

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



Trabajo de Diploma

*Estudio de los focos contaminantes en la
cuenca hidrográfica El Cobre*

Autora: Yliannys Portales López

Tutores: Dra. C. Mayelín González Trujillo

Dr. C. Alexis Santiago Pérez Figueredo

Santiago de Cuba, 2019

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Pensamiento

Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre.

-Fidel Castro-

Rio de Janeiro,
Conferencia de Naciones Unidas
sobre Medio Ambiente y Desarrollo
12 de junio de 1992



“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Dedicatoria

Dedicatoria

- ✚ Dedico este trabajo en primer lugar a Dios.
- ✚ A la Revolución que me ha dado la posibilidad de convertirme en una profesional.
- ✚ Y dedicado en especial a quienes más quiero en el mundo a mi mami Ana Esther López Agramante y mi papi Oscar Portales Mustelier por ser los mejores padres del mundo.
- ✚ A mi novio que ha sido, un amigo, un compañero y mi mayor confidente Leodanis Labañino Hinojosa.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Agradecimientos

Agradecimientos

- ✚ A mi mami por entenderme cuando lo necesité, apoyarme en mis decisiones, y ser mi amiga.
- ✚ A mi papi por ser tan especial conmigo.
- ✚ A mis tíos que han sido como unos padres Melvis Tito y Edilberto López.
- ✚ A mis tutores por dedicarme parte de su preciado tiempo (Mayelin González Trujillo y Alexis Santiago Pérez).
- ✚ Al claustro de profesores porque sin su ayuda no lo hubiese logrado.
- ✚ A mis amigos por apoyarme en las buenas y las malas (Yelanis, Darlena, Nadieska, Dayalis, Diosvel y Sandra)
- ✚ A una persona que más que una amiga ha sido la hermana que no tuve Elsy Reyes Savón.
- ✚ A mi novio Leodanis Labañino por estar en los momentos buenos y malos y ser mi confidente.
- ✚ A mis suegros y mi cuñada por acogerme en su familia.

A todos muchas gracias...

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Resumen

Resumen

El presente trabajo está motivado por la necesidad de estudiar la influencia de los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre en la bahía santiaguera, como prioridad de una de las acciones del proyecto Tarea Vida, liderado por el Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras. El mismo tiene como objetivo caracterizar los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre evaluando su incidencia en el sector costero de la Bahía de Santiago de Cuba, para dar respuesta se utilizaron los métodos de análisis – síntesis, histórico – lógico e inducción-deducción, con el uso de la observación y la toma de muestras para evaluar la calidad del agua del río. Como resultados fundamentales se obtuvieron: se actualizó la caracterización de las principales fuentes contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre, siendo la de mayor importancia el asentamiento El Cobre por su alta carga de origen doméstico.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Abstract

Abstract

This work is motivated by the need to study the influence of the polluting sources of the El Cobre river basin in the bay of Santiago de Cuba, as a priority of one of the actions of the Tarea Vida project, led by the Center for Multidisciplinary Zoning Studies Coastal. It aims to characterize the polluting sites of the El Cobre river basin, evaluating its incidence in the coastal sector of the Bay of Santiago de Cuba, to answer the analysis methods used - synthesis, historical - logical and induction - deduction, with the use of observation and sampling to assess the quality of the river water. The main results were obtained: the characterization of the main polluting sources of the El Cobre river basin was updated, the most important being the El Cobre settlement due to its high domestic load.

Índice

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Marco Teórico Conceptual	7
1.1. La gestión de cuencas hidrográficas y el desarrollo sostenible.....	7
1.2 La cuenca hidrográfica y tipos de cuencas	8
1.2.1. Tipos de cuencas hidrográficas.....	9
1.2.3. División de la cuenca hidrográfica.....	11
1.2.4. Los componentes de las cuencas hidrográficas.....	11
1.3. Concepción del Manejo de Cuencas Hidrográficas	12
1.4. Situación de las cuencas hidrográficas en el mundo	14
1.5. Las cuencas hidrográficas en Cuba.....	16
1.6. Situación ambiental de la cuenca hidrográfica El Cobre	20
1.7. Calidad del agua y focos contaminantes.....	22
1.8. Marco legal referido a cuencas hidrográficas	25
Capítulo 2. Caracterización de la cuenca hidrográfica El Cobre	28
2.1. Metodología de trabajo	28
2.2. Aspectos físico-geográficos y ecológicos de la zona de estudio.....	29
2.2.1. Relieve	30
2.2.2. Composición litológica.....	31
2.2.3. Geología	31
2.2.4. Geomorfología	32
2.2.5. Características climáticas generales.....	32
2.2.6. Calidad del aire.....	33
2.2.7. Ruido	33
2.2.8. Hidrología superficial y subterránea	34
Capítulo 3. Discusión y resultados	37
3.1. Relación de la cuenca El Cobre con el estado actual de la Bahía santiaguera.....	37
3.2. Identificación de los focos contaminantes	38
3.2.1. Asentamiento El Cobre.....	39
3.2.2. Hospital Ambrosio Grillo.....	40
3.2.3. El yacimiento Oro-Barita.....	41
3.2.4. Cementerio El Cobre	42

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Bibliografía	50
Anexos	51

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Introducción

Introducción

El agua será en este siglo XXI, como en los siglos precedentes, un recurso vital para la civilización humana. Un abastecimiento en cantidad suficiente de agua saludable es un componente fundamental para nuestra salud, nuestro medio ambiente, nuestras sociedades y nuestra economía. Pero dos factores esenciales entorpecen este logro: en primer lugar, el cambio climático, que convierte los recursos hídricos en más irregulares y provoca una tendencia a la sequía lo que induce una necesidad mayor de reserva de agua; también el crecimiento demográfico mundial que conlleva el aumento de la demanda de agua por las necesidades domésticas, agrícolas e industriales (Walz, 2007).

Los problemas del medio ambiente mundial se agudizan según. (Valdés 2005) y cita alguna que se prevé para finales del siglo XXI.

- El incremento de la población en 3 600 millones de personas, donde la misma se expande, pero los sistemas naturales de la biosfera no lo hacen.
- El aumento de las temperaturas del planeta por la contaminación con CO₂, y su inminente ascenso entre 1 y 4 grados C⁰.
- El nivel del mar, se estima que se eleve entre 17 centímetros y 1 metro.
- Los ecosistemas boscosos, la flora y fauna en el Amazonas, la mayor reserva de bosque mundial se pierden anualmente entre 1 millón a 1 millón y medio de hectáreas de bosque por concepto de tala para madera y otras causas.

Todavía se requiere de una voluntad política, la aplicación de estrategias y acciones prácticas, si se quiere preservar la vida en el planeta.

En nuestros días, hay cada vez más enfermedades y riesgos para la salud que se relacionan con el medio ambiente y los estilos de vida. Por tal motivo hay que considerar, desde el punto de vista ético y moral, el derecho de cada ciudadano a una buena salud, así como su deber y responsabilidad de velar por ella. Esto conlleva al deber de cuidar y proteger el medio ambiente, lo cual exige apoderarse de una formación ambientalista, tener conciencia de los factores ambientales que constituyen un riesgo para la salud y promover medidas y acciones que preserven la supervivencia de las generaciones presentes y futuras (Cuellar, 2012).

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

La contaminación ambiental es una consecuencia producida por las diferentes actividades generalmente creadas por el hombre; las cuales han tenido repercusión en la integridad física del ambiente y que con el pasar de los años ha ido empeorando; teniendo la necesidad de continuar con las campañas de protección medioambiental y de curación del entorno natural hasta volver a tener un planeta verde, se refiere a la presencia de agentes externos de origen ya sea; físico, químico o biológico, que atentan contra la integridad de la naturaleza, llegando a ser nocivo no solo para el ambiente, sino también para los seres vivos.

Las cuencas hidrográficas en todo el mundo son áreas muy vulnerables a estos problemas y es ahí donde el hombre ha desarrollado su vida durante miles de años, sin tener en cuenta muchas veces su responsabilidad sobre el cuidado y la protección de las mismas (Valdivia *et al.*, 2004).

Cuba presta especial atención a la eliminación de los focos contaminantes en las cuencas hidrográficas y mantiene un estricto control sobre la actualización, caracterización y clasificación de los existentes, incluidos los relacionados con la contaminación hídrica, atmosférica y los desechos peligrosos.

Según lo expresado por Elba Rosa Pérez Montoya, (2017), Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, “El país ha definido tres tipos de prioridades y, en dependencia de la importancia, las ha ido incluyendo en el plan de la economía; no está en condiciones de dar solución a todas a la vez, porque en el territorio nacional existen 448 focos de máxima prioridad que contaminan fuentes de abasto de agua a la población, o podrían estarlas afectando...”

Las cuencas hidrográficas están expuestas a estas contaminaciones y se les debe dar las atenciones pertinentes, ya que una cuenca hidrográfica es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, que en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande (Faustino, 2000).

Además, representa un escenario dinámico integrado por los recursos naturales, infraestructura, medios o servicios y las actividades que desarrolla el hombre, la cual genera efectos positivos y negativos sobre los sistemas naturales de la cuenca. Como señala García, (2006), en las cuencas hidrográficas ocurren múltiples factores

desequilibrantes que generan complicaciones causa – efecto y además se desarrollan de manera acumulativa sinergia entre ellas, se citan la degradación del hábitat por la deforestación, la alteración de los cauces de agua, modificación de los humedales, el agotamiento de nutrientes, uso inadecuado de los suelos, la sobre explotación de los acuíferos, la concentración de la población en asentamientos humanos, la descarga de residuales líquidos, urbanos e industriales de forma incontrolada, la ausencia de tratamiento adecuado, mal manejo de la pesca y la pérdida de diversidad biológica (García, 2006).

Cuba lleva a cabo la Tarea Vida, que es un plan del Estado para el enfrentamiento al Cambio Climático, aprobada por el Consejo de Ministros el 25 de abril de 2017, está inspirada en el pensamiento del líder histórico de la Revolución Cubana Fidel Castro Ruz, cuando en la Cumbre de La Tierra en Río de Janeiro, el 12 de junio de 1992 expresó: “...Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre...” (C.Ruz 2012).

La implementación de esta tarea es intensa en el país, fundamentalmente en la provincia de Santiago de Cuba, así como en su cabecera principal y en el entorno de su bahía.

La provincia de Santiago de Cuba cuenta con un total de 22 cuencas hidrográficas, de interés nacional, provincial y municipal, rectoradas por los Consejos Municipales y Provinciales creados a tal efecto. De estas cuencas hidrográficas son prioridad para la Tarea Vida, las cuencas del río Cobre, Yarayó y los Guaos-Gascón, ya que son las que tributan a la bahía santiaguera, aportando alta influencia en la contaminación de misma.

En función de esta problemática se han realizado diferentes investigaciones en estas cuencas, como son las realizadas por:

Mustelier, (2015), realizó una caracterización y diagnóstico de la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos-Gascón ante el vertimiento de residuales.

En estudio realizado por Falcón, (2013), se plantea la posibilidad de que a través de las aguas subterráneas lleguen algunos contenidos de metales pesados supuestamente provenientes de la antigua mina El Cobre. (Rodríguez 2014), aborda

la temática de la contaminación de la bahía considerando que la minería tiene su mayor peso por la actual explotación minera de Oro-Barita.

González, (2015) propone elaborar un Plan con enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) en la cuenca hidrográfica el Cobre para prevenir y/o mitigar los efectos que provoca la actividad minera a la unidad geosistémica del río Cobre. Plantea 6 problemas ambientales que influyen en la cuenca, dentro de estos declara como uno de los más incidentes el deterioro de la calidad de las aguas por el vertimiento directo de residuos sólidos y líquidos derivados de la actividad doméstica. La cuenca hidrográfica Cobre, se localiza en la parte Suroeste de la ciudad de Santiago de Cuba, limitada por los asentamientos de Yarayabo y la Clarita, al Sur por la bahía de Santiago de Cuba, al Este por la Sierra de Boniato y al Oeste por la cuenca del río Nima Nima. Tiene su nacimiento en el lugar conocido como El Turquino en las estribaciones norte de la Sierra Maestra.

Según los estudios realizados por los investigadores ya mencionados presenta un alto contenido de focos contaminantes que afectan la calidad de las aguas de su río, siendo su principal contaminante la actividad minera y social. De aquí la importancia de estudiar los principales focos contaminantes en esta cuenca hidrográfica, y realizar una evaluación de la calidad de las aguas.

Por lo antes expuesto se plantea como **problema científico**: La contaminación de la cuenca hidrográfica del río El Cobre y su incidencia en la zona costera de la Bahía de Santiago de Cuba.

Objeto de investigación: El estudio de los focos contaminantes cuenca El Cobre.

Objetivo general: Caracterizar los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica Cobre evaluando su incidencia en la calidad de las aguas del Río El Cobre.

Campo de acción: La carga contaminante de la cuenca hidrográfica Cobre y su incidencia en la en la calidad de las aguas del Río El Cobre.

Objetivos Específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica y documental profundizando en los elementos teórico-conceptuales y tendencias que conforman el estado del arte de los principales conceptos que soportan la tesis.

2. Actualizar la caracterización de los principales focos contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre.
3. Evaluar la influencia de los principales focos contaminantes en la calidad de las aguas del río Cobre.

Hipótesis de Investigación:

El estudio de los principales focos contaminantes en la cuenca hidrográfica del río Cobre, permitirá su actualización y evaluación de su influencia en la calidad de las aguas del río El Cobre.

Métodos de investigación

Métodos teóricos:

Método de análisis – síntesis: Utilizado con el propósito de analizar una adecuada fundamentación teórica del trabajo investigativo, utilizándose durante todo el proceso, permitiendo precisar la información de las diversas fuentes y documentos utilizados para la investigación.

Método histórico – lógico: Para conocer el desarrollo y evolución del objeto seleccionado, los conceptos generales a emplear en el trabajo, en cuanto al tema de los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre.

