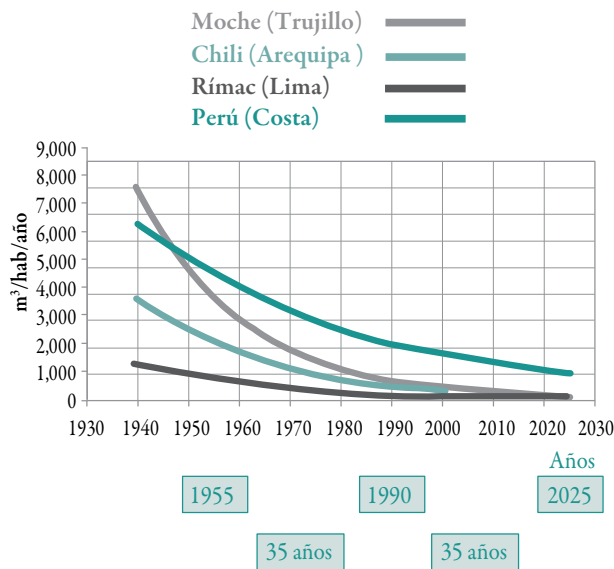
En todo el planeta existen 1,6 mil millones de m³ de agua.

La calidad del agua muchas veces está comprometida por:

- El acelerado crecimiento de las ciudades.
- Ocupaciones desordenadas y en áreas de protección de cuencas.

- El bajo índice de tratamiento de los desagües y su disposición final en cuerpos de agua.
- La tala de vegetación y uso inadecuado de defensivos agrícolas.
- Disposición final inadecuada de los residuos sólidos.

Variación de la disponibilidad per cápita en el Perú



El saneamiento y la salud pública en el Perú

- Población total: 25 millones de habitantes.
- 70,4 % de esta población es urbana (17,5 millones).
- 29,6 % de esta población es rural (7,3 millones).
- Índices de cobertura nacional de agua y saneamiento 1998*:
 - 25% de la población nacional sin servicios de agua.
 - 26,3% sin saneamiento.
- Según la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 2,2 millones de personas, la mayoría niños, mueren anualmente de diarrea. En el Perú, sólo cerca de 10% del desagüe recolectado es tratado (total o parcialmente)*

* Fuente: SUNASS.

Metas para desarrollo del milenio en agua y saneamiento (MDM)*

“Al 2015, haber reducido a la mitad el porcentaje de personas que no tienen acceso sostenible a servicios de agua potable y de saneamiento”.

* Definidas en la *Declaración del Milenio*, Asamblea General de la ONU, el 13/09/00, y complementadas en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Cumbre de Johannesburgo), en septiembre de 2002.

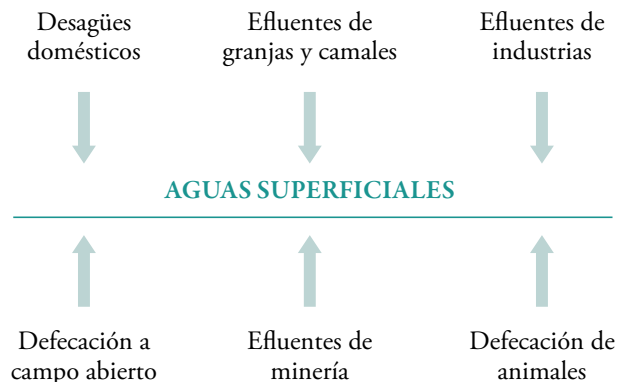
¿Qué contaminantes pueden ser encontrados en el agua?

Al respecto, debemos considerar, en general, que:

- No existe agua pura.
- En la naturaleza, todas las aguas contienen impurezas.
- Los contaminantes pueden ser físicos, químicos o microbiológicos.
- El grado de contaminación depende de la protección de la fuente.

Aguas superficiales

Origen de la contaminación



Contaminantes en el agua

Físicos y químicos:

- Turbiedad
- Metales
- Sales
- Agrotóxicos

Microbiológicos:

- Bacterias, virus, protozoarios
- Algas

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestreo. La toma de la muestra es la operación más delicada, y ofrece variadas facetas según el destino que se va a dar al agua, por cuanto condiciona los resultados analíticos.

