



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA  
MEDIANTE VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LAS  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS PRESENTES EN EL RÍO CHONTA”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Autores:**

Centurión Zamora Mauro Giancarlo

Mendez Limay Roger Samir

**Asesor:**

Ing. M. Cs. Manuel R. Roncal Rabanal

Cajamarca – Perú

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Formulación del Problema .....	12
1.3. Justificación .....	12
1.4. Limitaciones .....	13
1.4.1. Limitaciones de Tiempo.....	13
1.4.2. Limitaciones de Espacio o Territorio .....	13
1.4.3. Limitaciones de Recursos .....	13
1.5. Objetivos .....	13
1.5.1. Objetivo General.....	13
1.5.2. Objetivos Específicos .....	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	15
a) Área de estudio .....	15
b) Antecedentes .....	15
c) Bases teóricas.....	18
1. El Agua .....	18
2. Disponibilidad de Agua .....	18
2.1. Disponibilidad del Agua en el Perú.....	19
3. El agua superficial .....	19
4. La cuenca hidrográfica.....	19
4.1. La sub cuenca .....	20
4.2. La micro cuenca.....	20
5. Los ríos y su orden .....	20
6. Calidad del Agua .....	21
6.1. Categoría de los cuerpos de agua en el Perú .....	21
7. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) .....	23
7.1. ECA para cuerpos de agua en el Perú.....	23
8. La Bioindicación .....	23
9. Ecosistemas Acuáticos .....	24
10. Ecosistemas Lóticos .....	25
11. Macroinvertebrados acuáticos .....	25
11.1. Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos .....	25
11.2. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos .....	26
11.2.1. Neuston .....	26
11.2.2. Necton .....	26
11.2.3. Bentos .....	26
11.3. Los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua.....	27

11.4. Ventajas del uso de macroinvertebrados bentónicos .....	27
12. Factores que determinan la distribución de los macroinvertebrados bentónicos .....	28
13. Los macroinvertebrados bentónicos en la Bioindicación .....	28
14. El método BMWP .....	29
14.1. BMWP/Col .....	29
14.2 Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col.....	30
15. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.....	31
15.1. Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales .....	31
15.1.1. Recursos Humanos .....	32
15.1.2. Recursos Económicos .....	32
15.1.3. Tipos de muestras de agua .....	32
a) Muestra simple o puntual .....	32
15.1.4. Planificación del monitoreo .....	33
15.2. Toma de muestra en ríos .....	34
15.2.1. Procedimiento .....	34
16. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas, Bentos (Macroinvertebrados) .....	34
16.1. Metodología de colecta .....	35
16.1.1. Equipos y Materiales .....	35
16.1.2. Técnica de colecta y método de recolección cualitativos .....	35
16.1.3. Preservación y etiquetado .....	36
16.1.4. Identificación y análisis de muestras .....	36
d) Hipótesis .....	36
Hipótesis Alternativa.....	36
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>37</b>
3.1. Operacionalización de variables .....	37
3.2. Diseño de investigación .....	37
3.3. Unidad de estudio .....	37
3.4. Población .....	37
3.5. Muestra.....	38
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	38
3.6.1. De recolección de información .....	38
3.6.2. De análisis de información .....	39
3.6.3. Procedimiento.....	39
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	40
3.7.1. Muestreo para el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos .....	40
3.7.2. Muestreo para la colecta de macroinvertebrados bentónicos .....	41
3.7.2.1. Método mediante Red D-net.....	41
3.7.2.2. Método de recolección manual.....	42
3.7.2.3. Procedimiento .....	42
A. Fase de Campo .....	42
B. Fase de laboratorio.....	43
C. Fase de gabinete.....	43
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
4.1. Época Húmeda .....	44
4.1.1. Parámetros Fisicoquímicos .....	44
4.1.2. Macroinvertebrados bentónicos .....	46
4.2. Época de Estiaje.....	49
4.2.1. Parámetros Fisicoquímicos .....	49

