

Evaluación geoambiental de la cuenca del río Aserrío

Geoenvironmental evaluation of the Aserrío river basin

Daniela Reyes Calaña danielacala@gmail.com ⁽¹⁾

Marianela Crespo Lambert mclambert@ismm.edu.cu ⁽²⁾

Beatriz Riverón Zaldívar riveronsaldivar@ismm.edu.cu ⁽²⁾

⁽¹⁾ Empresa Niquelífera Ernesto Che Guevara, Cuba

⁽²⁾ Universidad de Moa, Cuba

Resumen: Se identificaron los impactos ambientales que se manifiestan en la cuenca del río Aserrío para evaluar la calidad de las aguas para su uso como agua potable y en la agricultura. Se utilizaron datos hidroquímicos que comprobaron que entre las zonas más afectadas del río se encuentran los repartos La Playa, Moa Centro, El Caribe y El Atlántico. El agua del río no es apta para el consumo humano, pero puede ser utilizada para el riego en la agricultura.

Palabras claves: factores ambientales, contaminación, focos contaminantes, calidad de agua, agua superficial, contaminación de cursos fluviales, residuales contaminantes

Abstract: The environmental impacts that are manifested in the Aserrío River basin were identified to evaluate the quality of the waters for use as drinking water and in agriculture. Hydrochemical data was used to verify that among the most affected areas of the river are the La Playa, Moa Centro, El Caribe and El Atlántico districts. The river water is not suitable for human consumption, but can be used for irrigation in agriculture.

Keywords: environmental factors, pollution, polluting sources, water quality, surface water, pollution of river courses, polluting waste

Introducción

El estudio de la contaminación de los ríos es esencial por su impacto en la salud humana, la biodiversidad, la economía y el medio ambiente. La contaminación de un río pone en peligro la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como la belleza natural del entorno y es un factor influyente en la degradación de la calidad del agua tanto para su utilización en la agricultura como para el consumo humano.

Entre los principales factores que dañan a los cuerpos de agua se encuentran las actividades agrícolas, por el uso de pesticidas y fertilizantes, lo que provoca alteraciones a nivel de cuencas hidrológicas (Rojas-Rodríguez *et al.*, 2019). El crecimiento de las ciudades y la pavimentación de las fuentes hídricas son también elementos que afectan las fuentes de agua (López-Mares *et al.*, 2019).

La contaminación proveniente de la actividad agrícola o contaminación difusa, es difícil de detectar, medir y controlar porque involucra relaciones complejas que se suscitan dentro de las cuencas hidrológicas (Rojas-Rodríguez *et al.*, 2019; Fuentes-Junco & Ortiz-Rivera, 2019). La contaminación puntual en el agua, es fácilmente identificable, y se encuentra representada por afluentes de agua residual que puede ser controlada mediante acciones específicas (Fuentes-Junco & Ortiz-Rivera, 2019).

En Moa la abundancia de precipitaciones, combinada con el relieve y las características del clima, favorece la existencia de una red hidrográfica bien desarrollada. Esta red está representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigua, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas y Aserrío (Fernández-Rodríguez, 2003).

La calidad de las aguas de los ríos de Moa ha sido estudiada desde diversos puntos de vista por los impactos que provoca en las comunidades y ecosistemas. Fernández-Rodríguez (2016) y Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba (2021) evaluaron la calidad del agua del río Cabaña y los componentes que inciden en su degradación. Dunán-Avila *et al.* (2022) analizaron las aguas del río Yamanigüey para el riego agrícola mientras Bicara (2014) y Fernández-Rodríguez *et al.* (2018) analizaron la calidad hidroquímica de las aguas del Río Cayo Guam. El río Moa y la calidad de sus aguas fue analizado por Córdova-Batista (2017).

El Río Aserrío desemboca en la Bahía de Moa en el Océano Atlántico, en forma de un pequeño delta, tiene una extensión aproximadamente 10 Km y circula a través de la zona urbana de Moa, atravesando los repartos Caribe, Coloradas hasta el reparto La Playa. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas. Este río mantiene sus aguas durante todo el año (Fernández-Rodríguez, 2003).

Según Fernández-Rodríguez (2003) el cauce del Aserrío sirve de receptor natural a vertidos de diferente naturaleza que el hombre realiza de forma indiscriminada, lo que

deteriora la calidad de sus aguas afectadas esencialmente por el vertimiento de residuales domésticos.