Control de calidad analítico. Es un sistema de control analítico y estadístico que se aplica a todos los medios que se emplean para realizar análisis químicos. Comprende la calidad de los reactivos, la calibración de equipos y la comprobación de los métodos analíticos, comprobando la completitud de reacciones compuestas, la reproducibilidad de resultados, el nivel de detección y la sensibilidad del método, para establecer su precisión y exactitud. El laboratorio debe ser contrastado con otros operadores y otros laboratorios (acreditación).

Control de métodos. Es necesario hacer uso de análisis normalizados internacionalmente, de modo que los resultados obtenidos puedan ser contrastados con diferentes laboratorios (métodos normalizados).

Estaciones de muestreo

- I Charcani.
- II Puente Grau.
- II-A Puente Bolognesi.
- III Puente Vallecito.
- IV Puente Tingo.
- V Puente Tiabaya.
- VI Puente Uchumayo.
- VII Palca (confluencia del río Chili y el río Yura).

- VIII Palca (desembocadura en el Chili).
- IX Palca (río Vítor).
- X Mococho (parte alta del Valle de Vítor).
- XI Sotillo (puente de Sotillo).
- XII Ophellan (final del Valle de Vítor).
- XIII Huañamarca (río Vítor).
- XIV Río Sigwas.
- XV Río Quilca.
- XVI Río Quilca (desembocadura).

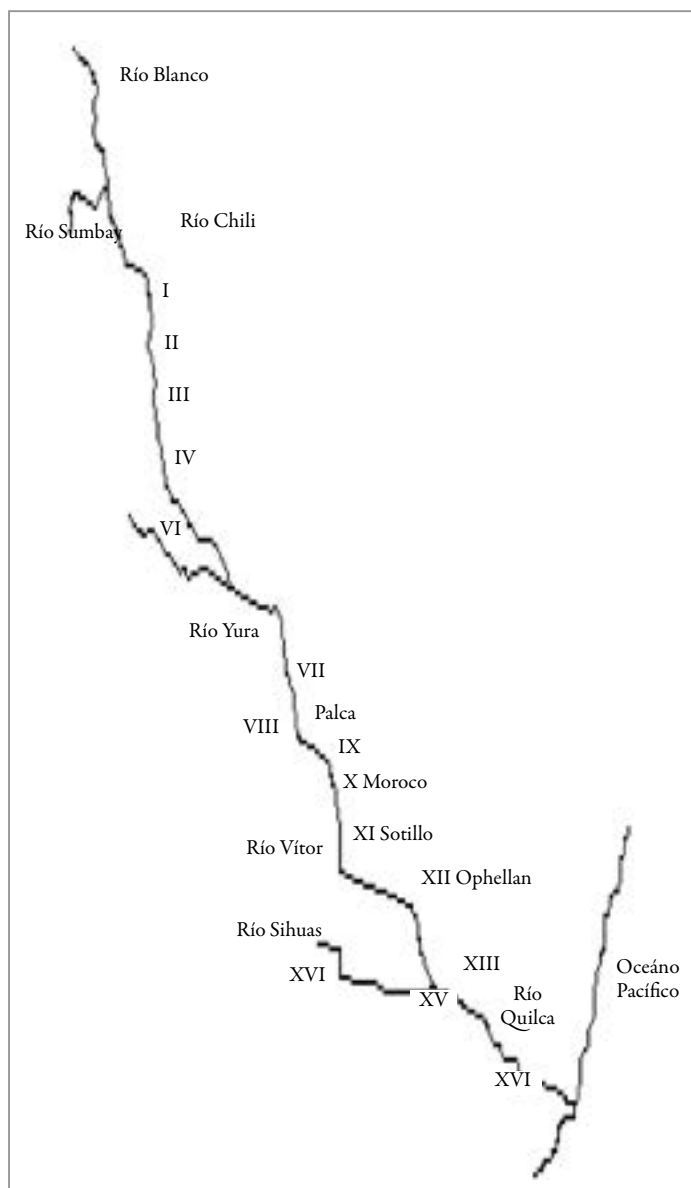


Figura 1. Cuenca del río Chili-Vítor-Quilca.