Inducción-deducción: se analizan las características de los focos contaminantes de forma particular, para hacer un razonamiento general de la influencia de estos en la calidad de las aguas y a su vez establecer análisis donde se simplifique de lo general a lo particular.

Métodos empíricos:

Observación: en el trabajo de campo en el terreno, al hacer el levantamiento de los focos contaminantes.

Análisis químico: en la medición el laboratorio de los parámetros químicos físicos y bacteriológicos de calidad de las aguas de las muestra colectadas.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Capítulo 1

Capítulo 1. Marco Teórico Conceptual

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica y documental referente al tema en estudio, se describen los antecedentes y los principales conceptos y definiciones en torno al mismo, así como el estado de la cuenca hidrográfica El Cobre, para que la investigación tenga veracidad y validez en correspondencia con la realidad.

1.1. La gestión de cuencas hidrográficas y el desarrollo sostenible

En los años 1970, en todo el mundo se comenzaron a percibir los peligros ambientales que corría el planeta. A partir de una advertencia de la comunidad científica, las Naciones Unidas convocaron en 1972 una Conferencia sobre el Medio Humano e instaron a los Estados Miembros a prestar más atención a la gestión y conservación de los recursos naturales en sus actividades de desarrollo.

En los años siguientes, los asuntos ambientales se convirtieron en un ingrediente esencial del discurso político, la comunicación de masas y el pensamiento del público en general. Florecieron los movimientos ecologistas en el Norte y el Sur, y se promovieron nuevas reglas “ecológicamente correctas”. Sin embargo, el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza siguieron considerándose dos objetivos diferentes y discrepantes. La protección del medio ambiente se veía como un lujo que sólo podían permitirse los países ricos, mientras que los países no industrializados se concentrarían más en luchar contra la pobreza, las enfermedades y el analfabetismo (Pérez, 2014).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, difundió el concepto de desarrollo sostenible. Entre otros importantes documentos normativos, la conferencia aprobó el Programa 21, que desde entonces proporciona las directrices esenciales para la política y la práctica del desarrollo sostenible.

En las referencias que se hacen en el Programa 21 al manejo de cuencas sobre el “Desarrollo sostenible de las zonas de montaña”, que incluye un área de programas destinados a la promoción del aprovechamiento integrado de las cuencas hidrográficas y medios de vida sostenibles para su población. Este texto propone un marco para coordinar:

- La creación de sistemas adecuados de planificación y gestión del aprovechamiento tanto de las tierras cultivables como de las no cultivables en las cuencas de montaña, a fin de prevenir la erosión del suelo, incrementar la producción de biomasa y mantener el equilibrio ecológico.
- La promoción de actividades que generen ingresos, tales como la pesca, el turismo sostenible y la minería insustancial para el medio ambiente.
- El mejoramiento de la infraestructura y los servicios sociales, sobre todo para proteger los medios de vida de las comunidades locales y las poblaciones indígenas.
- La atenuación de los efectos de los desastres naturales aplicando medidas de prevención y zonificación de los riesgos, sistemas de alerta temprana, planes de evacuación y la creación de reservas de emergencia. (Citma 2002).

1.2 La cuenca hidrográfica y tipos de cuencas

Una cuenca hidrográfica es una unidad morfológica integral, que se define en un territorio donde las aguas superficiales convergen hacia un cauce o unidad natural delimitada por la existencia de la divisoria de las aguas, las cuales fluyen al mar a través de una red de cauces principales. En una cuenca hidrológica, además se incluye toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo, conformando un sistema integral, constituyendo un conjunto de componentes que están conectados e interactúan formando una unidad. La estabilidad y permanencia de todos sus componentes estructurales son propiedades y formas de comportamiento del sistema (Gaspari *et al*, 2009).

El concepto de cuenca hidrográfica aparece abordado como una “zona de terreno en la que el agua, los sedimentos y materiales disueltos drenan hacia un punto común” (Colectivo de autores, 2008.). Su tamaño oscila según los tipos de cuencas. El glosario hidrológico internacional de la UNESCO, lo define como “el área de drenaje de un curso de agua, río o lago.

Según Camacho y Airoso, (2000) es un área geográfica y socioeconómica delimitada por un sistema acuático, donde las aguas superficiales se vierten formando uno o varios cauces que pueden desembocar en una red hidrográfica natural. La misma es

un sistema socio-ecológico en el cual la actividad antrópica está en estrecho vínculo con los recursos naturales en ella existentes, entre ellos, el agua, a través de sus diversos usos (consumo humano y doméstico, industrial y agrícola).

Una cuenca hidrográfica se expresa como un área delimitada por la dirección de sus cursos de agua y su superficie se define por el parteaguas a partir del cual la precipitación drena por esa sección (Cotler, 2010).

Según los autores mencionados podemos llegar a la conclusión que las cuencas hidrográficas no son más que un área delimitada donde las aguas superficiales desembocan hacia un cauce o unidad natural.

1.2.1. Tipos de cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas pueden ser divididas en dos tipos principales: las *cuencas endorreicas*, aquellas que no llegan al mar, que tienen como resultado la formación de sistemas de agua estancada (como lagos o lagunas); y las *cuencas exorreicas*, aquellas que sí llegan al mar y que por lo tanto no quedan encerradas entre los diferentes conjuntos de montañas. Normalmente, las cuencas, tanto sean endorreicas o exorreicas pueden generar un gran número de afluentes que caen todos en el curso de agua principal, ya sea mar, océano, lago o laguna. Al mismo tiempo, a medida que esos afluentes se acercan a su destino final van perdiendo la intensidad original que tenían al comenzar su curso de descenso (geoenciclopedia.com/cuencas-hidrográficas/).

Además de los tipos de cuencas hidrográficas mencionados existen otros como lo son:

- Cuencas hidrográficas de río: Son las áreas drenadas por los ríos y sus afluentes, como en los ejemplos mencionados anteriormente. Sin embargo, existen otros tipos de cuencas hidrográficas.
- Cuencas estructurales: Se forman por el desplazamiento de las placas tectónicas. Son más comunes en las regiones áridas.
- Cuencas lacustres: Cuencas estructurales que se presentan en valles bloqueados por escombros, rocas u otros materiales que impiden que el agua se libere, por lo que queda atrapada entre los escombros y se forma un lago.

- Cuencas sedimentarias: Son cuencas hidrográficas estructurales cuya depresión tiene una forma alargada y están compuestas por capas de roca y material orgánico.
- Cuencas oceánicas: Corresponden a las grandes depresiones sobre las que se encuentran los océanos del mundo, así que en cada océano hay una cuenca. geoenciclopedia.com/cuencas-

Como se pudo observar existen diferentes tipos de cuencas hidrográficas siendo las principales las cuencas endorreicas y las exorreicas generando un gran número de afluentes que caen todos en el curso de agua principal, ya sea mar, océano, lago o laguna.

1.2.2. Partes de las cuencas hidrográficas

En función de la dinámica hidrológica según Garrido, *et al.*, (2010), se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca, estas son:

- La zona de captación, de cabecera o cuenca alta: Son áreas aledañas a la divisoria de aguas o parteaguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca; abarca sistemas de montaña y lomeríos. En esta zona se forman los primeros escurrimientos (arroyos) luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad.
- La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media: Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica diferirán en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca; es un área de transporte y erosión.
- La zona de descarga, de emisión o cuenca baja: Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros.

Entonces, la principal fuerza que gobierna, lo que sucede naturalmente en una cuenca es la gravedad, todo lo que está cuenca arriba podrá ser arrastrado

superficialmente cuenca abajo en algún momento, generando una vinculación clara entre la cuenca alta, la media y la baja como se muestra en la figura 1.1.

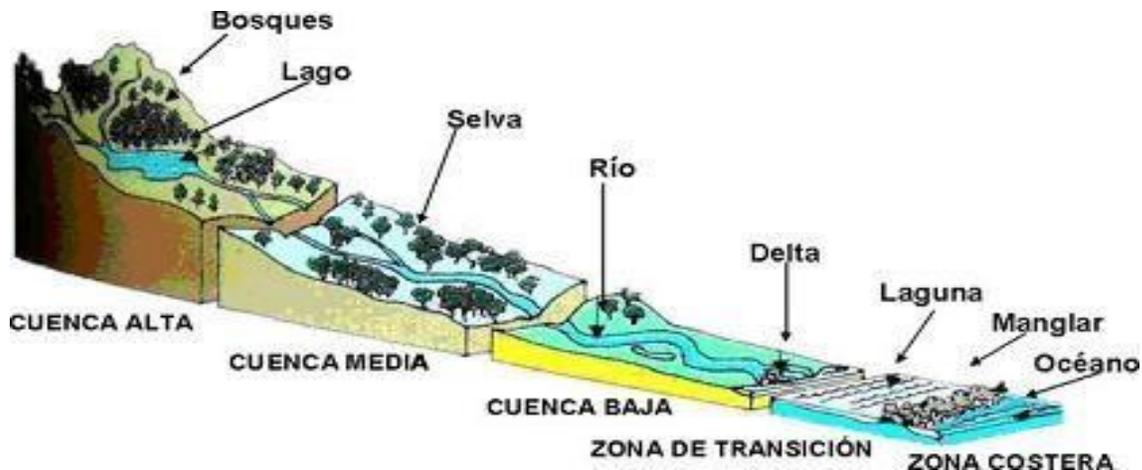


Figura 1.1. Partes de una cuenca hidrográfica. Fuente: CIAS, (1998).

1.2.3. División de la cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas se dividen en diferentes partes, estas se definen en: ([geoenciclopedia.com/cuencas-hidrográficas/](http://geoenciclopedia.com/cuencas-hidrograficas/)):

- Subcuenca: es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca (varias subcuentas pueden conformar una cuenca).
- Micro cuenca: es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca (varias micro-cuencas, pueden conformar una subcuenca).
- Quebradas: es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una micro cuenca (varias quebradas pueden conformar un micro cuenca).

Como se observa en lo enunciado anteriormente, las cuencas hidrográficas se pueden dividir en tres partes que su conjunto están estrechamente relacionadas entre sí, cada grupo en su conjunto forma una nueva parte.

1.2.4. Los componentes de las cuencas hidrográficas

Los componentes principales que determinan el funcionamiento de una cuenca son los elementos naturales y los de generación antrópica. Dentro de los naturales

tenemos los componentes bióticos como el hombre, la flora y la fauna; y los componentes abióticos como el agua, el suelo, el aire, los minerales, la energía y el clima. Los elementos de generación antrópica, o generados por el hombre, pueden ser de carácter socioeconómico y jurídico-institucional. Entre los primeros tenemos la tecnología, la organización social, la cultura y las tradiciones, la calidad de vida y la infraestructura desarrollada. (Barreto y Magno, 2010).

Entre los elementos jurídico-institucionales reservamos las políticas, las leyes, la administración de los recursos y las instituciones involucradas en la cuenca. Los componentes abióticos y bióticos están condicionados por las características geográficas (latitud, altitud), geomorfológicas (tamaño, forma, relieve, densidad y tipo de drenaje), geológicas (orogénicas, volcánicas y sísmicas) y demográficas. En su evolución y búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, el hombre origina los elementos antrópicos al reconocer y aprovechar los elementos de la oferta ambiental para satisfacer sus necesidades; aquellos elementos se vuelven recursos. Consecuentemente, el aprovechamiento de estos recursos produce impactos que pueden ser benéficos o nocivos. (Barreto y Magno, 2010).

1.3. Concepción del Manejo de Cuencas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son elemento indispensable en el ordenamiento ambiental de un país por la importancia del agua en el desarrollo de la vida (Dourojeanni, 1990).

El Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas es la gestión que el hombre realiza en un determinado sistema hidrográfico para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenida (Gaspari et al., 2009). El mismo busca resolver problemas comunes, por lo que requiere de la concurrencia, la cooperación y la colaboración de diversos autores e instituciones con una visión común (Cotler y Caire, 2009).

Según Sabatier *et al.*, (2005), no es un estudio o un proyecto detallado, sino un proceso que busca la resolución de un complejo conjunto de problemas interrelacionados. Este proceso debe ser adaptativo, es decir, que se va construyendo y aprendiendo de las experiencias, sustentado en información científica y local.

En la literatura clásica, se menciona algo similar al manejo de cuencas cuando el hombre observa la relación que existe entre el área geográfica y la producción de agua. A principios de siglo X, en China surge el proverbio "quien domina la montaña domina los ríos". Con el transcurso del tiempo en Europa, específicamente en la región del Mediterráneo, surgen condiciones e ideas sobre el manejo de cuencas hidrográficas. El principal interés se basó en la falta de agua y una alta demanda del recurso para riego, a partir del cual nace la preocupación por aspectos del uso del agua en lo referente a la legislación y administración. Sin embargo no se tienen en cuenta las cuencas generadoras (Cotler y Caire, 2009).

La mayoría de los países en desarrollo y en particular los de América Latina, presentan características muy diferentes y particulares que lo diferencian de los enfoques anteriores. Aun cuando algunas cuencas hidrográficas pueden presentar semejanzas en su función, se diferencian cuando se convierten en unidades sociales donde el hombre habita y lucha por su subsistencia con graves limitaciones socioeconómicas, el comportamiento de la cuenca y su manejo varían totalmente. Por ello, en los países de la región se evolucionó desde una visión centrada en la gestión de los recursos hídricos a considerar a los recursos asociados al agua.

El manejo apropiado de una cuenca hidrográfica brinda beneficios a la sociedad, que se originan en una amplia gama de bienes y servicios, que pueden ser aprovechados por la comunidad regional y local. Este manejo se genera a partir de diferentes tipos de funciones de las cuencas hidrográficas, como ser Ecológicas, Sociales y Económicas, las cuales si son perturbadas o alteradas puede presentar problemas asociados al mal funcionamiento. Estas problemáticas tienden a establecer cambios en asociación al uso, manejo y gestión de la misma, provocando riesgos definidos en tres categorías básicas, de las cuales se mencionan algunos de sus riesgos (Gaspari, 2013).