En este estudio se identifican los impactos ambientales que se manifiestan en la cuenca del río Aserrío para evaluar la calidad de las aguas para su uso como agua potable y en la agricultura.

Materiales y métodos

El municipio Moa se sitúa al noreste de la provincia de Holguín limitado al norte con el Océano Atlántico, al sur con el municipio de Yateras, al este con el municipio de Baracoa y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País.

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, se considera como una zona de elevada complejidad hidrogeológica.

En el área de estudio se desarrolla el complejo acuífero de los sedimentos aluviales. Se extiende en dirección norte-sur formando una franja, ancha en su parte inferior y estrecha en la superior. Ocupa prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como los valles de sus afluentes. Está constituido por gravas, arenas, cantos rodados y arenas arcillosas, con 15 m de potencia aproximadamente, estos sedimentos, de edad cuaternaria, se caracterizan por su alta capacidad para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13-290 m/día, mientras que su gasto de aforo (Q) oscila entre 2-57 L/seg. Estas aguas yacen a una profundidad comprendida entre los 1-5 m.

Selección de los puntos de muestreo

Se realizaron 3 marchas rutas en las que se tomaron muestras de agua en diferentes puntos que permitió su accesibilidad. Se describieron un total de 19 puntos, los dos últimos son pertenecientes a su afluente. Se analizaron un total de 4 muestras de los puntos 10, 12, 13, 18 (puntos que fueron accesibles para la toma de muestras) para determinar su pH y comparar sus valores a antiguos datos químicos para realizar una actualización del estado de estas aguas (se determinó que su pH oscilaba entre los valores 7.34-7.64 clasificándose como neutras y débilmente básicas sin variaciones muy notables con los datos químicos de estudios precedentes a estas aguas.

En el mapa de datos reales (Figura 1), se ven representados los puntos con mayor contaminación, concluyendo que los repartos más afectados por la contaminación son La Playa, el Caribe y el Atlántico.

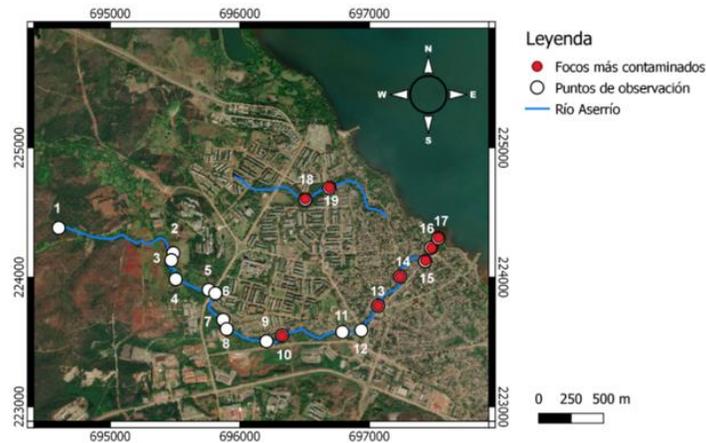


Figura 1. Esquema de ubicación de datos reales de puntos.

Para la evaluación de la calidad de las aguas del río Aserrío se utilizó el software Herramienta Asistente para Hidrología.

Causas de la contaminación del río Aserrío

En el municipio de Moa la contaminación hídrica es una causa frecuente debido a la intensa acción de la minería. En el Aserrío, al transcurrir por el núcleo de la ciudad, es notoria la presencia de residuales líquidos y sólidos urbanísticos tanto en sus cercanías, rivera y en sus aguas. Un gran número de fosas y letrinas contaminan las aguas subterráneas y el manto freático. Sumado a esto en las elevaciones de Cerro-Miraflores-Yaguaneque se practica la agricultura, lo que provoca que los productos químicos utilizados corran hacia las aguas del río desde su nacimiento, añadiendo minerales que en altas concentraciones son perjudiciales para la salud. Se vierten al río, además, los desechos industriales del Combinado Lácteo (aunque se le ha dado tratamiento en la Planta de Tratamiento Residual se ha comprobado que aun tributa contaminantes) y de la Base de transporte de la Empresa de Servicios a la Unión del Níquel (ESUNI) a través de una fregadora que tributa al río).