Figura 2. Estación I. Charcani.



Figura 3. Estación II. Puente Grau.



Figura 4. Estación III. Puente Vallecito.



Figura 5. Estación II-A. Puente Bolognesi.



Figura 6. Estación VI. Uchumayo.



Figura 7. Estación X. Mocoro.



Figura 8. Estación XI. Sotillo.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL AGUA REALIZADOS

Arequipa, el 20

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

D., TOMADA EL

CARACTERES ORGANOLÉPTICOS

Color:

Olor:

Sabor:

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS

Temperatura |__|

Turbidez |__|

pH |__|

EXÁMENES PRELIMINARES

Sólidos no filtrables |__|

Conductividad uS |__|

Sólidos filtrables |__|

Alcalinidad fenolf |__|

Sólidos totales |__|

Alcalinidad total |__|

Acidez |__|

CONTROL QUÍMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Demanda bioquímica de oxígeno	__	Oxígeno consumido por las materias orgánicas.....	__
Demanda química de oxígeno	__	- en medio ácido	__
Índice de oxidabilidad	__	- en medio alcalino.....	__
Aceites y grasas.....	__	Taninos.....	__

MINERALIZACIÓN

CO ₂ total	__	Calcio	__
Bicarbonatos	__	Sodio	__
Cloruros	__	Magnesio	__
Sulfatos	__	Cobre	__
Nitratos	__	Hierro	__
Fosfatos	__	Manganeso	__
Cianuros	__	Cromo	__

Ámbito del estudio

Se circunscribe al tramo comprendido de la zona urbana de la ciudad, desde la represa de Aguada Blanca hasta la desembocadura del río Quilca, a nivel del mar.

La parte experimental del presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Química de la UNSA, exclusivamente implementado con equipo moderno mediante el Convenio UNSA-Ministerio de Pesquería (1 972).

RESULTADOS

ANÁLISIS EFECTUADOS EN EL AÑO 1973

ESTACIÓN DETERMINACIÓN	VII	IX	X	XI	XII
Fecha	16/07/73	16/07/73	03/08/73	03/08/73	24/08/73
Temp / Amb °C / Agua	27 / 16,5	25 / 15,5	25 / 15	22,5 / 19,5	18 / 21
PH	8,60	8,60	8,35	8,55	8,50
Conductividad uS	670	550	720	1 700	1 800
Alcalinidad Fenolftal. +	4,80	3,20	0,00	11,31	17,22
Alcalinidad Total +	149,35	137,08	145,63	167,28	171,70
Acidez +	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sólidos No filtrables o	19	14	16	54	2
Sólidos Filtrab. o	601	486	574	1 231	1 382
Sólidos Totales o	620	500	590	1 285	1 384
Carbonatos o	9,60	6,40	0,00	22,62	34,44
Fosfatos o	1,3429	0,9297	1,3400	1,2300	1,3400
Sulfatos o	125,0	98,9	110,0	420,0	501,0
Cloruros o	79,52	56,29	98,02	99,96	200,89
Cianuros o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Boro o	4,40	2,20	---	---	---
Magnesio o	22,0	20,0	20,5	22,0	34,0
Calcio o	44,00	41,60	41,66	144,64	160,32
Manganeso o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cobre o	0,100	0,060	0,060	0,061	0,042
Fierro o	0,80	0,50	0,50	0,60	0,28
Cromo o	---	0,00	0,00	0,00	0,00
Tanino o	2,50	2,50	2,00	2,10	1,20
Aforos *	8 960	13 950	13 950	15 000	16 000

(+) Expresado como ppM de CaCO₃

(o) ppM

(*) litros/segundo.

