

Determinación de cianuro en cuerpos hídricos del municipio Jobabo, Las Tunas

Cyanide determination in water bodies of the municipality of Jobabo,
Las Tunas

David Garrido-Larramendi^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4257-4259>

Eliecer Prades-Escobar¹ <https://orcid.org/0000-0002-9961-6635>

Yuleidis González-Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0003-1654-6019>

Dayana Marín-Sánchez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7017-3287>

Neyda Pérez-Garrido¹ <https://orcid.org/0000-0001-6450-3721>

¹Centro de Toxicología y Biomedicina, Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Cuba

*Autor para correspondencia. Correo electrónico: dglarramendi@gmail.com

RESUMEN

En el municipio Jobabo (Las Tunas), se encuentra la mina de oro más productiva de Cuba, el principal enclave de extracción del país. En ella, se utiliza el método de lixiviación con cianuro para extraer el oro, lo que aumenta el riesgo de contaminación en las aguas cercanas, y plantea la necesidad de un monitoreo por los riesgos para la salud pública implícitos en este proceso. El objetivo de este estudio fue cuantificar la concentración de cianuro en los cuerpos de agua para determinar si existe algún riesgo para la salud pública de la población local. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo de tipo exploratorio, para evaluar el contenido de cianuro en 17 cuerpos hídricos seleccionados como estaciones de muestreo. Se utilizó el método espectrofotométrico para cuantificar, y pruebas estadísticas (normalidad, homocedasticidad, Kruskal-Wallis, Game-Howell) para la evaluación de los datos obtenidos. Se usaron las normas cubanas de fuentes de abasto y agua potable para determinar su idoneidad. Como resultado, las 17 estaciones analizadas mostraron concentraciones de cianuro

inferiores al límite máximo admisible establecido por las normas cubanas, por lo que estos cuerpos poseen un bajo riesgo para la salud de la población local. Hubo diferencias significativas entre los contenidos de cianuro en las estaciones, lo que indica la influencia de varios factores en su concentración. Los niveles de cianuro encontrados en los cuerpos de agua analizados no representan un riesgo significativo para la salud pública de los habitantes de la zona estudiada.

Palabras clave: cianuro; cuerpos de agua; zona minera.

ABSTRACT

In the Jobabo municipality (Las Tunas), there is the most productive gold mine in Cuba, the main extraction enclave in the country. The cyanide leaching method is used to extract the gold, which increases the risk of contamination in nearby waters, and raises the need for monitoring due to the public health risks implicit in this process. The objective of this study was quantify the concentration of cyanide in bodies of water to determine if there is any risk to the public health of the local population. A study with a quantitative exploratory approach was carried, to evaluate the cyanide content in 17 water bodies selected as sampling stations. The spectrophotometric method was used to quantify, and statistical tests (normality, homoscedasticity, Kruskal-Wallis, Game-Howell) were used to evaluate the data obtained. Cuban standards for supply sources and drinking water were used to determine their suitability. The results of the 17 stations analyzed showed cyanide concentrations lower than the maximum admissible limit established by Cuban standards, so these bodies pose a low risk to the health of the local population. There were significant differences between the cyanide contents in the stations, indicating the influence of several factors on its concentration. The cyanide levels found in the water bodies analyzed do not represent a significant risk to the public health of the inhabitants of the studied area.

Keywords: cyanide; water bodies; mining zone.

Recibido: 08/05/2024

Aceptado: 15/08/2024

Introducción

En la actualidad, grandes cantidades de cianuro en sus distintas formas son descargados a diario en suelos, aguas y aire procedente de diferentes actividades industriales como es el caso de la industria metalúrgica y en la extracción de oro y plata en las minas, que son luego desechados en las fuentes de agua cercanas. Como consecuencia, los efluentes de aguas contaminadas con cianuro pueden ser arrastrados por las corrientes de los ríos poniendo en riesgo a las poblaciones y al medio ambiente aledaño. ^(1, 2)

El cianuro es un veneno de acción muy rápida que impide que las células utilicen oxígeno porque reacciona con la enzima citocromo oxidasa, provocando hipoxia tisular y cianosis. Esto provoca una respiración rápida y profunda, convulsiones, pérdida del conocimiento y asfixia. ^(3, 4)

