

EL MISIONERO DEL AGRO

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL RECURSO
HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PUYANGO
TUMBES

“ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PLAN OF
HYDRIC RESOURCE OF PUYANGO-TUMBES
RIVER ‘S BASIN”

Autor: Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué

Filiación:
Universidad Nacional de Tumbes – Facultad de
Ciencias Agrarias – Escuela Profesional de
Ingeniería Agrícola y Suelos – Laboratorio de Ciencias
Ambientales

Dirección: Av. Universitaria s/n Pampa Grande

Teléf.: 972859128
www.untumbes.edu.pe

Contacto:
Dr. Gerardo Cruz Cerro
Teléfono: 969507312
Página Web: gjcruz@gmail.com

Tumbes - Perú

Fecha de presentación: 05/05/2015
Fecha de aceptación: 24/06/2015



UNIVERSIDAD
AGRARIA DEL ECUADOR
www.uagraria.edu.ec

Autor: Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué

Filiación: Universidad Nacional de Tumbes – Facultad de Ciencias Agrarias – Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola y Suelos – Laboratorio de Ciencias Ambientales
gjcruc@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la determinación de la calidad del agua del río Puyango Tumbes, las fuentes contaminantes, el establecimiento de un modelo de correlación entre la concentración de metales pesados y el caudal medio, así como el desarrollo de un plan de manejo ambiental. La metodología consistió en determinar una zona de evaluación del agua superficial del río en la cuenca de la parte Peruana, materializándose 8 puntos de muestreo, en dos épocas del año, época lluviosa (Marzo), y época seca (Noviembre). Los resultados obtenidos fueron: Para el caso de los parámetros microbiológicos, todas las muestras tomadas han superado el estándar de calidad ambiental. Las principales fuentes de contaminación del agua son las actividades mineras de la parte alta de la cuenca, la actividad agrícola de la parte baja, generación de aguas residuales y residuos sólidos; y los efluentes de la actividad langostinera. Los principales contaminantes que afectan la calidad del agua que sobrepasan los ECA son: los coliformes termotolerantes (> 0 NMP/100 mL), As ($> 0,01$ mg/L), Cd ($> 0,003$ mg/L), Fe ($> 0,3$ mg/L), Mn ($> 0,1$ mg/L) y Pb ($> 0,01$ mg/L). La asociación entre el caudal y la concentración de contaminantes, para los modelos estadísticos no paramétricos de Pearson y Spearman existe asociación entre las variables caudal promedio anual y el total de contaminantes metálicos anuales con valores de 18 % y 33 % respectivamente. El plan de manejo ambiental propuesto involucra 6 programas: Reubicación de la actividad minería y dragado de sedimentos de la zonas afectadas, reforestación de la parte alta, defensas ribereñas, tratamiento de aguas residuales, programas de reciclaje y disposición final de residuos sólidos; y programa de educación ambiental.

Palabras Claves: Recurso Hídrico, fuentes contaminantes, metales pesados, Estándares de calidad ambiental, Plan de manejo ambiental

ABSTRACT

The present study aimed to determine the water quality of Puyango Tumbes River, polluting sources, the establishment of a model of correlation between the concentration of heavy metals and the average flow and the development of environmental management plan. The methodology determined assessment area of the river surface water in the basin of the Peruvian part, materializing 8 sampling points in two seasons, rainy season (March) and dry season (November). The results were: In the case of microbiological parameters, all samples exceeded the standard of environmental quality. The main sources of water pollution are mining of the upper part of the basin, the agricultural activity of the lower generation of wastewater and solid waste; and effluents of shrimp activity. The main pollutants affecting water quality exceeding the ECA are: coliformes termotolerantes (> 0 NMP / 100 mL), As (> 0.01 mg / L), Cd (> 0.003 mg / L), Fe (> 0.3 mg / L) Mn (> 0.1 mg / L) and Pb (> 0.01 mg / L). The association between the flow and the concentration of pollutants, for statistical models nonparametric Pearson and Spearman association exists between variables annual average flow and total annual metal contaminants with values of 18% and 33% respectively. The proposed environmental management plan involves six programs: Relocation of mining and dredging of sediments from the affected areas, reforestation of the upper, coastal defenses, wastewater treatment, recycling programs and solid waste disposal activity; and environmental education program.

