



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



Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico

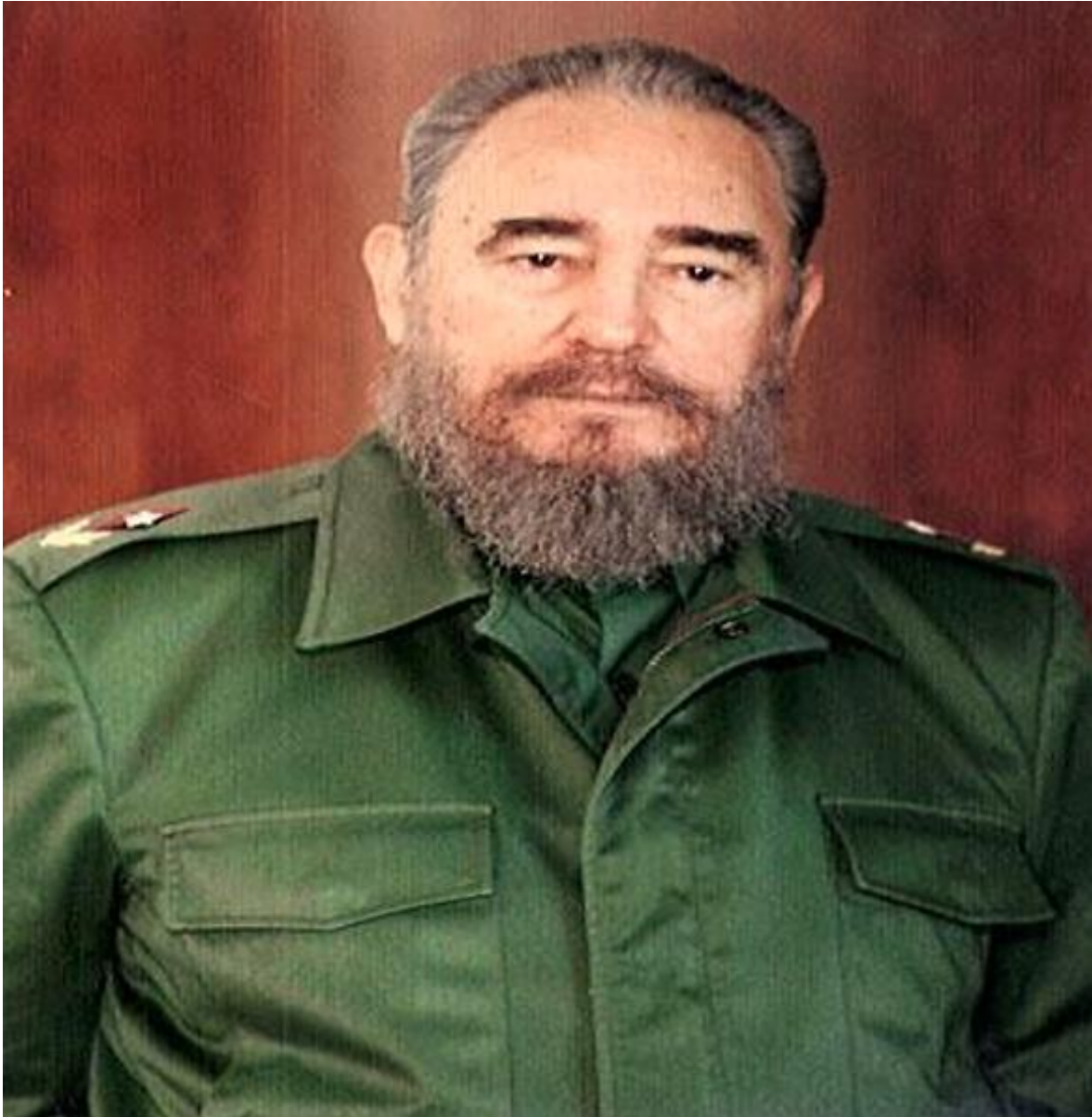
***Estudio de los focos contaminantes en la calidad de
las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón***

Diplomante: Ariel Casanova Matamoros

***Tutores: Dra. C. Mayelin González Trujillo
Dr. C. Rogelio García Tejera***

Santiago de Cuba, 2019

Pensamiento



“Todo lo que es importante para la Revolución hay que chequearlo todos los días, la Revolución no pide disciplina, tiene derecho a exigirla, con la Revolución no se firman contratos, se firman compromisos.”

Fidel Castro Ruz.

Dedicatoria

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Le dedico esta tesis en primer lugar a mis padres Yuliet Matamoros Ponce y Ariel Casanova Cerdán por haberme guiado siempre por los buenos caminos durante todos estos años, por darme confianza en las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, y por brindarme todo su amor y cariño, a mi hermana Martha del Carmen Casanova Matamoros y a mi pequeña sobrina Camila del Carmen Pons Casanova un motivo de alegría para toda la familia, estas personas son la razón de mi vida, motivo por el cual me siento bendecido.

Agradecimientos

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Le agradezco de todo corazón

- A Dios.
- A mis padres Yuliet y Ariel
- A mis tutores Dra. C. Mayelin González Trujillo y Dr. C. Rogelio García Tejera
- A mi hermana Martha del Carmen
- A mi sobrina Camila
- A mis abuelos Guillermo y Darío
- A Eloísa Membrado Zamora
- A mis tíos Carmen, Alberto, Marisbel y María de los Ángeles
- A todos mis primos y al resto de mis familiares
- A mis compañeros de aula: Anisleidis, Maybisleybis y Surelis. Y de beca: A Pedro Enrique Torrez, Inaeldis Merencio, Geyler Núñez, Leonardo Castillo, Axel Rudy Santana, Williston Marx y Ronaldi Verdecia
- A profesores y amigos y todas esas personas que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo

Resumen

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

RESUMEN

En este trabajo se realizó una caracterización de los principales focos contaminantes que vierten a los ríos Los Guaos y Gascón con el objetivo de valorar sus incidencias en función de la calidad de sus aguas. Por este motivo se efectuó un análisis de sus aguas, el cual permitió localizar y dejar en evidencia los principales focos contaminantes que la afectan. Para su desarrollo se tuvo en cuenta una amplia documentación científica, se utilizaron los métodos científicos: histórico- lógico, análisis- síntesis y observación. Como resultados fundamentales, se puede plantear que el ser humano es el principal causante de la contaminación existente a nivel global, que en Cuba se ha incrementado significativamente; por lo que ha sido objeto de estudio para la búsqueda de soluciones que permitan erradicar este problema. El análisis de las características físico-química y microbiológica de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón demostró que las mismas están contaminadas, siendo las estaciones 1 y 3 las más afectadas. Estas aguas no son aptas para el uso pesquero, ni como agua potable. Para ser destinadas como abasto a la población es necesario realizar un tratamiento especial. El muestreo realizado en el 2019, evidenció una disminución en la contaminación hídrica de la cuenca, así mismo se demostró que los focos contaminantes siguen afectando la calidad de las aguas en los ríos de la zona de estudio, y que los impactos negativos se producen por la indisciplina social y de las instituciones que carecen de sistema de tratamiento o deficiente funcionamiento de estos.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

SUMMARY

In this work, a characterization of the main polluting sources that discharge into the Los Guaos and Gascón rivers was carried out in order to assess their incidences based on the quality of their waters. For this reason, an analysis of its waters was carried out, which allowed locating and revealing the main polluting foci that affect it. For its development a wide scientific documentation was taken into account, the scientific methods were used: historical-logical, analysis-synthesis and observation. As fundamental results, it can be stated that the human being is the main cause of the contamination existing at a global level, which in Cuba has increased significantly; so it has been the subject of study for the search for solutions to eradicate this problem. The analysis of the physical-chemical and microbiological characteristics of the waters of the Los Guaos and Gascón rivers showed that they are contaminated, with stations 1 and 3 being the most affected. These waters are not suitable for fishing use, or as drinking water. To be destined as a supply to the population, it is necessary to carry out a special treatment. The sampling carried out in 2019 evidenced a decrease in the water pollution of the basin, and it was shown that the polluting foci continue to affect the quality of the waters in the rivers of the study area, and that the negative impacts are produced by social indiscipline and institutions that lack a treatment system or deficient functioning of these.

ÍNDICE

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS CONCEPTUALES DEL ESTUDIO DE FOCOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN.	7
1.1 Contaminación Ambiental	7
1.1.1 Características de la contaminación ambiental.	8
1.1.2 Tipos de contaminación ambiental.	9
1.2 Características de los focos contaminantes en cuencas hidrográficas.....	10
1.3 Características de la contaminación del agua.....	13
1.3.1 Causas de la contaminación del agua.....	13
1.3.2 Contaminantes del agua.	15
1.3.3 Clasificación de los contaminantes del agua.....	17
1.4 Cuenca Hidrográfica	17
1.4.1 Concepto de Manejo Integrado de Cuenca Hidrográfica.	19
1.5 Normas Cubanas para la calidad de las aguas.....	21
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS, SOCIECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN .	24
2.1 Metodología de Trabajo	24
2.2 Características de la región de estudio	25
2.2.1 Hidrología	26
2.2.2 Geología	26
2.2.3 Características del clima	27
2.2.4 Flora y Fauna	28
2.2.5 Suelos	29
2.2.6 Relieve.....	29
2.2.7 Hidrografía	30
2.2.8 Servicios sociales y culturales.....	30

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

2.2.9 Aspectos sociales	31
2.2.10 Transporte, electricidad y red vial.....	32
CAPÍTULO 3. LA INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES FOCOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN.....	34
3.1 Principales focos contaminantes que influyen en la contaminación de la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón	34
3.2 Características de los principales focos que afectan los ríos Los Guaos y Gascón.....	35
3.3 Monitoreo de la calidad del agua realizados en la zona de estudio.....	42
3.3.2 Resultados y análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos	45
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	62

Introducción

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental tiene una extensa historia. Uno de los defectos distintivos en la humanidad ha sido la producción de desechos tóxicos, los cuales han sido dañinos para el medio ambiente afectando directa e indirectamente a los seres vivos, causando en muchos casos hasta su muerte, también ha afectado en gran magnitud un recurso de vital importancia para el hombre, el agua.