Se trata de una sustancia tóxica, potencialmente letal, cuyas concentraciones han aumentado principalmente debido a la explotación humana, provocando impactos negativos en los ecosistemas y la salud de los organismos afectados. ^(5, 6, 7)

El envenenamiento por cianuro puede causar otros efectos en la salud, como infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, infecciones de la piel o cáncer. ⁽⁸⁾

La Asociación Americana de Centros de Control de Intoxicaciones en el 2016, reportó 268 casos originados por esta sustancia, siendo la mayoría de ellos accidentales. ⁽⁹⁾

Las sales de cianuro se utilizan en galvanoplastia, textiles, fundición de metales, plásticos, papel y pesticidas, y también se utilizan para separar el oro de los desechos mineros. El manejo o uso inadecuado del cianuro en todas estas aplicaciones, lo convierte en un compuesto potencialmente tóxico. Por lo tanto, es importante proponer acciones para reducir la contaminación por residuos de cianuro; urge gestionar y monitorear periódicamente los cuerpos de agua ubicados cerca de las zonas mineras. ^(1, 3, 6)

El grupo de riesgo incluye a los residentes que viven en zonas mineras y utilizan todo tipo de embalses para fines domésticos, especialmente durante los períodos de sequía.

En este contexto, es importante destacar que los residentes de zonas con actividad minera, como sucede en el municipio Jobabo de la provincia Las Tunas, se encuentran dentro de este grupo de riesgo. En este municipio se

encuentra la mina de oro más productiva de Cuba, actualmente en explotación, devenido en el principal enclave de extracción de oro del país. ^(10, 11)

Teniendo en cuenta que los cuerpos de agua cercanos son utilizados ocasionalmente por los pobladores del área, se hace necesario el monitoreo y control de las propiedades de los cuerpos hídricos cercanos a la zona minera, como ríos y pozos, para prevenir posibles contaminaciones con cianuro y sus potenciales consecuencias para la salud pública de los residentes de las zonas expuestas a este riesgo.

Considerando los elementos anteriores, el objetivo de este estudio fue determinar el contenido de cianuro en los cuerpos de agua aledaños a una zona minera del municipio Jobabo, en la provincia Las Tunas, para determinar acorde a lo establecido en las normas cubanas si existe algún riesgo para la salud pública de la población local que hace uso de estas aguas.

Materiales y métodos

Características del estudio

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo de tipo exploratorio, y se utilizó como método de análisis la espectrofotometría UV-Visible. La toma de muestra se realizó en cuerpos de agua aledaños a la mina de oro, en el municipio Jobabo (Las Tunas).

Los muestreos se realizaron por triplicado en 17 estaciones, seleccionadas por su cercanía a la mina y por los antecedentes del uso de sus aguas para diversos fines domésticos, de baño y como fuente de abasto para el riego. De estas estaciones, 3 pertenecen a cuerpos de agua subterráneas y el resto a cuerpos de agua superficiales.

Los resultados obtenidos fueron comparados con las normas cubanas de "Agua potable. Requisitos sanitarios" (NC 827, 2017) y "Fuentes de abastecimiento de agua" (NC 1021, 2014). ^(12, 13)

Por motivos de confidencialidad con los responsables de la gestión higiénico-sanitaria del área, en este documento no se proporcionan detalles sobre las características del lugar de estudio ni sus coordenadas geográficas. A pesar de ello, las autoridades reconocen la importancia y la necesidad de llevar a cabo investigaciones para abordar y reducir los posibles riesgos para la salud pública que podrían surgir debido a la contaminación del agua con cianuro.