ANÁLISIS EFECTUADOS EN EL AÑO 1975

ESTACIÓN DETERMINACIÓN	VII	IX	X	XI	XII
Fecha	28/10/75	28/10/75	28/10/75	29/10/75	29/10/75
Hora	11,40	9,40	16,30	12,30	15,00
Temp / Amb °C / Agua	23,5 / 20	22 / 18,2	20 / 20,5	22,5 / 23	23 / 26
pH	8,40	8,25	8,45	8,35	8,30
Conductividad uS	190	170	200	460	500
Alcalinidad Total +	129,75	129,75	129,75	173,17	186,64
Acidez	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sólidos No filtrables o	1	1	1	12	6
Sólidos Filtrab. O	556	486	544	1 528	1 648
Sólidos Totales o	557	487	545	1 540	1 654
Carbonat. O	0,00	13,97	13,97	19,96	11,97
Fosfatos o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfatos o	123,0	97,8	130,0	160,0	402,0
Cloruros o	81,42	78,32	105,12	197,87	223,64
Cianuros o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Magnesio o	26,25	23,66	23,66	52,82	44,89
Calcio o	49,68	41,11	51,40	123,36	154,20
Manganeso o	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Cobre o	0,06	0,10	0,11	0,09	0,06
Fierro o	0,22	0,30	30,28	0,38	0,33
Cromo o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dureza +	232,10	200,05	225,75	524,55	569,01
Tanino o	0,90	1,80	1,68	1,60	2,10

(+) Expresado como ppM de CaCO₃

(o) ppM

ANÁLISIS EFECTUADOS EN EL AÑO 1982

ESTACIÓN DETERMINACIÓN	X	XI	XVI	X	XI	XVI
Fecha	22/6/82	22/6/82	22/6/82	20/10/82	20/10/82	20/10/82
Hora	11,40	14,45	15,30	11,30	13,30	17,45
Temperatura Ambiente °C	23	26	20	27,5	28,5	24
Temperatura Agua °C	16	20	16	19	22,5	20
pH	8,20	7,95	7,60	8,00	8,00	7,95
Conductividad uS	1 450	2 450	3 500	2 450	3 000	4 000
Alcalinidad Total +	181,23	231,69	158,58	141,75	119,85	156,73
Acidez +	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sólidos No filtrables o	8	10	2	66	2	45
Sólidos Filtrab. o	1 098	2 000	2 792	1 511	1 973	2 559
Sólidos Totales o	1 106	2 010	2 794	1 576	1 975	2 604
Oxígeno Disuelto o	7,5	8,4	9,0	7,6	8,2	8,6
Carbonatos o	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indice de Oxidabilidad *	8,53	12,32	19,54	8,61	14,22	8,84
Sulfatos o	372,6	741,0	1 045,0	559,6	740,0	860,0
Cloruros o	260,8	336,0	720,0	371,0	425,0	748,0
Magnesio o	39,14	66,20	93,33	51,10	64,40	87,00
Calcio o	112,05	198,44	280,56	148,00	201,10	261,32
Dureza +	440,60	768,08	1 084,98	580,00	766,79	1 010,87

(+) Expresado como ppM de CaCO₃

(o) ppM

(*) Expresado como ppM de KmnO₄

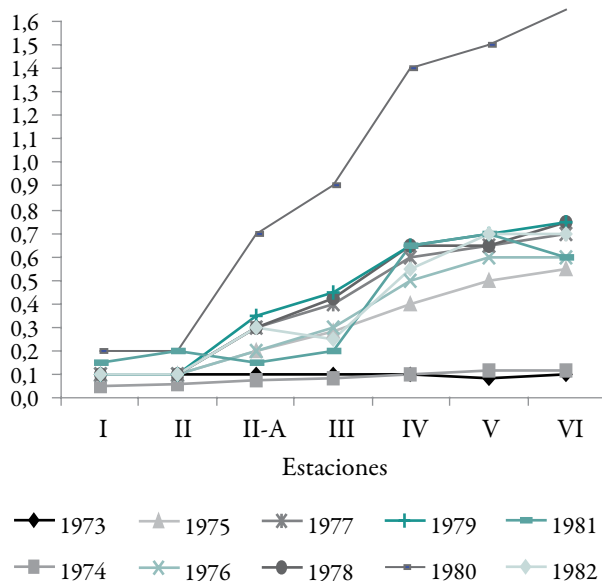
**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS AGUAS DEL
RÍO CHILI EFECTUADOS EN EL AÑO 2 004**