4.2.2. Macroinvertebrados bentónicos .....	51
4.3. Resultados totales de acuerdo al índice BMWP/Col .....	54
4.4. Relación entre la composición de macroinvertebrados bentónicos y las variables físicoquímicas .....	54
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
1. Temperatura .....	57
2. pH .....	57
3. Nitratos .....	58
4. Oxígeno disuelto .....	59
5. DBO .....	59
6. DQO .....	60
7. Conductividad .....	61
8. Sulfatos .....	62
9. Fluoruros .....	62
10. Aluminio .....	63
11. Cobre .....	64
12. Cianuro .....	65
13. Cromo .....	65
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 1.</b> Cuenca del Río Chonta – Cauce en estudio .....	<b>72</b>
<b>Anexo 2.</b> Relación Índice BMWP/Col – Temporadas de estudio .....	<b>73</b>
<b>Anexo 3.</b> Mapa de Ubicación – Puntos de Muestreo .....	<b>74</b>
<b>Anexo 4.</b> Parámetros físicoquímicos para los ECA de agua presentes para la categoría 3 .....	<b>75</b>
<b>Anexo 5.</b> Resultados de análisis en el laboratorio de la E.P.S. Sedacaj S.A. para la primera temporalidad de estudio (Húmeda). .....	<b>78</b>
<b>Anexo 6.</b> Resultados de análisis en el laboratorio de la E.P.S. Sedacaj S.A. para la primera temporalidad de estudio (Estiaje). .....	<b>84</b>
<b>Anexo 7.</b> Individuos de comunidades de macroinvertebrados bentónicos identificados en las etapas de muestreo .....	<b>90</b>
<b>Anexo 8.</b> Aumento del caudal en la temporada húmeda (toma de muestras PM-01) .....	<b>93</b>
<b>Anexo 9.</b> Disminución del caudal en la temporada de estiaje (PM-01) .....	<b>93</b>
<b>Anexo 10.</b> Vertimiento de alcohol a la muestra con macroinvertebrados bentónicos para su preservación .....	<b>94</b>
<b>Anexo 11.</b> Toma de muestra mediante la red D-net .....	<b>94</b>
<b>Anexo 12.</b> Trabajos de defensa riveraña realizados en la temporada de estiaje en el PM-05 .....	<b>95</b>
<b>Anexo 13.</b> Zona de evidente contaminación de aguas en el PM-06 durante la etapa de estiaje. ....	<b>95</b>
<b>Anexo 14.</b> Fase de laboratorio, análisis de resultados DBO y DQO .....	<b>96</b>
<b>Anexo 15.</b> Fase de laboratorio, identificación de macroinvertebrados bentónicos .....	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Categorías de agua según su uso .....	<b>22</b>
<b>Tabla 2.</b> Valores de indicación para cada familia de macroinvertebrados .....	<b>30</b>
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de las aguas, según índice BMWP/COL y colores para representacio-nes cartográficas. ....	<b>31</b>
<b>Tabla 4.</b> Planificación del monitoreo .....	<b>33</b>
<b>Tabla 5.</b> Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo. ....	<b>38</b>
<b>Tabla 6.</b> Parámetros que se analizarán en el trabajo de investigación .....	<b>40</b>
<b>Tabla 7.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte. ....	<b>44</b>
<b>Tabla 8.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos realizados en el laboratorio de aguas de la empresa prestadora de servicio SEDACAJ S.A. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 9.</b> Resultados del análisis de parámetros bacteriológicos realizados en el laboratorio de aguas de la empresa prestadora de servicio SEDACAJ S.A. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 10.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°01 .....	<b>46</b>
<b>Tabla 11.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°02 .....	<b>47</b>
<b>Tabla 12.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°03 .....	<b>47</b>
<b>Tabla 13.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°04 .....	<b>48</b>
<b>Tabla 14.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°05 .....	<b>48</b>
<b>Tabla 15.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°06 .....	<b>49</b>
<b>Tabla 16.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte .....	<b>50</b>
<b>Tabla 17.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos realizados en el laboratorio de aguas de la empresa prestadora de servicio SEDACAJ S.A. ....	<b>50</b>
<b>Tabla 18.</b> Resultados del análisis de parámetros bacteriológicos realizados en el laboratorio de aguas de la empresa prestadora de servicio SEDACAJ S.A. ....	<b>51</b>
<b>Tabla 19.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°01. ....	<b>51</b>
<b>Tabla 20.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°02 .....	<b>52</b>
<b>Tabla 21.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°03 .....	<b>52</b>
<b>Tabla 22.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°04 .....	<b>53</b>
<b>Tabla 23.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°05 .....	<b>53</b>
<b>Tabla 24.</b> Resultados obtenidos para el punto de muestreo N°06 .....	<b>54</b>
<b>Tabla 25.</b> Resultados totales por temporadas de acuerdo al Índice BMWP/Col.....	<b>54</b>
<b>Tabla 26.</b> Descripción de variables en estudio para componentes orgánicos (Elaboración en IBM SPSS). ....	<b>55</b>
<b>Tabla 27.</b> Regresión lineal para variables en estudio de componentes orgánicos (Elaboración en IBM SPSS). ....	<b>55</b>
<b>Tabla 28.</b> Descripción de variables en estudio para componentes inorgánicos (Elaboración en IBM SPSS). ....	<b>55</b>
<b>Tabla 29.</b> Regresión lineal para variables en estudio de componentes inorgánicos (Elaboración en IBM SPSS). ....	<b>56</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modos de vida de los macroinvertebrados .....	<b>27</b>
<b>Figura 2.</b> Componentes presentes durante la etapa de muestreo de agua superficial.....	<b>32</b>
<b>Figura 3.</b> Relación de la temperatura en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3	<b>57</b>
<b>Figura 4.</b> Relación de pH en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>58</b>
<b>Figura 5.</b> Relación de nitratos en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>58</b>
<b>Figura 6.</b> Relación de oxígeno disuelto en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3. .....	<b>59</b>
<b>Figura 7.</b> Relación de DBO en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>60</b>
<b>Figura 8.</b> Relación de DQO en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3 .....	<b>61</b>
<b>Figura 9.</b> Relación de Conductividad en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3 .	<b>61</b>
<b>Figura 10.</b> Relación de Sulfatos en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3 .....	<b>62</b>
<b>Figura 11.</b> Relación de Fluoruros en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3 .....	<b>63</b>
<b>Figura 12.</b> Relación de Aluminio en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>63</b>
<b>Figura 13.</b> Relación de Cobre en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3 .....	<b>64</b>
<b>Figura 14.</b> Relación de Cianuro en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>65</b>
<b>Figura 15.</b> Relación de Cromo en las temporadas de estudio y ECA agua categoría 3.....	<b>66</b>
<b>Figura 16.</b> Comparación de temporadas de muestreo de acuerdo al valor BMWP/Col - total.....	<b>66</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en base a un análisis integrado en la cuenca del río Chonta, ubicada en los distritos de Baños del Inca y La Encañada, provincia de Cajamarca, en Perú. Enmarcado en el uso de comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, junto a la evaluación de parámetros fisicoquímicos en el cauce principal de esta cuenca (Río Chonta), ya que durante la última década ha sido afectada por actividades antrópicas debido al vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento.