Toma de muestra, conservación y preparación

La toma y conservación de las muestras, se utilizaron envases de plástico de 1,5 L y 240 mL de capacidad, según la metodología establecida en el Standard Methods. ⁽¹⁴⁾

A las muestras se les añadió hidróxido de sodio hasta un pH entre 12 y 12,5 para garantizar la presencia de cianuro hasta el momento de su análisis por ser reactivos e inestables. Estas fueron guardadas, herméticamente cerradas, con el mínimo de aire, protegidas de la luz del sol y a una temperatura de 4° C, conservados durante 24 horas previas a la determinación. ^(14, 15)

Método espectrofotométrico UV-Visible

En este estudio se utilizó el método espectrofotométrico, porque el mismo permite determinar la concentración de cianuros inorgánicos en aguas residuales, potables y naturales con gran sensibilidad, precisión y con un bajo límite de detección. Este método analítico detecta los cianuros tanto en forma de sales simples solubles como de radicales complejos. ^(15, 16)

Para llevar a cabo la determinación de cianuro por espectrofotometría se utilizó una metodología propuesta por Surleva *et al.* (2013), por ser simple, rápida, barata, y ser amigable con el medio ambiente. El límite de detección (LD) de este método es de 0,018 mg/L. ⁽¹⁵⁾

Procesamiento estadístico de los datos

Para el tratamiento de los resultados fueron empleados el software Microsoft Excel 2016 y el software estadístico STATGRAPHIC Centurion 19, con el objetivo de evaluar la normalidad, la homocedasticidad, y la independencia de los residuos del conjunto de datos.

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis como procedimiento alternativo de tipo no paramétrico, que no depende de la hipótesis de normalidad, basada en los rangos de las observaciones para un nivel de significación de $p \leq 0,05$. Con esta prueba se asume, bajo la hipótesis nula, que los datos vienen de la misma distribución.

Luego, se realizó una comparación múltiple Post hoc, por el método de Game-Howell, para determinar la existencia o no de diferencias estadísticas entre los diferentes grupos.

Resultados y discusión

Para la cuantificación de cianuro se obtuvo una curva de calibración con un R^2 (0,9959), lo que indica que el modelo tiene un gran ajuste y es confiable dentro del rango de trabajo para la determinación (0,04 – 0,40 mg/L).

A partir de la curva de calibración, se calcularon las concentraciones de cianuro en las muestras, partiendo de la medición experimental de la absorbancia. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura 1.

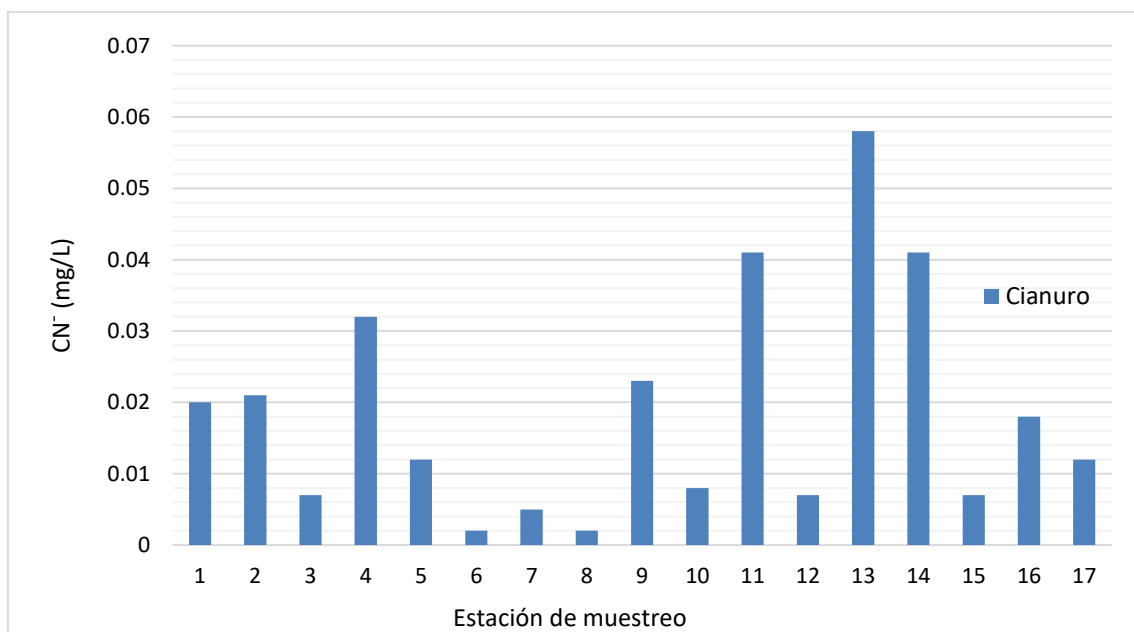


Fig. 1- Contenido de cianuro por cada estación de muestreo

La tabla 1 muestra la concentración media de cianuro en las 17 estaciones, y un resumen de la información, con la media como medida de la tendencia central y como medida de dispersión la desviación estándar (DS), además de otros parámetros.