- Riesgos Naturales: inundaciones, aluviones, deslizamientos.
- Depredación del Potencial Productivo: desertificación, erosión, incendios forestales, quemas descontroladas, sobrepastoreo, sobreutilización agrícola.
- Conflictos en el Uso de los Recursos: contaminación, eutrofización, aumento de demandas para energía hidroeléctrica, aumento de requerimientos hídricos

para riego, sobreexplotación de los recursos naturales como ser suelo, agua y vegetación.

El Manejo Integral de Cuencas representa la mejor oportunidad para disminuir el riesgo de (inundaciones, contaminación, sobreexplotación de los recursos naturales, etc.) ante fenómenos Hidrometeorológicos, para favorecer la adaptación ante el cambio climático y como base para planear un desarrollo económico y social. Ante esta situación los científicos en el mundo se han pronunciado por realizar este tipo de manejo.

1.4. Situación de las cuencas hidrográficas en el mundo

Estudios realizados indican que las áreas urbanas de la región y el Caribe generan aproximadamente 467 m/s de aguas servidas que contaminan los cuerpos de agua, donde la principal fuente de contaminación corresponde a las descargas municipales que ingresan al mar a través de los ríos y por emisarios submarinos directos. Contribuyen con esta fuente los drenajes pluviales, que son transportados por los sistemas de alcantarillado en conjunto con las aguas servidas domésticas e industriales (Escobar, 2002).

La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por nitratos producto de la fertilización excesiva o de la inadecuada disposición de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas constituye un problema de actualidad, no sólo en los países en vías de desarrollo, sino también en los llamados desarrollados. Las consecuencias asociadas a este deterioro pueden repercutir sobre la salud de las comunidades a corto, mediano o largo plazo. Según algunos autores es el contaminante inorgánico más conocido y el que quizás genera mayor preocupación. Larios, (2009) hace mención de un grupo de países que de una u otra forma se han referido al evento como se muestra en la siguiente tabla 1.1.

Tabla 1.1 Situación de las cuencas en el mundo. Fuente: Larios, (2009) modificado por la autora.

País	Situación de las cuencas
Líbano	La facultad de Salud Pública de la Universidad del Líbano indica que el agua subterránea de la llanura de Akkar en el norte del país, que abastece con este tipo de agua a una población de alrededor de 75 000 habitantes, está seriamente contaminada con nitratos como resultado de la

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

	fertilización intensiva y que estos altos niveles de nitratos pueden tener efectos adversos sobre la salud de los habitantes, especialmente los niños.
Argentina	La contaminación de las aguas superficiales por nitratos derivada principalmente del vertido en ellas de las aguas residuales domésticas e industriales y del escurrimiento directo de las aguas pluviales desde áreas agrícolas, con arrastre de fertilizantes nitrogenados. Desde el punto de vista del agua potable interesa especialmente por su significación sanitaria el sostenido incremento que se ha verificado en los últimos años tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas.
Brasil	El núcleo de estudios para la salud colectiva de la Universidad Federal de Río de Janeiro publica un artículo donde hace referencia a las pobres condiciones sanitarias, déficit en la calidad de las aguas de consumo y enfermedades asociadas a la ingestión de aguas de alto contenido de nitrato (<u>metahemoglobinemia</u>) en países en vía de desarrollo.
Estados Unidos	El departamento de Agricultura investiga un proyecto desde 1990, para evaluar la efectividad de sistemas existentes para el control de los nitratos en los recursos acuíferos y desarrolla mejoras tecnológicas para los sistemas agrícolas.
España	Una investigación realizada por la Universidad de Valencia arroja que en más de 18 comunidades de Valencia los niveles de nitratos en las aguas estaban por encima de los 150 mg/l, con riesgos para la salud de los infantes
Canadá	Los pesticidas y los nutrientes pueden ser transportados de las tierras agrícolas tratadas y las corrientes producto de la irrigación, pueden afectar la calidad de las reservas de agua. El nitrógeno procedente de los efluentes de drenaje de los sistemas locales de tratamiento de las aguas residuales domésticas, es causa frecuente de preocupación, producto de la contaminación por nitratos del agua potable suministrada y la eutrofización de las aguas costeras.

Como se pudo observar las cuencas hidrográficas en gran parte del mundo están contaminadas por diversos residuos, en varios de ellos se han hecho estudios al respecto y en la medida de las posibilidades se han tomado providencia para neutralizar sus efectos.

Los focos más importantes de contaminación del recurso hídrico en las cuencas lo constituyen los vertimientos y relaves mineros, descarga de aguas residuales de uso doméstico e industrial sin tratar, arrojamiento de desperdicios sólidos a los cauces y contaminación difusa de origen agrícola; otro problema ambiental frecuente es la pérdida de continuidad de los ecosistemas hídricos por construcción de obras dentro del cauce, presas y bocatomas, afectando la biodiversidad acuática (Poveda-Santana, 2009).

1.5. Las cuencas hidrográficas en Cuba

Cuba, la mayor de las Antillas, posee una gran diversidad paisajística y ecológica, así como una relativa riqueza en determinados recursos naturales, con respecto a las otras islas de la región del Caribe. La complejidad de la evolución geológica del archipiélago cubano, condicionó la alta diferencia de los componentes naturales, fundamentados inicialmente en la diversidad de rocas y relieves que en ella se disponen. Las peculiaridades hidrológicas de Cuba se asocian a su configuración, a la gran extensión de rocas calizas y al régimen de precipitaciones. De esta forma, se establece en el territorio un parteaguas central con dos vertientes: norte y sur, donde escurren ríos de cortos cursos y de escaso caudal, 85 % de ellos con longitudes inferiores a los 40 km, que conforman más de 500 cuencas superficiales de áreas inferiores a los 200 km² (“Gestión ambiental en las cuencas hidrográficas 2004”).

En la nación cubana se toma como punto de partida el año 1959, fecha en que el país comienza a trabajar en la formación y ampliación de capacidades para el fortalecimiento institucional y organizativo, orientado al desarrollo en diferentes ramas con incidencias en las cuencas hidrográficas, pero aún sin una visión integradora de todos sus componentes. Paralelo a este marco se desarrollan eventos internacionales y regionales que coadyuvaron a trascender en el conocimiento y comprensión de una visión holística del medio ambiente y de la cuenca hidrográfica como unidad de gestión y planificación (García, 2012).

desarrollo económico y social sostenible, sin sustituir las funciones propias de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE).

Además tiene entre sus funciones, la de proponer al más alto nivel estatal para su aprobación, las principales cuencas que requieren atención priorizada, por su importancia económica, social y ambiental, así como evaluar y aprobar programas de ordenamiento y manejo que combinen el uso sostenible de los recursos naturales con las actividades económicas y sociales, identificando los recursos económicos y financieros que demanden, en correspondencia con el Plan de la economía nacional (García, 2004).

Las ocho cuencas de interés nacional, definidas por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, poseen las siguientes características principales (ver tabla 1.2).

Tabla 1.2. Listado de cuencas de interés nacional. Fuente: Gestión ambiental en las cuencas hidrográficas (2004).

Cuencas	Área (km²)	Población (hab)	Provincias
Almendares-Vento	402	570 000	Habana y Ciudad de La Habana
Ariguanabo	188	90 000	Habana
Zaza	2 413	264 148	Sancti Spíritus y Villa Clara
Cauto	9 540	1 167 400	Tunas, Granma, Holguín y Santiago de Cuba
Guantánamo-Guaso	2 347	410 000	Guantánamo
Toa	1 061	12 373	Guantánamo
Cuyaguajeje	723	40 211	Pinar del Río
Hanabanilla	192	5 953	Cienfuegos y Villa Clara

De acuerdo a la tabla anterior abarcan territorios en 12 provincias totales o parciales (ver figura 1.2), lo que representa el 22% de la superficie del país donde reside el 26% de la población cubana, para un área de 23 301 km² y una población de 2 929 404 habitantes donde se estima que se desarrolla cerca del 60% de la actividad económica fundamental del país (Castro 2009). En la figura 1.3 se muestran las cuencas hidrográficas de interés nacional y sus principales bahías priorizadas.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”



Figura 1.3. Ubicación de las cuencas hidrográficas de interés nacional y principales bahías de Cuba. Fuente: Castro, (2009).

Los Consejos de Cuencas Provinciales identificaron las cuencas de interés provincial considerando los problemas ambientales en función de priorizar los recursos y esfuerzos orientados para su solución o mitigación, quedando seleccionadas 51 cuencas de interés provincial, según se muestra en la figura 1.4.

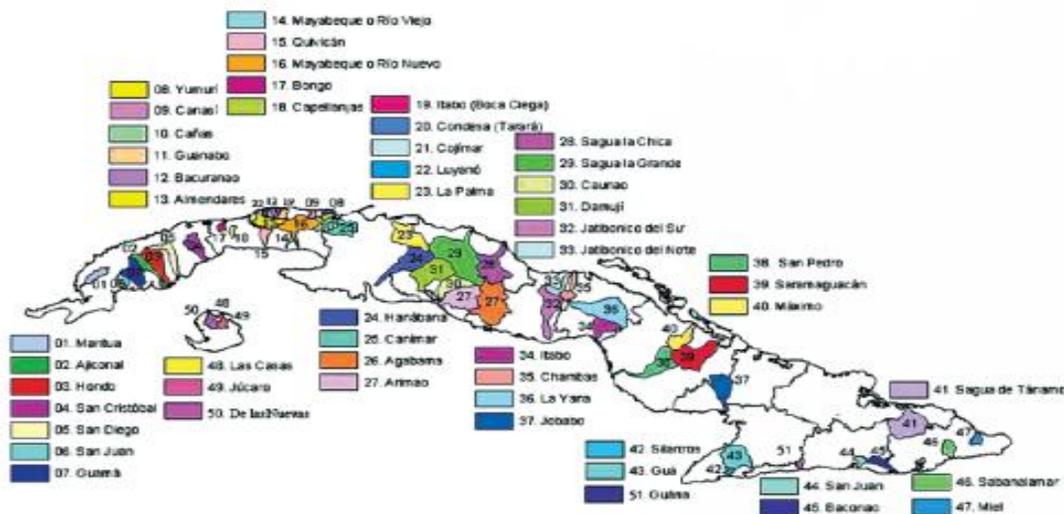


Figura 1.4. Ubicación de las cuencas hidrográficas de interés por cada provincia de Cuba. Fuente: Castro, (2015).

Las cuencas de los ríos Yarayó, Guaos Gascón y Cobre, las cuales tributan en la bahía de Santiago de Cuba, clasifican como cuencas de interés municipal o local, teniendo en cuenta los problemas ambientales, su impacto y grado de antropización. En la figura 1.5 se pueden observar un esquema de la Bahía santiaguera con sus principales ríos.

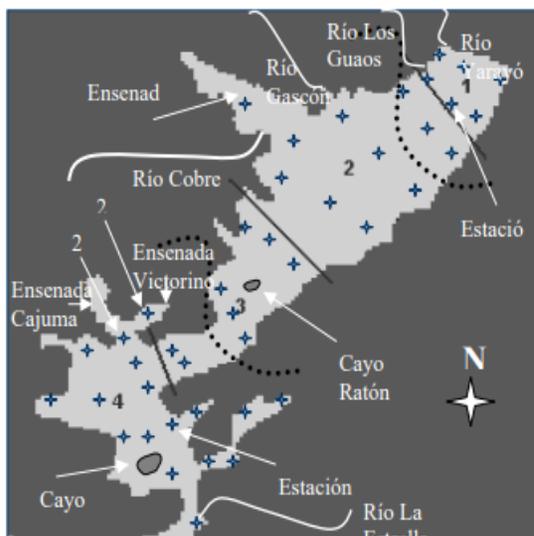


Figura 1.5. La Bahía de Santiago y los principales ríos que tributan. Fuente: Gómez, Larduet y Abrahantes, (2001).

Uno de los problemas ambientales que se presenta en el entorno Marino y costero de Cuba es la contaminación. Entre los ecosistemas cubanos más contaminados están sus bahías, las cuales constituyen valiosos recursos naturales. La bahía de Santiago de Cuba es de esencial importancia para la tarea vida, a la misma tributan diferentes focos contaminantes que afectan la misma y el entorno que la rodea.

Las aguas de mares y ríos han sido usadas tradicionalmente como medio de evacuación de los desperdicios humanos, que cuando constituyen desperdicios orgánicos reciclables son reabsorbidos por los ciclos biológicos del agua. Sin embargo, actualmente no solo se arrojan a los mares y ríos estos desperdicios orgánicos, sino también cantidades cada vez mayores de productos químicos nocivos, que destruyen la vida animal y vegetal acuática llegan a nuestras bahías. Las fuentes contaminantes de la ciudad de Santiago de Cuba son generadoras de un gran número de contaminantes de alto poder tóxico el anexo 1 muestra los focos contaminantes que tributan a la bahía.

1.6. Situación ambiental de la cuenca hidrográfica El Cobre

La actividad minera constituye una fuente de contaminación, que en ocasiones puede llegar a niveles significativos, afectando el suelo, el aire y el agua por separado o en forma combinada. A través del agua que es el último receptor de

todos los agentes físico – químicos que se distribuyen por el aire o sobre el suelo. En muchas ocasiones es también objeto de descargas directas de los desechos producidas durante la explotación o de los producidos por está, más los que se generan durante los procesos de beneficio: transporte, trituración, molienda y fundición. De esta manera cuerpos de aguas corrientes y por supuesto las zonas de encuentro entre las aguas terrestres y el mar, son afectadas por la actividad minera (González *et al*, 2009).

