

# Características físico-químicas e inorgánicas de las aguas del río Checras por operaciones mineras, 2002 – 2018.

Edgardo Octavio Carreño Cisneros<sup>1</sup>, Daniel Cristóbal Andrade Girón<sup>2</sup>, Baleriano Alfonso Díaz Guzmán<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un análisis comparativo de las características físico-químicas e inorgánicas del agua del río Checras antes y después de las operaciones mineras en el período 2002 – 2018. **Método y Material:** Se aplicó una investigación cuasiexperimental de tipo longitudinal. Se ha tomado como referencia los análisis físico químicos e inorgánicos en los parámetros: sólidos totales disueltos, pH, cobre, hierro, plomo, arsénico, zinc y cianuro, registrados en los anuarios de estadísticas ambiental del Instituto Nacional de Estadística e Informática, obtenidos en base al monitoreo realizado antes y después de las operaciones mineras en río Checras. **Resultados:** La comparación de medias (t student) de los análisis físico químicos e inorgánicos antes y después de las operaciones mineras, fueron contrastados con los estándares de calidad ambiental para el agua. Los resultados muestran que no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) lo que probablemente no significa peligro en su uso según lo establecido en la norma respecto a la categoría D1 (riego de vegetales) y D2 (bebida de animales). **Conclusión:** Las características físico-químicos e inorgánicos que presenta el río de Checras no altera la calidad en el curso de las aguas del río Huaura.

**Palabra clave:** Características Físico-química e inorgánicas, afluente, contaminación, monitoreo, parámetro, calidad agua.

## ABSTRACT

**Objective:** Carry out a comparative analysis of the physical-chemical and inorganic characteristics of the Checras river water before and after the mining operations in the period 2002 - 2018. **Method and Material:** A quasi-experimental longitudinal investigation was applied. The physical, chemical and inorganic analyzes have been taken as a reference in the parameters: total dissolved solids, pH, copper, iron, lead, arsenic, zinc and cyanide, registered in the environmental statistics yearbooks of the National Institute of Statistics and Informatics, obtained in based on the monitoring carried out before and after the mining operations in the Checras river. **Results:** The comparison of means (t student) of the physical, chemical and inorganic analyzes before and after the mining operations, were contrasted with the environmental quality standards for water. The results show that there is no significant difference ( $p > 0.05$ ) which probably does not mean danger in its use according to what is established in the standard with respect to category D1 (irrigation of vegetables) and D2 (animal drink). **Conclusion;** The physical-chemical and inorganic characteristics of the Checras river do not alter the quality of the water course of the Huaura river.

**Keywords:** Physical-chemical and inorganic characteristics, tributary, contamination, monitoring, parameter, water quality.

---

<sup>1</sup> 1a Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica.

<sup>2</sup> 1a Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Facultad de Educación.

## INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales y las diversas actividades económicas realizadas por el hombre, como las actividades agropecuarias y la industria extractiva como lo es la minería, (ONU, 2019, p. 128), vienen afectando la calidad del agua superficial, perjudicando principalmente a la población mundial, razón por la cual, la ONU ha puesto en agenda la calidad del agua como objetivo del desarrollo del milenio, en cuya meta referida a la gestión de la calidad del agua está dirigida a que se garantice sus diferentes usos sin contaminantes, logrando la sostenibilidad medioambiental (ONU, 2014).

El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella el ser humano no puede sobrevivir, toda población ha buscado establecerse cerca de una fuente de este recurso (lagos, ríos, lagunas, ciénagas). (Hernández, et al., 2020, p. 690).

El concepto de calidad del agua ha sido definido por diversos autores como “las propiedades químicas, físicas y biológicas del agua que afectan su uso” González, Ortega, Yáñez y Rodríguez (2019, p 32). Es así que conocer las diferentes concentraciones de la calidad del agua permite analizar sus características para el empleo específico en una actividad, teniendo en consideración la predominancia de sales disueltas presentes en el agua, las que dependen de su fuente y composición química. Entre los iones más comúnmente disueltos en el agua son calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), boro ( $\text{B}^{3+}$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). La efectividad del agua depende de la cantidad de iones disueltos, así como de sus propiedades fisicoquímicas del suelo (Ortiz et al., 2019 y Abdel-Fattah et al., 2020).