Tabla 1- Resumen estadístico de los resultados obtenidos en la detección de cianuro

	Media	DS	CV (%)	Mínimo	Máximo	Rango	Asimetría estandarizada
E_1	0,0204	5,77E-05	0,28%	0,0203	0,0204	1,00E-04	-1,22
E_2	0,0206	3,46E-04	1,68%	0,0204	0,0210	6,00E-04	1,22
E_3	0,0068	5,77E-05	0,85%	0,0067	0,0068	1,00E-04	-1,22
E_4	0,0323	6,03E-04	1,87%	0,0317	0,0329	1,20E-03	0,35
E_5	0,0119	5,77E-05	0,49%	0,0118	0,0119	1,00E-04	-1,22
E_6	0,0017	2,89E-05	1,71%	0,0017	0,0017	5,00E-05	-1,22
E_7	0,0051	5,77E-05	1,14%	0,0050	0,0051	1,00E-04	-1,22
E_8	0,0286	5,66E-04	1,98%	0,0279	0,0289	9,80E-04	-1,22
E_9	0,0225	2,08E-04	0,92%	0,0223	0,0227	4,00E-04	-0,91
E_10	0,0085	5,77E-05	0,68%	0,0084	0,0085	1,00E-04	-1,22
E_11	0,0408	5,77E-05	0,14%	0,0407	0,0408	1,00E-04	-1,22
E_12	0,0068	5,77E-05	0,85%	0,0067	0,0068	1,00E-04	-1,22
E_13	0,0578	5,77E-05	0,10%	0,0577	0,0578	1,00E-04	-1,22
E_14	0,0408	5,77E-05	0,14%	0,0407	0,0408	1,00E-04	-1,22
E_15	0,0068	5,77E-05	0,85%	0,0067	0,0068	1,00E-04	-1,22
E_16	0,0182	3,21E-04	1,76%	0,0180	0,0186	6,00E-04	1,09
E_17	0,0168	2,89E-04	1,71%	0,0165	0,0170	5,00E-04	-1,22
Total	0,0204	1,51E-02	74,31%	0,0017	0,0578	5,62E-02	2,72

Se realizó un análisis de Game-Howell para evaluar las similitudes o diferencias estadísticas entre grupos de resultados para cada estación de muestreo.

Tabla 2- Grupos con similitudes estadísticas según la prueba de Game-Howell

Contraste	Diferencia	+/- Límites
E_01 - E_02	-2,333E-04	2,9006E-04
E_02 - E_09	-1,933E-03	1,9956E-03
E_03 - E_12	0,000E+00	1,2114E-03
E_03 - E_15	0,000E+00	2,9667E-04
E_11 - E_14	0,000E+00	2,9346E-03
E_12 - E_15	0,000E+00	1,2114E-03

En la figura 1, puede observarse que, de las 17 estaciones de muestreo, solo 9 presentan valores superiores al límite de detección de método (E_1, 2, 4, 8, 9, 11, 13, 14 y 16). De estas, solamente las estaciones 11, 13 y 14 poseen contenidos de cianuro confiablemente cuantificables dentro del rango de trabajo y por encima del límite inferior de la curva (0,04 mg/L). La estación 13 (E_13) fue la que presentó la mayor concentración de cianuro de todas las estaciones (0,058 mg/L), posiblemente por su mayor cercanía a la zona minera. En las restantes 8 estaciones, el contenido de cianuro es bajo (0,0017 – 0,0168 mg/L), y la señal analítica obtenida se encontró por debajo del límite de detección del método (0,018 mg/L).

Según estos resultados, se evidencia una variación significativa entre las diferentes estaciones de muestreo lo cual puede deberse a una combinación

de factores naturales y antropogénicos.