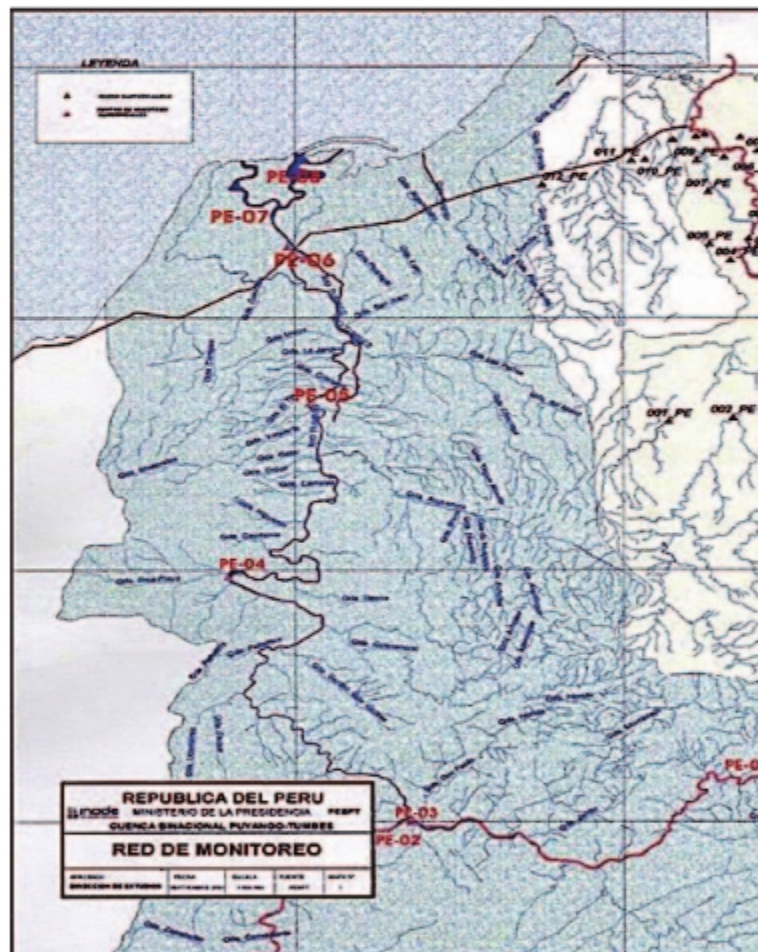
Keywords: Water Resources, pollution sources, heavy metals, environmental quality standards, environmental management plan.

La presente investigación, acorde con las variables a analizar, es de tipo teórica práctica y la solución del problema está enmarcado dentro de lo descriptivo, explicativo y predicativo.

La población se encuentra constituida por la Cuenca del Río Puyango – Tumbes. La población elegida para la muestra, específicamente para la caracterización del recurso hídrico, fueron los puntos de monitoreo establecidos por la Dirección General de Salud ambiental (DIGESA) en el lado Peruano. Figura 2, Estos puntos son:

- PE01 – Río Puyango Tumbes, antes de la confluencia con la Quebrada Cazaderos (cabo Inga). PE02 – Quebrada Cazaderos, antes de juntarse con el Río Puyango Tumbes. PE03 – Río Tumbes, después de la unión con la Quebrada Cazaderos. PE04 – Río Tumbes, a 400 m del Puesto de Salud de Rica Playa. PE05 – Río Tumbes, Bocatoma La Peña. PE06 – Río Tumbes, Toma de la Captación EPS Aguas de Tumbes ATUSA. PE07 – Río Tumbes, a 1,5 Km de la Caseta de Bombeo Coloma. PE08 – Río Tumbes, a 1,5 Km aproximadamente antes de la Desembocadura al Océano Pacífico.

FIGURA 2. ESTACIONES DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO - LADO PERUANO



Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

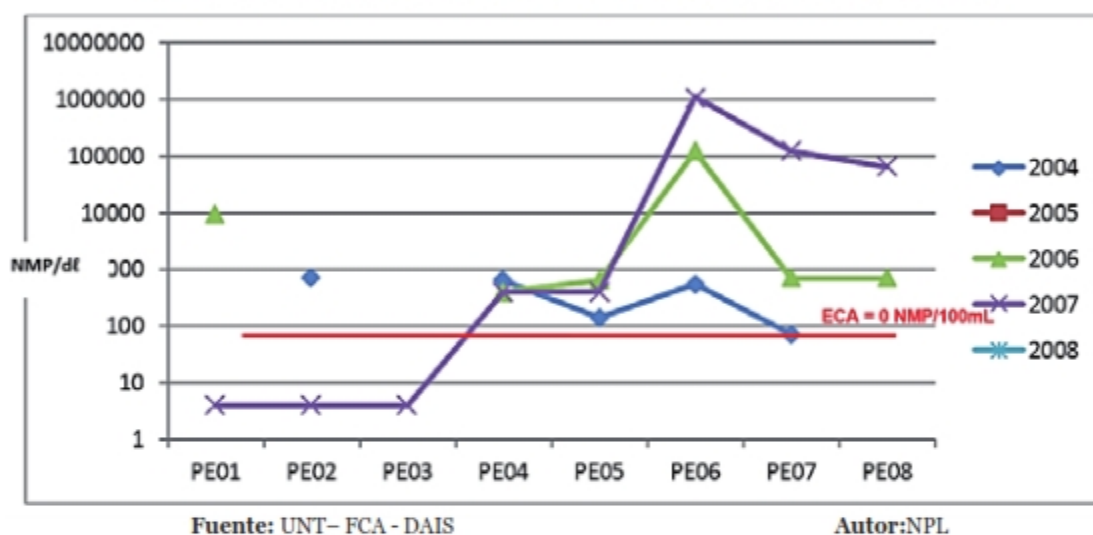
La información se recolectó directamente en campo mediante el uso de instrumentos especializados de muestreo y los datos fueron tratados y analizados con el uso del computador y el uso de paquetes estadísticos para investigadores, tal como el STATPAC (Statistical Analysis Package), Sistema de Información Geográfica (SIG ó GIS).

RESULTADOS

• PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para el caso de los parámetros microbiológicos, se analizaron los coliformes termotolerantes, los cuales muestran una situación particular desde la estación PE06 en la época seca, debido a la presencia de descargas de aguas residuales domésticas sin tratar (aguas arriba y aguas debajo de la planta de tratamiento de agua potable ATUSA), haciéndola potencialmente peligrosa para su consumo directo. En este caso todas las muestras tomadas para todas las estaciones han superado el estándar de calidad Ambiental (ECA). (Ver Figura 3 y 4).

FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/DL) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACIÓN DE MONITOREO



• METALES PESADOS

FIGURA 4. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE ARSENICO (MG/L) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACIÓN DE MONITOREO

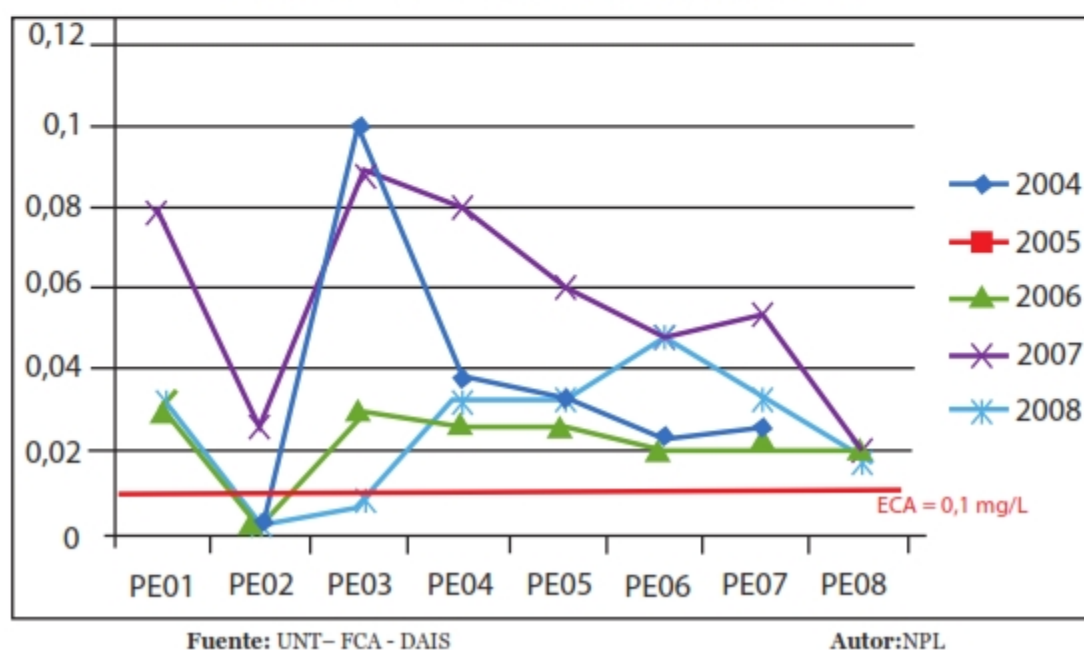
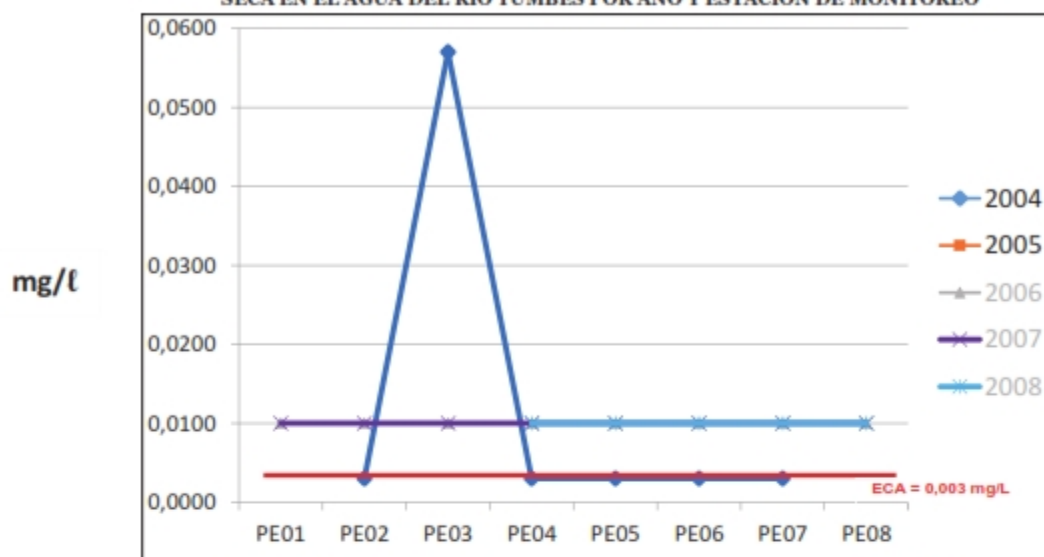


