

**UNIVERSIDAD “CESAR VALLEJO”**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL  
DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS COMO  
BIOINDICADORES  
DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL RÍO CHANCAY  
HUARAL-LIMA**

Tesis  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por  
**EDWIN JAVIER ALVAREZ ZANELLI**

Línea de Investigación  
**CONSERVACION DE LOS RR.NN**

LIMA- PERU  
2011

**MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS  
COMO BIOINDICADORES  
DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL RÍO CHANCAY-HUARAL-LIMA**

## DEDICATORIA

A mis hermanos: Lita del Carmen, Jorge y Gilmer por su apoyo incondicional, y a Pavel por su incentivo en seguir esta hermosa carrera.

A mi madre Nelly por su paciencia y espera.

A Elvira por su amor y cariño.

A mi tío Humberto, por sus consejos de superación.

## **PRESENTACIÓN**

**Señores miembros del jurado:**

En cumplimiento con las normas establecidas por nuestra Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, presento a vuestra consideración este trabajo denominado “Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del Agua del río Chancay-Huaral-Lima”

Mi principal objetivo en la presente investigación es cumplir con los requisitos establecidos y contribuir con aportes en cuanto a la utilización de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en los ríos del Perú.

A ustedes señores miembros del jurado, mi especial reconocimiento por el dictamen al que se haga merecedor el presente trabajo.

**Javier Alvarez Zanelli**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme el don de la vida, y mantener la armonía en mi familia.

A la Blga. Guisella Pascual, por su asesoramiento en los materiales a usar y su apoyo en el muestreo biológico.

Al Ing. Isaías León, Asistente técnico de la Autoridad Local del Agua de Chancay (ALA- Chancay- Huaral), por su apoyo en la logística y acceso a los puntos de muestreo.

Al Blgo. Pedro Ramos, por su orientación hacia el desarrollo de este trabajo y su apoyo en la literatura sobre temas referidos al estudio.

Al Ing. Abner Chávez Leandro, y a la Blga Virginia Medina Mogrovejo, por su asesoramiento en este trabajo, en la parte metodológica y temática respectivamente

Al Ing. Mario Gonzales por su apoyo en la accesibilidad de los equipos de análisis fisicoquímicos.

Al Ing. Jorge Alvarez Zanelli, por su apoyo en la adquisición de materiales y transporte a la zona de estudio.

# ÍNDICE GENERAL

Carátula .....	I
Dedicatoria .....	IV
Presentación.....	V
Agradecimientos.....	VI
Índice general .....	VII
Índice de tablas .....	X
Índice de gráficos.....	XI
Indice de planos .....	XII
Indice de anexos .....	XII
Resumen .....	XIII
Abstract .....	XV
Introducción.....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	4
1.1 Planteamiento del Problema .....	4
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Justificación del Estudio.....	5
1.5 Delimitación.....	6
1.5.1 Delimitación Espacial .....	6
1.5.2 Delimitación Temporal.....	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	8
2.1 Antecedentes .....	8
2.2 Marco Teórico.....	9
2.2.1 Bioindicadores.....	9
2.2.2 Macroinvertebrados.....	9
2.2.2.1 Modos de Vida de los Macroinvertebrados.....	9
2.2.2.2 Tipos de Alimentación de los Macroinvertebrados .....	10
2.2.2.3 Hábitats de los Macroinvertebrados .....	11
2.2.2.4 Ventajas de los Macroinvertebrados como Bioindicadores ....	11
2.2.3 Indice BMWP' Modif.....	13