En las 17 estaciones de muestreo, la concentración de cianuro fue inferior al valor máximo admisible por las normas cubanas de "Agua potable. Requisitos sanitarios" (NC 827, 2017) y de "Fuentes de abastecimiento de agua" (NC 1021, 2014), que establece un límite máximo admisible (LMA) hasta 0,07 mg/L para esta especie química, indicándose que en estos cuerpos de agua los niveles de cianuro son muy bajos, con concentraciones poco significativas, y representan un riesgo bajo para la salud pública de la población local.

Otro criterio también propuesto por Mora y col. (2018), establece que, si la concentración de este parámetro es inferior al 10% del valor del límite máximo admisible establecido por las normas, el riesgo asociado a esta especie química es considerado como muy bajo (RMB).⁽¹⁷⁾ Teniendo en cuenta que todas las estaciones analizadas presentan valores de concentración de cianuro inferiores al 10 % del límite máximo admisible establecido por las normas cubanas (0,07 mg/L), los cuerpos de agua evaluados presentan un riesgo muy bajo (RMB) para la ingesta.

Los resultados se procesaron con el objetivo de evaluar la normalidad y la homocedasticidad de los datos. De este análisis se comprobó que los contenidos de cianuro en las 17 estaciones de muestreo no provienen de una distribución normal. Por lo que se realizaron varias transformaciones para obtener la normalidad, sin lograr este objetivo. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis como procedimiento alternativo de tipo no paramétrico.

Como resultado de la prueba de Kruskal-Wallis se obtuvo un p-valor inferior a 0,05 ($p < 0,05$), esto implica que existen diferencias entre las medianas de los 17 grupos para un nivel de confianza del 95%. Por tanto, podemos afirmar que existen diferencias significativas entre las estaciones de muestreo en términos de los contenidos de cianuro analizados y que estos no provienen de una misma distribución.

El análisis de Game-Howell realizado en este estudio reveló que existe una gran variabilidad entre los grupos provenientes de las 17 estaciones de muestreo analizadas. De los 136 pares de grupos comparados, se encontraron diferencias significativas en 130 de ellos para un nivel de confianza del 95%, lo que indica que las estaciones de muestreo presentan características únicas que influyen en la composición y estructura de los grupos estudiados. Sin

embargo, es importante destacar que se identificaron 6 pares de grupos que no presentaron diferencias significativas entre sí (tabla 2).

Estos análisis sugieren la existencia de factores en estas estaciones de muestreo específicas, que podrían estar influyendo en la similitud y diferencias entre los grupos analizados, como son la distancia a la zona minera y el nivel de exposición a agentes externos. Una parte importante de la eliminación del cianuro se debe a los mecanismos de degradación natural de estos compuestos, como la degradación fotolítica y la volatilización de fases gaseosas. ⁽¹⁸⁾

Las diferencias también pueden estar en correspondencia con las diferentes distancias de las estaciones de muestreo a la mina, y las profundidades de la toma de las muestras en las estaciones de estudio.

Las diferentes formas en las que se puede encontrar el cianuro en los cuerpos acuíferos en esta zona con actividad minera reciente, pueden estar sometidas a degradación fácilmente por estar expuestas al aire, agua y luz solar. ^(18,19)

También la actividad biológica, debido a la presencia de microorganismos, puede estar influyendo en la concentración de cianuro en estos cuerpos de agua, como microalgas, y también algunos tipos de bacterias, que pueden encontrarse de forma natural y que son eficientes logrando altos niveles de remoción del cianuro a bajas concentraciones. ⁽⁶⁾

Estos resultados son reveladores ya que forman parte fundamental del control necesario para garantizar la seguridad y calidad de las aguas en zonas cercanas a la mina, y, por tanto, de la salud de la población local. Además, proporcionan información útil para la toma de decisiones en la gestión higiénico-sanitaria de la zona estudiada.

Se recomienda llevar a cabo un monitoreo y seguimiento continuo de la concentración de cianuro en los cuerpos de agua estudiados tanto en periodo de seca como húmeda.

También, analizar todas las características físico-químicas y microbiológicas de los cuerpos hídricos para demostrar que están aptos para el uso por la población como fuentes de agua potable y de abasto, según lo establecido en las normas cubanas.