Durante milenios se consideró este líquido como un elemento no modificable del globo al igual que el aire. En un mundo esencialmente rural, esta estaba enormemente desconectada de los circuitos económicos ya que la fuente, el río, el pozo y la cisterna alimentaban a las poblaciones con muy bajo costo, dependiendo de la condición servil o no de la mano de obra. Con el transcurso de los años aumento el descuido por parte del hombre al medio que lo rodeaba, provocando la agravación de la contaminación del agua surgiendo así innumerables enfermedades de origen parasitario, bacteriano y viral, las mismas provocadas por una higiene deficiente o por comportamientos erróneos de la sociedad (Sarlingo, 1998).

En la actualidad los problemas medioambientales se manifiestan a gran escala: las inundaciones, sequías, las penetraciones costeras, los sismos, el deslizamiento del terreno, los incendios forestales, los desastres tecnológicos y la contaminación hídrica pueden ejercer un tremendo impacto sobre la población y sin duda también en la economía de los países convirtiéndose esto en un gran desafío (Naciones Unidas, 2003).

Existen otras causas que han motivado la contaminación de las aguas. Entre ellas se destaca, la concentración de zonas industriales en lugares urbanos, lo que determina el uso de las corrientes superficiales como receptoras de residuales crudos o parcialmente tratados, los mismos llegan frecuentemente a las fuentes de abasto de agua para una determinada población. También influyen negativamente el empleo de tecnologías obsoletas, la indisciplina tecnológica, así como la no introducción de prácticas que permitan minimizar su impacto. (Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente, 1998).

No se puede desestimar que el agua es un recurso natural indispensable para la vida. Su consumo es sin duda una necesidad primordial para la salud. En los tiempos actuales esta se ha convertido en un producto muypreciado debido a su escasez, lo cual va acompañado al desarrollo económico del país.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Lo abordado hasta ahora permite afirmar que el agua es un recurso abundante pero mal distribuido en todo el planeta y cada vez de más baja calidad. Es parte esencial de la naturaleza física y de todos los seres vivos contribuyendo al bienestar general en las actividades humanas, además de utilizarse como elemento vital en la alimentación del hombre, pero a la vez puede transmitir una gran cantidad de enfermedades peligrosas y hasta mortales si se encuentran contaminadas (Aguiar, 1997).

Cuba no es ajena a lo anteriormente planteado, los principales problemas ambientales a los que hoy se enfrenta, tienen su origen y en gran medida su dimensión, en las formas inapropiadas en que, por varios siglos, fueron explotados sus recursos naturales, las limitaciones e insuficiencias con que enfrentó el proceso de industrialización, la inadecuada producción agrícola y pecuaria y sus impactos ocasionados al medio ambiente, así como por los serios problemas sociales acaecidos en la etapa prerrevolucionaria (EcuRed, Problemas Ambientales en Cuba, 2019).

El bloqueo económico impuesto por Estados Unidos al país y sus reconocidas consecuencias económicas, son en buena medida, impactos ambientales. Si bien estas distinciones no siempre son fáciles de determinar, esta guerra económica por más de 60 años sostenida, sobre el medio ambiente cubano, ha sido duramente significativa (EcuRed, Problemas Ambientales en Cuba, 2019).

Uno de los problemas que se destaca en Cuba por su importancia es el tema de la contaminación hídrica, causados por el incremento de los focos contaminantes. En la actualidad, según (INRH, 2018), Cuba posee un total de 14 400 focos contaminantes y de ellos 3 115 afectan la calidad de las aguas terrestres en las diferentes cuencas hidrográficas.

El aumento de la contaminación hídrica en el transcurso de los últimos años según (González, 2018), ha sido objeto de análisis por diferentes organismos relacionados con el medio ambiente tales como el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el MINSAP, el MINAL y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, El Centro de Información, Divulgación y Educación Ambiental (SIGEA), la empresa GEOCUBA mantiene información geográfica; el Instituto de Oceanología, el Ministerio de la Pesca y el Instituto de Planificación Física.

No obstante, a pesar de existir todas estas investigaciones e informaciones sobre la temática, se nota un total divorcio entre cada organismo investigador, es decir cada cual investiga y busca soluciones a la problemática de manera aislada, de forma tal de resolver sus problemas

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

en particular, sin analizar que quizás algunas de esas soluciones entran en conflicto, agravando la situación de otros (González, 2018).

Como un logro importante alcanzado por nuestro país fue la creación de la Estrategia Ambiental Nacional, la cual tiene como misión buscar las vías más idóneas para preservar y desarrollar los logros ambientales alcanzados por la patria, superar los errores e insuficiencias detectadas e identificar los principales problemas ambientales del país que requieren de mayor atención en las condiciones actuales, sentando las bases para un trabajo ambiental más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico y social sostenible. (CITMA, 1994).

No menos importante fue la aprobación el 25 de abril del 2017 de la Tarea Vida, la cual constituye una prioridad para la política ambientalista del país. El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) es el encargado de implementar y controlar las tareas del Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático. Su surgimiento está inspirado en el pensamiento del líder histórico de la Revolución cubana, Fidel Castro Ruz, quien en su discurso en la Cumbre de la Tierra 1992, en Río de Janeiro, describiría con claridad meridiana los riesgos y desafíos a enfrentar por la civilización ante el cambio climático (Cubahora, 2017).

Santiago de Cuba es una de las provincias con mayor contaminación ambiental de todo el territorio nacional, destacándose el deterioro de las aguas terrestres como uno de sus mayores problemas ambientales, ocasionado por un gran número de focos contaminantes distribuidos en diferentes zonas rurales y urbanas. En este territorio existen 22 cuencas hidrográficas: 3 de interés nacional, 2 provincial y 17 municipal. Por lo que la evaluación de la calidad de las aguas de las mismas es de gran importancia para el territorio santiaguero. (INRH, 2019).

En la bahía de Santiago de Cuba desembocan varias cuencas hidrográficas de mucha importancia por el impacto negativo que ocasionan, pero resulta de gran interés la cuenca de los ríos Los Guaos - Gascón, por el alto grado de deterioro debido a los impactos negativos generado por los asentamientos y entidades ubicadas en la cuenca, relacionados con el vertimiento de residuales líquidos y sólidos, extracción de áridos, deforestación, así como la siembra de cultivos en la franja hidrorreguladora. (Despaigne, 2016).

Según lo planteado por (Despaigne, 2016), otros problemas detectados a través de la observación y de técnicas empleadas en el recorrido de campo realizado en la zona de estudio, refiere el crecimiento incontrolado de la población y construcción de viviendas en las

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

márgenes del río, contaminación del aire por emisiones de polvo y partículas en suspensión proveniente de las Cantera Los Guaos, extracción de áridos y construcción de tejares, lo que ha traído como consecuencia el deslizamiento del terreno en las márgenes del río. Otros problemas detectados fueron los siguientes: modificaciones del cauce de los ríos, la no restauración de las áreas afectadas por la explotación de Canteras, erosión y deterioro de los suelos por el sobre pastoreo y la siembra en lugares inadecuados, la tala furtiva donde se extrae un número de especies maderables y especies florísticas para uso como combustible provocando impactos negativos, destacando la pérdida de biodiversidad, entre otros.

Por lo antes planteado se demuestra que en la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón existen serios problemas de contaminación de sus aguas por el incremento de los focos contaminantes que vierten a los mismos, de aquí que este trabajo de investigación centra su estudio en esta cuenca hidrográfica profundizando y analizando los trabajos realizados en la zona de estudio, dándole respuesta a un lineamiento de la Tarea Vida, lo que demuestra su actualidad e importancia.

Por lo que en esta investigación se declara como **problema científico**: contaminación de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón, lo que degradan la calidad de sus aguas.

Objeto de investigación: Los focos contaminantes que vierten en los ríos Los Guaos y Gascón.

El **objetivo general** es: valorar la incidencia de los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica tributaria, que vierten a los ríos Los Guaos y Gascón en función de la calidad de sus aguas.

Objetivo Específicos:

- Realizar un estudio sobre los aspectos teórico-conceptuales de la temática de estudio.
- Caracterizar los elementos físicos, socioeconómico y ambiental de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón.
- Determinar la influencia de los principales focos contaminantes de la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón en la calidad de sus aguas.

Campo de acción: influencia en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón.