ESTACIÓN DETERMINACIÓN	I	II	III	V
Temp. Amb °C / Agua	23,5 /20	22 /18,2	20 /20,5	22,5 /23
pH	7,4	7,62	8,42	8,45
Alcalinidad como CaCO ₃	34	40	41	50
Sólidos totales disueltos	78	110	98	102
Sólidos suspendidos totales	14	16	25	33
Sulfatos	52,3	64,2	68,8	160
Cloruros	260	351	298	330
Dureza total	240	280	320	346
Calcio	90,3	98,2	100,4	118,4
Magnesio	10,1	25,46	23,82	42,46
Hierro	13,46	0,28	0,3	1,6
Cobre	0,03	0,03	0,06	0,06
DBO ₅	2,8	3,3	10,36	16
Carbonatos	0	0	3,5	4,62
Nitratos	0	2	2,92	3,62
Contenido del H ₂ O en aceites y grasas	6,49	7,83	12,46	16,98

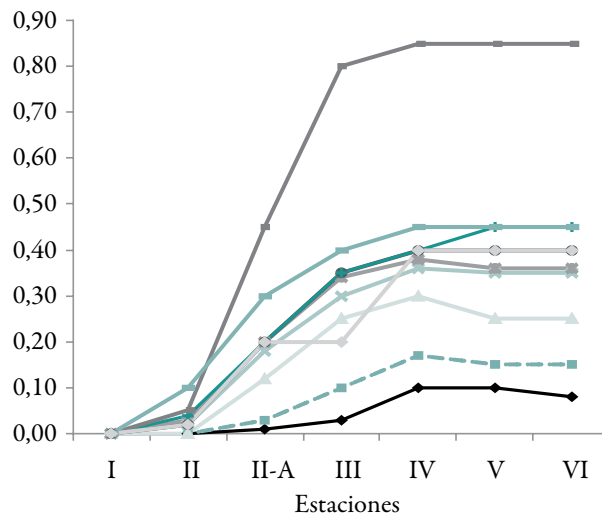
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS AGUAS DEL RÍO CHILI EFECTUADOS EN EL AÑO 2005

ESTACIÓN DETERMINACIÓN	I	II	III	V
Temp. Amb °C / Agua	23,5 / 20	22 / 18,2	20 / 20,5	22,5 / 23
pH	7,68	7,7	8,23	7,8
Alcalinidad como CaCO ₃	36	42	43	52
Sólidos totales disueltos	80	115	99	104
Sólidos suspendidos totales	15	18	25	35
Sulfatos	54,3	60,2	64,8	150
Cloruros	54,98	64,28	89,62	124,96
Dureza total	270	362	340	349
Calcio	98,3	101,2	103,7	120,3
Magnesio	12,12	27,37	24,92	43,02
Hierro	15,2	0,3	0,29	1,82
Cobre	0,03	0,03	0,06	0,07
DBO ₅	3,2	4,62	12,46	18
Carbonatos	0	0	4,5	6,02
Nitratos	0	2,01	3,06	4,5
Contenido del H ₂ O en aceites y grasas	7,69	9,36	15,45	18,46
Cromo	0,05	1,02	1,43	2,18