Conclusiones

Los niveles de cianuro en los cuerpos de agua estudiados se encuentran por debajo del límite máximo admisible (LMA) establecido en las normas cubanas de agua potable y fuentes de abasto. Esto indica que los niveles de cianuro encontrados en estas aguas presentan un bajo riesgo para la salud pública de la población local que hace uso de las mismas. Los hallazgos sugieren la posibilidad de una influencia de diversos factores, tanto de tipo antropogénico como natural, que afectan los contenidos de cianuro en las mismas lo cual contribuye a disminuir los riesgos a la población local.

Referencias bibliográficas

1. LÓPEZ-PÉREZ, Kelly Yhojana; GUTIÉRREZ-AMAYA, Leidy Johana. *Minería de oro artesanal y seguridad y salud en el trabajo*. 2022. Tesis Doctoral. Corporación Universitaria Minuto de Dios. [consultado: 8 de septiembre de 2023]
Disponible en: <http://uniminuto-dspace.scimago.es/handle/10656/17862>
2. ASCUÑA, R. J; BOLAÑOS, Héctor G.; MAMANI, Pedro L. "Tratamiento de soluciones de cianuro y precipitación de metales cianicidas por reacción con peróxido de hidrógeno y soda caustica, el método perso; obtención de lodos económicamente útiles". *Rev. Bol. Quim.* [en línea]. 2018, **35** (5), 161-167. [consultado: 20 de julio de 2023]. ISSN: 0250-5460. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602018000500005&lng=es&nrm=iso
3. MADRIGAL-TORO, Lina del Carmen. *Caracterización de agentes de riesgos químicos que intervienen en la actividad minera informal del municipio de San Roque en el año 2020*. 2021. Tesis Doctoral. Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO. [consultado: 25 de octubre de 2023]
Disponible en: <http://uniminuto-dspace.scimago.es:8080/handle/10656/17230>
4. LÓPEZ-JIMÉNEZ, Claudia Liliana; VELÁSQUEZ-BONILLA, Néstor Javier; MEJÍA-RESTREPO, Juan Carlos. Impacto en la salud de las personas que consumen agua de minas artesanales de oro. *TEMÁTICA: DESARROLLO*

- RURAL INTEGRAL*. 2021, p. 470. [consultado: 8 de septiembre de 2023].
Disponible en:
http://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14549/3/Libro_ENGIU%20Encuentro%20Nacional%20de
5. LÓPEZ-JIMÉNEZ, Claudia L. Impacto medioambiental y socioeconómico en la salud generado por la minería artesanal del oro en Colombia. *Revista Salud Uninorte* [en línea]. 2022, **38** (2), 608-627. [consultado: 27 de julio de 2023]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.14482/sun.38.2.331.76>
 6. MARTINEZ, Sylvia; HERNÁNDEZ, Andrea A. El papel de los procariotas en la degradación del cianuro. *Herreriana* [en línea]. 2022, **3** (2), 33-36. [consultado: 27 de octubre de 2023]. Disponible en:
http://academina.edu/attachments/79696681/download_file
 7. LÓPEZ-JIMÉNEZ, Claudia L.; URIBE-GUEVARA, Javier; CUESTA-RAMÍREZ, Jhouben J. Impacto percibido en la salud de los mineros artesanales del municipio de Quinchía (Colombia) por el uso de mercurio y cianuro en el proceso de amalgamamiento de oro. *Revista de Salud Pública* [en línea]. 2023, **21**, 368-375. [consultado: 27 de octubre de 2023].
Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.V21n3.81048>
 8. WONG-LÓPEZ, Ernesto Segundo. Evaluación de la contaminación por cianuro de la minería artesanal en el cerro La Bola de Igor mediante el empleo de SIG y regresión Kriging. *Revista Ciencia y Tecnología* [en línea]. 2021, **17**(4), 33-43. [consultado: 30 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.04.02>
 9. ESTRADA-ATEHORTÚA, Andrés Felipe. Intoxicación por cianuro, perspectiva desde urgencias: reporte de dos casos y revisión de la literatura. *Medicina UPB* [en línea]. 2019, **38** (2), 168-176. [consultado: 20 de julio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18566/medupb.v38n2.a09>
 10. LABRADA, AR. Geominera de Las Tunas con buen impulso productivo. *Opciones* [en línea]. 2021. [consultado: 20 de octubre de 2023]. Disponible en:
<http://www.opciones.cu/cuba/2021-03-17/geominera-de-las-tunas-con-buen-impulso-productivo>