Contaminación difusa

Este tipo de contaminación está presente en el río desde el punto 1 hasta el punto 6 debido a que esta área se encuentra rodeada por zona privada en la que se desarrolla

la agricultura. Esta área se caracteriza por la utilización constante de fertilizantes y pesticidas que corren hacia el cauce del río producto de las lluvias. Las aguas generalmente se mantienen cristalinas, pero pueden presentar cierto grado de turbidez en épocas de constantes lluvias.

Contaminación puntual

Desde el punto 6 al 17 se puede apreciar focos puntuales de contaminación, excluyendo el punto 8. Aunque ya no hay presencia de la actividad agrícola, pero si se ve el notorio cambio debido que este río está siendo utilizado como vertedero en toda esta trayectoria.

Desde el punto 6 se aprecia la lenta progresión del agua cristalina empieza a tener turbidez variada debido a los desechos contaminantes procedentes de la actividad urbana. En toda esta área se observa que, aunque todos los puntos en algún momento presentan contaminación los más críticos son los puntos 14, 13 y 10 consecutivamente en los que el agua tiene un olor fétido, con alto nivel de turbidez, aunque los demás también llegan a presentar cierto grado de contaminación. Es característico en esta parte del trayecto la contaminación de las aguas producto al vertimiento de materia orgánica doméstica. La vegetación presente en toda el área es abundante representada por plantas de plátano, guapen y arbustos silvestres, aunque se aconseja no utilizarlas para consumo humano o animal debido a la contaminación del suelo.

Los puntos 18 y 19 pertenecen a un afluente del río. En ellos es notorio la alta turbidez de sus aguas, llegando a tornarse aguas negras en el puente del Atlántico (usado como vertedero), debido a poca circulación de las aguas se acumula los desechos de la cría animal y de las tuberías de aguas albañales de las casas. Este trayecto se podría considerar es el más contaminado desde el punto de vista visual.



Figura 2. Puente del Atlántico. Punto18.

Fuentes contaminantes Cuenca del río Aserrío

Mediante los trabajos de campo se pudieron cartografiar y caracterizar los focos contaminantes en la cuenca (Tabla 1). Se corrobora la existencia de vertimiento de toda clase provenientes de los efluentes urbanos, industriales y de diversas instituciones. Existe un predominio de los residuales líquidos sobre los sólidos, representando el 75 % del total de focos, aportados por la población y las industrias ubicadas dentro del área de la cuenca. Existen evidencias del vertimiento de residuales dentro del área estudiada, lo cual evidencia la falta de control de las autoridades y de conciencia de la población.

Tabla 1. Clasificación de las fuentes contaminantes que afectan al río Aserrío

Fuentes contaminantes	Tipo de contaminantes
Base de Transporte de la ESUNI	Industrial
Materia Prima	Industrial
Combinado Lácteo	Industrial y Albañal
Empresa Mecánica del Níquel	Industrial
Universidad de Moa	Industrial
Residuales de la oficina de la Central de trabajadres de Cuba (CTC)	Albañal
Desechos urbanos	Albañal y residuos sólidos, cría de animales
2 Carpinterías	Desechos sólidos

Identificación de los impactos ambientales (EIA)

La caracterización de los diferentes impactos ambientales se realizó partiendo del análisis de su estado actual.

Atmósfera: El aire no posee buenos índices de calidad, existen fuentes contaminantes propias de las industrias níquelíferas, por emisiones de gases y polvo. En algunas de las zonas cercanas al cauce del río se puede sentir fetidez producto a los contaminantes en descomposición, provocando que los malos olores lleguen a las poblaciones cercanas

(principalmente en el punto 18 (figura 2) y 13 y 14 (Figura 3) trayendo consigo un aumento en la disminución de la calidad atmosférica.



Figura 3. Puntos 13 y 14.

Suelo: Los suelos de Moa presentan variaciones respecto a calidad y fertilidad, aunque son suelos poco productivos (empobrecidos por la falta de nutrientes y son muy susceptibles a la erosión). En las cercanías al nacimiento del río se desarrolla la agricultura, lo que provoca desde un punto de vista negativo la contaminación de suelo por el uso de pesticidas, herbicidas y otros químicos que usualmente se emplean en la agricultura, por encontrarse en la zona de desarrollo urbano. En esta área es común la erosión y el arrastre de sedimentos hacia el río. Aunque los viejos alcantarillados no ocupan gran porción de terrenos el hecho de su deterioro y mal estado aumenta la vulnerabilidad a la contaminación (figura 4). Es significativa la práctica de tala y quema en sectores donde se practica la agricultura lo que contribuye al agotamiento de nutrientes del suelo. Acelera su degradación la aglomeración de vertederos proveniente de las viviendas aledañas.