El río Checras, que nace en las alturas de la laguna Pariacocha, con el nombre de quebrada Yanama, con dirección sur-norte, recibe las aguas de las quebradas de Maraitamá y Pumahuain, varía su curso tomando dirección nor-este sur-este hasta la confluencia del río Oyón, recibiendo en su trayecto aportes de las quebradas Culpan y Quiruragra (Municipalidad de Huaura, 2009). En la cuenca del río Checras (afluente del río Huaura), los ecosistemas acuáticos se encuentran contaminados con aguas residuales, aguas agrícolas y por relaves de las actividades de extracción minera polimetálica, cuyas empresas mineras para mitigar la contaminación disponen de un Programa de Adecuación de Manejo Ambiental-PAMA (MINEM, s/f), siendo importante la evaluación de las aguas del río Checras para conocer si estos aspectos conllevan al deterioro progresivo de la calidad del agua.

El objetivo del estudio es determinar un análisis comparativo de las características Físico-Químicas e inorgánicas del agua del río Checras por operaciones mineras en el período 2002 – 2018, considerando que la empresa Minera Lagsaura (Iscay cruz, cuyos propietario es GLENCORE AG MINERO PERU S.A) el depósito de relaves de la mina Iscay cruz lo drena a la Quebrada Cochaquillo y de esta al río Checras y de igual manera los desmontes acumulados; sin embargo, para mitigar toda esta contaminación la Empresa dispone de PAMA.

El estudio toma importancia porque el río Checras es parte del eje integrador de la Región Lima Provincias, territorio que integra los elementos naturales, sociales y económicos, constituyendo unidades territoriales idóneas para la planeación y la gestión de los recursos naturales (Hernández, et al., 2020, p. 690) orientándolos a la sostenibilidad ambiental. Los diferentes

focos de contaminación del agua superficial o agua dulce, ponen en riesgo el transporte de diferentes contaminantes, por lo que, su evaluación es importante ya que la comparación con las normas establecidas permite tomar decisiones para el establecimiento de un uso apropiado. (Torres, Cruz, Camilo, y Patiño, 2009; Ewaid, Abed, Al-Ansari y Salih, 2020). Por lo que, se busca inferir sobre el estado de la calidad de las aguas del Río Checras, antes y después de las operaciones mineras realizadas por la empresa Empresa Minera Los Quenuales S.A. y sus posibles repercusiones en la calidad perjudicando el uso vegetal y animal del ecosistema

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue cuasiexperimental, de tipo longitudinal, se seleccionaron los parámetros sólidos totales disueltos, pH, cobre, hierro, plomo, arsénico, zinc y cianuro.

A fin de determinar las características físico-químicas e inorgánicas más distintivas en el monitoreo de la calidad del agua de los ríos, la información se obtuvo de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI; 2008, 2011 y 2019), consignados en el anuario de estadísticas ambientales. Se desarrolló una base de datos a partir de las estadísticas de los años 2002 al año 2018 de contaminantes del agua del Río Checras monitoreadas antes y después de las operaciones mineras (mg/L) de la empresa minera Los Quenuales S.A. Ubicación Lagsaura. Se analizó los resultados comparando los parámetros antes y después de las operaciones mineras, determinándose la t de student la que indico que hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre éstos, a diferencia de los parámetros zinc y cianuro cuyos valores son iguales. Posteriormente, se analizó la norma de Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA) para compararlos con los parámetros obtenidos en el monitoreo del agua después de las operaciones mineras. Se Partió de las premisas que los parámetros superan los estándares de calidad, considerando  $p$  es menor que  $\alpha$  (nivel de significancia asumido que es de 5%). Los parámetros obtenidos del monitoreo son: pH, cobre, Hierro, Plomo, Arsénico, zinc y cianuro.

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

Tabla 1

*Parámetros de los estándares de calidad Ambiental del Agua (ECA)*

Parámetro	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c )	Agua para riego restringido	
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>				
Sólidos suspendidos totales			**	**
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Cianuro	mg/L	0.1		0.1
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Hierro	mg/L	5		**
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Zinc	mg/L	2		24

Fuente: Adaptado del DS N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas.