El río Cobre en su cuenca se encuentran focos contaminantes de diferentes orígenes que deterioran, en gran medida la calidad de sus aguas, siendo el fundamental hasta el año 2001, la Mina Grande del Cobre, la cual estuvo en explotación durante cientos de años y la actual explotación minera Oro- Barita, lo que ha influido en la biota de su cuenca, debido a las descargas provenientes de las galerías de la mina .El proceso de beneficio de la planta, lo que, conjuntamente con las instalaciones auxiliares que ocupaban grandes áreas expuestas a las lluvias, propician el contacto de las aguas con el mineral, los estériles y el suelo. Estas aguas son utilizadas para el abasto del poblado y en la industria pesquera, fundamentalmente, lo que hace imprescindible conocer si son aptas o no para estos usos (González *et al*, 2009).

Los problemas ambientales aparecen por el resultado de diferentes interacciones entre el hombre y el territorio; son el resultado de un uso inadecuado de los servicios ambientales; el hombre actúa no solo como generador sino también como receptor de estos (SECAB, 1992).

Principales problemas comunes en cuencas hidrográficas

1. Deforestación
2. Degradación de los suelos
3. Contaminación de las aguas de los ríos y zonas costeras.
4. Problemas de insuficiencia en el saneamiento de las comunidades urbanas y rurales
5. Pérdida de la diversidad biológica
6. Daños a las áreas costeras producto del desarrollo industrial y turístico.
7. Problemas relacionados con la correcta explotación de los recursos pesqueros y recursos naturales marinos

1.7. Calidad del agua y focos contaminantes

En la actualidad es importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, el riego de los cultivos y uso industrial y así mejorar la vida y evitar enfermedades producto de un uso inadecuado.

El concepto de Calidad de Aguas, se aplica en relación a una serie de requisitos o normas establecidas basadas en las concentraciones de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos. Para regular la calidad del agua nace dentro del marco de ordenamiento de la gestión ambiental del país, uno de los aspectos principales es el establecimiento de Estándares de Calidad Ambiental acorde a las exigencias y orientaciones ambientales actuales, la que se sustenta en el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. Su uso se debe ejercerse de manera eficiente, evitando la afectación de su calidad y de las condiciones naturales de su entorno, respetándose los usos primarios y derechos de uso del agua otorgados (Solís 2011).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del ser humano y de los animales. En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina *auto depuración del agua*. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible. Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Basuras, desechos químicos de las fábricas, industrias, etc.
- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Agentes patógenos, tales como bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua provenientes de desechos orgánicos, que incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aerobias.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tenso activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección (cobertura vegetal), las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.
- Vertimiento de aguas servidas. La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar. Los desagües contienen excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos. Con el vertimiento de desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, etc.).
- Vertimiento de basuras y desmontes en las aguas. Es costumbre generalizada en el país el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas del mar, los ríos y los lagos, sin ningún cuidado y en forma absolutamente desordenada. Este problema se produce especialmente cerca de las ciudades e industrias. La basura contiene plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos, que o no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas (el hierro produce óxido de hierro), de impacto negativo.
- Vertimiento de relaves mineros. Esta forma de contaminación de las aguas es muy difundida y los responsables son los centros mineros y las

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

concentradoras. Los relaves mineros contienen fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias sumamente tóxicas para las plantas, los animales y el ser humano. Otro caso es el de los lavaderos de oro, por el vertimiento de mercurio en las aguas de ríos y quebradas.

Los focos contaminantes se clasifican en 6 categorías de acuerdo con sus incidencias sobre los recursos hidráulicos y el estado de sus soluciones (INRH 2019).

Categorías 1

Focos sin solución o con solución insuficientes, que afecta gravemente, de manera comprobada, a fuente(s) de abasto a la población, ocasionando el deterioro de la calidad del agua y el incumplimiento de la norma sanitaria de calidad de las fuentes de abastos en uno de los aspectos siguientes: calidad bacteriológicas, sustancias tóxicas, metales pesados, pesticidas.

Categorías 2

Focos sin solución o con solución insuficientes, que afecta gravemente, de manera comprobada, ocasionando el deterioro de la calidad de un acuífero, embalse o corriente superficial, de manera que imposibilita el uso del agua o encarece el tratamiento que debe recibir ésta para su uso.

Categoría 3

Focos sin solución o con solución insuficientes, que afecta gravemente, de manera comprobada, a la ecología y el medio ambiente, deteriorando la calidad del agua de forma tal que se pierden valores de uso recreativo, estéticos o culturales, o se pone en peligro la vida de especies valiosas de la flora o la fauna.

Categoría 4

Focos con solución pero con peligro potencial demostrado, de alto o moderado riesgo, de afectar fuentes de abasto a la población. Focos que necesitan de vigilancia e inspección sistemáticas.

Categorías 5

Focos con solución pero con peligro potencial demostrado, de alto o moderado riesgo, de afectar un acuífero, embalse o corriente superficial, de manera que imposibilita el uso del agua o encarece el tratamiento que debe recibir ésta para su

uso, o se afecte la ecología y el medio ambiente, deteriorando la calidad del agua en forma tal que se pierden valores de uso recreativos, estéticos o cultural, o se pone en peligro la vida de especies valiosas de la flora o la fauna nacionales. Focos que necesitan de vigilancias e inspección sistemáticas.

Categoría 6

Focos con solución o de escaso peligro. No necesita una vigilancia e inspección sistemáticas, solamente ocasionales.

1.8. Marco legal referido a cuencas hidrográficas

La Ley 81 Ley del Medio Ambiente que es la ley que regula la actividad ambiental y con respecto a las cuencas hidrográficas refiere y cito.

“La gestión ambiental en las cuencas hidrográficas se realizará de conformidad con la legislación vigente y se basará en un manejo integral que asegure que las actividades económicas y sociales se efectúen a partir de una adecuada protección y uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente. Corresponde al Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, en coordinación con los órganos, organismos correspondientes, realizar las acciones que permitan integrar y armonizar con los principios y objetivos de la presente Ley, la actividad de todas las personas naturales o jurídicas que intervienen en una cuenca dada”.

Ley No. 124 de las aguas terrestres

La Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, en su sesión del día 14 de julio de 2017, correspondiente al Noveno Período Ordinario de Sesiones de la VIII Legislatura, ha aprobado:

POR CUANTO: La Constitución de la República de Cuba establece que el Estado ejerce su soberanía sobre las aguas interiores y los recursos naturales del país; que las aguas son propiedad estatal socialista de todo el pueblo y preceptúa el deber de los ciudadanos de contribuir a su protección.

POR CUANTO: La gestión integrada de las aguas terrestres, recurso natural renovable y limitado, requiere de una eficaz planificación, dirigida a satisfacer el interés general de la sociedad, la economía, la salud y el medio ambiente, con el fin

de garantizar su preservación en armonía con el desarrollo económico y social sostenible y la adopción de medidas ante los eventos derivados del cambio climático

ARTÍCULO 8.1. La cuenca hidrográfica es el área delimitada por la divisoria de las aguas superficiales y subterráneas que conforman un sistema hídrico, que las conduce a un río principal, lago, zona de infiltración o costa. Los límites de la división de las aguas superficiales y subterráneas no siempre coinciden, por lo que se extienden hasta incluir los acuíferos o tramos subterráneos, cuyas aguas confluyen hacia la cuenca en cuestión, a los efectos de la gestión integrada de las aguas terrestres.

ARTÍCULO 18.1. Conforman las redes de monitoreo del ciclo hidrológico referidas en el artículo anterior, las siguientes:

- a) Red pluviométrica;
- b) red pluviográfica;
- c) red hidrométrica;
- d) red hidrogeológica; y
- e) red evaporimétrica.

La red de calidad de las aguas terrestres, está integrada por:

- a) las estaciones básicas de monitoreo de la calidad del agua en las fuentes, superficiales o subterráneas, en el punto de captación; y
- b) las estaciones de vigilancia para conocer la calidad del agua, superficial o subterránea, en los cuerpos de agua.

ARTÍCULO 19.1. Forman parte además de las redes de monitoreo del ciclo hidrológico, según demande la situación, los Sistemas de Alerta Temprana para la Prevención Hidrológica que operan en las cuencas hidrográficas.

2. La Prevención Hidrológica comprende las acciones que se adoptan para minimizar los impactos de los eventos hidrometeorológicos extremos, en la sociedad, la economía, el medio ambiente y contribuir al mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.

Requisitos de calidad sanitaria de las fuentes

4.1 En las fuentes de abastecimiento en que se utilizan sólo desinfección como tratamiento, sus aguas reunirán las características establecidas en las Tablas 1.3.

4.2 En toda fuente de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas, se establecerán zonas de protección sanitaria por la autoridad de recursos hidráulicos correspondiente, que comprenderán el área necesaria para preservar que las aguas en las fuentes no se contaminen según la NC-93-01-209 y la NC 23.

Tabla 1.3. Parámetros de calidad del agua. Fuente: NC-93-01-209 y la NC 23.

Características	Unidades	Límite Máximo
pH	U	De 6,5 a 8,5
Aceites y grasas	mg/L	0,3
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Turbiedad (escala sílice)	NTU	10
Color (escala platino-cobalto)	U	15
Olor y sabor		No desagradable
Sustancias tóxicas y plaguicidas	Según NC-827:2012	
Alaclor	µg/L	20

Capítulo 2

Capítulo 2. Caracterización de la cuenca hidrográfica El Cobre

En este capítulo se realizará un análisis de la metodología de trabajo y se caracterizará la cuenca hidrográfica El Cobre.

2.1. Metodología de trabajo

En la figura 2.1 representa la metodología de trabajo empleada en el cuerpo de la investigación, la cual consta de tres etapas de trabajo. A continuación se describen las mismas:

Etapa 1. Marco teórico conceptual

Etapa de indagación

Tiene como objetivo profundizar en el proceso de búsqueda y análisis de toda la información relacionada con el problema de estudio. En esta etapa se obtiene como resultado toda la información necesaria referente al tema.

La misma se complementa con 3 niveles:

- 1) Planteamiento del problema: queda desarrollado en todo el proceso de análisis y planteamiento de la metodología de la investigación.
- 2) Recuperación de información: se realiza una búsqueda detallada de datos e información en distintas bibliografías relacionadas con el tema de estudio.
- 3) Descripción e interpretación: se hace un análisis de toda la información relacionada con las cuencas hidrográficas y la calidad de las aguas con el objetivo de definir la profundidad con que se realizara el estudio.

Los niveles de la etapa 1, se implementan y detallan en este trabajo en el capítulo

Etapa 2. Caracterización de la Cuenca Hidrográfica

Tiene como objetivo el de caracterizar la cuenca hidrográfica atendiendo a diferentes aspectos físico-geográficos y ecológicos de la zona (relieve, geología, composición litológica, geomorfología, características climáticas generales, entre otros).

Etapa 3. Resultados

El objetivo de la etapa es el realizar un levantamiento de la zona donde se identifican los focos contaminantes presentes en el área de estudio, se caracterizan y se ubican en la cuenca delimitada mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Se definen los puntos de colectas teniendo en cuenta su localización geográfica y características de su carga contaminante: Se realiza la visita a la cuenca hidrográfica y se toman muestras de agua en diferentes puntos.

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio certificado de Ecotoxicología y Servicios Ambientales pertenecientes al CENEA Universidad de oriente.

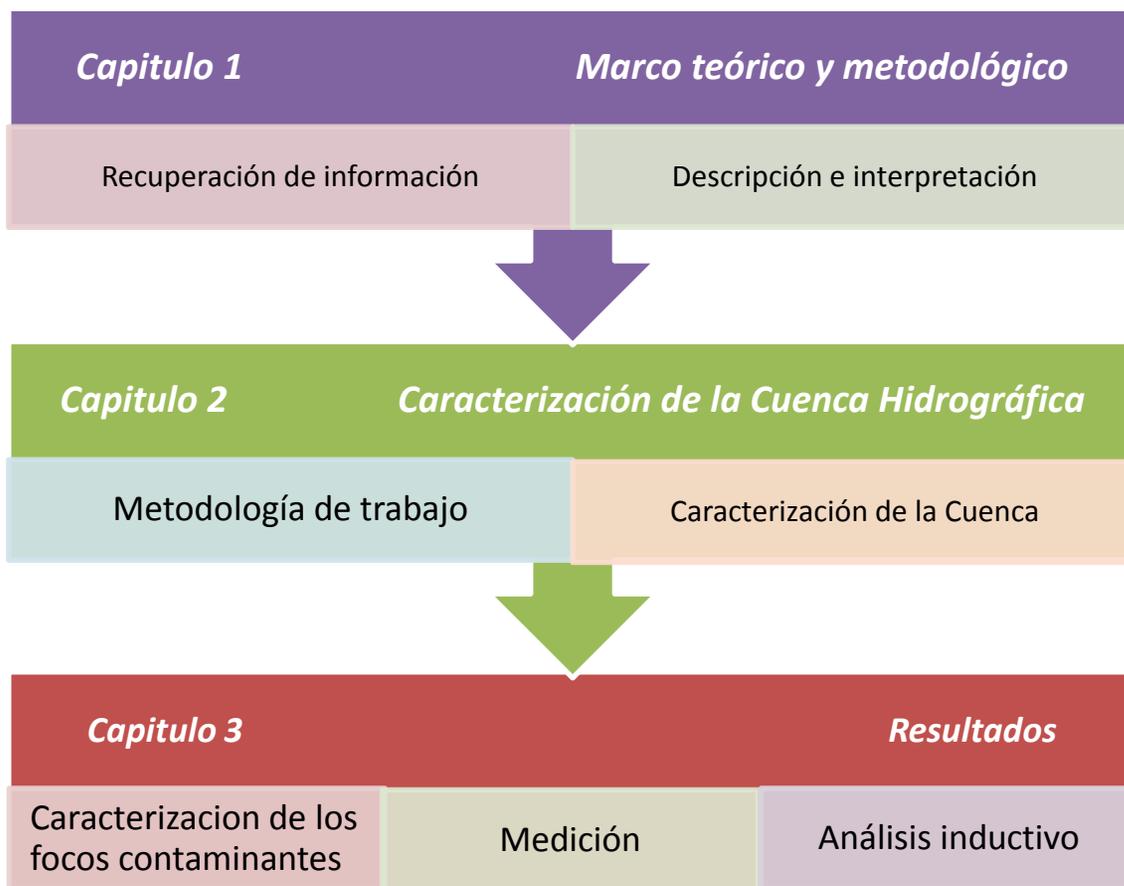


Figura 2.1. Esquema de la metodología de la investigación

2.2. Aspectos físico-geográficos y ecológicos de la zona de estudio

La cuenca hidrográfica Cobre se localiza en la parte suroeste de la ciudad de Santiago de Cuba, limitada al norte por los asentamientos de Yarayabo y la Clarita, al Sur por la bahía de Santiago de Cuba, al este por la Sierra de Boniato y al Oeste por la cuenca del río Nima Nima. La cuenca ocupa un área de 57.481461 Km². El río

Cobre con una longitud de 12.767Km es el río principal que desemboca en la ensenada de Miradero de la Bahía de Santiago de Cuba.