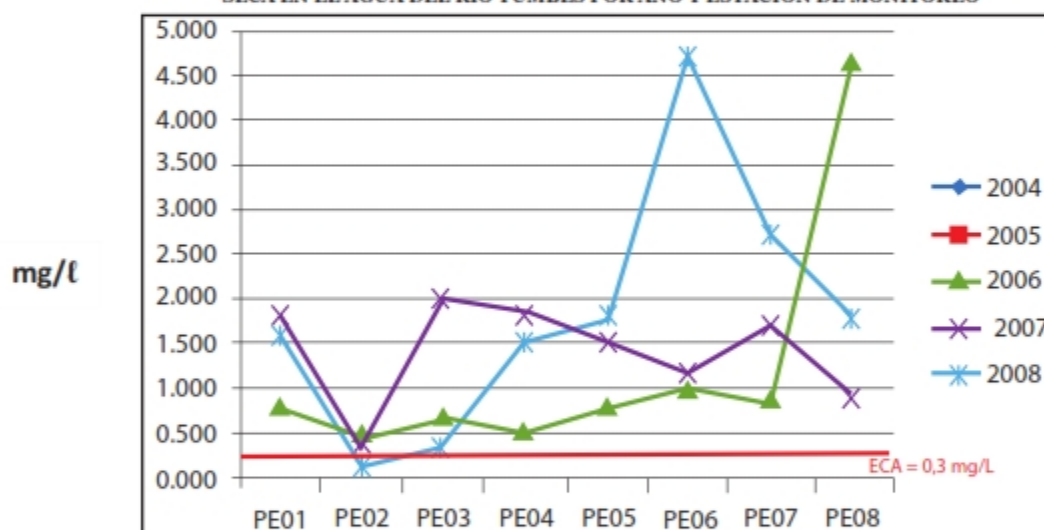
FIGURA 5. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE CADMIO (MG/L) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACIÓN DE MONITOREO



Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

FIGURA 6. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE FIERRO (MG/L) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACIÓN DE MONITOREO



Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

FIGURA 7. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE MANGANESO (MG/L) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACIÓN DE MONITOREO

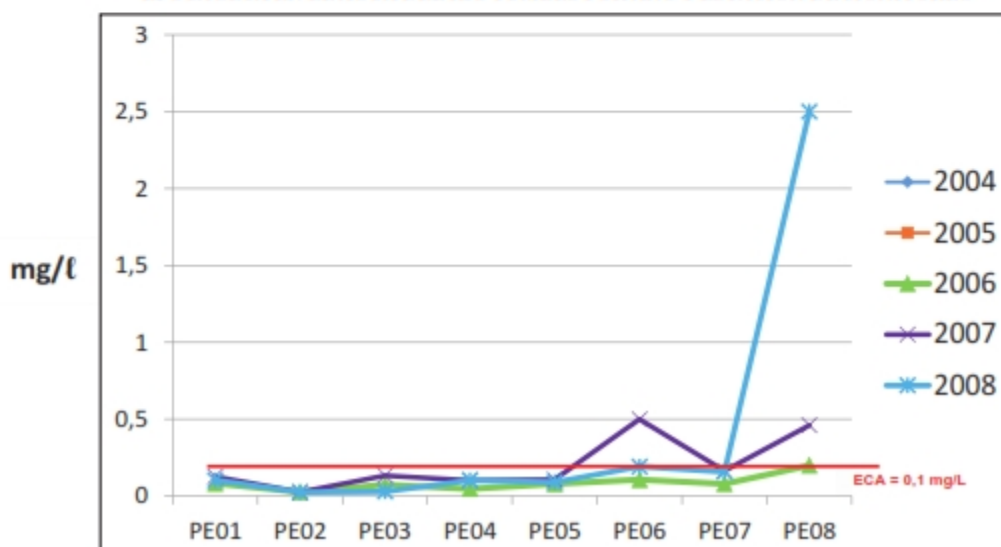
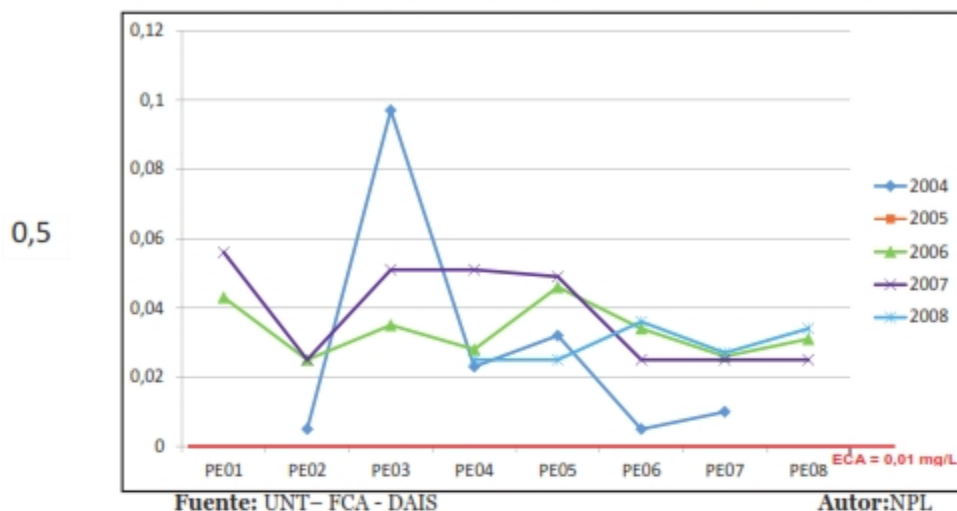


FIGURA 8. COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE PLOMO (MG/L) DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES POR AÑO Y ESTACION DE MONITOREO



Principales Fuentes Contaminantes del Río

Las principales fuentes contaminantes identificadas de la Cuenca del Río Tumbes son la actividad minera artesanal de la parte alta, las descargas de la actividad agrícola, la actividad doméstica: descarga de efluentes crudos y vertido de residuos sólidos urbanos e industriales. Figura N°9.