Nota: El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

**Tabla 2.**

*Resultados de los parámetros de los estándares de calidad del Agua en los puntos de monitoreo según INEI- 2002-2018.*

	Variable	Mean mg/L	Máx mg/L	Min mg/L	Sd mg/L	cv	Std err
<b>ANTES</b>	Sólidos suspendidos totales-STS (a)	78,073	287,167	8,23	61,342	0,786	14,878
	pH(a)	8,182	8,898	7,406	0,302	0,037	0,073
	Cianuro (a)	0,004	0,013	0,001	0,004	1,009	0,001
	Cobre(a)	0,011	0,046	0,03	0,011	0,943	0,002
	Hierro(a)	2,521	8,093	0,229	2,160	0,857	0,524
	Plomo(a)	0,017	0,100	0,004	0,024	1,436	0,005
	Arsénico(a)	0,013	0,090	0,002	0,023	1,773	0,005
	Zinc(a)	0,098	0,221	0,009	0,062	0,625	0,149
	<b>DESPUÉS</b>	Sólidos suspendidos totales-STS (d)	87,394	275,167	32,082	56,889	0,651
pH(d)		8,142	8,376	7,417	0,252	0,031	0,061
Cianuro (d)		0,004	0,013	0,001	0,004	1,010	0,001
Cobre(d)		0,012	0,040	0,001	0,010	0,863	0,002
Hierro(d)		2,478	8,076	0,220	2,192	0,885	0,532
Plomo(d)		0,018	0,100	0,004	0,025	1,379	0,005
Arsénico(d)		0,014	0,105	0,002	0,026	1,835	0,006
Zinc(d)		0,103	0,233	0,011	0,061	0,590	0,147

Nota: Los valores fueron calculados en base a los anuarios de estadística ambiental del INEI.

Mean= media; Máx= valor máximo; Min= valor mínimo; SD= Desviación estándar; CV= coeficiente de variabilidad; Std err= error estándar

En el punto de monitoreo antes de las operaciones mineras, de los resultados obtenidos durante el periodo 2002 al 2018, los niveles promedio de los parámetros fueron: sólidos totales 78,073 mg/L (DS=14,878 mg/L); el pH fue 8,182 (DS=0,302); cianuro 0,004 mg/L (DS=0,001 mg/L); cobre 0,011 mg/L (DS=0,003 mg/L); hierro 2,521 mg/L (DS=0,523 mg/L); plomo 0,017 mg/L (DS=0,017 mg/L); arsénico 0,013 mg/L (DS=0,005 mg/L); zinc 0,098 mg/L (DS=0,015 mg/L). Después de las operaciones mineras fue: sólidos totales 87,394 mg/L (DS 13,798 mg/L); el pH fue 8,142 (DS=0,061); cianuro 0,004 mg/L (DS=0,001 mg/L); cobre 0,012 mg/L (DS=0,002 mg/L); hierro 2,478 mg/L (DS=0,532 mg/L); plomo 0,018 mg/L (DS=0,005 mg/L); arsénico 0,014 mg/L (DS=0,006 mg/L); zinc 0,103 mg/L (DS=0,015 mg/L). Al comparar los parámetros en el punto de monitoreo antes con el punto de monitoreo después de las operaciones mineras se encontró que no variaron significativamente ( $p > 0,05$ ), esto probablemente se deba al programa de gestión ambiental de las operaciones mineras de la empresa minera Los Quenuales S.A.

Se realizó la prueba de hipótesis de los parámetros obtenidos después de las operaciones mineras comparados con los márgenes establecidos en el ECA, siendo la excepción los sólidos totales disueltos, los cuales no aplica para el rubro D.

Tabla 3

*Comparación de parámetros después de las operaciones mineras.*

Parámetro	Obs.	Mean mg/L	p valor	(95% conf. Interval)	
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>					
Sólidos suspendidos totales	17		>0,05		
Potencial de Hidrógeno (pH)	17	8,142	>0,05	8,013	8,272
Cianuro	16	0,004	>0,05	0,002	0,006
<b>INORGÁNICOS</b>					
Arsénico	16	0,014	>0,05	0,001	0,028
Cobre	17	0,012	>0,05	0,006	0,017
Hierro	17	2,478	>0,05	1,351	3,605
Plomo	17	0,018	>0,05	0,005	0,030
Zinc	17	0,103	>0,05	0,072	0,134

Nota: Los valores fueron calculados en base a los anuarios de estadística ambiental del INEI.