Hipótesis:

La caracterización de los focos contaminantes que vierten en los ríos Los Guaos y Gascón permite tomar medidas que minimice y contrarreste la contaminación hídrica que afectan la calidad de sus aguas.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Métodos de investigación:

- **Histórico- Lógico:** Se utiliza para el análisis de los elementos esenciales que caracterizan los focos contaminantes que afectan los ríos Los Guaos y Gascón, su estado actual, perspectiva y proyección.
- **Análisis- Síntesis:** El análisis de la información expuesta en cada capítulo facilita sintetizar la problemática estudiada y establecer los criterios que fundamentan el estudio de los focos contaminantes y su influencia en la calidad de las aguas.
- **observación:** La observación directa del objeto de estudio y del comportamiento de sus elementos, componentes y la experiencia personal permite agrupar la información profundizando en el problema planteado con una activa participación, este método se aplica en el capítulo número dos y tres para el conocimiento y evaluación de la problemática definida.

El presente trabajo se estructura en: Introducción, Capítulo 1, Capítulo 2, Capítulo 3, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

Capítulo 1. Aspectos teóricos conceptuales del estudio de focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón.

En el capítulo 1 se exponen los aspectos metodológicos, así como se introducen conceptos mediante el empleo del marco teórico y legal correspondiente.

Capítulo 2. Caracterizar de los elementos físicos, socioeconómico y ambiental de la Cuenca Hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón.

En este capítulo se utilizará una metodología de trabajo la cual permitirá vincular y organizar cada uno de los temas trabajados. También se caracterizará la zona de estudio donde se tomarán en cuenta aspectos importantes como: su ubicación, hidrología, clima entre otros no menos significativos.

Capítulo 3. Determinar la influencia de los principales focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón.

En este capítulo se caracterizará los principales focos contaminantes, también se realizará un análisis de los estudios de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón que permitirá con datos reales conocer los problemas ocasionados en sus aguas.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS CONCEPTUALES DEL ESTUDIO DE FOCOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN.

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica referente a los aspectos teóricos conceptuales de la temática de estudio, se describen los antecedentes de la misma y los principales conceptos y definiciones elaborados por diferentes autores y se tendrá en cuenta sus estados actuales en el ámbito local.

1.1 Contaminación Ambiental

Durante el transcurso de la humanidad los problemas ambientales han ido en ascenso, pero el pico más alto empezó a evidenciarse a partir del pasado siglo cuando las actividades humanas comenzaron a desarrollarse. Con el surgimiento de nuevas tecnologías y el incremento del comercio aumentó la producción industrial y con ello un acelerado volumen de desechos tóxicos, provocando una agravación de este problema global. Aunque los fenómenos naturales han jugado su rol en este cambio, la fuente primaria de esta dinámica ha sido acelerada por la interacción humana con la biosfera.

La contaminación ambiental es una consecuencia producida por las diferentes actividades generalmente creadas por el hombre en particular las productivas, por ejemplo, las relacionadas con la generación de energía incluyendo la explotación de los recursos naturales no renovables como el petróleo y los diversos minerales, la industria en general y la agricultura. Sin embargo, pueden causar contaminación las actividades no productivas, también puede ser consecuencia de procesos sociales como el crecimiento demográfico, los movimientos migratorios y la urbanización. Una causa adicional son los patrones culturales en particular los asociados con la economía del consumo. (Albert, 2004.)

Existen muchos conceptos o definiciones de contaminación ambiental, pero para fines prácticos, se puede considerar que es la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energías en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona. (Albert, 2004.)

La contaminación ambiental es una alteración en el medio natural, producto de sustancias u organismos no compatible con el mismo provocando daños en sus recursos y cambios en su

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

equilibrio. Para conocer aún más sobre este problema global se realizó una caracterización del mismo.

1.1.1 Características de la contaminación ambiental.

A medida que el hombre va adquiriendo más poder en la naturaleza; las posibilidades de empeorar la situación ambiental se incrementan si no se toman acciones a tiempo; pues muchas de las actividades realizadas por la sociedad deterioran las condiciones que integran el medio ideal.

La contaminación ambiental se puede clasificar de diferentes maneras, las que se eligen, a menudo, conforme a los intereses de un estudio o el objetivo de la clasificación, por ejemplo, para fines de control legal. (Albert, 2004.) Las siguientes son las clasificaciones principales.

Por el proceso que las causa se pueden clasificar según (Albert, 2004.) en:

Naturales: Se considera que la contaminación tiene causas naturales cuando es provocada por fenómenos que no fueron desencadenados por la actividad del ser humano. Por ejemplo: hongos, incendios forestales, maremotos, inundaciones y erupciones volcánicas.

Antropogénico: Es un resultado de las actividades humanas, los contaminantes se encuentran en un medio al que no corresponde o en concentraciones por encima de las naturales, ejemplo de esto es la presencia de plomo en el aire de las ciudades y la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera.

Por el tipo de contaminante se pueden clasificar según (Albert, 2004.) como:

Biológicos: Dentro de este grupo se encuentra uno de gran importancia, el *Vibrio cholera* este se puede encontrar en el agua, especies de *Salmonella* y en los alimentos.

Físicos: En este grupo se encuentra el ruido, las radiaciones y el calor.

Químicos: Aquí se encuentran los clorofluorocarbonos en la estratosfera y los detergentes en los cuerpos acuáticos.

Otra clasificación de los contaminantes no menos importante es atendiendo a su origen, los mismos pueden ser de origen natural o artificial, esto es generados por el hombre. Los contaminantes biológicos solo pueden ser naturales, mientras que los contaminantes físicos pueden ser de las dos clases.

Los contaminantes químicos también pueden ser de las dos clases: naturales como las aflatoxinas, el bióxido de carbono y metales pesados y los contaminantes químicos sintéticos los cuales han sido creados por el hombre y por lo tanto no existen de manera natural, por lo que también se las llama xenobióticos.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Atendiendo a sus efectos, independientemente de su origen, algunos contaminantes causan efectos indeseables en los seres vivos, por lo que se les llama contaminantes tóxicos. Usualmente este término se reserva para las sustancias químicas sintéticas (xenobióticos), mientras que a las precedentes de organismos vivos y que causan efectos adversos de cualquier tipo, por lo común se les conoce como toxinas.

Lo expresado por (Albert, 2004.) demuestra que los contaminantes pueden ser de diferentes tipos y orígenes, además están presentes en diversos medios como el agua, el aire, los alimentos y pueden trasladarse a través de ellos, es decir del agua hacia los alimentos etc.

1.1.2 Tipos de contaminación ambiental.

Según lo expresado por (Pineda, 2018), existen muchos tipos de contaminación ambiental y agentes contaminantes que están alterando y destruyendo la calidad de los principales elementos naturales renovables como el aire, agua, suelo, flora y fauna. Los principales son:

Contaminación del agua: La contaminación de esta es producida por actividades domésticas, industriales, agrícolas, agropecuarias, mineras, económicas, sociales y ambientales que alteran la calidad de los cuerpos de aguas del planeta por desechos sólidos y sustancias líquidas.

Contaminación del aire o atmosférica: Es el tipo de contaminación que se da producto de los gases de efecto invernadero procedente de las industrias, fábricas y los combustibles fósiles que transforman la calidad del aire y la atmósfera del planeta.

Contaminación del suelo: Se da cuando un producto de actividades humanas que por residuos sólidos y sustancias químicas degradan la productividad y fertilidad del recurso suelo o tierra, provocando el desequilibrio que va afectando a todas las especies de seres vivos por igual.

Contaminación acústica o sonora: Es la contaminación causada por cualquier ruido excesivo en un entorno determinado que perturba la tranquilidad y armonía de vivir en paz.

Contaminación radiactiva o nuclear: Producto por sustancias radiactivas y nucleares que alteran y destruyen el medio ambiente.

Contaminación química: Producto de agentes o sustancias químicas que impactan sobre los seres vivos y el ambiente.

Contaminación genética: Es aquella que permite identificar los genes de especies en una población o hábitat incontrolada.

Contaminación electromagnética: Es el producto de la electropolución por equipos electromagnéticos que contaminan el entorno ambiental.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Contaminación biológica: Es aquella causada por microorganismos virus, hongos, bacterias y diversidad de seres vivos.

Contaminación difusa: Es la causada por la contaminación del aire y el agua desde una fuente no puntual.

Contaminación de fuente puntual: Causada por un agente sólido, líquido y gaseoso desde un punto determinado del entorno.

Contaminación lumínica: Es causada por la excesiva cantidad de luces artificiales nocturnas.

Contaminación visual: Causada por la cantidad de letreros publicitarios que impiden la visibilidad de cualquier objeto en un lugar determinado.

Contaminación térmica: Causada por la alta o baja temperatura que altera la calidad del aire y el agua.

Como se puede observar existen muchos contaminantes que afectan nuestro planeta, en cierto modo en un mismo sitio o zona contaminada se pueden encontrar diferentes tipos. La mayor parte de ellos es provocada por la acción del hombre, un ejemplo de esto son los ríos Los guaos y Gascón donde existe gran contaminación, numerosas industrias y empresas vierten desechos contaminantes en sus aguas produciendo afectaciones directas en el medio ambiente.

1.2 Características de los focos contaminantes en cuencas hidrográficas.

Los problemas medioambientales mantienen al planeta al borde del colapso: contaminación de las aguas, destrucción de los bosques, desertificación, escasez de agua, calentamiento global, entre otros. El descuido y maltrato del medioambiente se ha convertido en uno de los mayores problemas del mundo contemporáneo y una preocupación para políticos, ambientalistas, ecologistas, organizaciones no gubernamentales e instituciones científicas (García, 2014).