2.2.4 Cuenca del Rio Chancay- Huaral .....	15
2.2.4.1 Ubicación Geográfica .....	15
2.2.4.2 Usos del Agua.....	18
2.2.4.3 Fuentes Contaminantes del Agua del río Chancay .....	19
2.2.4.4 Normatividad del Agua .....	21
2.3 Marco Conceptual .....	24
2.3.1 Calidad del Agua.....	24
2.3.2 Macroinvertebrados.....	25
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>28</b>
3.1 Hipótesis .....	28
3.1.1 Hipótesis General .....	28
3.1.2 Sub Hipótesis .....	28
3.2 Tipo y Diseño de Estudio .....	28
3.2.1 Tipo de Estudio .....	28
3.2.2 Diseño de Estudio.....	28
3.3 Variables.....	29
3.3.1 Definición Conceptual.....	30
3.3.2 Definición Operacional.....	33
3.3.3 Comportamiento de los Parámetros Ambientales .....	39
3.3.4 Comportamiento de las métricas/índices Biológicos-Ecológicos.....	40
3.4 Población, Muestra y Muestreo.....	41
3.4.1 Población.....	41
3.4.2 Muestra .....	41
3.4.3 Muestreo .....	41
3.5 Método de Investigación.....	42
3.5.1 Muestreo Biológico .....	42
3.5.2 Muestreo Fisicoquímico .....	42
3.6 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos .....	42
3.6.1 Materiales:.....	42
3.6.2 Fase de Gabinete 1.....	43
3.6.3 Fase de Campo .....	44
3.6.4 Fase De Gabinete 2.....	46
3.6.4.1 Abundancia de macroinvertebrados.....	46
3.6.4.2 Índices Bióticos .....	48
3.6.4.3 Índices Ecológicos .....	51

3.7 Diseño de Análisis de Datos .....	56
3.7.4 Aplicación del ACP (Análisis de Componentes Principales) .....	56
3.7.5 Dendrogramas .....	57
3.7.5.1 Índice de Similitud de Jaccard .....	57
3.7.5.2 Índice de Similitud de Bray – Curtis .....	58
3.7.6 Aplicación de la Regresión Múltiple .....	60
CAPITULO IV: RESULTADOS .....	62
4.1 Descripción .....	62
4.1.1 Parámetros Ambientales.....	62
4.1.2 Macroinvertebrados Bentónicos (MIB) .....	64
4.1.2.1 Abundancias Relativas de Macroinvertebrados .....	67
4.1.2.2 Índices Bióticos .....	72
4.1.2.3 Índices Ecológicos .....	75
4.1.2.4 Índices de Similitud y Dendrogramas.....	80
4.1.3 Resultados del ACP (Análisis de Componentes Principales) .....	84
4.1.4 Resultados de la Regresión Múltiple .....	87
4.1.4.1 Abundancias Relativas .....	87
4.1.4.2 Índices Bióticos .....	90
4.1.4.3 Índices Ecológicos .....	91
4.2 Discusión .....	94
CONCLUSIONES .....	96
SUGERENCIAS .....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	98
PLANOS .....	104
ANEXOS .....	110



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Variable Independiente (X): Parámetros Ambientales.....	29
Tabla N° 2: Variable Dependiente (Y): Macroinvertebrados Bentónicos.....	29
Tabla N° 3: Valores del % de EPT.....	35
Tabla N° 4: Escala de Valores del Índice de Shanon.....	36
Tabla N° 5: Escala de Valores de Riqueza.....	37
Tabla N° 6: Escala de Interpretación de la Equidad.....	38
Tabla N° 7: Respuestas de los Parámetros Ambientales ante los Impactos.....	39
Tabla N° 8: Respuestas de los Índices ante los Impactos.....	40
Tabla N° 9: Estaciones de Muestreo en el río Chancay.....	41
Tabla N° 10: Materiales a Usar en la Toma de Muestras.....	42
Tabla N° 11: Requisitos para la Recepción de Muestras.....	45
Tabla N° 12: Determinación In Situ de Parámetro Fisicoquímicos.....	45
Tabla N° 13: Operaciones para obtener Individuos/m <sup>2</sup> de la E <sub>1</sub> : Acos.....	47
Tabla N° 14: Macroinvertebrados de la E <sub>4</sub> : Pan. Norte.....	48
Tabla N° 15: Índice BMWP Modif. en las 4 Estaciones de Muestreo.....	48
Tabla N° 16: Valores de E.P.T/Chironomidae en las 4 Estaciones de Muestreo.....	49
Tabla N° 17: Macroinvertebrados de la E <sub>4</sub> : Pan. Norte.....	50
Tabla N° 18: % EPT en las 4 Estaciones de Muestreo.....	50
Tabla N° 19: Familias e Individuos de la E <sub>4</sub> : Pan. Norte.....	51
Tabla N° 20: Operaciones para calcular la Diversidad.....	52
Tabla N° 21: Índice de Shannon en las 4 Estaciones de Muestreo.....	52
Tabla N° 22: Operaciones para calcular la Dominancia.....	53
Tabla N° 23: Índice de Simpson en las 4 Estaciones de Muestreo.....	54
Tabla N° 24: Operaciones para Calcular la Riqueza.....	54
Tabla N° 25: Operaciones para calcular la Equidad.....	55
Tabla N° 26: Índice de Jaccard entre las Estaciones de Muestreo.....	58
Tabla N° 27: Índice de Bray- Curtis entre las Estaciones de Muestreo.....	59
Tabla N° 28: Índice de Bray- Curtis entre todas las Estaciones.....	59
Tabla N° 29: Órdenes y Familias de Macroinvertebrados más Abundantes.....	66
Tabla N° 32: Índices Ecológicos en las 4 Estaciones.....	79