11. RODRÍGUEZ-CASTRO, YM. Los resultados de Golden Hill pertenecen a su colectivo. *Tiempo21* [en línea]. 2021. [consultado: 20 de octubre de 2023].
Disponible en:
<https://www.tiempo21.cu/2021/10/24/los-resultados-de-golden-hill-pertenecen-a-su-colectivo/>
12. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Agua potable. Requisitos sanitarios, NC 827:2017. 3ra Edición. La Habana, Cuba, 2017. [consultado: 27 de octubre de 2023]
13. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. NC/CTN 3 DE GESTIÓN AMBIENTAL. Fuentes de abastecimiento de agua, NC 1021:2014. 1ra Edición. La Habana, Cuba, 2014. [consultado: 27 de octubre de 2023]
14. APHA A, W. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 24^a ed. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2023. [consultado: 27 de octubre de 2023]
15. SURLEVA, Andriana; ZAHARIA, M. “Ninhydrin-based spectrophotometric assays of trace cyanide”. *Acta Chemica Iasi* [en línea]. 2013, **21**, 57-70. [consultado: 20 de julio de 2023]. ISSN: 2067-2438. Disponible en:
<https://doi.org/10.2478/achi-2013-0006>
16. TORRES-RODRÍGUEZ E.; ALEAGA-ÁLVAREZ Y.; HERMOSILLA-ESPINOSA R.; RAMOS-ESCALONA M. “Determinación de cianuro en harina y almidón de yuca (*Manihot esculenta*) de la variedad censa 64-7329”. *Rev. Cubana Química* [en línea]. 2022, **34** (3), 462-476. [consultado: 27 de octubre de 2023]. ISSN: 2224-5421. Disponible en:
<https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/download/5269/4705>
17. MORA, D; OROZCO, J; SOLÍS, Y; RIVERA, PC; CAMBRONERO, D; ZÚÑIGA, LA; GARCÍA, J. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). *Tecnología en Marcha* [en línea]. 2018, **31**(3), 03–14. [consultado: 20 de julio de 2023].
Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3897>
18. VIÑA-MEDIAVILLA J. J; FERNANDEZ-PEREZ B; FERNANDEZ DE CORDOBA M. C., AYALA-ESPINA J.; CONCHI O. A. “Photochemical

degradation of cyanides and thiocyanates from an industrial wastewater". *Molecules* [en línea]. 2019, **24** (7), 1373. [consultado: 20 de julio de 2023]. ISSN: 1420-3049.

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6480199/>

19. MARÍN-GALVIN R. *Físico química y microbiológica de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. 2da edición. Edición Díaz de Santos. 2019. ISBN: 9788490522103. [consultado: 8 de septiembre de 2023]. Disponible en:

<https://books.google.com.cu/books?id=jmzWDwAAQBAJ&lpg=PR13&ots=r7S6gvO->

[d1&dq=info%3A5gyz12UO6OQJ%3A%2F&lr&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.cu/books?id=jmzWDwAAQBAJ&lpg=PR13&ots=r7S6gvO-d1&dq=info%3A5gyz12UO6OQJ%3A%2F&lr&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q&f=false)

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

David Garrido Larramendi: concepción y diseño metodológico de la investigación. Experimentación y participación activa en la discusión de los resultados. Redacción del manuscrito. Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Eliecer Prades Escobar: procesamiento de los datos experimentales, experimentación y participación activa en la discusión de los resultados. Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Dayana Marín Sánchez: toma de muestras, procesamiento de los datos experimentales, experimentación y participación activa en la discusión de los resultados. Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Yuleidis González Pérez: experimentación y participación activa en la discusión de los resultados. Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Neyda Pérez Garrido: toma de muestras, procesamiento de los datos experimentales, experimentación y participación activa en la discusión de los resultados. Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.