El incremento de los focos contaminantes en el mundo durante el último siglo ha sido alarmante, el ser humano ha sido la causa principal de este hecho con la creación de innumerables industrias, fábricas y empresas las cuales en su mayoría contribuyen a corto o a largo plazo a la contaminación de la tierra. Hoy en las grandes ciudades se concentran gran parte de numerosos focos que satisfacen las necesidades de la sociedad, pero el uso inadecuado de los recursos provoca afectaciones de gran magnitud al medio ambiente.

Según (García, 2014) en los últimos años las investigaciones confirman que el mal manejo de los recursos naturales (agua, suelo, bosque, otros), ha sido la causa fundamental de los problemas antes mencionados. Ello ha generado efectos adversos en los aspectos biofísicos

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

(deforestación, pérdida de suelos, pérdida de biodiversidad, disminución y contaminación de caudales en los ríos y quebradas) y en la vida de los pobladores (pérdidas económicas por inundaciones y sequías, disminución en la producción de sus cultivos, enfermedades, mayor costo del agua), lo que disminuye en general la calidad de vida de la población.

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 su responsabilidad sobre el cuidado y la protección de las mismas (García, 2014).

Las fuentes terrestres de contaminación de las franjas costeras y del mar deberían hoy ocupar una posición tan destacada en el tema ambiental como lo tiene la preocupación por el cambio climático. Sin embargo, en la práctica esto aún no ocurre. La alteración y destrucción del hábitat, los efectos en la salud humana, la eutrofización, la disminución de peses y otros recursos vivos, cambios en el flujo de sedimentos, son aspectos vinculados a las fuentes fijas y difusas de la contaminación producida por actividades que tienen lugar en tierra y que por el efecto de captación de agua que tienen las cuencas hidrográficas generan efectos concentrado en la desembocadura de los ríos, en el mar y en las zonas costeras aledañas (Escobar, 2002).

De acuerdo con (GESAMP, 2001), las principales fuentes fijas de contaminación, corresponden a las plantas industriales, desechos municipales y sitios de extracción, explotación y construcción como excavaciones (explotación agrícola, aprovechamiento forestal, minería etc). Los contaminantes presentes en las fuentes industriales son por lo general, nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos, radionúcleo y propiedades físico-químicas específicas como pH, salinidad, demanda de oxígeno, dureza, etc. Los componentes de los desechos son microorganismos patógenos, nutrientes y carbono orgánico y se encuentran combinados con aceite, grasas y productos químicos derivados de la industria, lo que entran en la corriente de desechos domésticos a través de los sistemas de alcantarillado y la escorrentía pluvial. Los desechos industriales contienen cantidades altas de materia orgánica provenientes de las plantas procesadoras de alimentos y bebidas y de la industria del cuero y de la madera.

Las fuentes difusas más evidentes corresponden a la agricultura, por el uso de insecticidas y pesticidas, así como el aporte de residuos de insumos agrícolas y restos de vegetales y animales. Muchas veces se produce la contaminación de acuíferos. La actividad forestal intensiva, sobre todo de plantaciones, también es una fuente difusa de contaminantes y produce, al igual que la actividad agrícola, cargas de nutrientes, pesticidas y sedimentos. El

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

principal efecto de estas actividades es el incremento en la movilización de sedimentos, nutrientes y material particulado. Los principales contaminantes y procesos que afectan negativamente la calidad del agua según (Escobar, 2002) se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Contaminantes y procesos que afectan negativamente la calidad de las aguas. Fuente: (Kraemer, Choudhury y Campa, 2001).

Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
Contaminantes Orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutrofización.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos.
Nutrientes	Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Fuentes industriales, domésticas, escorrentía agrícola.
Metales pesados	Su origen son los centros industriales y mineros, también pueden provenir de actividades militares.	Fuentes industriales y mineras, asentamientos humanos y actividades militares.
Contaminación microbiológica	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (E. coli, amebas etc.)	Fuentes municipales
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, compuestos orgánicos persistentes (COP), cianotoxinas, compuestos órgano estánnicos de pinturas anti incrustantes.	Fuente industriales, asentamientos humanos, escorrentía agrícola.
Químicos traza y compuestos farmacéuticos	Desechos hospitalarios, son sustancias peligrosas no removidos necesariamente por los tratamientos convencionales y han sido reconocidos con disruptores endocrinos y carcinogénicos	Industria química y farmacias
Partículas suspendidas	Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se originan principalmente de prácticas agrícolas y del cambio en el uso de la tierra, como desforestación, conversión de pendientes en pastizales originando erosión.	Industrias, asentamientos humanos, escorrentía agrícola, y cambios en el uso de la tierra.
Desechos nucleares	Incluye una gama alta de radio núcleo utilizados con fines pacíficos.	Plantas nucleares, fallout radioactivo, ensayos nucleares, desechos hospitalarios he industriales.
Salinización	Se produce por la presencia de sales en el suelo y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas donde se riega (lavado de sales).	Presencia de sales en los suelos, la que aflora por carecerse de un buen drenaje, irrigación con agua salobre, agua de yacimientos secundarios de petróleo.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Acidificación	Está relacionado con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas.	Fuentes industriales y fuentes municipales.
---------------	--	---

En Cuba se encuentran un gran número de focos contaminantes principalmente ubicados en zonas portuarias estrechamente vinculadas con las industrias. También es de mencionar que otros focos dañinos son el incremento de medios de transporte con motores de combustión provocando emisiones de bióxido de carbono en las grandes ciudades, la población también es causante de grandes focos contaminantes en los ríos provocando enfermedades dañinas para la sociedad y dañando seriamente el ecosistema, ejemplo de esto, son los ríos Los Guaos y Gascón, localizados en la provincia de Santiago de Cuba, los cuales se ven afectados por numerosos focos dañinos en el área de estudio.

1.3 Características de la contaminación del agua.

La contaminación del agua aparece desde el primer momento en que surge este preciado líquido, es decir, cuando ocurre el primer estancamiento comenzaron a evolucionar diversos microbios que la contaminaron. Durante la evolución de la tierra siempre hubo contaminación pero se empezó a estudiar a partir de la segunda revolución industrial, ya que en este periodo comenzaron a utilizarse maquinarias que contaminaron las aguas cercanas a las fábricas.

Un agua está contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a la que va destinada, para lo que sería apta en su calidad natural (Contaminación del agua, 2019).

1.3.1 Causas de la contaminación del agua.

Como se ha visto, las principales (por no decir la gran mayoría) de las causas de la contaminación del agua provienen del modo de vida de los seres humanos y, en especial, del modo en que se consumen los recursos naturales y disponemos de los subproductos y desechos de nuestras actividades.

Desde la Revolución Industrial y el exponencial crecimiento de la población mundial durante los siglos XIX y XX, las necesidades de agua, energía y materias primas de la humanidad no ha hecho sino aumentar. La contaminación de agua, aire y tierra es una consecuencia directa. (Raffino, 2018)

Se define que las causas principales de la contaminación del agua según (Romero, 2019) son:

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

El vertimiento del océano: Proviene de los ríos, los cuales adoptan varias formas de desecho de la tierra y son de origen urbano e industrial. Los sistemas de alcantarillado descargan agua en los ríos, una vez que han pasado por una instalación de saneamiento del agua.

Buques y accidentes: Los buques de carga transportan todo tipo de mercancías en todo el mundo. Cuando se generan accidentes, pueden ocurrir derrames y las mercancías entran en contacto con el agua, generando alteración de la zona y provocando problemas dentro del ecosistema afectado.

En el caso de los derrames de petróleo y derivados, estos poseen diversos hidrocarburos con moléculas de diferentes pesos y propiedades, que no permiten visualizar de inmediato la magnitud del daño. Son difíciles de limpiar y pueden ocasionar problemas de salud a nivel renal o cancerígenos entre otros.

Las emisiones atmosféricas: La atmósfera es otra manera por la cual los contaminantes llegan a los océanos. Las fracciones de polvo más ligeras y los desechos serán absorbidos por el viento y sopladados hacia el océano. Un gran número de partículas de polvo llevarán trazas metálicas, que se distribuyen de esta manera.

Un segundo tipo de contaminación atmosférica que afecta al medio marino son los gases de efecto invernadero, los cuales al calentar la tierra también elevan las temperaturas en los océanos.

Parece ser que una consecuencia secundaria es que el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera contribuye a la acidificación de los océanos. En tercer lugar, los procesos de combustión (como motores de automóviles) producen una cantidad significativa de SO₂ y NO₂. Esto aumenta la aparición de las lluvias ácidas.

Esguerramiento y vertidos de tierra: Las aguas provenientes de los procesos agrícolas e industriales contienen altos niveles de nitrógeno y fósforo. De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), más del 40% de las cuencas hidrográficas del Oeste de los EE.UU. han sido contaminadas con metales, que van a parar al océano.

Minería en alta mar, perforación de petróleo y gas: Este proceso intenta desenterrar depósitos de sulfuros y metales importantes y preciosos como: plata, manganeso, cobre, oro y zinc, cerca de respiraderos hidrotérmicos, aproximadamente de 1400 m a 3700 m debajo de la superficie del océano.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La minería se realiza con bombas hidráulicas y baldes que se toman hacia arriba y hacia abajo para llegar a los minerales y transportarlos a la superficie.

Contaminación radiológica de las aguas subterráneas: Se produce porque todos los agentes contaminantes son materiales radioactivos. Estos tienen átomos inestables que van hacia mayor estabilidad cuando se transforman. Se origina por radiación de origen natural, pruebas de armas nucleares y usos pacíficos de la energía atómica.