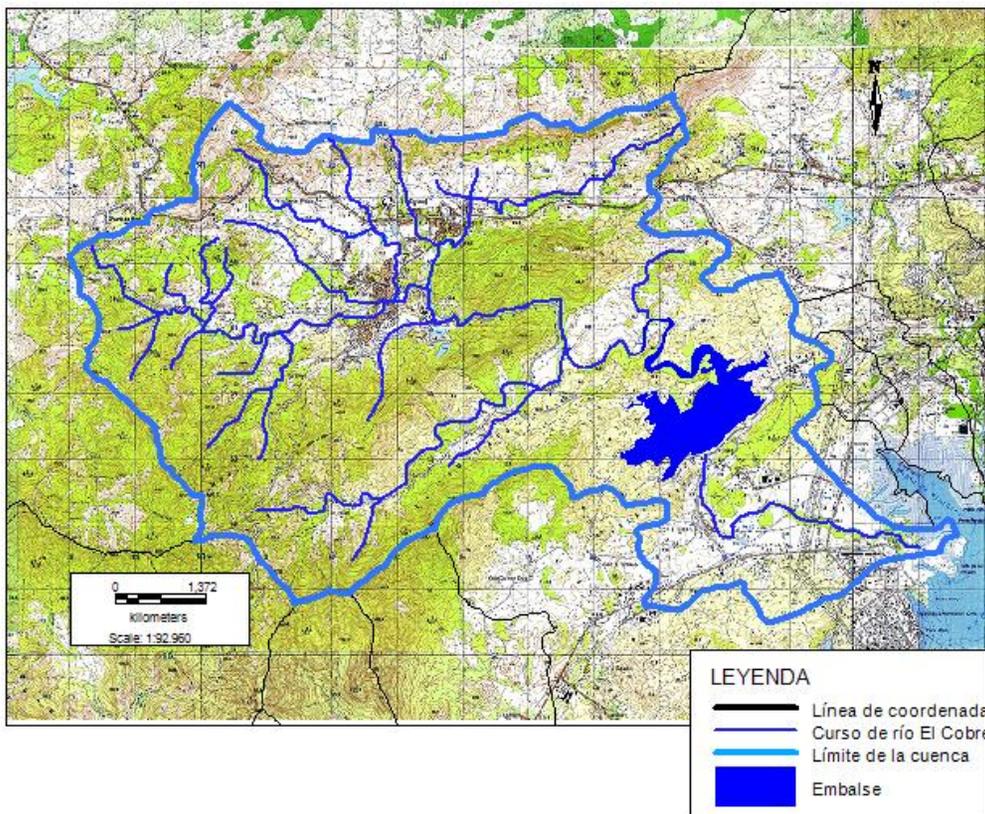


Figura 2.2. Cuenca hidrográfica El Cobre. Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza la caracterización de la cuenca del río El Cobre, atendiendo a los aspectos de relieve, geomorfología, clima, hidrología y suelos, entre otros.

2.2.1. Relieve

La cuenca cobre se extiende sobre la porción oriental de la Sierra del Cobre, donde se localiza su punto hipsométrico de mayor altitud sobre el nivel del mar con 1100 metros. Es un territorio irregular en toda su extensión con predominio de alturas y montañas bajas. Las partes llanas o de menor elevación se desarrollan hacia la parte oriental y sur, constituyendo la extensión del valle del río Parada. El 35 % de la superficie de la cuenca presenta una altitud entre 16 y 200 metros. Estas llanuras onduladas constituyen el mayor espacio de desarrollo económico y social del territorio. La cercanía entre estas dos conjuntos orográficos indica lo intrincado del territorio, encontrándose casi el 25 % del mismo con alturas superiores a 400 metros.

Las pendientes predominantes oscilan entre 0 y 8 por ciento, coincidiendo estas con las zonas menos elevadas, la inclinación aumenta hacia la Sierra del Cobre (Zamorano, *et al*, 2000).

2.2.2. Composición litológica

El Grupo El Cobre está representado en su mayor parte por rocas andesíticas tanto efusivas como vulcanógeno sedimentarias, que incluye lavas en forma de mantos y cuerpos hipabisales; aglomerados tanto de matriz tobácea como de lavas; rocas hialoclásticas; tobas litocristaloclasticas y vitroclásticas en todas sus combinaciones; tufitas (mayormente calcáreas); y además, por intercalaciones y capas de calizas organógenas y tobáceas; en menor cantidad existen vulcanitas más ácidas como: andesito-dacíticas, riolíticas y riolitas , por lo que los materiales de origen volcánico ocupan el 80 % de los materiales rocosos que componen el área del poblado El Cobre. (Jakus 1983).

Los productos del intemperismo de las rocas volcánicas fueron transportados, sedimentados y consolidados dieron origen a los conglomerados y areniscas tobáceas que representan el 20 % restante del área estudiada. Todas estas rocas se encuentran fracturadas por una gran cantidad de fallas dentro de las cuales cabe destacar dos grandes sistemas que se orientan según una dirección NE-SW, y otro N-S ubicado hacia el centro del área y en menor escala un sistema NW-SE que predomina en el sector occidental (Grechanik, 1970).

2.2.3. Geología

El área que ocupa la cuenca hidrográfica cobre se encuentra ubicada en la zona estructuro-facial Caimán, la cual constituye un anticlinorio alargado, cuyo eje forma un arco suave cóncavo hacia el sur. La mayor parte del flanco meridional fue cortado por una falla profunda de tipo transversal que se sumergió en la fosa de Bartlett, predominando en su estructura una yacencia isoclinal, subordinadamente distorsionada por pliegues tumbados y sobre corrimientos de menor importancia (Nagy, 1983).

Las litofacies predominantes son las secuencias vulcanógeno sedimentarias de miles de metros de espesor, con abundancia de cuerpos hipabisales y subvolcanicos, con

predominio de las piroclásticas de composición andesítica. El Piso estructural lo componen el Grupo El Cobre y las Formaciones Caney y Hongolosongo como muestra el anexo 2.

2.2.4. Geomorfología

El área ocupada por la cuenca cobre se encuentra ubicada en el macro bloque montañoso Sur Oriental de la Sierra Maestra, dentro del meso bloque Meseta de Boniato-Depresión Graben de Santiago de Cuba, donde ocurren fracturamientos tectónicos muy intensos, que demuestran la presencia de movimientos geotectónicos débiles a moderados. La unidad geomorfológica de la Sierra del Cobre es relativamente pequeña, pero peculiar y accidentada del Anticlinorio Sierra Maestra. Linda al Oeste – en la línea de empalme de los valles opuestos del Río Canimar y Río Cañas (afluente derecho del Río Cauto) – con la Cordillera del Turquino (Grupo del Jobo); al Este cae abruptamente a la Cuenca de Santiago de Cuba; y al Norte a la profunda depresión subsecuente erosivo-estructural de la Cuenca del Cobre, que la separa de la Sierra de Boniato (Hernández, *et al.*, 1981).

Desde el punto de vista morfológico la Sierra del Cobre representa montañas medianas accidentadas cuya cresta principal, de divisoria hidrográfica, arqueada hacia el Sur, se desvía desde la costa hacia el Noreste donde desciende primero lentamente y luego está interrumpida bruscamente por el valle profundo del Río Parada. Aquí se separa en dos ramas que siguen al Noreste del valle por una cresta arqueada, orientada al Norte. Entre la Sierra del Cobre y el pie de la pendiente meridional abrupta de la Sierra de Boniato se encuentra el puerto por donde pasa la carretera de Santiago de Cuba – La Habana (Carretera Central).

2.2.5. Características climáticas generales

En el registro de las precipitaciones se cuenta con los pluviómetros ubicados en la cuenca y que forman parte de la Red Pluviométrica del Sistema de Recursos Hidráulicos. El pluviómetro No 1 que lleva por nombre La Lucha, se localiza en una vivienda ubicada entre El Turquino y El Manier con coordenadas (590.5; 155.2). El pluviómetro No 2 es el que se encuentra en la Oficina de Correos de El Cobre en las coordenadas (592.9; 155.5) y el pluviómetro No 3 está ubicado en el Embalse

Parada en las coordenadas (597.3; 153.3); con un registro de lluvia media anual de 1154 mm³.

En sentido general, se puede señalar que el territorio se caracteriza por presentar un clima con predominio de condiciones tropicales marítimas (Köeppen), estacionalmente húmedo. Como factores determinantes en la formación del clima se identifican la recepción de altos valores de radiación solar durante todo el año, la marcada influencia de las características físico-geográficas y las particularidades de la circulación atmosférica. El régimen de temperaturas se caracteriza por alcanzar un valor medio anual de 26,1 °C. Las mínimas medias se registran durante los meses de enero y febrero (20,4 y 20,5 °C respectivamente) y las máximas medias durante julio-agosto con 33,9 y 34,0 °C. (González, 2015).

2.2.6. Calidad del aire

Las fuentes principales de contaminación del aire se consideran, según Gonzales, (2015).

- a) Las fuentes naturales, identificándose las emisiones desde la vegetación y el levantamiento de polvo por el viento desde las antiguas instalaciones de la mina El Cobre.
- b) Incluyen las fuentes antropogénicas, donde están los gases y partículas.

En la siguiente tabla se puede observar las concentraciones de gases:

Tabla # 2.1 Concentraciones de gases (µg/m), medidas. Fuente: Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Oro Barita Año 2011.

Contaminantes	SO2	H2S	NO2	NO	NH3
Promedio	1.65	n.d	4.50	2.80	1.10
Mínimo	0.10	-	0.10	0.20	0.30
Mínimo	13.9	-	32.9	29.4	39.7
Promedio Regionales	2.5	-	5.51	3.20	1.10

Leyenda: n.d – no detectado.

2.2.7. Ruido

La zona comprendida en el Poblado de El Cobre no presenta grandes fuentes de contaminación acústica. Las áreas con cierta influencia antrópica son identificadas

como las de mayor sonoridad y los paisajes seminaturales de la zona pre-montañosa de la Sierra Maestra, los de menor nivel de sonoridad. Las condiciones medias indican energía acústica total baja.

La influencia antrópica según Estudio de Impacto Ambiental Oro Barita, registró con valores cercanos a los 60 dB, emitidos por fuentes de ruidos de transporte en los terraplenes y en las áreas de residencias. En el área de la mina de Cobre y su zona de influencia, el nivel de sonoridad está influido por la existencia de fuentes antrópicas de modo que donde su número o potencia acústica se incrementa, la distorsión del fondo natural sonoro se manifiesta en sensibles aumentos de la presión total (González, 2015).

2.2.8. Hidrología superficial y subterránea

Con relación a las aguas superficiales se comprueba que el río principal de la cuenca es el río Cobre, presentando un drenaje dendrítico con una densidad de drenaje de 0.8791 Km/Km² y un fuerte control tectónico. El río nace en el Manier, próximo a Puerto de Moya en la cota 300.0 m, la misma atraviesa el poblado de El Cobre este tiene numerosos afluentes: Perú, Noruega, Dos Comadres, Ermitaño, Minas y Dos Palmas. La dirección de las corrientes de estos arroyos en general es sub latitudinal; se encuentra regulado por el embalse Parada. El río Cobre corre hacia el Este y fluye a través de la Cuenca, hasta la Bahía de Santiago. El fondo de la cuenca está formado por colinas levemente onduladas, separadas en varias partes por profundos cortes de los valles de los afluentes del río.

Según Sanjurjo, (2004), la cuenca subterránea El Cobre se localiza aproximadamente a unos 6 Km al oeste de la ciudad de Santiago de Cuba. Siguiendo la carretera de la Refinería Hermanos Díaz se extiende desde las coordenadas N: 150.400 - 153.650 y E 596.800 - 600.000 del sistema de coordenadas Lambert.

En la parte superior de la cuenca se halla el embalse Parada el cual limita y alimenta a la misma en las coordenadas N: 153.200 E: 597.700, este presenta un volumen de nivel de agua normal (NAN) de 34.2 Hm³, un volumen de nivel de aguas máxima (NAM) de 36.2 Hm³ y un volumen de nivel muerto (NM) de 3.2 Hm³. Según estudios realizados por Rodríguez (2017) las aguas del embalse se pueden clasificar como

eutróficas lo que significa alto contenido de carga de nutrientes que generan la proliferación de cianobacterias fijadoras de nitrógeno.

2.2.9. Paisaje

La cuenca hidrográfica El Cobre, se caracteriza por tener un paisaje donde se identifican fundamentalmente dos usos claves, la actividad minera y la actividad residencial del poblado El Cobre, siendo este un conjunto periférico urbano de la ciudad de Santiago de Cuba, con una población de más de 18 123 habitantes, donde se combina en su espacio características de uso urbano y rural con elevado nivel de intervención socioeconómica.