FIGURA 9. UBICACIÓN MACRO DE LAS PRINCIPALES FUENTES CONTAMINANTES DEL RÍO TUMBES



La agricultura es otra de las fuentes contaminantes identificadas, básicamente por las descargas de los drenes cargados de aguas con contaminantes como nitratos y nitritos, fosfatos, metales pesados y sobretodo pesticidas de todo tipo.

En la parte baja de la cuenca del Puyango Tumbes se desarrolla una actividad langostinera intensiva, que utiliza una gran cantidad de agua y por ende

genera también grandes volúmenes de aguas residuales.

Las poblaciones asentadas cerca de las márgenes de los ríos que conforman la cuenca del Puyango Tumbes, además de verter aguas residuales domésticas, también vierten residuos sólidos al río, debido a la falta de sitios técnica y ambientalmente adecuados (rellenos sanitarios) para tal fin.

Modelo Correlacional De Caudal v/s Metales Pesados

En la época seca y húmeda el caudal medio anual del río Puyango – Tumbes ha venido en un incremento gradual, tal como se ve en la Figura N°10, N°11 y N°12 se nota una disminución de los niveles de concentración de metales pesados en el agua superficial, lo que indicaría que es posible que exista una correlación entre la cantidad de agua del río y la concentración de estos contaminantes.

FIGURA N°10: VARIACIÓN DEL CAUDAL MEDIO EN EL PERIODO DE ESTUDIO

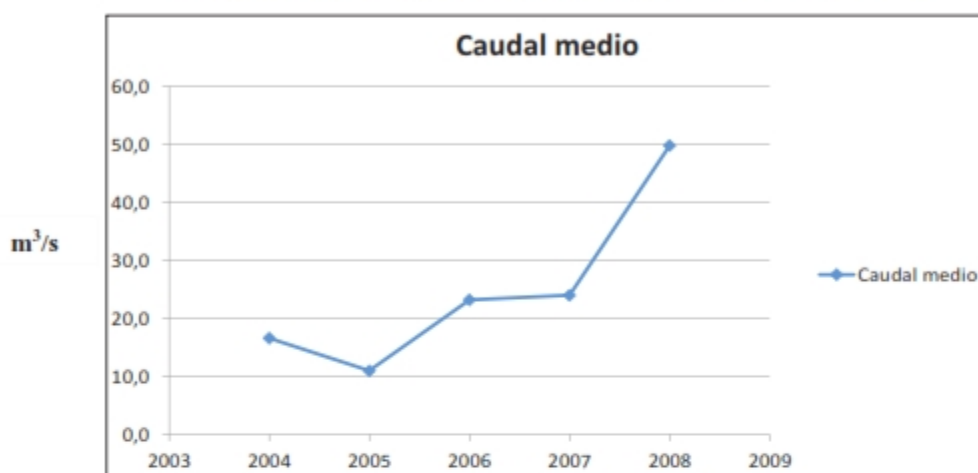


FIGURA 11. CORRELACIÓN ENTRE LOS CAUDALES MEDIOS (M3/S) DEL MES DE MONITOREO EN LA ÉPOCA SECA Y LOS RESULTADOS DE METALES PESADOS (MG/L) EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES DURANTE LA ÉPOCA SECA (PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO).

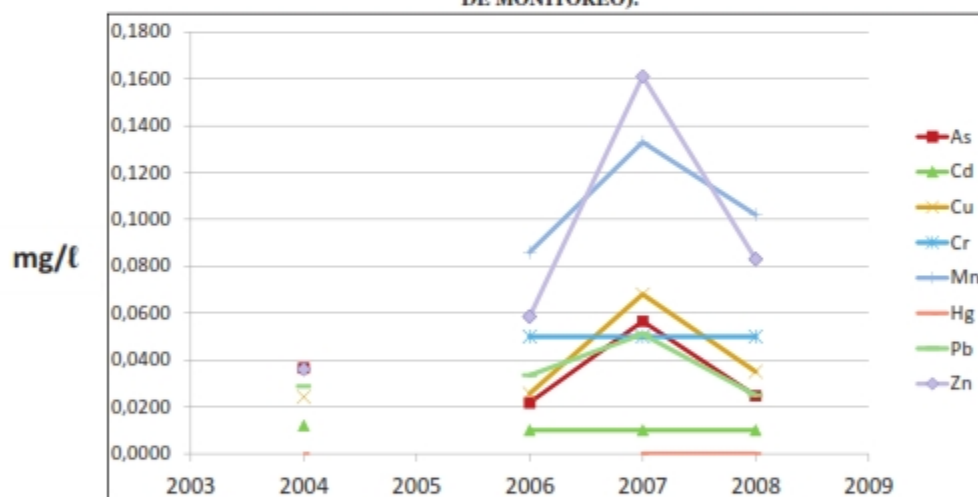
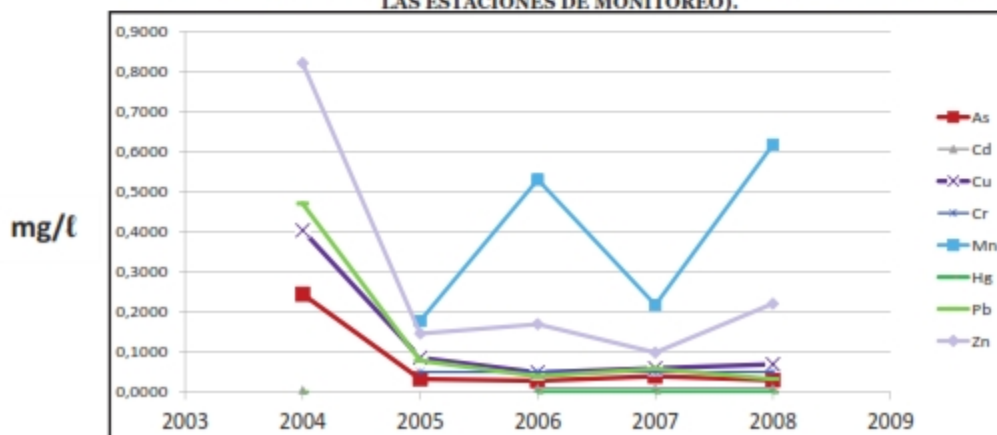