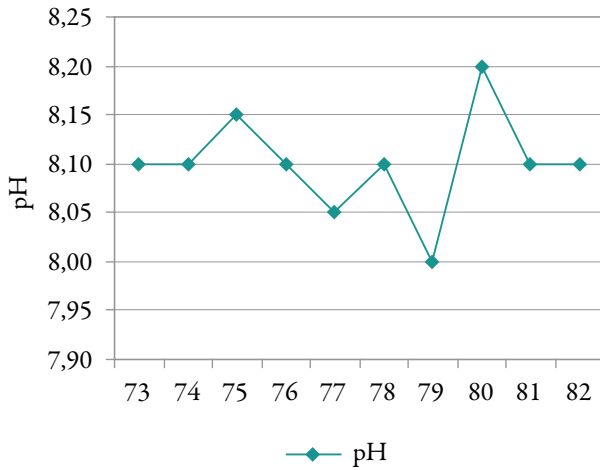
Variación anual del contenido de hierro
Año 1973 a 1982



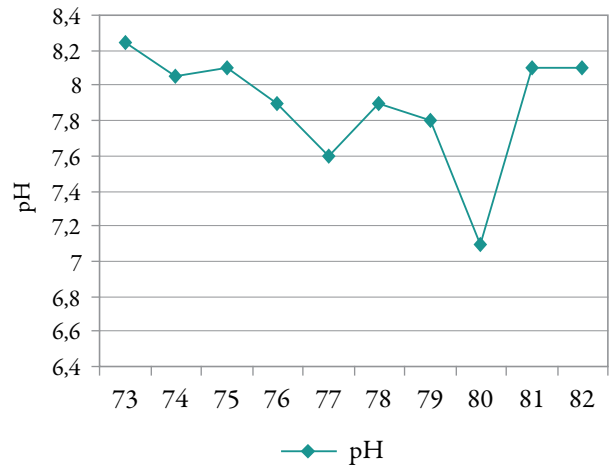
Variación anual del contenido de cromo
Año 1973 a 1982



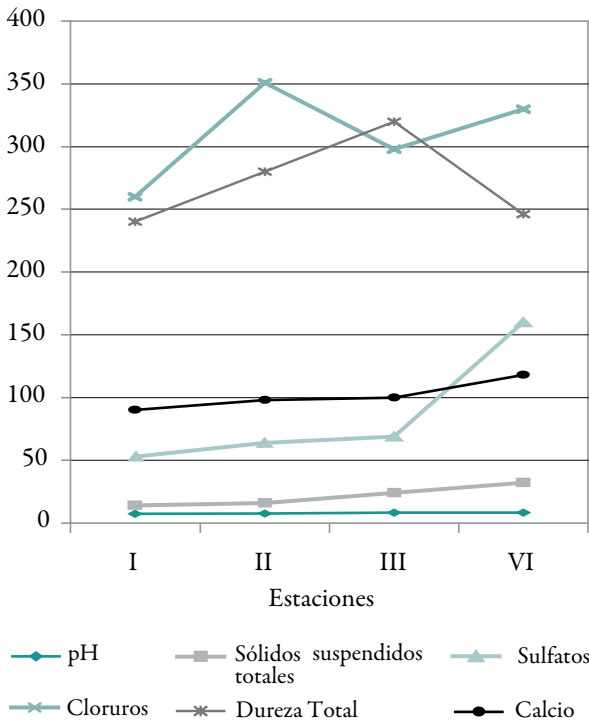
Cuadro comparativo de pH en la Estación I entre los años de 1973 y 1982



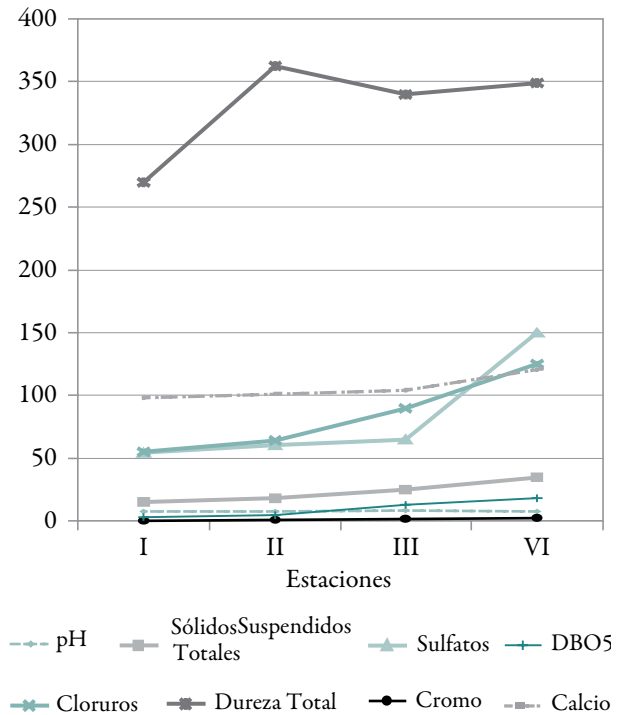
Cuadro comparativo de pH en la Estación VI entre los años de 1973 y 1982