La radiación natural se compone de la radiación cósmica, a la cual está expuesto el hombre. La radiación terrestre es ocasionada por los radionucleidos naturales en la corteza terrestre.

Como se puede observar las causas de la contaminación de las aguas son diversas, la mayoría está estrechamente vinculada con las actividades humanas por lo que si se toma conciencia estas podrían disminuir permitiendo un mayor empleo de este preciado líquido.

1.3.2 Contaminantes del agua.

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 autodepuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible. Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- 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.
- Basuras, desechos químicos de las fábricas, industrias.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensoactivas 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.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

- 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 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 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.
- Vertimiento de productos químicos y desechos industriales. Consiste en la deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceites, ácidos, soda, aguas de formación o profundas, etc.) provenientes de las actividades industriales.
- Ruido de construcciones marítimas, barcos y pozos petroleros producen ondas sonoras no naturales que afectan la forma de vida de animales que se comunican por medio de la ecolocación como la ballena y el delfín.

1.3.3 Clasificación de los contaminantes del agua

Según (Albert *et al*, 2004) la clasificación de los contaminantes que se encuentra en el agua puede hacerse de forma muy diversa. Una de las que atiende a la naturaleza física, química o biológica de los agentes, es la siguiente:

Aquí se encuentran agentes físicos como el calor, también aparecen compuestos químicos inorgánicos como sales, ácidos y bases; elementos tóxicos como metales y no metales, existen además los elementos radioactivos, los gases y especies minerales no disueltas como el sílice y la arcilla; compuestos químicos orgánicos como hidratos de carbono, aminoácidos, proteínas, aceites y grasas; hidrocarburos derivados del petróleo; pesticidas y Policlorobifenilos (pcbs), fenoles, Trihalometanos etc. también hay presencia de bionutrientes como compuestos nitrogenados y organonitrogenados; por otro lado, hay compuestos fosforados y organofosforados; microorganismos como bacterias, virus, hongos y algas.

Como se pudo observar el agua tiene un sinnúmero de características contaminantes las cuales son consecuencias de la actividad del hombre, una de las zonas más afectadas por parte de estos problemas son las cuencas hidrográficas poseedoras de un sinnúmero de seres vivos.

1.4 Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica brinda múltiples e importantes servicios relacionados con el agua, desde los servicios directos de provisión de bienes o productos, tales como el abastecimiento de agua para la población y para las actividades productivas, hasta la provisión de servicios indirectos tales como los de regulación, de hábitat y otros relacionados con el ecoturismo. Los servicios que brinda la cuenca hidrográfica usualmente son ignorados por las sociedades que la habitan, en tal sentido estos servicios enfrentan importantes amenazas tales como, la sobreexplotación de los recursos (agua y tierra), la construcción de infraestructura de grandes dimensiones que alteran el funcionamiento natural, la contaminación, etc. (Aguirre, 2011). A partir de una revisión bibliográfica se han expuesto varios conceptos de cuencas hidrográficas. Se define como cuenca hidrográfica al espacio del terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en la que se desarrolla un sistema de drenaje pluvial superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río de mayor caudal. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica siguiendo la divisoria de las aguas (Faustino *et al*, 2000).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La cuenca hidrográfica es un espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las aguas (aguas provenientes de precipitaciones, de deshielos, acuíferos, etc. Que discurren por cursos superficiales o ríos) hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante como un río, un lago, o un océano). El ámbito de la cuenca hidrográfica es un espacio territorial natural independiente de las fronteras político - administrativa internas de un país o de fronteras internacionales (Aguirre, 2011).

La cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o “divisorios de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997).

La cuenca hidrográfica es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos (Aguirre, 2011), además, puede ser definida como un territorio que es delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. (Garcés, 2011).

Una cuenca hidrográfica es una unidad geográfica definida por la divisoria de las aguas en un territorio dado, en la cual los procesos ecosistemáticos de intercambio de materia y flujo de energía que se integran a través de la vinculación de los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos (Mitsch y Gosselink, 2000).

Partiendo de los conceptos antes analizados, de las revisiones bibliográficas se considera como cuenca hidrográfica al conjunto territorial más apto para la gestión integral de todos sus recursos, el cual, presenta una determinada área geográfica definida por las partes más altas del terreno del río, las divisorias. En ella se unen una serie de afluentes que conforman un caudal único el cual va a finalizar en un lago o en una desembocadura marítima.

La cuenca hidrográfica constituye un área de vital importancia para el desarrollo sostenible de la sociedad, el manejo integrado de esta sería un paso fundamental para un equilibrio naturaleza-sociedad.

En la figura 1.1 se puede observar las partes de una cuenca hidrográfica:



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

1.4.1 Concepto de Manejo Integrado de Cuenca Hidrográfica.

Unas de las formas efectivas de operativizar el manejo integrado de los recursos naturales es mediante el manejo de cuencas. La cuenca como unidad geográfica constituye un ámbito biofísico ideal para caracterizar, diagnosticar, evaluar y planificar el uso de sus recursos, por tanto, un área cultivada puede ser el medio adecuado para el manejo de estos recursos; según la vocación de la cuenca y de acuerdo a los sistemas productivos en la dinámica de su entorno ecológico y socioeconómico. En este sentido la base de integración es el área cultivada en la cual el agricultor toma las decisiones en cómo utilizar los recursos, en consecuencia, para garantizar el manejo de cuencas es importante definir el factor sociocultural y cómo lograr la participación activa de los agricultores y la comunidad. La integración de todas las áreas cultivadas bien manejadas permitirá lograr el manejo total de la cuenca (Faustino *et al*, 2000).

El manejo integrado de cuencas se refiere a la gestión que el hombre realiza a nivel de la cuenca. El objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, el bosque y el suelo, considerando el hombre y la comunidad como el agente protector o destructor. El manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad. (Ramakrishna, 1997).

(Despaigne, 2016), define el manejo de cuencas como la aplicación de principios y métodos para el uso racional e integrado de los recursos naturales de la cuenca, fundamentalmente

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

agua, suelo, vegetación y fauna, para lograr una producción óptima y sostenida de estos recursos, con el mínimo deterioro ambiental, para beneficios de los pobladores de las cuencas y de las poblaciones vinculadas a ellas. Agrega, que en el manejo de cuencas es imprescindible la participación activa de la población local debidamente organizada, con el apoyo coordinado de las instituciones públicas y privadas pertinentes.

La aplicación de una visión ecosistémica a los recursos hídricos, en tanto visión holística, conduce a un sistema de gestión denominado manejo integrado de los recursos hídricos o gestión integrada. El manejo integrado comprende el manejo de las aguas superficiales y subterráneas en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico, desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades de la sociedad y la naturaleza, en materia de agua. En la práctica esto significa reconocer que los sistemas hídricos ecológicamente saludables constituyen la base de un uso sostenible por parte del hombre, la flora y la fauna (Aliste, 2010).

Se define la Gestión Integrada de cuencas como: un proceso que promueve el aprovechamiento coordinado del agua y los recursos relacionados con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 2007).

Algunos científicos y académicos cubanos consideran al manejo integrado como una de las formas de gestión ambiental, en la que se desarrollan mecanismos que permiten planificar, ordenar y monitorear las actuaciones sobre territorios que tienen determinadas problemáticas ambientales, propiciando vías de desarrollo alternativo más sostenibles. Sobre esto J. Mateo opina que “el manejo se refiere a los procesos de Gestión Ambiental que se llevan a cabo en determinados sectores socioeconómicos o tipos específicos de sistemas ambientales. Se habla así, de Manejo de Cuencas y de Manejo Integrado de Zonas Costeras (Despaigne, 2016).

Con relación al concepto Manejo Integrado o Gestión de Cuencas no existe una definición exacta que unifique o precise los objetivos de las distintas formas de gestión de cuencas. Estrechamente relacionado con disposiciones referentes al agua, particularmente en cuanto al uso y concesión del agua para usos domésticos, agrícolas e industriales.

1.5 Normas Cubanas para la calidad de las aguas

Cuba es un territorio en el que se encuentran almacenados grandes volúmenes de contaminantes que han afectado directamente al medio ambiente, siendo el agua uno de los recursos más afectados.