La "Mina Grande de El Cobre"

La "Mina Grande de El Cobre" se encuentra a unos 200 metros del poblado "El Cobre", situado a 21 km al oeste de la ciudad de Santiago de Cuba y cerró en el año 2001. Los 400 años de explotación a cielo abierto dejaron una enorme oquedad, convertida hoy en un lago de cerca de 4 millones de metros cúbicos de agua, con unos 60 metros de profundidad, un kilómetro de largo en su parte más extensa, y unos 800 metros en su parte más ancha. Muchas personas le llaman el "Lago Azul" debido a su particular color (Vilasó-Cadre, 2017). Este es un receptáculo donde están depositados los desechos y ácidos de mina que se generaron en la mina de El Cobre

El lago se ha convertido en un atractivo, debido a la creencia de que sus aguas tienen propiedades medicinales, por lo que en ocasiones es usado como lugar de baño. Es una certeza demostrada en varios trabajos científicos que esta agua tiene característica minero medicinal, que puede ser usada para algunas dermatitis siempre bajo atención facultativa. En Cuba existen normativas que establecen la composición y propiedades que debe cumplir un agua mineral medicinal, por otro lado, el uso de un cuerpo hídrico como lugar de baño está regulado también por normas cubanas (Vilasó-Cadre, 2017). En comunicación personal en opinión de los especialistas Dr. C Fernando Guash y Dr. C Félix Quintas, ambos reconocidos geólogos y Profesores Titulares de la Universidad de Oriente y Camagüey respectivamente este depósito constituye una seria amenaza para la cuenca ya que constituye un peso que gravita sobre el lecho de roca pudiendo producir un proceso

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

de ósmosis percolando esta peligrosa carga contaminante al manto acuífero y por ende al mar.

Según estudios realizados por Vilasó-Cadre, (2017), las aguas del "Lago Azul" del poblado "El Cobre" son ácidas, con alta mineralización y una elevada concentración de cloruros, sulfatos, oxígeno disuelto y cobre; clasificándose como aguas minerales sulfatadas. Los parámetros químico-físicos indicaron que estas aguas no son aptas para su uso como aguas de baño, pudiendo tener aplicaciones como aguas minerales medicinales. El alto contenido de cobre no elimina la posibilidad de usar estas aguas con fines medicinales. Al ser sulfatadas, se podrían utilizar fundamentalmente para el tratamiento de padecimientos gastrointestinales y dermatológicos, además el mismo contenido de cobre le puede conferir propiedades antimicrobianas, sin embargo, esto podría restringir las formas de uso y vías de administración.



Figura 2.3. Pozo azul depósito de residuos con alto contenido tóxicos generados por la mina El Cobre. Fuente propia.

Capítulo 3

Capítulo 3. Discusión y resultados

En el siguiente capítulo se caracterizan los principales focos contaminantes que influyen en la calidad de las agua del río El Cobre. Se toman muestras de agua para evaluar el estado de agua en tres puntos de la cuenca .Mediante el empleo de la matriz de doble entrada se identifica cual la zona de recogida de muestra de agua con mayor presencia de contaminación.

3.1. Relación de la cuenca El Cobre con el estado actual de la Bahía santiaguera

El río Cobre junto a otros ríos. (Gascón, Guao entre otros) desembocan directamente en la bahía. El cobre lo hace en las proximidades de la ensenada del Miradero y aunque su mayor carga contaminante se deposita en la presa Parada (Cruz, 2015) existe una determinada carga de componentes químicos y otras partículas que llegan a la bahía.

La bahía se ubica en los 19 Gr. 58’N y 75 Gr.52’W, entre los accidentes geográficos Punta Morrillo y Punta Socapa, constituyendo una bahía de bolsa rodeada de elevaciones, con pocas posibilidades de renovación de sus aguas. Las costas son acantiladas y en ella el mar penetra formando varias caletas y ensenadas. La superficie total es de 11,9 km² y tiene una profundidad promedio de 8 m, con un perímetro del litoral, incluyendo sus cayos, de 41,35 km. La misma recibe un volumen de agua residual de 3 millones de m³ por día como promedio, al encontrar dentro del territorio de la cuenca 261 instalaciones entre industriales, agropecuarias y de servicios que constituyen emisores de contaminantes de residuales líquidos de todo tipo (Arias, 2008).

Constituye una bahía de bolsa que penetra en la parte este del sistema orográfico de la Sierra Maestra. En la bahía se localiza la ciudad y puerto de Santiago de Cuba, segundo de importancia del país. En la cuenca de la Bahía de Santiago de Cuba existen 63 401 viviendas, con una población de 278 636 habitantes y 261 instalaciones de carácter industrial, agropecuaria y de servicios que constituyen las principales fuentes terrestres de contaminación a la bahía. Este ecosistema recibe los aportes contaminantes de 21 fuentes industriales y del asentamiento Santiago, además de un drenaje pluvial de importancia, de la actividad marítimo-portuaria, así

como de otras industrias menores que afectan directamente la calidad de los ríos tributarios. La mayoría de estos focos contaminantes inciden negativamente en su lóbulo interior. (Poveda *et al*, 2009).

En esta misma cuenca se ubica el vertedero de residuales de la ciudad, muy cerca del río Gascón. Por otro lado, destacar la proliferación de la ganadería urbana, fundamentalmente de cerdos, extensiva a toda el área de la ciudad (Arias, 2008).

Por sus características geográficas y al constituir una bahía de bolsa que posee una característica muy particular de circulación interna hace que la carga contaminante que llega a la misma gravite y se acumule en los senos de la bahía. Aunque un elevado por ciento de la carga contaminante que aporta el río El Cobre se deposita en la presa Parada se han encontrado (Cruz, 2015) residuos de Cu en el humedal San Miguel de Parada.

3.2. Identificación de los focos contaminantes

Se identificaron 4 focos contaminantes teniendo en cuenta la ubicación geográfica y las fuentes de contaminación y el volumen de las cargas contaminantes que estas generan, según estos criterios se seleccionaron 4 focos en la cuenca hidrográfica (como muestra la figura 3.1).

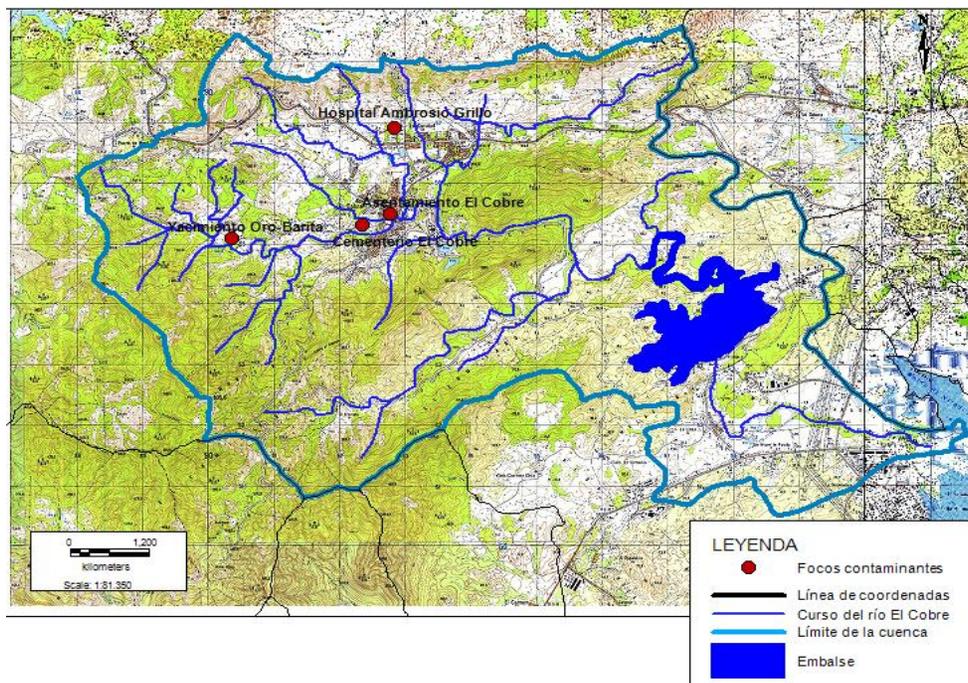


Figura 3.1. Ubicación de los focos contaminantes Fuente: Elaboración propia.

La selección de los mismos consideró el aporte de la carga doméstica del principal asentamiento poblacional, los aportes del hospital Grillo, la mina de cobre y el cementerio.

3.2.1. Asentamiento El Cobre

Asentamiento el Cobre es un foco contaminante de la cuenca hidrográfica del mismo nombre ya que se percibe la contaminación de la calidad de las aguas por el vertimiento directo de residuos sólidos y líquidos derivados de la actividad doméstica como se muestra en la figura 3.2.

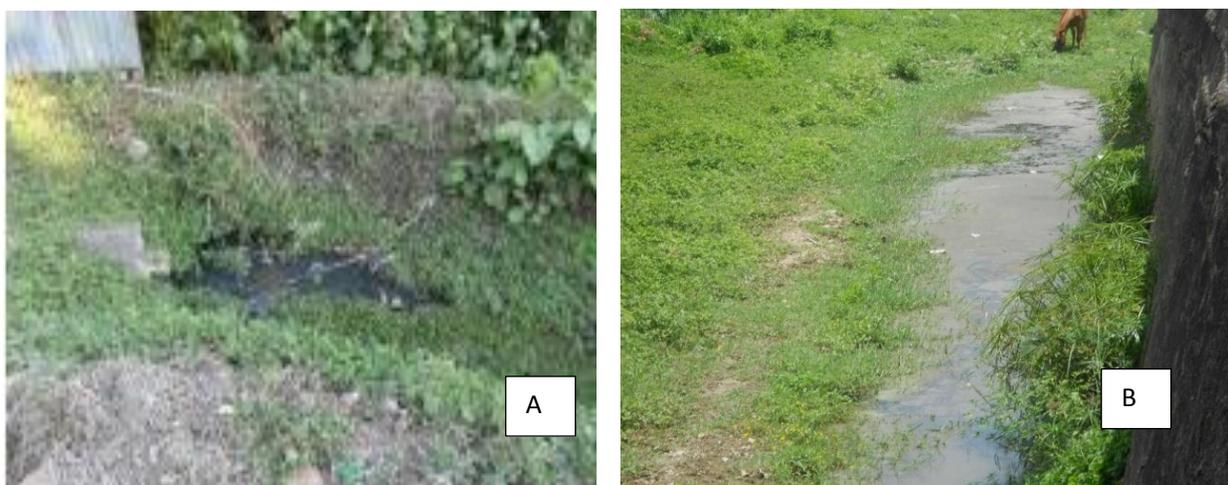


Figura 3.2. Imágenes de la contaminación en el río El Cobre. A) Contaminación doméstica y B) Estado actual del río. Fuente: Elaboración propia.

Es considerado un territorio mixto de zona rural y urbana, el cual abarca un área de 166,5 km². En el área de estudio residen 13 015 personas distribuidas en 8 asentamientos poblacionales. Solo el poblado de El Cobre clasifica como urbano y el resto como poblados rurales.

Los asentamientos Melgarejo y El Pajuil están situados en el eje de la carretera central en el tramo Santiago-Palma Soriano. La densidad de población es inferior a la del municipio situándose en 96 hab/km² (González, 2015), según datos del Censo, (2012) que se muestra en la tabla 3.1.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Tabla 3.1. Distribución de la población en El Cobre. Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas (OTE), (2012).

No	Asentamientos	Urbana	Rural	Total	Hombres	Mujeres
1	El Cobre	x		11.438	5.561	5.877
2	La Esperanza		x	169	90	79
3	Hongolosongo		x	190	110	80
4	El Pajuil		x	356	189	167
5	Puerto de Moya		x	152	77	85
6	El Turquino		x	387	191	196
7	L caridad del cobre		x	173	89	84
8	La Gomera		x	150	76	74
	TOTAL		7	13 015	6392	6642

El asentamiento El Cobre presenta un tipo de residual de origen doméstico municipal, Carga generada (DBO₅) demanda biológica de oxígeno T/a 159, no tiene sistema de tratamiento y la disposición de desechos sólidos y lodos es mediante enterramiento.

3.2.2. Hospital Ambrosio Grillo

Brinda sus servicios a la población de El Cobre y a los municipios de Palma Soriano y Santiago de Cuba, una Sala de Rehabilitación, 11 consultorios del médico de la familia y el Policlínico con Clínica Estomatológica instalado en las antiguas oficinas de la mina. En el mismo se cuenta con una laguna de oxidación para darle tratamiento primario a los desechos situación que contribuye a la infiltración de los efluentes hacia el subsuelo y con ello la posibilidad de contaminación de los cuerpos de agua subterráneos. Presenta residual doméstico, tiene como sistema de tratamiento una Laguna de estabilidad Facultativa, con una disposición de desechos sólidos y lodos mediante incineración. Carga generada DBO₅ es de 16T/año. El manejo y descarga de efluentes líquidos es un aspecto que merece atención detallada en relación con la contaminación del agua subterránea.

Tabla 3.2. Sustancias que se aportan al medio el hospital Ambrosio Grillo. Fuente: Arias, (2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sust. Orgánica. C , N , P, K 978 trabajadores, 29 946 pacientes al año	hídrica	Eutrofización
Hipoclorito	hídrica	Pérdida de biomasa Variación del pH
Gases producto de la combustión en la caldera, Nox, Sos, hollín	atmosférica	Afecciones respiratorias Acción corrosiva Acción cancerígena
Residuos líquidos propios de la actividad hospitalaria, bacterias, virus y otros; caldos de cultivo, etc.	hídrica	Eutrofización Variación del pH Incorporación al medio de organismos patógenos

3.2.3. El yacimiento Oro-Barita

El yacimiento Oro-Barita se encuentra muy cerca de la antigua mina del Cobre, y su proyecto comienza en el 2001 con el cierre de la mina de cobre. Subrayar que las reservas del yacimiento de oro están consideradas para cinco años. El oro aparece asociado con otros minerales como la barita, piritita y cuarzo, en este caso fundamentalmente con la barita, de ahí el nombre que se le otorga al yacimiento: Mina Oro-Barita.