Figura 4. Alcantarillado en mal estado. Puntos 5 y 6.

Aguas: Las aguas se ven afectadas por el vertimiento de contaminantes domésticos, desechos industriales y sedimentos provenientes de la zona agrícola (figura 5). En la mayoría del tramo del río el agua se mantiene parcialmente cristalina, pero en puntos

críticos se evidencia su cambio con un alto grado de turbidez llegando al punto de aguas negras (figura 6).



Figura 5. a) Sedimentos provenientes de las elevaciones Cerro-Miraflores Yaguaneque. Punto 2.
b) Cerro-Miraflores Yaguaneque.



Figura 6. Tuberías de aguas negras. Puntos 18 y 19.

Resultados de la identificación de impactos

De los 6 repartos por los que circula la cuenca del Aserrío, los que más afectan al río son la Playa y el Atlántico y en menor medida el Caribe, debido al arrojado de residuos provenientes de cría de animales, desechos domésticos e industriales, vertederos de basura.

De los factores ambientales evaluados se identificó que entre los más afectados se encuentran el agua, el suelo, la población y economía. Se concluyó que hay existencia de aproximadamente 20 focos puntuales. Aunque todo su trayecto es utilizado como receptor de vertimiento de desechos sólidos se considera que tiene un impacto moderado según la norma de clasificación de impactos según el CITMA (2024).

Comprobación de análisis físico-químico de las aguas del río Aserrío

La clasificación de las aguas del río Aserrío según la composición química y su uso en la agricultura se muestra en las tablas 2 a 7.

Tabla 2. Clasificación de las aguas según su mineralización

Muestra	pH	Clasificación
muestra 1	7.40	Aguas neutras
muestra 2	7.50	Aguas débilmente básicas
muestra 3	7.60	Aguas débilmente básicas
muestra 4	7.70	Aguas débilmente básicas
muestra 5	7.58	Aguas débilmente básicas
muestra 6	7.65	Aguas débilmente básicas
muestra 7	7.94	Aguas débilmente básicas
muestra 8	7.78	Aguas débilmente básicas
muestra 9	7.64	Aguas débilmente básicas
muestra 10	7.78	Aguas débilmente básicas
muestra 11	7.40	Aguas neutras

Tabla 3. Concentración de Sales solubles totales

Muestra	CE
muestra 1	179
muestra 2	180
muestra 3	179
muestra 4	209
muestra 5	216
muestra 6	229
muestra 7	200
muestra 8	224
muestra 9	238
muestra 10	259
muestra 11	336

Tabla 4. Salinidad Potencial (SP) según Palacios y Aceves (1970)

Muestra	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Salinidad Potencial (SP)
1	0.094848	0.536082	0.583506
2	0.375648	0.701334	0.889158
3	0.480896	0.72051	0.960958
4	0.815568	0.761118	1.168902
5	0.935376	0.743916	1.211604
6	0.947232	0.758298	1.231914
7	0.950976	0.715152	1.19064
8	0.971152	0.74025	1.225826
9	0.97552	0.809622	1.297382
10	1.013376	0.845718	1.352406

Tabla 5. Porcentaje de Sodio Soluble (PPS), según Wilcox (1995).

Muestra	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Por ciento de sodio soluble
1	0.76125	0.239021	1.662906	0.01536	28.993812
2	0.7308	0.243013	1.847856	0.03072	26.697620
3	0.76125	0.246007	2.028696	0.031744	25.849815
4	0.7395	0.514469	2.23995	0.025344	21.733073
5	0.70905	0.5988	2.192274	0.024832	20.819607
6	0.728625	0.600297	2.14131	0.024576	21.551999
7	0.84825	0.747502	2.056644	0.048384	24.228243
8	0.8352	0.748001	2.1372	0.076032	24.002320
9	0.9222	0.829837	2.208714	0.068096	24.580134
10	1.0092	0.943609	2.45778	0.093696	24.485484
11	1.1397	1.019457	2.752878	0.10496	24.80887464

Tabla 6. Índice de salinidad marina (ISM)