Para evaluar la condición ambiental del río Chonta se establecieron dos temporalidades de estudio (Temporada Húmeda y en Estiaje), analizando 22 variables ambientales (en cada temporada) y la fauna bentónica fue recolectada haciendo uso del método cualitativo (identificación de organismos hasta el nivel taxonómico de familia), con la técnica de colecta mediante la red D-net.

Para estudiar la relación entre las comunidades de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas se realizaron distintos análisis estadísticos, como fue la regresión lineal. Así también, las variables ambientales fueron comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3 (Categorizada por Autoridad Nacional del Agua del Perú) y se usó el Índice BMWP/Col para asignar valores cuantitativos a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, en este sentido, se identificaron mediante una regresión lineal, los parámetros que más afectan la comunidad bentónica. Los resultados que se obtuvieron indicaron que la distribución y composición bentónica es determinada por la variación de los parámetros fisicoquímicos definido por la degradación ambiental.

Se concluyó que las metodologías aplicadas para el estudio río Chonta fueron apropiadas para determinar su calidad de agua, la cual se encontró en un rango de moderadamente contaminadas en los seis puntos de muestreo para temporada húmeda y cuatro primeros puntos para temporada de estiaje, y presentando aguas contaminadas en los dos últimos puntos de la temporada de estiaje; lo cual indica una mayor intervención antrópica a medida que el cauce del río se acerca a las urbes, donde existe mayor actividad industrial y evidencia el inadecuado manejo de los recursos hídricos.

## ABSTRACT

The present research work was carried out based on an integrated analysis in the Chonta River basin, located in the districts of Baños del Inca and La Encañada, province of Cajamarca, in Peru. Framed in the use of communities of benthic macroinvertebrates as biological indicators, together with the evaluation of physicochemical parameters in the main channel of this basin (Chonta River), since during the last decade it has been affected by anthropic activities due to the dumping of wastewater without previous treatment.

To assess the environmental condition of the Chonta River, two temporalities of study were established (Wet Season and Estuary), analyzing 22 environmental variables (in each season) and the benthic fauna was collected using the qualitative method (identification of organisms up to the taxonomic level). of family), with the collection technique through the D-net network.