Tabla N° 33: Resultado del ACP a partir de Variables Fisicoquímicas.....	84
Tabla N° 34: Resultado del ACP a partir de Variables Biológicas-Ecológicas.....	85

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Parámetros Fisicoquímicos en las 4 Estaciones (1) .....	62
Gráfico N° 2: Parámetros Fisicoquímicos en las 4 Estaciones (2) .....	63
Gráfico N° 3: Ordenes más Representativos de Macroinvertebrados.....	64
Gráfico N° 4: Familias más Representativas de Macroinvertebrados .....	65
Gráfico N° 5: Órdenes y Familias más Representativas de Macroinvertebrados.....	66
Gráfico N° 6: Abundancias Relativas en la E <sub>1</sub> : “Acos” .....	67
Gráfico N° 7 : Abundancias Relativas en la E <sub>2</sub> : “Huataya” .....	68
Gráfico N° 8: Abundancias Relativas en la E <sub>3</sub> : “Puente Palpa” .....	69
Gráfico N° 9: Abundancias Relativas en la E <sub>4</sub> “Pan. Norte”.....	69
Gráfico N° 10: Abundancia de Macroinvertebrados en las 4 Estaciones.....	70
Gráfico N° 11: Abundancias de Macroinvertebrados en las 4 Estaciones .....	70
Gráfico N° 12: Abundancias Relativas de Macroinvertebrados en las 4 Estaciones..	71
Gráfico N° 13: Puntuación BMWP Modif., en las 4 Estaciones .....	72
Gráfico N° 14: Valores de EPT/Chironomidae en las 4 Estaciones .....	73
Gráfico N° 15: % de EPT en las 4 Estaciones .....	74
Gráfico N° 16: Valores de Diversidad en las 4 Estaciones .....	75
Gráfico N° 17: Valores de Dominancia en las 4 Estaciones .....	76
Gráfico N° 18: Valores de Riqueza en las 4 Estaciones.....	77
Gráfico N° 19: Valores de Equidad en las 4 Estaciones .....	78
Gráfico N° 20: Tendencia de los Índices Ecológicos en las 4 Estaciones.....	79
Gráfico N° 21: Similitud de Jaccard entre las Estaciones .....	80
Gráfico N° 22: Dendrograma de Similitud a partir del Índice Jaccard .....	81
Gráfico N° 23: Similitud de Bray -Curtis entre las Estaciones.....	82
Gráfico N° 24: Dendrograma de Similitud entre las 4 Estaciones.....	83
Gráfico N° 25: Gráfica de Doble Dispersión de las Variables Fisicoquímicas.....	85
Gráfico N° 26: Gráfica de Doble dispersión de las Variables Biológicas Ecológicas	86

## INDICE DE PLANOS

Plano N° 1: Ubicación Geográfica de la Cuenca del río Chancay- Huaral .....	16
Plano N° 2: Mapa Hidrográfico de la Cuenca del río Chancay-Huaral .....	105
Plano N° 3 : Puntos de Monitoreo y División de la Cuenca del río Chancay .....	106
Plano N° 4: Distritos y Centros Poblados de la cuenca del río Chancayl .....	107
Plano N° 5: Agricultura Irrigada de la cuenca del río Chancay- Huaral .....	108
Plano N° 6: Minas y Centrales Hidroeléctricas de la cuenca del río Chancay .....	109

## INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Categorías de Clasificación Taxonómica de los Macroinvertebrados.	111
Anexo N° 2: Puntuaciones Asignadas a las Diferentes Familias de MIB.....	112
Anexo N° 3: Valoración de Calidad de Agua de Acuerdo a BMWP' Modif. ....	114
Anexo N° 4: ECAs Para la Calidad de Efluentes .....	114
Anexo N° 5: Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos en las 4 Estaciones .....	115
Anexo N° 6: Total de Macroinvertebrados Encontrados en las 4 Estaciones .....	116
Anexo N° 7: Puntuaciones del Índice BMWP Modif. en las 4 Estaciones .....	117
Anexo N° 8: Macroinvertebrados y Puntuaciones BMWP .....	118
Anexo N° 9: Matriz de Consistencia.....	120
Anexo N° 10: Fotografías.....	121

## RESUMEN

Este estudio tuvo por objetivo, evaluar la calidad de las aguas del río Chancay-Huaral, para ello se consideró la abundancia de las familias de macroinvertebrados y los índices Biológicos-Ecológicos, y se relacionó con los parámetros ambientales seleccionados. Se puso énfasis en la altitud para determinar los índices Ecológicos. Así también se evaluaron otros índices como Jaccard y Bray -Curtis para conocer la similitud o semejanza de las familias de macroinvertebrados.

El trabajo de campo fue realizado durante los meses de mayo y junio del 2011, donde se seleccionaron 4 estaciones de monitoreo, 2 en la cuenca media: E<sub>1</sub>: Acos, E<sub>2</sub>: Huataya, y 2 en la cuenca baja E<sub>3</sub>: Palpa y E<sub>4</sub>: Pan. Norte.

La metodología empleada para la recolección de los macroinvertebrados fue la técnica manual modificada (Gaviño *et al.*, 1995), con un muestreador Surber; y para la toma de los parámetros fisicoquímicos se utilizó la guía de DIGESA, con un equipo multiparámetro.

Los resultados obtenidos de la abundancia de macroinvertebrados fueron los siguientes: Se encontraron un total de 5906 individuos/m<sup>2</sup> distribuidos en 20 familias. Platelminthes (1), Mollusca (1), Annelida (1), y Artrópoda (17). (Anexo N° 6). Los órdenes más representativos fueron: Díptera, Ephemeroptera y Trichoptera; mientras que las familias más representativas fueron: Baetidae con 2827 individuos/m<sup>2</sup> (49%), Chironomidae con 1167 individuos/m<sup>2</sup> (20%), Leptohiphidae con 844 individuos/m<sup>2</sup> (14%), Simuliidae con 395 individuos/m<sup>2</sup> (7%), Elmidae con 302 individuos/m<sup>2</sup> (5%) y Hidropsichidae con 85 individuos/m<sup>2</sup> (3%).

El índice biótico BMWP Modif, indicó que las aguas del río Chancay son de calidad aceptable (84 puntos) (Anexo N° 7), donde son evidentes algunos efectos de contaminación. Los índices %EPT y EPT/Chironomidae, corroboran el resultado de que la contaminación total del río Chancay es mediana. Los valores obtenidos están en un nivel aceptable.

En lo referente a la Similitud de Jaccard, y de Bray- Curtis, se analizó con el paquete estadístico PAST donde se obtuvo que La E<sub>1</sub>: Acos, E<sub>2</sub>: Huataya y la E<sub>3</sub>: Palpa, presentan bastante similitud entre ellas, pero ellas 3 presentan baja similitud con la E<sub>4</sub>: Pan. Norte.

Los índices Ecológicos como la Diversidad, Riqueza y Equidad dan valores medios para el río Chancay. Lo que nos indica que este río está medianamente contaminado, y su tendencia de acuerdo a la altitud fue que en la E<sub>1</sub>: Acos y la E<sub>4</sub>: Pan. Norte, los valores fueron más bajos que en la E<sub>2</sub>: Huataya y la E<sub>3</sub>: Palpa. Los valores de la Dominancia son inversamente proporcionales a la Diversidad.

En lo referente al análisis de Parámetros Ambientales, se observó que todos ellos no excedían los ECAs del MINAM 2008. El Oxígeno Disuelto descendía a medida que bajamos la altitud, con la Temperatura ocurría lo contrario, y el PH, no tuvo un comportamiento definido. En cuanto a la Conductividad Eléctrica, S.D.T y Salinidad, las 3 ascendían a medida que bajamos de altitud.

