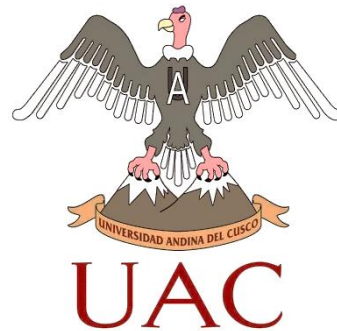




**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**  
**SOSTENIBLE**



**TESIS**

---

**MONITOREO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y SU RELACIÓN CON  
LA CAFEÍNA COMO CONTAMINANTE EMERGENTE EN LA SUBCUENCA  
DEL RÍO CHUMBAO, ANDAHUAYLAS, APURÍMAC, PERÚ**

---

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR  
EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE

Presentado por:

Mag. Aydeé Marilú Solano Reynoso

ASESOR:

Dra. Mery Luz Masco Arriola

**CUSCO – PERÚ**

**2020**



## RESUMEN

La calidad del agua superficial en sistemas lenticos y loticos es un parámetro muy importante que nos permite conocer el estado del agua, y que las actividades antrópicas alteran sus condiciones naturales, así el objetivo del trabajo fue evaluar la relación de la calidad de agua con el nivel de cafeína como contaminante emergente durante el monitoreo temporal y longitudinal, en la subcuenca del río Chumbao de la cuenca Pampas, Andahuaylas, Apurímac, Perú, para el periodo 2018 – 2019, que abarco 40.5 Km y 143 km<sup>2</sup> de cuenca entre 4100 a 2550 m de altitud. Se determinaron parámetros fisicoquímicos clasificados como: nivel de oxígeno (OD, DBO, DQO), nivel trófico (Nitrato, Nitrito, Amonio, fosfatos), características físicas (Temperatura, Turbiedad, STD, Color), sustancias disueltas (Alcalinidad, Dureza, Cloruros, pH, Conductividad), bioindicadores microbiológicos, para lo cual se emplearon métodos colorimétricos basados en la metodología APHA, asimismo se determinó el nivel de cafeína por cromatografía, y el índice de calidad de agua – ICA según la NSF y Dinius, los análisis se realizaron por triplicado, y los datos fueron analizados a través de un ANOVA bifactorial y comparación de media de Tukey al 5% de significancia. Se observó que el uso predominante de agua de la subcuenca del río Chumbao está orientado hacia la agricultura limitada, pastura limitada y urbanización; el nivel de oxígeno, nivel trófico, las características físicas y los bioindicadores microbiológicos se incrementa aguas abajo para todas la temporadas, mostrando diferencia significativa entre puntos de muestreo y temporadas ( $p\text{-value} < 0.05$ ), mientras que en los puntos lenticos y aledaños a la cabecera de cuenca os parámetros de estudio se encuentran dentro los ECA, y conforme atraviesa la zona urbana los niveles son mayores a los límites establecidos por los ECA; en cuanto a los niveles de cafeína, se observó que esta incrementa a los largo del río, presentando mayor nivel las zonas urbanizadas, del mismo modo se observó que existen diferencias significativas entre temporadas ( $p\text{-value} < 0.05$ ), y que en la temporada de estiaje se presentó mayor concentración, con niveles de hasta  $25.64 \pm 0.40$  ug/L; en cuanto al ICA está distribuido en dos categorías Buena y Muy mala o Excelente y Excesivamente contaminado para la vida acuática, aunque en las lagunas de Pampahuasi y Poccoccocha presentan calidad de excelente, observándose menor calidad para las temporadas de estiaje, asimismo se observó que los ICA en las temporadas presentan alta correlación inversa ( $R_s > 0.70$ ), es decir que el ICA disminuyó con el incremento el nivel de cafeína.

**Palabras clave:** Índice de calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, Cafeína, ECA. Lenticos, Loticos.



## ABSTRACT

The quality of surface water in slow and lotic systems is a very important parameter that allows us to know the state of the water, and that anthropic activities alter their natural conditions, thus the objective of the work was to evaluate the relationship between water quality and caffeine level as an emerging pollutant during temporary and longitudinal monitoring, in the sub-basin of the Chumbao River, of the Pampas basin, Andahuaylas, Apurimac, Peru, for the period 2018 – 2019. Physicochemical parameters were determined classified as: oxygen level (OD, BOD, COD), trophic level (Nitrate, Nitrite, Ammonium, phosphates), physical characteristics (Temperature, Turbidity, STD, Color), dissolved substances (Alkalinity, Hardness, Chlorides , pH, Conductivity), microbiological bioindicators, for which colorimetric methods based on the APHA methodology were used, the level of caffeine was also determined by chromatography, and the water quality index - ICA according to NSF and Dinius, the analyzes were performed in triplicate, and the data were analyzed through a bifactorial ANOVA and comparison of Tukey mean at 5% significance. It was observed that the predominant use of water from the Chumbao river sub-basin is oriented towards limited agriculture, limited pasture and urbanization; The oxygen level, trophic level, physical characteristics and microbiology bioindicators are increased downstream for all seasons, showing significant difference between sampling points and seasons (p-value <0.05), while in the slow and adjacent points to the basin header the study parameters are within the ECA, and as it crosses the urban area the levels are higher than the limits established by the ECA; in terms of caffeine levels, it was observed that it increases along the river, the urbanized areas presenting a higher level, in the same way it was observed that there are significant differences between seasons (p-value <0.05), and that during the dry season there was a higher concentration, with levels up to  $25.64 \pm 0.40$  ug / L; As for the ICA it is distributed in two categories Good and Very bad or Excellent and Excessively contaminated for aquatic life, although in the lagoons of Pampahuasi and Poccoccocha they present excellent quality, observing lower quality for the seasons of estiaje, it was also observed that the ICA in the seasons show high inverse correlation ( $R_s > 0.70$ ), that is to say that the ICA decreased with the increase in the level of caffeine.

**Keywords:** Water quality index, physicochemical, microbiological parameters, Caffeine, ECA, Lentic, Lotics