Nuestro país creó una serie de normas que beneficiaron la calidad de este importante líquido, entre estas normas se pueden mencionar las siguientes:

- **NC 441: 2006** Salud ambiental. Piscinas. Requisitos higiénico sanitarios y de seguridad: establece los requisitos higiénico-sanitarios y de seguridad para las albercas de uso público, pero entre sus definiciones también se encuentran las de uso privado (domésticas), como aquellas gratuitas destinadas a la recreación del propietario y sus familiares.
- **NC 521: 2007** Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas — especificaciones: Esta norma regula el vertimiento de todas las aguas residuales generadas por las actividades socio económicas a la zona costera y a las aguas marinas, y tiene como objetivo prevenir la contaminación de los ecosistemas marinos y marino costeros.
Se aplica a todos los vertimientos de aguas residuales en los límites de la zona costera del territorio nacional y de las aguas marinas jurisdiccionales de la República de Cuba.
Clasifica los cuerpos marinos en los límites del territorio nacional, de las aguas del mar territorial y de la zona económica de la República de Cuba teniendo en cuenta las características de los ecosistemas y el uso socioeconómico pretendido.
- **NC 827: 2012** Agua Potable. Requisitos Sanitarios: Esta norma establece los requisitos sanitarios del agua potable, estos requisitos se aplicarán a las aguas de consumo humano procedentes de sistemas de abastecimiento público o individual en todo el territorio nacional.
Esta norma no se aplica a las aguas de bebidas envasadas, aguas minerales naturales, aguas de hemodiálisis y otras aguas especiales, cuyos requisitos de calidad son establecidos por otras Normas Cubanas.
- **NC 1021: 2014** Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria:
Esta Norma Cubana establece los requisitos sanitarios de los sistemas de abastecimiento público de agua desde la captación del agua en la fuente de abasto hasta su almacenamiento y distribución y se aplica a todos aquellos sistemas que sean administrados por cualquier entidad con fines de producción de agua potable, así como en los proyectos de nuevas obras, remodelaciones y ampliaciones.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

- **NC 27: 2012** Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
- **NC 22: 1999** Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénico sanitarios.
- **NC 25: 1999** Evaluación de objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones.
- **NC 1212: 2017** Calidad del agua. Requisitos generales para la toma de muestras de sedimentos de objetos hídricos para el análisis de la contaminación.
- **NC 1213: 2017** Calidad del agua. Determinación de hidrocarburos monoaromáticos en agua potable.
- **NC 1214: 2017** Calidad del agua. Determinación de sulfuros totales. Método yodométrico.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS, SOCIECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN

En este capítulo se realizará primeramente una Metodología de Trabajo la cual servirá de guía en la elaboración de este trabajo, además se hará una caracterización de los aspectos físicos, socioeconómico y ambiental, presentes en esta zona de manejo.

2.1 Metodología de Trabajo

En el trabajo se realizará una delimitación geográfica de la cuenca, luego una investigación de las características medioambientales económicas y sociales en la zona y además se tendrá en cuenta los aspectos teóricos conceptuales del estudio de los focos contaminantes en la calidad de sus aguas, la caracterización y la delimitación de la zona de estudio junto con los aspectos teóricos conceptuales vinculados a este estudio permitirá realizar una identificación de los principales focos que influyen en la contaminación de la cuenca. Esto junto con documentos del CITMA y levantamientos en el campo permitirá hacer una caracterización de dichos focos lo cual servirá de base para conocer la influencia de estas fuentes contaminantes en la calidad de las aguas en los ríos. Luego se hará un análisis de los resultados obtenidos en las muestras de agua realizadas por el INRH de Santiago de Cuba en los ríos Los Guaos y Gascón. Se finalizará el trabajo con las conclusiones y recomendaciones (Ver figura 2.1).

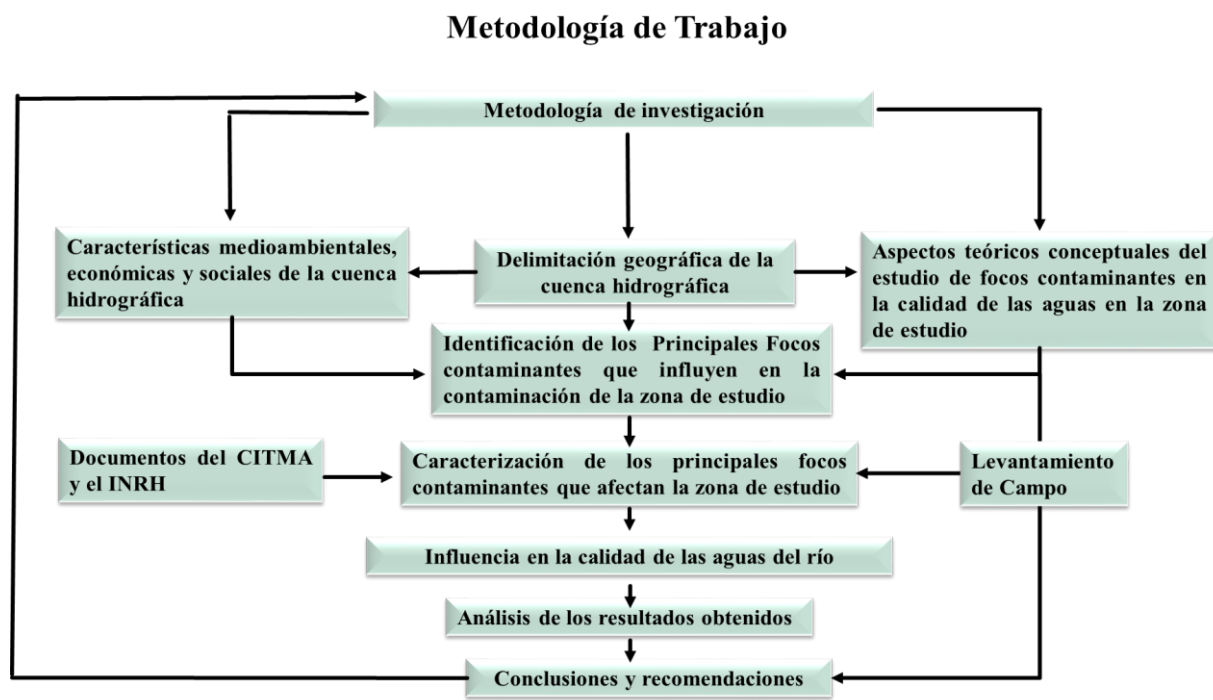


Figura 2.1. Metodología de trabajo. Fuente: Autor, (2019).

2.2 Características de la región de estudio

La cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón, se localiza en la zona oeste de la ciudad de Santiago de Cuba, esta limita con las Cuencas de los ríos Ollao y el Cocal, al este por la ciudad de Santiago de Cuba y el poblado de Cuabitas, al oeste por la cuenca del río Parada y al sur por la bahía de Santiago de Cuba. Está conformada por los ríos Los Guaos y Gascón y su área es de 34,5 Km² (Ver Figura 2.2).

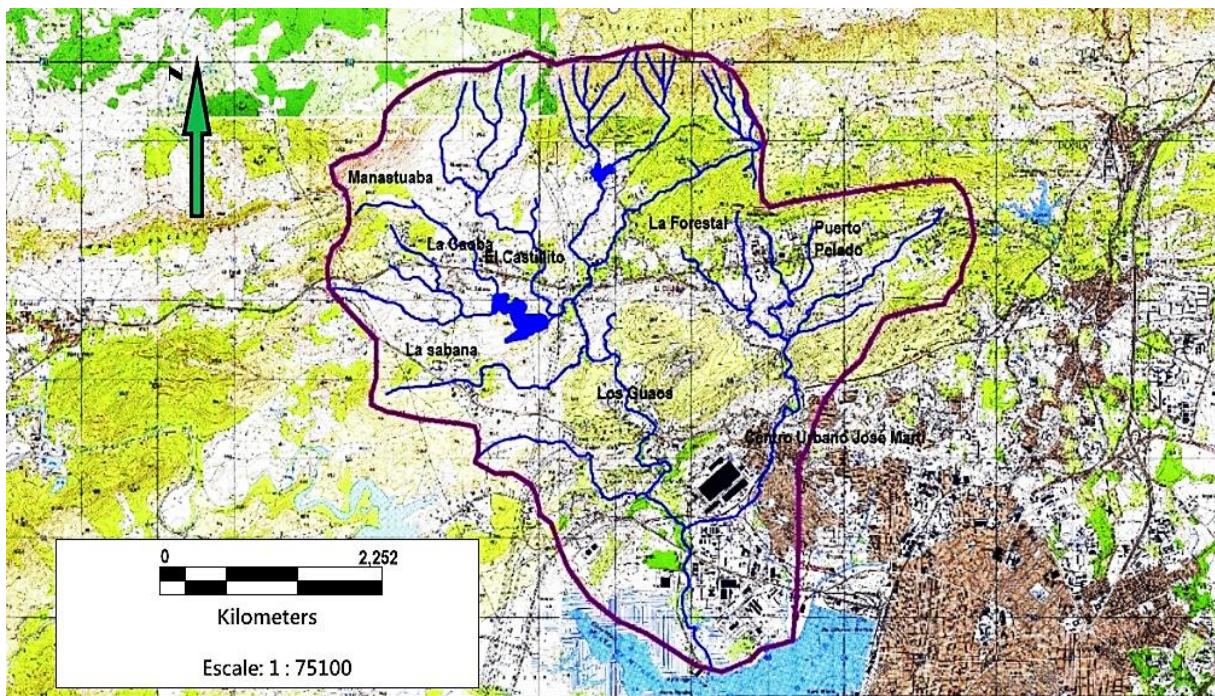


Figura 2.2. Área de la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Autor, (2019).

El río Gascón forma parte de la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón, este limita al norte con las estribaciones de la Sierra de Boniato, al sur con la Bahía de Santiago de Cuba, al este se extiende la cuenca del río Yarayó y al oeste con el río de los Guaos, el mismo presenta una extensión de 6,45 km y el área de su cuenca es de 8,8 km² (Pérez *et al*, 2012).

El río los Guaos limita al norte con las estribaciones de la Sierra de Boniato, al sur con la Bahía de Santiago de Cuba, al este con la cuenca del río Gascón y al oeste con la cuenca del río Parada. Presenta una extensión de 11 km con relieve entre llano y ondulado (Marañón, 2011).