In order to study the relationship between the macroinvertebrate communities and the physicochemical variables, different statistical analyzes were carried out. Likewise, the environmental variables were compared with the Environmental Quality Standards for Water Category 3 (Categorized by the National Water Authority of Peru) and the BMWP / Col Index was used to assign quantitative values to the communities of benthic macroinvertebrates, in this sense, the parameters that most affect the benthic community were identified through a linear regression. The results that were obtained indicated that the distribution and benthic composition is determined by the variation of the physicochemical parameters defined by the environmental degradation.

It was concluded that the methodologies applied for the study of the Chonta river were appropriate to determine its water quality, which was found in a range of moderately polluted in the six sampling points for the wet season and four first points for the dry season, and presenting contaminated water in the last two points of the dry season; which indicates a greater anthropic intervention as the river bed approaches the cities, where there is greater industrial activity and evidences the inadequate management of water resources.



## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Almería.
- Allan, J. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Gran Bretaña: Chapman y Hall.
- Ariza, C. (2016). *Determinación de la Calidad de Agua a través de la identificación de Macroinvertebrados Acuáticos en la microcuenca arroyo La Quebrada*.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida*. La Plata, Argentina.
- Bartram, J., & Balance, R. (1996). *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme*. Londres: UNDP & WHO Chapman & Hall.
- Cairns, J., & Pratt J. (1993) *A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall.
- Capó, M. (2007). *Principios de Ecotoxicología*. Madrid: Tébar.
- Carbajal, Á., & Gonzáles, M. (2012). *Propiedades y Funciones Biológicas del Agua*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Cardona, C. (2003). *Calidad de Agua*.
- Castellón, R. (2013). *Evaluación Rápida De La Calidad Del Agua Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos durante La Temporada Lluviosa en la microcuenca "El Chimbo"*. Tegucigalpa.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments - Second Edition*. Cambridge.
- DIGESA (2007). *Río Chonta y tributarios*. Cajamarca.
- Escobar, L. (2007). *Indicadores de Calidad Ambiental; un análisis de precios hedónicos*. Santiago de Chile.
- Esteves, F. (1998). *Fundamentos de limnología (2a ed.)*. Río de Janeiro: Interciencia Ltda.
- FAO. (1992). *Manual de campo para la ordenación de Cuencas Hidrográficas*.
- García, D., & Gonzáles, T. (1986). *Métodos Biológicos para el estudio de la calidad del agua: aplicación a la cuenca del Duero*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Gil, J. (2014). *Determinación de la Calidad de Agua en la cuenca del Río Garagoa*. Manizales.
- Goitía, C. (2010). *Limnología*. Falcón.

Gutiérrez, J., Riss, W., & Ospina, R. (2004). Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando Redes Neuronales Artificiales. *Limnología*.

Instituto de Promoción para la Gestión del Agua (IPROGA). (1996). *Metodología para la elaboración de planes maestros de cuencas*. Lima: CEPES.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2007). *Inventario Participativo de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Río Chonta*. Cajamarca.

Ladrera, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*.

Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega.

MINAM (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima.

MINAM. (30 de Diciembre de 2015). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>

MINAM (2016). *Guía del Sistema Nacional de Gestión Ambiental*. Lima.

Monroy, R. (2011). *Aguas con el Agua*.

OMS. (2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/topics/water/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1992). *Calidad de Agua*.

Paredes, C., Ianaconne, J., & Alvarino, L. (2004). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú*.

Polanía, J. (2010). *Indicadores Biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia*. Bogotá: Revista Gestión y Ambiente.

Postel, S. (1996). *Forging a Sustainable Water Strategy: State of the World Report*.

Pozo, J., & Elozegi, A. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Girona: Fundación BBVA.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2009). *Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009*.

Resolución Jefatural N°202 (2010), *Clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros*. Aurtoridad Nacional del Agua del Perú.

Roldan, G. (1988a) *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (1992b). *Fundamentos de limnología tropical*. Medellín: Universidad de Medellín.

Roldán, G. (2003c). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001d). *Estudio Limnológico del embalse del Guavio*.

Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). *Frechwatwer biomonitoring and benthic macroinvertebrates*.

Salcedo, S., Artica, L., & Trama, F. (2013). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenta San Alberto, Oxapampa, Perú*.

Sengini, S. (2003). *El Uso de los Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente*. Mérida: Sociedad Venezolana de Ecología.

Tercedor, A. (1996). *Determinación de Calidad de Agua*.

Universidad Nacional Agraria. (2002). *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de fuentes de Agua*. Estelí: UNA.

Vásquez, M., & Medina, C. (2014). *Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenta del río Tablachaca. Áncash*.

Water And Rivers Comission. (2001). *Water Facts*.