FIGURA 12. CORRELACION ENTRE LOS CAUDALES MEDIOS (M3/S) DEL MES DE MONITOREO EN LA ÉPOCA LLUVIOSA Y LOS RESULTADOS DE METALES PESADOS. (MG/L) EN EL AGUA DEL RÍO TUMBES DURANTES LA EPOCA LLUVIOSA (PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO).



En la Tabla N°1 se puede observar el promedio de la concentración de contaminantes (metales pesados) y el promedio anual del caudal (promedio de promedios). En las Tablas N°2 y N°3 se aprecia el grado de asociación entre la magnitud de la concentración y el caudal promedio; existiendo una correlación positiva (+), esto es para el conjunto de la cuenca Puyango Tumbes observándose que tanto por el método de Pearson y de Spearman, una paramétrica y una no paramétrica coinciden, al observar el 0,18 (18%) y el 0,33 (33 %) que indica un grado de asociación que aparentemente es débil, sin embargo el 18 % como contaminación es considerado altamente peligroso para la salud humana, ni que decir del 33% que resulta más crítico.

TABLA 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS DATOS OBTENIDOS

Variable	Media	Desviación estándar	Nº de datos
Total metales pesados (mg/L)	7,7	13,6	199
Caudal	103,6	125,9	199

TABLA 2. CORRELACIÓN MÉTODO PEARSON

Variable	Total metales pesados (mg/L)	Caudal
Total metales pesados (mg/L)	1	0,186
Caudal	0,186	1

TABLA 3. CORRELACIÓN MÉTODO DE SPEARMAN

Variable	Total metales pesados (mg/L)	Caudal
Total metales pesados (mg/L)	1	0,337
Caudal	0,337	1

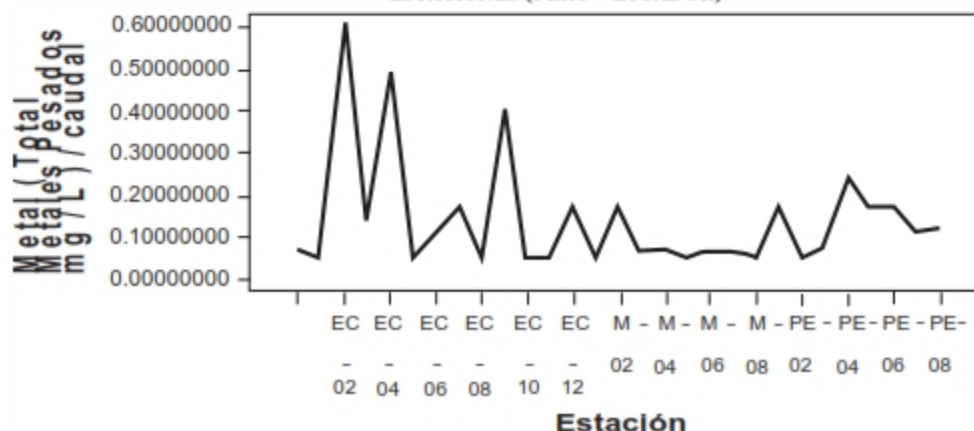
Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

Al calcular los coeficientes de Pearson y Spearman para el lado peruano se puede apreciar que son positivos 0,29 y 0,48 respectivamente; mientras que para el lado ecuatoriano, la asociación es negativa (-) o una relación decreciente, por lo que indica que aumente o disminuya el caudal en el Ecuador los niveles de contaminación se mantienen constantes, mientras que el Perú el efecto del caudal influye directamente sobre los niveles de contaminantes.

En la figura 13, se indica que las mayores masas de contaminantes se encuentran en el Ecuador y además muestra por estaciones de control, apreciándose una variación con el tiempo; con este criterio se hace la autocorrelación para determinar si están asociados en el tiempo y de qué manera.

FIGURA 13. CONCENTRACIONES MEDIAS ANUALES DE METALES PESADOS (MG/L) POR ESTACIONES (PERÚ – ECUADOR).



Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

Figura 14. Coeficientes de correlación entre concentraciones medias anuales de metales pesados (mg/L) por estaciones

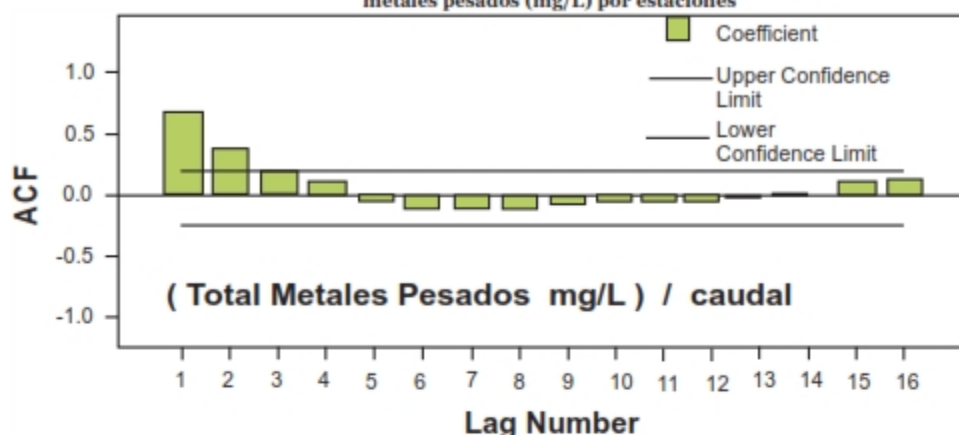
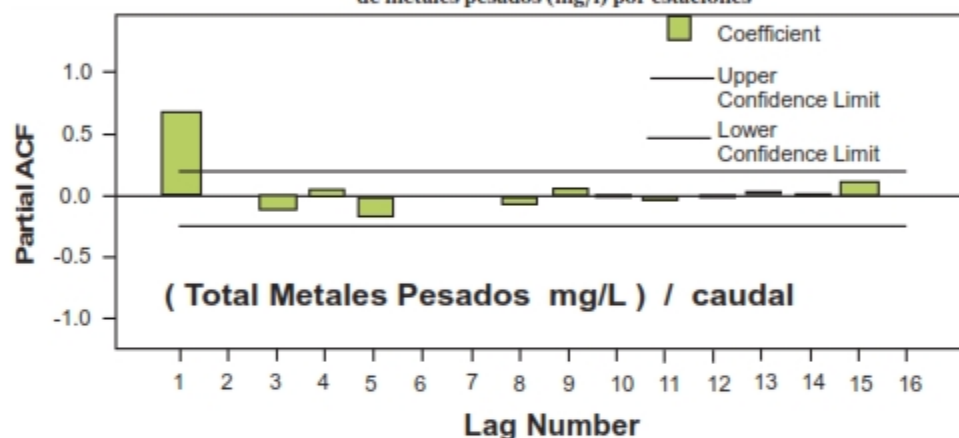


Figura 15. Coeficientes de autocorrelación entre concentraciones medias anuales de metales pesados (mg/l) por estaciones



Fuente: UNT- FCA - DAIS

Autor: NPL

De acuerdo con las figuras 14 y 15, para Perú, se aprecia la existencia de correlación de primer y segundo grado, es decir existen dos periodos consecutivos pasados que influyen en el periodo presente para cualquier estación, por lo que se determinó la siguiente ecuación deducida de ambos gráficos:

$$y_t = 0,4469 y_{t-1} + 0,0399$$

$$\text{Donde } y = \frac{\text{Total_metales_pesados (mg / L)}}{\text{caudal (m}^3 \text{ / s)}}$$

Plan de Manejo Ambiental

Los programas que contendría este plan de mitigación serían los siguientes:

Reubicación de la actividad minería en la parte alta de la Cuenca (provincias de Portovelo y Zaruma) y dragado de sedimentos de las zonas afectadas (8 Km del río Calera y 4 Km del río Amarillo)

- Reforestación en la parte alta de la Cuenca
- Defensas ribereñas a lo largo del río Puyango Tumbes
- Aplicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para las poblaciones que descargan sus efluentes al río
- Programas de reciclaje y disposición final de residuos sólidos
- Educación Ambiental.

DISCUSIÓN

Con respecto a la contaminación biológica, coliformes fecales, se superaron los índices ECA (O, NMP/100ml), tanto para la época seca como lluviosa.

El Arsénico, en época seca con un valor de 0.1 mg/L y 0.45 mg/L en época lluviosa, corrobora lo indicado por Otiniano (2008) que concluye con que este metal pesado supera los límites permisibles tanto en la época de estiaje como la época de caudales normales, índices que superan el ECA que es de 0.01 mg/L.

El Cadmio, en época seca de 0.6 mg/L y 0.1 mg/L en época lluviosa, corrobora lo indicado por Otiniano (2008) que concluye con que este metal pesado supera el límite permisible tanto en la época de estiaje como en la época de caudales normales, índices que superan el

ECA que es de 0.003 mg/L.

El Fierro, en época seca de 4.5 mg/L, y 70 mg/L en época lluviosa, son menores a los encontrado por Carril (2002) que fue de 119.5 mg/L, no cumplen con la calidad ambiental y superan el índice ECA de 0.3 mg/L.

El Manganeso, en época seca de 2.5 mg/L, y 0.8 mg/L en época lluviosa, corrobora por lo encontrado por Carril (2002), no cumple con la calidad ambiental y superan el índice ECA de 1.7 mg/L.

El Plomo, en época seca de 0.1 mg/L, y 1 mg/L en época lluviosa, corrobora por lo encontrado por Carril (2002) y PEBPT (2003), en 0.146 mg/L y 0.04 mg/L, no cumple con la calidad ambiental y superan el índice ECA de 0.01 mg/L.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (Perú) para agua aprobado con DS N°002-2008-MINAM, esta agua es no apta para el consumo directo de personas y animales, no apta para riego de Vegetales de tallo corto o largo y de ser usada para potabilizarla debe ser con avanzados sistemas de tratamiento y filtrado.