Comparación de contenido de calcio, sólidos suspendidos totales, sulfatos, cloruros, dureza total y valores de pH. Año 2004



Comparación de contenido de calcio, sólidos suspendidos totales, sulfatos, cloruros, dureza total y valores de pH y DBO5. Año 2005 (enero-marzo)



CONCLUSIONES

- **Primera.** Del estudio comparativo de las aguas del río Chili y su evolución a lo largo del cauce y a través del tiempo, se detecta que las fuentes de contaminación puntuales y no puntuales (alrededor de 50 pun-

tos) se ubican principalmente en las zonas comprendidas entre la Estación II (Puente Grau) y la Estación VI (Uchumayo). El río Chili se encuentra contaminado esencialmente por agentes inorgánicos y orgánicos (descargas de aguas servidas principalmente) cuya característica principal es la perma-

nente degradación (en las estaciones antes mencionadas).

- **Segunda.** A lo largo de este estudio (de 1973 a 1982 y de 2003 a 2005) se ha detectado que el grado de contaminación en el río Chili va en aumento. Así ocurre en el caso de la conductividad, del cromo (que ha sobrepasado los límites máximos permisibles para agua potable y de regadío), del hierro (presente en todas las estaciones), de las variaciones en el pH normal y de los bajos contenidos de oxígeno disuelto, DBO, lo que viene perjudicando el desarrollo de la vida acuática.
- **Tercera.** Se ha detectado que las fuentes de contaminación del río Chili están ligadas a la actividad humana, es decir, son de origen doméstico (excreciones humanas, detergentes, basura, etc.), de origen industrial (curtiembres, talleres de galvanoplastia, etc.), de origen agrícola (insecticidas, compuestos orgánicos persistentes y cancerígenos).
- **Cuarta.** Se observa que los contaminantes señalados se incrementan notoriamente con el transcurrir del tiempo.
- **Quinta.** Las sustancias tóxicas que se vierten al río Chili hacen que la contaminación se traslade a los terrenos de cultivo y a la producción agrícola. Esto significa que tales sustancias afectan sanitariamente a los pobladores de la ciudad a través del agua de regadío, del agua potable y del consumo de productos agrícolas.

RECOMENDACIONES

- **Primera.** Eliminar las descargas provenientes de las filtraciones de la irrigación La Joya. En tal sentido, como el tratamiento de estas aguas representaría un alto costo, se recomienda captar estas descargas, como ya lo ha hecho la irrigación La Cano, y diluirlas con aguas del río Vitor para irrigar tierras altas al oeste de la carretera Panamericana. En un trabajo anterior, se demostró que estas aguas son aptas para uso agrícola limitado (Calderón, Masías, Fernández, Quiroa, Tapia. *Variaciones en la salinidad del agua del Chili-Vitor por filtraciones de tierras irrigadas recientemente*. X Congreso Peruano de Química, Trujillo, 1974).
- **Segunda.** Prohibir la captura del camarón en toda la cuenca del Quilca, con el fin de preservar la especie hasta que se restablezcan las condiciones normales del río Vitor.
- **Tercera.** Utilizar los resultados encontrados en este estudio para conocer la calidad de agua del río Chili y si se adecua a los estándares para no perjudicar la población y la vida ecológica.
- **Cuarta.** Realización de un control permanente, por parte de los municipios, del arroyo de basuras al cauce del río Chili.
- **Quinta.** Que los municipios hagan convenios con ONGs para embellecer el cauce del río Chili.
- **Sexta.** Que se implementen otras plantas de tratamiento de aguas servidas.
- **Séptima.** Que las universidades se interesen y participen activamente en el estudio de la contaminación de las aguas del río Chili a través de sus diferentes programas profesionales (como lo vienen haciendo la UNSA y la UAP).
- **Octava.** Conformar una comisión ad hoc multisectorial para la descontaminación urbana del río Chili.
- **Novena.** Realizar operativos de fiscalización de los vertimientos.
- **Décima.** Elaborar un inventario ambiental del río Chili.