El método de cianuración es el más empleado a nivel mundial en el proceso de obtención del oro de las menas auríferas, en el cual se agrega zinc en polvo y sales de plomo a la solución. El oro se separa y precipita, y el zinc en polvo se combina con el cianuro (CN⁻). Luego se funde el precipitado para obtener el oro. Dicho proceso permite extraer el oro menudo, (el oro que está presente en minerales de baja calidad). Por esta razón se emplea este método en la Mina Oro-Barita.

Las operaciones de recuperación del oro generan grandes impactos ambientales, tales como son:

1. Destrucción irreversible en el área de explotación de ambientes nativos y de su biota, o sea, del conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan esta área.

2. Contaminación del aire con partículas, gases y ruidos molestos.
3. Alteración de cuencas hídricas superficiales y subterráneas.
4. Destrucción irreversible del paisaje y de la percepción ambiental del sitio afectado.
5. Contaminación del suelo, de aguas superficiales y subterráneas con filtraciones y residuos peligrosos de sistemas de conducción y de almacenamiento.

La contaminación de las aguas por metales pesados y otros residuos químicos generados por la explotación minera y la elevación de su nivel en la cantera, constituye una amenaza ambiental. Aunque no es un foco contaminante activo necesita de vigilancias e inspección sistemática por el peligro potencial que ocasiona.

3.2.4. Cementerio El Cobre

En entrevista realizada a Tania Pérez Muñoz Jefa de brigada del cementerio El Cobre situado en el camino del yacimiento Oro-Barita pudimos constatar que el mismo en temporada de lluvia se inunda uno de sus patios producto de la elevación del manto freático, esa agua va a parar a un afluente del río aportando contaminación al mismo por lo que se declara como un foco contaminante.

Instituciones donde se presentan fuentes contaminantes del sector agrícola

En la cuenca Cobre los principales tenentes son estatales con amplios planes basados en el programa de la Agricultura Urbana. Los usos se dirigen en lo fundamental a garantizar la referorestación, producción agrícola, residencial e industrial, donde se ubican 7 entidades pertenecientes a Empresas Agropecuarias como: Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF), Unida Básica de Producción Cooperativa (UBPC) y Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA), dedicadas a cultivos varios, ganadería y cultivo del café entre otros como se muestra en la tabla 3.3.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Tabla 3.3. Fuentes contaminantes del sector agrícola. Fuente: (Estudio ambiental del Consejo Popular El Cobre).

No	Empresas Agropecuarias	Dirección	Superficie total (en ha.)	Fincas
1	Israel Reyes Zayas Conrado Benítez	Carretera Central Melgarejo. km 21 1/2 1551,75 47 2 Conrado Benítez Hongolosongo. El Pajón	1551,75 1433,25	47
3	El Cobre	Carretera central km 1 1/2 El Cobre	1704,3	32
4	Asalto al Moncada	El Ermitaño. Nima Nima	1001,13	14

Preliminarmente se identificó que la fuente de la contaminación de esta corriente fluvial tiene un origen doméstico fundamentalmente, y aunque se reconoce la magnitud de los impactos que pudieran producirse por las inundaciones, proliferan a lo largo del cauce vertederos que afectan el drenaje natural del río.

En la tabla 3.4 se muestran las categorías de los principales focos contaminantes ubicados en la cuenca hidrográfica El Cobre.

Tabla 3.4. Categorías de los principales focos contaminantes. Fuente: Elaboración propia.

Focos contaminantes	Categorías
Asentamiento El Cobre	<u>Categorías 2:</u> Focos sin solución o con solución insuficientes, que afecta gravemente, de manera comprobada, ocasionado el deterioro de la calidad de un acuífero, embalse o corriente superficial, de manera que imposibilita el uso del agua o encarece el tratamiento que debe recibir ésta para su uso.
Cementerio	<u>Categorías 2:</u> Focos sin solución o con solución insuficientes, que afecta gravemente, de manera comprobada, ocasionado el deterioro de la calidad de un acuífero, embalse o corriente superficial, de manera que imposibilita el uso del agua o encarece el tratamiento que debe recibir ésta para su uso.
Yacimiento Oro-Barita	<u>Categorías 5:</u> Focos con solución pero con peligro potencial demostrado, de alto o moderado riesgo, de afectar un acuíferos, embalse o corriente superficial, de manera que imposibilita el uso del agua o encarece el tratamiento que debe recibir ésta para su uso del agua, o se afecte la ecología y el medio ambiente, deteriorando la calidad del agua en forma tal que se pierden valores de uso recreativos, estéticos o cultural, o se pone en peligro la vida de

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

	especies valiosas de la flora o la fauna nacionales. Focos que necesitan de vigilancias e inspección sistemáticas.
Hospital Ambrosio Grillo	<u>Categoría 4:</u> Focos con solución pero con peligro potencial demostrado, de alto o moderado riesgo, de afectar fuentes de abasto a la población. Focos que necesitan de vigilancia e inspección sistemáticas.

Puntos de medición

En visita realizada a la cuenca hidrográfica El Cobre el viernes 10 de mayo se tomaron tres puntos de medición de la calidad del agua (Ver figura 3.3).

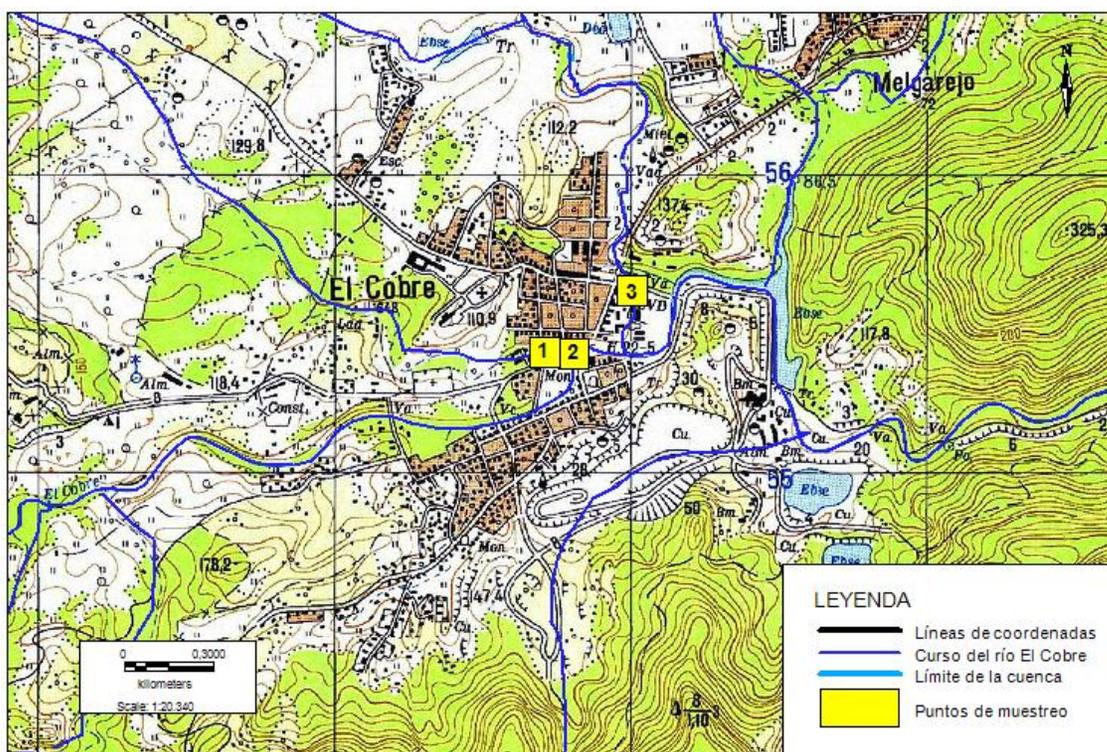


Figura 3.3. Puntos de muestro: Fuente elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

1. Muestras de la contaminación doméstica.
2. Agua del río El Cobre en el malecón antes de pasar por el asentamiento.
3. Agua a la salida del asentamiento.

Observaciones: El río El Cobre se contamina además producto de la sedimentación derivada de los pobladores. Lo que produce que cuando llueve se inunde arrastrando con todo lo que está a su paso (ver figura 3.4).

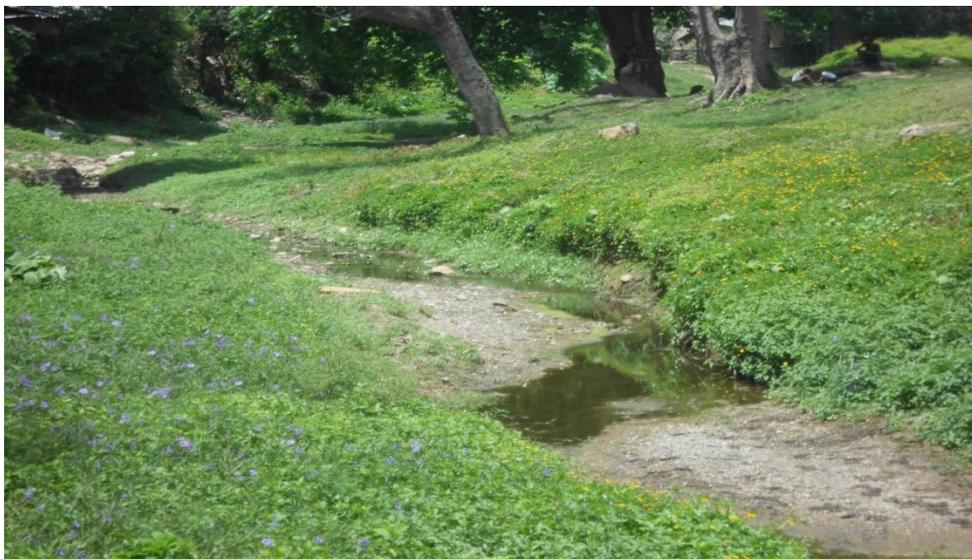


Figura 3.4. Sedimentación en el río El Cobre Fuente: Elaboración propia.

Matrices

Se emplea la matriz de doble entrada para identificar la zona con mayor problemática ambiental y la manifestación vigente. La información fue procesada con un grupo de especialista que se seleccionaron teniendo en cuenta su nivel de conocimiento e información sobre los focos identificados, fueron siete personas entre ellas dos ingenieros geológicos, dos profesores universitarios y tres integrantes de la comunidad (un trabajador de comunales, dos trabajadores de la geo-minera)

Tabla 3.5.Matriz de doble entrada: Fuente propia

No	Indicadores contaminación / zonas de estudio	1	2	3	Promedio
1	Lodos	2	3	5	3.3
2	Presencia de solidos (Plásticos, orgánico etc.)	3	4	5	4.4
3	Turbiedad	5	4	5	4.6
	Promedio	3.3	3.6	5	

Escala del 1 al 5 (adaptada a la escala de Likert), con los siguientes valores:

- 1- No existe (no se observan elementos).
- 2- Baja (se observan poco elementos en el agua que permiten su identificación)
- 3- Media (el agua se nota turbia y existen apreciable cantidad de elementos solidos)
- 4- Alta (El agua es turbia y no permite la identificación de solidos).

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

5- Muy alta (completamente turbia).

La matriz de doble entrada permitió identificar la zona de recogida de muestra de agua con mayor presencia de contaminación, siendo esta la zona 3 ubicada en la salida del asentamiento.

Tabla 3.7 Resultados de los análisis físico-químicos Fuente: Laboratorio de Ecotoxicología y Servicio Ambientales (LESA), (2019).

Muestras (Designación)	Oxígeno disuelto (mgL ⁻¹)	Conductividad 25°C (µScm ⁻¹)	pH	Salinidad (ppt)	TDS (mgL ⁻¹)	Clorofila a in vivo (µgL ⁻¹)
Tecnología utilizada	Medidor de Oxígeno Mettler Toledo	Medidor multiparamétrico Mettler Toledo				Fluorímetro Turner Design Aquafluor
% Error/ Resolución	±1%	0,1 µScm ⁻¹	0,00 u	0,01 ppt	0,1 mgL ⁻¹	0,001 µgL ⁻¹
Río Cobre						
1		636,00±19,92	6,19±0,01	0,31±0,50	318,00±3,19	12,76±0,67
1'		1474,33±4,51*	7,13±0,01	0,73±0,01	734,33±0,58*	79,38±0,15*
Fuente doméstica		1631,00±2,13	7,23±0,11	0,82±0,01	814±5,20	13,91±0,61

Análisis de los resultados

Según los resultados obtenidos del análisis físico-químicos realizados a las muestras escogidas en tres puntos (contaminación doméstica antes de entrar al río, en el malecón antes de pasar por el asentamiento y a la salida del asentamiento).

En la fuente doméstica del Cobre se detecta una especie potencialmente tóxica *Microcystis panniformis*, asociada a la producción de microcistinas. Esto ocasiona que las aguas se clasifiquen como eutróficas lo que significa alto grado de nutrientes. Hay que destacar que la muestra no fue tomada directamente en el río El Cobre, sino en un afluente que tributa al mismo, a una distancia de 50 m muy próximo a este. En la zona que se tomó la muestra se presenciaba alto contenido de materias contaminantes.

Existen altos contenidos de clorofila en los tres puntos medidos.