2. Las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico de la cuenca del río Puyango Tumbes son las actividades minera en la parte alta, la actividad agrícola de la parte baja (río Tumbes en Perú), generación de aguas residuales domésticas y residuos sólidos urbanos de las ciudades de Portovelo, Zaruma, y Tumbes principalmente; y los efluentes de la actividad langostinera.

3. Los principales contaminantes que afectan la calidad de las aguas de la cuenca del Puyango Tumbes y que sobrepasan los estándares de calidad ambiental (para aguas de tipo A1) son: los coliformes termotolerantes (niveles mayores a NMP/100 mL), arsénico (niveles mayores a 0.01 mg/L), cadmio

(niveles mayores a 0.003 mg/L), fierro (niveles mayores a 0.3 mg/L), manganeso (niveles mayores a 0.1 mg/L) y plomo (niveles mayores a 0.01 mg/L)

4. Con los modelos estadísticos no paramétricos de Pearson y Spearman existe asociación entre las variables caudal promedio anual y el total de contaminantes metálicos anuales con valores de 18 % y 33 % respectivamente

5. El plan de manejo ambiental propuesto para la cuenca del río Puyango Tumbes involucra 6 programas: Reubicación de la actividad minería en la parte alta de la Cuenca (provincias de Portovelo y Zaruma) y dragado de sedimentos de la zonas afectadas (8 Km del río Calera y 4 Km del río Amarillo), reforestación en la parte alta de la Cuenca, defensas ribereñas a lo largo del río Puyango Tumbes, aplicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para las poblaciones que descargan sus efluentes al río, programas de reciclaje y disposición final de residuos sólidos, programa de educación Ambiental.

REFERENCIAS

1. ANDALUZ WESTREICHIER, Carlos – “Manual de Derecho Ambiental” Edición – Proterra – Lima – Perú – 1º Edición – Agosto 2006 – 857 Pág.
2. BANCO MUNDIAL – PRODEMINDA – ECUADOR .1999. “Environmental Plan For Small Gold Mines in Ecuador”. 12 Pág.
3. BERMEJO L. Y CRUZ G. 2007. Determinación del contenido de metales pesados en los suelos cultivados con Arroz – Margen izquierda del río Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes.
4. BERMEJO L. Y CRUZ G. 2008. Contaminación físico-química en las aguas de drenaje agrícola de la margen izquierda del río Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes.
5. CARRIL FERNANDEZ BENJAMIN – “Contaminación del río Tumbes por Presencia de Residuos Químicos y Microbiológicos” - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES – Perú 2002 – 41 Pág.
6. CLARKE R. 1973. Mathematical Models in Hydrology, food and agriculture. Organization of the United Nations.
7. COLLAZOS CERRÓN, Jesús – “Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos” – Primera Edición – 2005 – Perú Books EIRL – Lima – Perú - Editorial San Marcos - 618 Pág.
8. DISA – Tumbes, 2008. Análisis de la situación de Salud de Tumbes ASIS. Dirección de Epidemiología de la Dirección de salud ambiental de tumbes.
9. FEIJOO C. 2007. Contaminación con metales pesados en las especies Anadara Grandis y Anadara Tuberculosa en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Universidad Nacional de Tumbes.
10. GOMEZ OREA, Domingo – GASCO GUERRERO, Gabriel – “La Gestión de los Recursos y del Medio Ambiente” – Ediciones Mundi – Prensa – Madrid – Barcelona – México – 1999 – 290 Pág.
11. Huamaní y Marino – 2006 “EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE METALES PESADOS DE MONITOREO DE LOS RIOS PUYANGO – TUMBES Y ZARUMILLA, ASÍ COMO SUS TRIBUTARIOS”.
12. Informe preliminar OEIA - 2002 - “Caracterización del Acuífero de la Cuenca Binacional Río Zarumilla y Monitoreo de la Calidad del Agua en la Cuenca Binacional Puyango - Tumbes” - PEBPT - 30 Pág.
13. INRENA: “Estudio Preliminar de la Calidad del Agua del Río Tumbes” – 1999.
14. J. GLYNN HENRY – GARY W. HEINKE – “Ingeniería Ambiental” – Segunda Edición – Publicada por McGraw – Hill HISPANOAMERICANA S.A. – México – 1999 – 775 Pág.
15. LEY GENERAL DEL AMBIENTE – Ley N° 28611 – 15 OCT.2005
16. Ministerio de Agricultura - INRENA - DGAS - 2000 “ley General de Aguas - DL N° 17752”
17. OTINIANO J. 2008. Evaluación del comportamiento del recurso hídrico en el río Puyango Tumbes periodo 1963 2005. Universidad Nacional de Piura – Maestría en Ingeniería Ambiental.
18. Proyecto Puyango – Tumbes “Caracterización del Acuífero del Valle Zarumilla – Análisis de Aguas Superficiales del Río Puyango - Tumbes” – 2003.
19. PUÑO LECARNAQUÉ, Napoleón – “Análisis Situacional de la Cuenca del río Tumbes” – Tesis para optar el Grado de Magister Scintial – UNA – LA MOLINA – ESCUELA DE Post Grado – Especialidad de Recursos Hídricos – 2004 – Lima – Perú – 234 Pág.