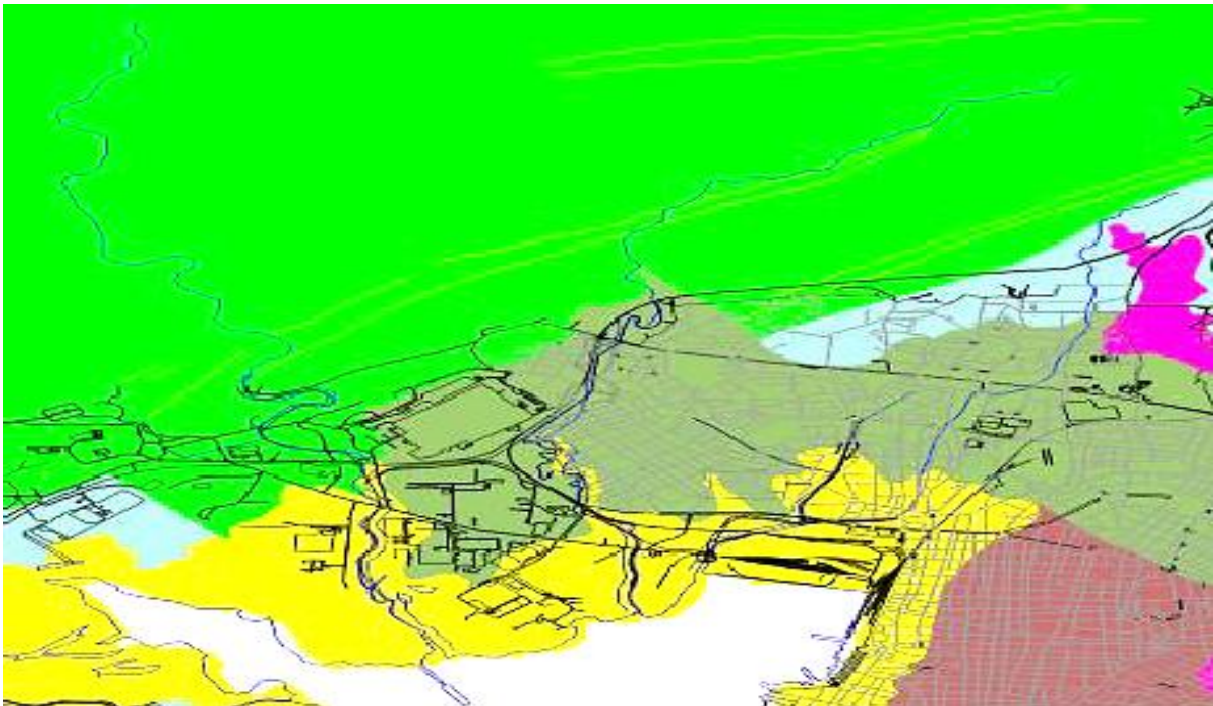
Es de mencionar que con la renovación y ampliación de la Avenida 40 de Vista Alegre, hace aproximadamente 13 años, se decidió unir los cauces de los ríos Los Guaos y Gascón los cuales desembocan en la Bahía de Santiago en un mismo cauce.

2.2.1 Hidrología

El desarrollo acelerado y no sustentable (Despaigne, 2016) ha incidido sobre la naturalidad de los cursos fluviales, además de haberse modificado el cauce del río Gascón por problemas de drenaje en las partes bajas, los asentamientos poblacionales han cambiado el entorno natural, toda vez que se han tomado áreas para establecer cultivos y ejecutar cárcavas para la extracción de áridos.

2.2.2 Geología

La cuenca está constituida en su mayor parte por las siguientes formaciones geológicas (Ver figura 2.3): formación Santiago, formación Río Macío y la formación El Cobre, la que se encuentra dividida en tres miembros: Miembro Caney, Miembro Hongolosongo y Miembro



Yarayabo (Pérez, 2015).

Figura 2.3. Mapa de Ingeniería geológica. Fuente: (Zapata, 1995).

Formación Santiago: Se desarrolla en la parte noroeste de la bahía de Santiago de Cuba y está representada por arcillas arenolimosas, calcáreas, friables, finamente estratificadas con concreciones de CaCO_3 , de color carmelitoso y a veces con tonalidades grisáceas.

Formación Río Macío: Se extiende en la cuenca y orillas del río El Cobre y está constituida por bloques, cantos rodados, gravas, aleuritas, arenas y arcillas derivadas de la erosión fluvial y regional. Se caracteriza por los distintos tipos de sorteamientos, yacencia y redondeo de los

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

fragmentos que la componen; en su secuencia se distinguen los sedimentos de los períodos relativamente secos hasta los depositados durante las perturbaciones ciclónicas; la estratificación suele ser cruzada y lenticular. Su potencia es generalmente de 1 a 2 m, pero puede alcanzar en ocasiones de 10 a 20. Sobre la base de su posición estratigráfica, su edad es del holoceno, aunque yace discordantemente sobre formaciones más antiguas (El Cobre).

Formación El Cobre: Está ampliamente distribuida a través del flanco del anticlinorium perteneciente a la Sierra Maestra, la cual se extiende a lo largo de 200 km con dirección sub-latitudinal con cierta desviación hacia el suroeste. Su mayor parte se halla representada por rocas andesíticas, tanto efusivas como vulcanógenas- sedimentarias, aglomeradas, tobas en todas sus combinaciones, tufitas (mayormente calcáreas) y además por intercalaciones en distintas partes de lentes y capas de calizas organogenias y calizas tobáceas.

Miembro Caney: Su parte superior aflora al suroeste de la región. En él predominan las rocas piroclásticas de composición básica y media, de diferente granulometría, rocas con numerosas intercalaciones de poco espesor lentes de calizas, masillas y brechosas.

Miembro Hongolosongo: Este miembro está formado por tres series:

- 1- La inferior, representada por fragmentos gruesos y medios, de composición media a ácida, tufitas y tobas.
- 2- La serie media representada por conglomerados tobáceos, areniscas tobáceas y tufitas, etc.
- 3- La superior, en esta se encuentran las cabezas macizas y brechosas con fragmentos de rocas tobáceas. En este miembro se encuentra el cuerpo subvolcánico de porfiritas andasíticas–dacíticas, a la cual corresponde el yacimiento Los Guaos.

Miembro Yarayabo: Yace concordantemente sobre el miembro anterior predominando en su parte inferior las lavas, brochas y tobas de composición media y ácida y areniscas tobáceas.

2.2.3 Características del clima

Según (Luna Azul, 2013), La zona se caracteriza por un clima tropical y seco con temperaturas mayores de 26 °C, la mayor parte del año. La temperatura media más alta en el período es de 31°C y la media más baja es de 26 °C. La humedad relativa oscila entre un 70% y un 75%. La precipitación media anual varía entre los 800 a 1000 mm de lluvia.

El período húmedo se prolonga desde mayo hasta noviembre. Se puede observar como las precipitaciones van aumentando según la pendiente por lo que en la zona más altas las precipitaciones (entre 800 – 1000 mm) en el año. En el periodo seco desde diciembre hasta

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

abril se puede observar que se presentan precipitaciones hasta 200 mm en la zona más baja de la cuenca, sin embargo, en la zona media y más alta existen precipitaciones entre 200 y 400 mm, variando según la pendiente. (Despaigne, 2016). (Ver Anexo 2.1: Mapa de Precipitación Media Anual en el período lluvioso y en el período seco).

2.2.4 Flora y Fauna

En un artículo publicado por (Montes de Oca, *et al*, 2013) se plantea que en la zona se puede encontrar una gran variedad de plantas: *Manguiphera indica* (mango), *Dichrostachys glomerata* (marabú), *Leucaena glauca* (aroma blanco), *Laurocerasus occidentalis* (almendro), *Comocladia dentada* (guao), *Xylopia obtusifolia* (malagueta), *Annona glabra* (palo bobo), *Dipholis salicifolia* (almendrillo) y *Annona montana* (guanábana de loma).

Entre la variedad faunística se encuentran: *Rana castebiana* (rana toro), *Anolis porcados* (lagartija verde), *Epicrates anzulyso* (majá), *Crapromys presiles* (jutía conga), *Chorostibon ricordii* (zunzún), *Mimus polygottos* (sinsonte), *Columbina passerina* (tojosa), *Catharter aura* (aura tiñosa) y el *Phyllonyenys poeys* (murciélago).

Ninguna de las especies inventariadas está considerada como amenazada de extinción, y la fauna residente en el área no es muy abundante en mamíferos y no presenta características especiales que ameriten criterio de conservación.

En el área más cercana a la ciudad, la cuenca ha sufrido una depredación considerable por parte del hombre, primero atribuible al desarrollo industrial y urbanístico y segundo a la supervivencia de las poblaciones para mantener su Propuesta de un plan de acción para la reducción del riesgo de desastres en la cuenca de los ríos Los Guaos – Gascón, con un enfoque de manejo integrado de zonas costeras. propio hábitat, las cuales han destruido a su paso bosques naturales, condiciones ecológicas de la fauna por la caza furtiva y otras. En las partes más alejadas de la urbanización se encuentran restos de formaciones arbóreas que conservan la biodiversidad en la cuenca, fundamentalmente en las zonas altas, aunque en algunas áreas han sufrido los efectos de erosión del medio. Entre las especies fanerógamas y biotitas existen grandes cantidades, y están distribuidas por toda la cuenca hidrográfica (Despaigne, 2016) (Ver Anexo 2.2).

2.2.5 Suelos

Los suelos característicos de la cuenca son pardos con carbonatos, pardos sin carbonatos, aluviales y esqueléticos. (Despaigne, 2016). (Ver Anexo 2.3: Mapa de Suelos). A continuación, se explican las características de cada uno de ellos.