Propuesta para mitigar la incidencia de los focos contaminantes en la cuenca Cobre

1. Se propone la construcción de sistemas de tratamientos de residuales líquidos adecuados en las entidades que no lo poseen.
2. Construcción de un sistema de alcantarillado de las aguas albañales de la población en la comunidad de El Cobre.
3. Construcción de un sistema de tratamiento para los residuales domésticos provenientes del asentamiento El Cobre.
4. Control sistemático de la calidad físico - químico y bacteriológico de las aguas del embalse Parada considerando su ubicación aguas debajo del vertimiento de los residuales sin previo tratamiento.
5. Limpieza y mantenimiento de las alcantarillas que están vertiendo.
6. Establecer las relaciones pertinentes entre los implicados en el ordenamiento territorial para dictar medidas que contribuyan al cumplimiento de lo normado en relación a la construcción de lagunas de oxidación y sistemas de fosas en los asentamientos rurales.

Conclusiones

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Conclusiones

1. La revisión bibliográfica realizada posibilitó la actualización y profundización en las tendencias y principales interpretaciones de los fundamentos teóricos metodológicos de la investigación, relacionados con las fuentes contaminantes, su método de estudio y la toma de medidas para su gestión eficiente.
2. El estudio realizado permitió actualizar la caracterización de las principales fuentes contaminantes de la cuenca hidrográfica del río El Cobre, siendo la de mayor importancia el asentamiento El Cobre por su alta carga de origen doméstico.
3. Existe una baja percepción del riesgo entre población sobre los impactos que podrían ocurrir como consecuencias de la colmatación por basura del cauce del río.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Mantener un monitoreo sistemático de estos focos para alertar oportunamente situaciones de riesgos que podrían derivarse de su carga contaminante.
2. Trasladar a los organismos pertinentes, comunales planificación física entre otros la preocupación por la situación de colmatación del cauce producto a la existencia de vertederos que pueden generar el cierre del mismo.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Bibliografía

Bibliografía

1. Art.Walz, M. (2007). *Las presas y el agua en el mundo*. Paris, Francia.
2. Castro, E. V. (2009). *Intitucionalidad y Marco Legal de los Órganos de Cuencas en Cuba*. *Encuentro de Bacias da América y el Caribe*. Brasil.
3. Cosme, Z. B. (s.f.). *Diagnostico del ambiente urbano para futura estrategia del desarrollo local del asentamiento El Cobre*.
4. Costeras, V. G. (2015). *Propuesta del Plan de Manejo Integrado de la UCAPMI Cuenca Parada* . Santiago de Cuba.
5. E, N. (1983). *Ensayo sobre las Zonas Estructuro-Faciales de Cuba Oriental*.
6. Ejército, R. C. (junio, 2012). *Discurso pronunciado en la sección plenaria de la Cumbre de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible*. Río de Janeiro, Brasil.
7. Fautino, F. (2000). *Manejo de cuencas Hidrográficas*.
8. Figueredo, A. P. (2014). *Evolución del pensamiento ambiental. Retos de la Universidad de Camaguey*.
9. García, J. M. (2006). *Sobre las esperiencias cubana en la intitucionalización del Manejo Integredo de Cuenca*.
10. García, J. M. (2012). *Los Órganos de las Cuencas y la Gestión Integrada del Agua*.
11. Grechanik. (1970). *Informe sobre los trabajos geológicos de Levantamiento a escala 1:50000 que se realizaron en la cuenca del río El Cobre*. Provincia Oriente.
12. Hernández. (1981). *Criterios Geomorfológicos para la clasificación morfotectónica de Cuba Oriental*.
13. Hernández, F. (2013). *Las aguas subterranas y la contaminación marina* . Santiago de Cuba .
14. Luna, L. C. (2015). *Istituto de Igiene y Epidemiología*. Santiago de Cuba.
15. NC- 823, septiembre, 2012. *Agua Potable- Requisitos Sanitarios*.

16. Rodríguez Herrera, T. e. (2004). *Gestión de la contaminación por metales pesados en la bahía de Santiago de Cuba*. Santiago de Cuba.

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Anexos

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Anexos

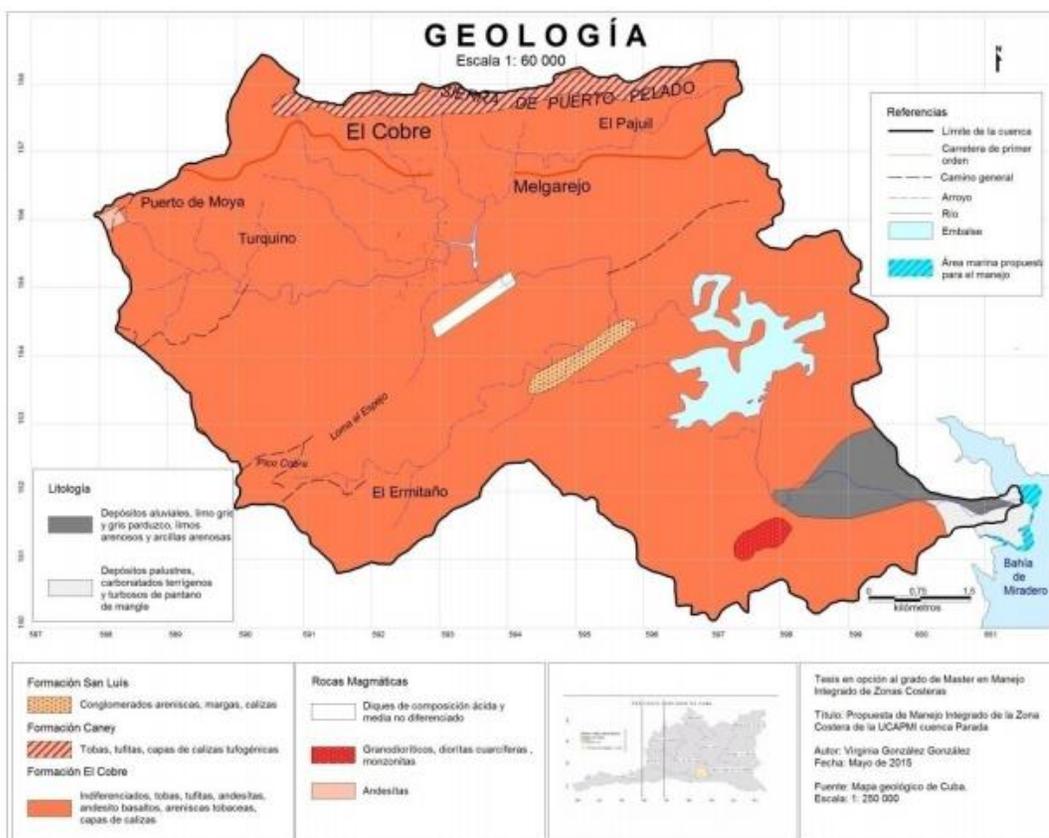
Anexo 1. Focos Contaminantes que tributan a la Bahía Santiaguera. Fuente: (INRH, 2019).

No	Provincia	Cuenca	Municipio	Nombre de la Fuente	Tipo de residual	Organismo
1	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Talleres de Ferrocarril	Doméstico	MITRANS
2	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Astillero 13	Industrial	MITRANS
3	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Talleres de Camiones Oriente	Doméstico	MITRANS
4	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Combinado Textil Celia Sánchez Maduley	Doméstico	MINIL
5	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Terminal 620	Industrial	MINBAS
6	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Recapadora de Neumáticos	Industrial	MINBAS
7	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Fábrica de Cemento José Merceron	Doméstico	MINBAS
8	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Fábrica de productos Químicos La Cubana	Doméstico	MINAL
9	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Fábrica de Cerveza Hatuey	Industrial	MINAL
10	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Molinera	Doméstico	MINAL
11	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Fábrica de Aceite	Industrial	MINAL
12	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Planta de Prefabricado	Doméstico	MICONS
13	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Cantera los Guaos	Doméstico	MICONS
14	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Marmolera Renato Guitar	Doméstico	MICONS
15	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Fábrica de Asbesto Cemento	Industrial	MICONS
16	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Termoeléctrica RENTE	Industrial	MINBAS
17	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Hospital Militar	Doméstico	MINFAR

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

18	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Hospital Grillo	Doméstico	MINSAP
19	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Porcino Ensenada	Agropecuario	MININT
20	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Porcino Fortaleza	Agropecuario	MININT
21	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Genético porcino	Agropecuario	MINAG
22	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Asentamiento Santiago	Doméstico -municipal	OLPP
23	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Asentamiento el Cobre	Doméstico -municipal	OLPP
24	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Astillero el Nispero	Doméstico	MITRANS
25	Santiago de Cuba	Bahía Santiago de Cuba	Santiago de Cuba	Refinería Hermanos Díaz	Industrial	MINBAS

Anexo 2. Geología de la cuenca El Cobre:



Fuente: González, (2015).

Anexo 3. Informe de resultado de muestras de calidad del agua.



INFORME SERVICIOS CIENTÍFICO TÉCNICOS No. 01062019

LABORATORIO DE ECOTOXICOLOGÍA Y SERVICIO AMBIENTALES (LESA)

CLIENTE: CEMZOC (UO)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRAS: 09.04.2019
FECHA DE SALIDA DE INFORME: 05.06.2019
TOTAL DE MUESTRAS: 6
NO. DE ANÁLISIS CONTRATADOS: 5
PROCEDENCIA: RÍO CARPINTERO
RESPONSABLES DE LA TAREA TÉCNICA:
- LIC. YADENIS ORTEGA DÍAZ
- DRAC. LILIANA GOMEZ

OBSERVACIONES:

RECIBE ASesoría: Si NO X DURACIÓN:

Las muestras han sido procesadas según procedimientos estandarizados, siguiendo las exigencias de las buenas prácticas de laboratorio.

CONSIDERACIONES INICIALES

El equipamiento utilizado en este servicio está respaldado por certificados de calidad según las Normas ISO 9001 y 14001.

Los análisis han sido realizados a través de mediciones en equipos especializados, de los cuales se ofrecen especificaciones. Los métodos experimentales desarrollados se refirieren a continuación:

CONSIDERACIONES ÉTICAS

En correspondencia con los principios éticos, la publicación de cualquiera de estos datos, al estar libre de costos, deben referir que han sido realizados por LESA, conciliando la forma de presentar los resultados con los miembros del laboratorio para ganar en rigor y claridad.

Asimismo, los análisis de diversidad fitoplanctónica, al ser realizados por un experto, que pone sus conocimientos y experiencia, es una tarea que requiere tiempo y consultas en bases de datos y artículos científicos, afectando notablemente su fondo de tiempo, por lo que debe considerarse su autoría; de otra manera deben ser mencionados los resultados de forma general, sin identificación de especies, siempre que se refiera la participación de LESA.

Los datos de clorofila a han sido ajustados considerando análisis espectrofotométricos de soluciones patrones.

DETALLES DEL MUESTREO

Condiciones climáticas	No procede
Horario	No definido
Volumen por muestra	variable
Contenedores utilizados	Frascos plásticos de polipropileno 250 mL
Temperatura de conservación	Ambiental hasta su traslado al laboratorio (~30,5°C)

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”

Resultados de los análisis físico-químicos

Muestras (Designación)	Oxígeno disuelto (mgL ⁻¹)	Conductividad 25°C (µScm ⁻¹)	pH	Salinidad (ppt)	TDS (mgL ⁻¹)	Clorofila a in vivo (µgL ⁻¹)
Tecnología utilizada	Medidor de Oxígeno Mettler Toledo	Medidor multiparamétrico Mettler Toledo				Fluorimetro Turner Design Aquafuor
% Error/ Resolución	±1%	0,1 µScm ⁻¹	0,00 u	0,01 ppt	0,1 mgL ⁻¹	0,001 µgL ⁻¹
Río carpintero						
1A		674,66±1.88	8,68±0,01	0,33±0,00	336,67±0,94	31,58±0,54
1A'		678,67±2,08	8,46±0,02	0,33±0,00	339,00±1,00	31,28±0,24
1B		653,00±2.16	8,79±0,02	0,32±0,00	326,67±1,15	20,47±0,12
1B'		673,33±2.31	8,68±0,02	0,33±0,00	336,67±1,15	20,69±0,38
2		362,33±1,53	8,54±0,03	0,17±0,01	181,10±0,62	10,09±0,12
2'		368,33±0,58	8,59±0,01	0,18±0,00	184,13±0,40	10,12±0,06
Río Cobre						
1		636,00±19,92	6,19±0,01	0,31±0,50	318,00±3,19	12,76±0,67
1'		1474,33±4,51*	7,13±0,01	0,73±0,01	734,33±0,58*	79,38±0,15*
Fuente doméstica		1631,00±2,13	7,23±0,11	0,82±0,01	814±5,20	13,91±0,61

NOTA: LA TOMA DE MUESTRA NO ES CORRECTA, NO ES POSIBLE REALIZAR DETERMINACIONES DE OXÍGENO DISUUELTO. LA MUESTRA MARCADA CON (*) PRESENTAN RESTOS DE SEDIMENTOS QUE PUEDEN ALTERAR LOS RESULTADOS.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE FITOPLANCTON TÓXICO.

- De forma general no se identifican especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas en río carpintero.
- En la fuente doméstica del Cobre se detecta una especie potencialmente tóxica *Microcystis panniformis*, asociada a la producción de microcistinas.
- En algunas muestras de Río Carpintero hay restos de cianobacterias bentónicas nitro-fijadoras.

Especialista a cargo: Dra.C. Liliana María Gomez Luna

CONSIDERACIONES FINALES

Considerando que se cumple con lo solicitado por el cliente se procede a la validación del documento.

TÉCNICOS RESPONSABLES (NOMBRES Y APELLIDOS, FIRMAS): LIC. YADENIS ORTEGA DÍAZ

RESPONSABLE DEL LABORATORIO (NOMBRES Y APELLIDOS, FIRMAS): DRA.C. LILIANA GOMEZ LUNA

DIRECTIVO RESPONSABLE DEL PROCESO (NOMBRES Y APELLIDOS, FIRMAS): ING. REBECA CONDE GARCÍA

CONFORMIDAD DEL CLIENTE:

NOMBRES Y APELLIDOS, FIRMA

“Estudio de los focos contaminantes en la cuenca hidrográfica El Cobre”