- **Undécima.** Fortalecer la gestión ambiental multisectorial con el objeto de revertir las actuales condiciones del río.
- **Duodécima.** Aplicar el principio de que es más rentable evitar contaminar que depurar, lo que significa cumplir con el Código del Medio Ambiente y la normatividad acerca de la biodiversidad.
- **Decimotercera.** Cambiar progresivamente los hábitos de consumo y utilizar la basura para generar beneficios en la población, a través de campañas de sensibilización, orientación y capacitación dirigidas a los pobladores de los diferentes distritos de Arequipa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Standars Methods for the Examination of Water and Waste Water.* A.W.W.A. 15th. Edition. American Public Health Association, Washington D.C., 1975.
2. American Society for Testing and Materials. *Manual de aguas.* Traducido por Hortensia Corona. 5ta. edición. México, Limusa, 1980.
3. American Water Works Association. *Control de calidad y tratamiento del agua.* Traducido por Federico de Lora. Madrid, Instituto de Estudio de Administración Local, 1980.
4. Calderón, E.; Masías, E.; Fernández, E. *Niveles de contaminación del Río Chili-Vitor. Informe preliminar.* Trabajo presentado al Primer Seminario Nacional de Sistemas Ecológicos. Lima, 1974.
5. Calderón, E.; Masías, E.; Fernández, E. y Tapia, E. *Variaciones de la salinidad del agua Chili-Vitor por filtraciones de tierras irrigadas recientemente.* Trabajo presentado al X Congreso Peruano de Química. Trujillo, 1974.
6. Dewey, D.J. y Wilson, A.L. *Training Course on Analytical Quality-Control for Water Analysis Laboratories.* Water Quality and Health Division. Water Research Center, Medmenhan Laboratory, Buckinghamshire, England, 1980.
7. Fair, Gordon-Geyer, John. *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales.* Vol. II. Edit. Limusa, México, 2002.
8. Alegre, M. Bernex, N. *El medio ambiente en el Perú. Año 2001.* Instituto Cuánto, Editorial e Imprenta Desa S.A., Lima, Perú, 2002.
9. Romero Rojas, Jairo. *Tratamiento de aguas residuales por las lagunas de estabilización.* Alfa Omega Grupo Editor S.A. de C.V. 3ra. Edición. México, 1999.
10. Chang, Raymond. *Química.* 7ma. Edición. McGraw-Hill, México, 2003.
11. Villavicencio Núñez, M. *Bioquímica I.* Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 1999.
12. Berrio B. V. *Nuevo Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.* Editorial Berrio, Lima, Perú, 2004.
13. Romero Rojas, Jairo Alberto. *Calidad del agua.* 2da edición. Alfa Omega Grupo Editor S.A. de C.V., México, 1999.
14. Masías E., Fernández E., Tapia E. *Estudio fisicoquímico de las aguas del río Chili.* Trabajo presentado al XI Congreso Peruano de Química. Arequipa, 1977.
15. Ayamamani Arapa, Justo Pastor. *Estudio del tratamiento y recuperación de cromo en desechos industriales acuosos de curtiembre de Arequipa.* Tesis para optar el título profesional de analista químico. UNSA, 1976.
16. Valdivia C., María Elena. *Memoria descriptiva del proceso industrial en el área de producción División Curtiembre de Fábrica América y P. P. Díaz y un aporte a la conservación del medio ambiente.* Tesis para optar el título profesional de ingeniero químico. UNSA, 1995.