Muestra	Na ⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Índice de Salinidad Marina (ISM)
1	0.284203653	0.089235654	0.712302157	0.244448092	0.659546859
2	0.256206289	0.085196304	0.670117271	0.21482065	0.623617733
3	0.248150323	0.080192731	0.638233369	0.216959525	0.647401101
4	0.210129223	0.146186574	0.59037222	0.197740753	0.553750739
5	0.201151447	0.169874461	0.54958335	0.199531798	0.556923894
6	0.208487848	0.171768234	0.553983637	0.198303939	0.560510834
7	0.229208437	0.201984987	0.545552539	0.19506245	0.567557979
8	0.21999598	0.197027315	0.546768298	0.196040888	0.559342998
9	0.228899236	0.205973818	0.590743046	0.185611808	0.520273967
10	0.224053318	0.209491407	0.565954532	0.197451052	0.543563837
11	0.227167856	0.203200721	0.558237942	0.214299598	0.579780717

Tabla 7. Coeficiente de irrigación (Ci)

Muestra	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Coeficiente de Irrigación	Caso
1	0.76125	0.094848	0.536082	70.6149235	3er
2	0.7308	0.375648	0.701334	81.4448313	2do
3	0.76125	0.480896	0.72051	79.0494306	2do
4	0.7395	0.815568	0.761118	75.6781471	1er
5	0.70905	0.935376	0.743916	77.4280967	1er
6	0.728625	0.947232	0.758298	75.9595831	1er
7	0.84825	0.950976	0.715152	77.6519349	2do
8	0.8352	0.971152	0.74025	75.8653390	2do
9	0.9222	0.97552	0.809622	69.2193214	2do

Las aguas del río Aserrío se clasifican como buenas para el uso en la agricultura. Las concentraciones de minerales se encuentran entre los valores permisibles indicados por las normas nacionales e internacionales.

Clasificación de la composición química y su posible uso como agua potable

Los valores de la composición química de las aguas del río Aserrío, tomados en temporada de lluvia, se muestran en las tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8. Composición química, según Aliokin

Muestra	Na ⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Índice de Salinidad Marina (ISM)
muestra 1	0.284	0.089	0.712	0.244	0.660
muestra 2	0.256	0.085	0.670	0.215	0.624
muestra 3	0.248	0.080	0.638	0.217	0.647
muestra 4	0.210	0.146	0.590	0.198	0.554
muestra 5	0.201	0.170	0.550	0.200	0.557
muestra 6	0.208	0.172	0.554	0.198	0.561
muestra 7	0.229	0.202	0.546	0.195	0.568
muestra 8	0.220	0.197	0.547	0.196	0.559
muestra 9	0.229	0.206	0.591	0.186	0.520
muestra 10	0.224	0.209	0.566	0.197	0.544
muestra 11	0.227	0.203	0.558	0.214	0.580

Tabla 9. Clasificación del agua según el pH

Muestra	pH	Clasificación
muestra 1	7.30	Aguas neutras
muestra 2	7.40	Aguas neutras
muestra 3	7.40	Aguas neutras
muestra 4	7.50	Aguas debilmente básicas
muestra 5	7.50	Aguas debilmente básicas
muestra 6	7.40	Aguas neutras
muestra 7	7.60	Aguas debilmente básicas
muestra 8	7.80	Aguas debilmente básicas
muestra 9	7.50	Aguas debilmente básicas
muestra 10	7.40	Aguas neutras
muestra 11	7.30	Aguas neutras

Tabla 10. Mineralización según Aliokin

Muestra	Na ⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Índice de Salinidad Marina
1	0.284204	0.089236	0.712302	0.244448	0.65955
2	0.25621	0.08520	0.67012	0.21482	0.62362
3	0.24815	0.08019	0.63823	0.21696	0.64740
4	0.21013	0.14619	0.59037	0.19774	0.55375
5	0.20115	0.16987	0.54958	0.19953	0.55692
6	0.20849	0.17177	0.55398	0.19830	0.56051
7	0.22921	0.20198	0.54555	0.19506	0.56756
8	0.22000	0.19703	0.54677	0.19604	0.55934
9	0.22890	0.20597	0.59074	0.18561	0.52027
10	0.22405	0.20949	0.56595	0.19745	0.54356
11	0.22717	0.20320	0.55824	0.21430	0.57978

Las 11 muestras estudiadas de las aguas del río Aserrío fueron clasificadas como no potables según la NC. 827 (2017). De igual manera, según la presencia de componentes inorgánicos se clasifican como No potable.