La relación de los Parámetros Ambientales con los índices Biológicos-Ecológicos y la abundancia de macroinvertebrados, se analizó con la regresión múltiple, donde se obtuvo que la Conductividad eléctrica, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad y Oxígeno Disuelto; influyen directamente en la abundancia de las familias de macroinvertebrados y en los índices Biológicos-Ecológicos, con un efecto significativo; mientras que la Temperatura y PH también influyen pero no significativamente.

Palabras Claves: Macroinvertebrados Bentónicos, Bioindicadores, Parámetros Fisicoquímicos, Índices Biológicos-Ecológicos,

## ABSTRACT

This study aimed to assess the quality of the river Chancay-Huaral, for it was considered the abundance of macroinvertebrate families and biological indicators, Ecological, and related to selected environmental parameters. Emphasis was placed on the altitude to determine ecological indicators. So also evaluated other indices such as Jaccard and Bray-Curtis similarity and to determine the similarity of macroinvertebrate families.

The fieldwork was realized during May and June, 2011, where 4 stations of monitoring were selected, 2 in the average basin: E<sub>1</sub>: Acos, E<sub>2</sub>: Huataya, and 2 in the low basin E<sub>3</sub>: He feels and E<sub>4</sub>: Bread. North.

The methodology used for the compilation of the macroinvertebrates was the manual technology modified (Gaviño et to., 1995), with a muestreador Surber; and for the capture of the physicochemical parameters the guide of DIGESA was in use, with an equipment multiparameter.

The results obtained of the abundance of Macroinvertebrates were the following ones: a total of 5906 were individuos/m<sup>2</sup> distributed in 20 families. Platelminthes (1), Mollusca (1), Annelida (1), and Artrópoda (17). (Annexe N ° 6). The most representative orders were: Dipteral, Ephemeroptera and Trichoptera; whereas the most representative families were: Baetidae with 2827 individuos/m<sup>2</sup> (49 %), Chironomidae with 1167 individuos/m<sup>2</sup> (20 %), Leptohiphidae with 844 individuos/m<sup>2</sup> (14 %), Simuliidae with 395 individuos/m<sup>2</sup> (7 %), Elmidae with 302 individuos/m<sup>2</sup> (5 %) and Hidropsichidae with 85 individuos/m<sup>2</sup> (3 %).

Modify the BMWP biotic index indicated that the river Chancay are of acceptable quality (84 points) (Exhibit No. 7), where some effects are clear of contamination. % EPT indices and EPT / Chironomidae, corroborate the result that the total pollution of the river is medium Chancay. The values obtained are in an acceptable level.

In what concerns the Similarity of Jaccard, and of Bray - Curtis, was analyzed by the statistical package PAST where there was obtained that The E<sub>1</sub>: Acos, E<sub>2</sub>: Huataya and the E<sub>3</sub>: He feels, they present enough similarity between them, but they 3 present low similarity with the E<sub>4</sub>: Bread. North.

The Ecological indexes like the Diversity, Wealth and Equity give average values for the river Chancay. What indicates us that this river is moderately well contaminated, and his trend of agreement to the altitude went that in the E<sub>1</sub>: Acos and the E<sub>4</sub>: Bread. North, the values were lower than in the E<sub>2</sub>: Huataya and the E<sub>3</sub>: He feels. The values of the Dominancia are inversely proportional to the Diversity.

In what concerns the analysis of Environmental Parameters, was observed that all of them were not exceeding the ECAs of the MINAM 2008. The Oxygen Disuelto was descending as we lower the altitude, with the Temperature the opposite happened, and the PH, it did not have a definite behavior. As for the Electrical Conductivity, S.D.T and Salinity, the 3 were ascending as we go down altitude.

The relation of the Environmental Parameters with the Biological - ecological indexes and the abundance of macroinvertebrates, it was analyzed by the multiple regression, where there was obtained that the electrical Conductivity, Solid Total Disueltos, Salinity and I Become oxygenated Disuelto; they influence directly the abundance of the families of macroinvertebrates, and the Biological - ecological indexes, with a significant effect; whereas the Temperature and PH also influence but not significantly.

Keywords: Macroinvertebrates Bentónicos, Bioindicadores, Physicochemical Parameters, Biological - ecological Indexes,