El resultado de la tabla 3 nos muestra el valor p (>0,05), por lo que aceptamos la  $H_0$  y concluimos que los parámetros Físicos Químicos e Inorgánicos de la calidad del agua después de las operaciones mineras no se ha incrementado significativamente, manteniéndose estos parámetros menos o igual a los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. En cuanto al pH IC 95%(8,013:8,272), coincide con el estudio de Huanca-Arohuanca, Butrón; Supo, L. y Supo F. (2020) cuyo pH es de 8,50 y 8,40, siendo este ligeramente alcalino, estos valores son característicos para aguas dulces (Custodio & Llamas, 2001). Respecto a la media del hierro (2,521 mg/L y 2,478 mg/L), Peris (2006) manifestó que su presencia se debe a la actividad minera, aunque es muy común en rocas y suelo, su valor superior a 0,3 mg/L podría ser propicio para el crecimiento de bacterias. Según Abdel-Fattah, et al., (2020) los problemas de suelo se deben al uso de agua de baja calidad especialmente cuando se le emplea para el riego agrícola.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos producto del monitoreo y análisis físico químicos e inorgánicos en los parámetros: pH, cobre, hierro, plomo, arsénico, zinc y cianuro, se encuentran dentro de los parámetros establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por el Ministerio del Ambiente (2017), pudiendo utilizarse sin peligro para el riego de vegetales (Categoría D1) y como bebida para animales (Categoría D2).

Las características físico-químicos e inorgánicos que presenta el río de Checras no altera la calidad en el curso de las aguas del río Huaura.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI) ente rector y responsable de supervisar las actividades estadísticas en el Perú.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abdel-Fattah, M. K., Abd-Elmabod, S. K., Aldosari, A. A., Elrys, A. S., y Mohamed, E. S. (2020). Multivariate Analysis for Assessing Irrigation Water Quality: A Case Study of the Bahr Mouise Canal, Eastern Nile Delta. *Water*, 12(9), 2537. <https://doi.org/10.3390/w12092537>
- Custodio, E., y Llamas, R. (2001). Hidrología subterránea. Tomo I. (Segunda ed.). Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A.
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., Al-Ansari, N., y Salih, R. M. (2020). Development and Evaluation of a Water Quality Index for the Iraqi Rivers. *Hydrology*, 7(3), 67. <https://doi.org/10.3390/hydrology7030067>
- González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H., Yáñez-Morales M. y Rodríguez-Guillen A. (2019) Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac / Diagnosis of indicators of physical-chemical quality of water in affluents of the Atoyac River. *Tecnología y ciencias del agua*, [S.l.], 10 (1), p. 30-51, ene. 2019. ISSN 2007-2422.  
Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1987>>. Fecha de acceso: 09 nov. 2020 doi:<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-02>.
- Hernández VO., Mancilla V.O., Palomera G.C., Olguín López, J., Flores Magdaleno, H., Can Ch.Á., Ortega E.H., y Sánchez B.E. (2020). Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del río Tuxcacuesco, Jalisco, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 689-701. doi:<http://dx.doi.org/10.20937/RICA.53595>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2008). Perú Anuario de estadísticas ambientales.  
Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0773/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0773/libro.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2011). Perú Anuario de estadísticas ambientales. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/BiblioINEIPub/BancoPub/Est/Lib0978/Lib0978/Libro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2019). Perú Anuario de estadísticas ambientales. Recuperado de

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1760/libro.pdf)

- Ministerio de Energía y Minas (s/f). Actividad minera en la cuenca del río Huaura. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/evats/huaura/huaura5.pdf>.
- Ministerio de Ambiente (2017): Decreto Supremo N° 004-2017 . MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Municipalidad Provincial de Huaura (2009). Plan de desarrollo concertado de la Provincia de Huaura, 2009-2021. Recuperado de [https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/12122/PLAN\\_12122\\_Plan\\_de\\_Desarrollo\\_Concertado\\_2011.pdf](https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/12122/PLAN_12122_Plan_de_Desarrollo_Concertado_2011.pdf)
- ONU (2019). Guía para calidad de agua potable. 3era edición. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)
- ONU (2014). Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015. Recuperado de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Ortiz V. M., Can Ch. Á; Romero B. C; Cruz C. E., y Madueño M. A. (2019). Calidad del agua para uso agrícola del río Mololoa, México. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 185-195. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.406>
- Peris, M. 2006. Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (España) PhD. Tesis. Ingeniería Química. Valencia, España. Universidad de Valencia.
- Torres, P., Cruz, C.H, & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15, Suppl.1),79-94. Retrieved January 19, 2021, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242009000300009&lng=en&tlng=pt.v8n15s1a09.pdf](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009&lng=en&tlng=pt.v8n15s1a09.pdf) (scielo.org.co)