Por la clasificación por correlación con mineralización las aguas del río Aserrío se catalogan como no salinizadas por correlación con Ci de Stables son aguas

predominantemente buenas y según la clasificación por correlación con el RAS aguas buenas. Las aguas del río Aserrío no son aptas para consumo humano debido a que los valores correspondientes al color, el hierro, el níquel y los nitratos se encuentran fuera de los valores admisibles.

Conclusiones

Entre los principales focos contaminantes de este río se destacan los puntos 19 y 18 en el reparto el Atlántico, el punto 14 en el reparto la Paya, el 13 perteneciente a Moa Centro y el punto 10 al Caribe respectivamente. Las fuentes contaminantes que los aportan provienen de las redes de drenaje urbano y de la actividad industrial en las cercanías del curso del río.

En la cuenca estudiada están impactados desde el punto de vista negativo todos los factores ambientales siendo más críticos las aguas y el suelo. Los impactos críticos identificados son los cambios de las propiedades químicas del agua, la contaminación del acuífero, la alteración del hábitat de especies de reptiles e insectos, la proliferación de vectores y la disminución del atractivo paisajístico.

Las aguas del río Aserrío no son aptas para su uso como agua potable, pero sí son aptas para el riego en la agricultura.

Referencias bibliográficas

- Bicera, C. (2014). *Evaluación de la calidad de las aguas del río Cayo Guam e impacto ambiental en el municipio Moa*. (Tesis de Maestría. Universidad de Moa, Cuba). <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1580>
- CITMA. (2024). Marco Normativo. <https://www.citma.gob.cu/marco-legal/>
- Córdova-Batista, Y. (2017). *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Moa a partir del índice integrador ICA_{sp}*. (Trabajo de diploma, Universidad de Moa). <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1360>
- Dunán-Avila, P.L., Fernández-Rodríguez, M. Riverón, A.B. & Bassas-Noa, P.R. (2022). Evaluación preliminar de la calidad de las aguas del río Yamanigüey para el riego agrícola. *Minería y Geología*, 38(1), 83-98. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art7_No_1_2022

- Fernández-Rodríguez, M. & Guardado-Lacaba, R. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*, 37(1), 105-119. <https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/2029>
- Fernández-Rodríguez, M. (2003). *Evaluación de la calidad de las aguas de consumo humano en la zona urbana de la ciudad de Moa*. (Tesis de maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa). <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1201>
- Fernández-Rodríguez, M. (2016). *Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas del río Cabaña en la zona minera de Moa, Cuba*. II Simposio Internacional del Agua en Áreas Protegidas. Topes de Collantes, Cuba.
- Fernández-Rodríguez, M., Nfundiko, B., Guardado, R. & Almaguer, Y. (2018). Evaluación hidroquímica de las aguas del río Cayo Guam, Moa, Cuba. *Minería y Geología*, 34(3), 265-285. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art3_No3_2018
- López-Mares L. M., Lozano de Poo J. M., Torre-Silva F., Rodríguez-Santiago J. y López-Fraga J. A. (2019). El ciclo hidro-social de los ríos urbanos: Transformaciones al paisaje hídrico en San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 45-69. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.3>
- Oficina Nacional de Normalización. (2017). *Norma Cubana 827. Agua potable, requisitos sanitarios*. La Habana. <https://ftp.isdi.co.cu/Bibliotca/biblioteca%20universitaria%20del%20isdi/coleccion%20digital%20normas%20cubanas/2012/nc%2027%202014p%20sky.pdf>
- Ortiz-Rivera, A. & Fuentes-Junco, J. J. A. (2020). Estimación del impacto potencial de la contaminación difusa por métodos simplificados en el Área de Protección de Flora y Fauna, Pico de Tancítaro, Michoacán, México. *Revista Geografía de América Central*, 65(2), 207- 238. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.8>
- Palacios, O.L y Aceves, E. (1970). *Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola*. Colegio de posgraduados, Chapingo. Estado de México. <https://www.sidalc.net/search/Record/K0HA-OAI-UAAAN:22722/Description>

Rojas-Rodríguez, I. S., Coronado-García, M.A., Rossetti-López, S. R. & Beltrán-Morales, F. A. (2020). Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora, México. *Terra Latinoamericana*, 38, 247-256. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.642>

Wilcox, L. V. (1955). *Classification and use of irrigation water* (circular 969). Washington, DC, USA. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1945583>