Pardos con carbonatos: De este tipo solo fue detectado un contorno pequeño, por lo que carece de relevancia desde el punto de vista integral de la cuenca; no obstante, se mencionan algunas características importantes: color pardo oscuro en el primer horizonte, pasando a pardo grisáceo hasta llegar a pardo amarillento o blanquecino; son suelos poco profundos, con relieve ligeramente ondulado, drenaje superficial e interno bueno y el pH fluctuante entre 6,6 y 7,0 unidades.

Pardos sin carbonatos: Son suelos de color pardo en el primer horizonte, que pasan a pardo claro en el horizonte B y luego a un pardo amarillento en los horizontes inferiores. Están formados por un proceso denominado sialitización, proceso de la reducción de la sílice y otros elementos como el hierro. Se detectaron suelos poco profundos, con un pobre desarrollo del perfil edafológico, que se desarrollan en relieve muy variable, generalmente ondulado a alomado, muy extendidos en la cuenca. Su drenaje superficial e interno es bueno. El material de origen de estos suelos está constituido por rocas ígneas intermedias y ácidas.

Esqueléticos: Abarcan gran extensión en la cuenca y ocupando las posiciones más altas en esta. Se caracterizan por tener un perfil edafológico poco desarrollado, con una profundidad efectiva pequeña y un alto contenido de gravas, rocas y otros materiales. Están fuertemente afectados por el proceso erosivo, formados a partir de rocas ígneas ácidas, con pocos humificados. Su pH es ácido y tienen buen drenaje superficial e interno.

2.2.6 Relieve

El relieve en la región se puede clasificar como semimontañoso, cuyo origen se relaciona con procesos tectónicos y erosivos. En la zona las cotas más altas presentan un valor de 231 m sobre el nivel del mar y las cotas mínimas son de 50 m, esto es apreciable al oeste donde el relieve es más ondulado (Montes de Oca, *et al*, 2013).

En el siguiente mapa se observa completamente el relieve de la cuenca y sus principales sistemas fluviales (Ver figura 2.4).

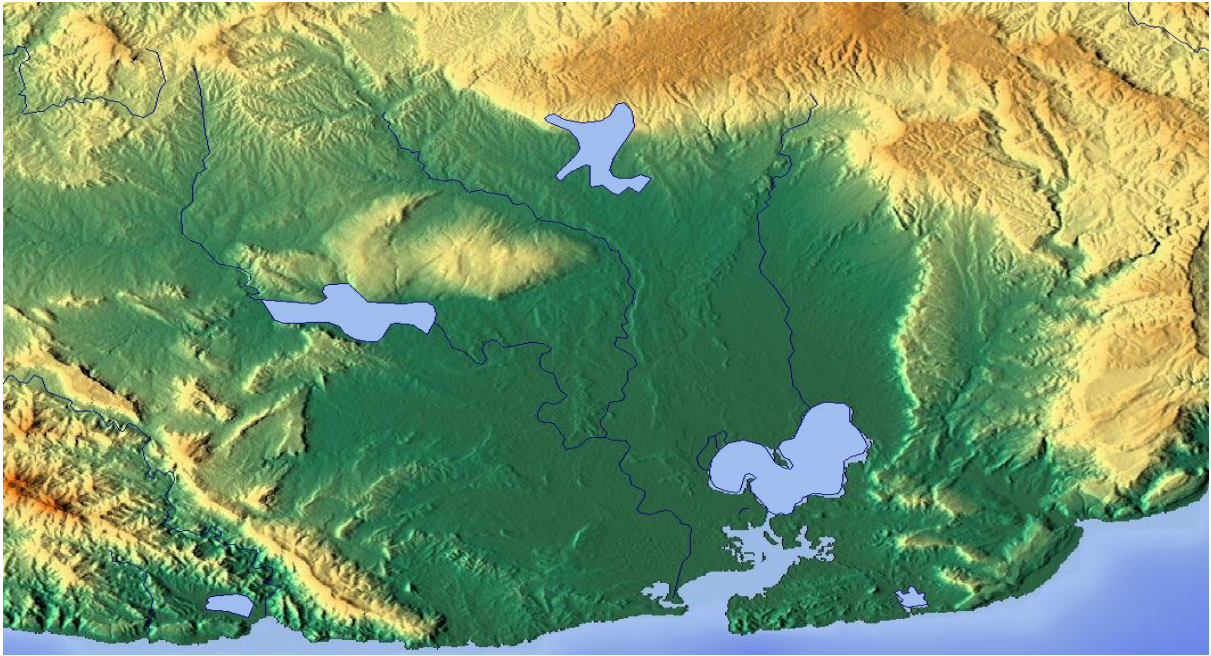


Figura 2.4. Mapa Orográfico. Fuente: Google Map., (2019)

2.2.7 Hidrografía

La red hidrográfica la forman los ríos Guaos, Gascón y algunos arroyos. Estos ríos tienen una dirección norte-sur, siendo de carácter intermitente en época de estiaje. El río Gascón nace al Norte del área en las inmediaciones de la Sierra Puerto Pelado y desemboca en la bahía de Santiago de Cuba atravesando en su recorrido rocas de la formación "El Cobre". El río Los Guaos nace al Norte y desemboca en la bahía de Santiago de Cuba. (Pérez, 2015), su cuenca tiene una extensión de 34 km² y está localizada en la parte oeste de la ciudad de Santiago de Cuba. Esta red hidrográfica de ambos ríos culmina su recorrido en una misma desembocadura (Valdés *et al.*, 2014a).

2.2.8 Servicios sociales y culturales

La cuenca abarca toda la Zona Urbana de Marimón, el desarrollo industrial, el área correspondiente al Distrito "José Martí" Norte y Sur y toda la superficie más cercana a la cuenca, donde se incluyen escuelas, policlínicos, consultorios médicos, comercios, unidades de gastronomía, entre otras. El territorio más alejado, que contempla es El Castillito, las viviendas a las orillas de la Carretera Central hasta el Camino Viejo de El Cobre. En el interior de la cuenca se localizan centros educacionales, tiendas de víveres y otras estructuras; no obstante, por la cercanía a la ciudad, muchos utilizan los servicios que se brindan en estas (Despaigne, 2016).

2.2.9 Aspectos sociales

La Cuenca Los Guaos – Gascón, (Despaigne, 2016), tiene una población aproximada de 77 739 habitantes, 3 282 viven en la zona rural, (4, 22%) y 74 457 en la zona urbana (95,77%), de ellos 36 782 del sexo femenino (47,31) % y 34 684 del sexo masculino (44.61%), (Ver Anexo 2.4: Datos Poblacionales), además su estructura político administrativa está integrada por cinco Consejos Populares: Distrito José Martí Norte, José Martí Sur, Manuel Isla, Agüero-Mar Verde y El Cobre (Ver figura 2.5).

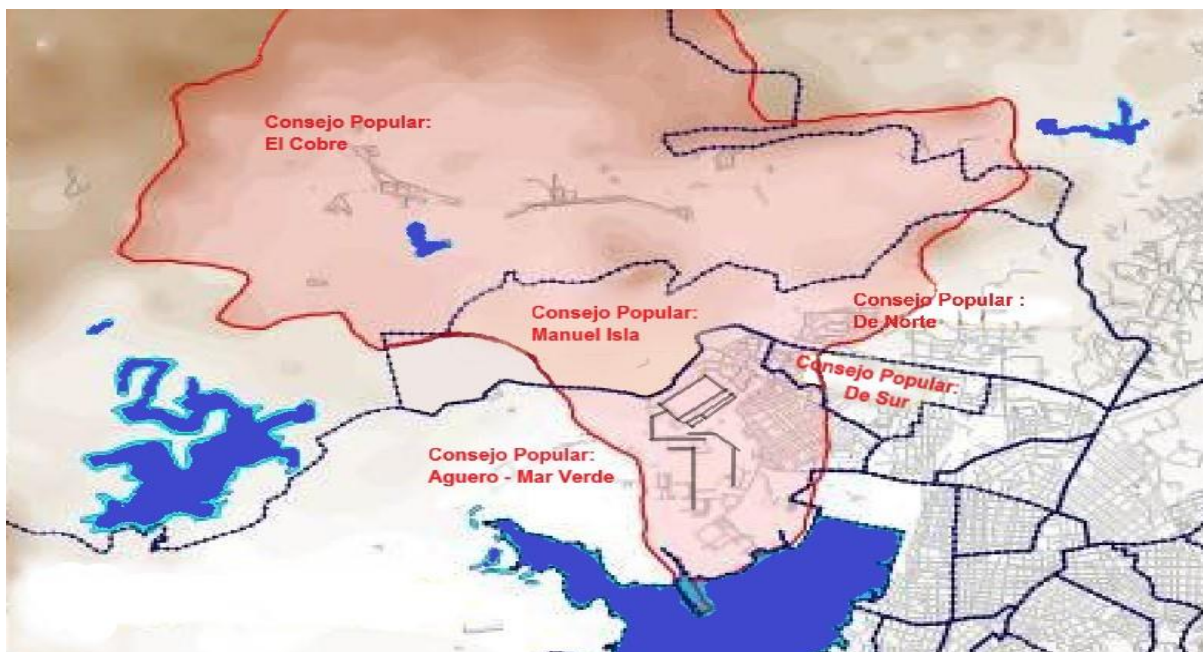


Figura 2.5. Consejos Populares que forman parte de la cuenca hidrográfica. Fuente: (Despaigne, 2016).

EL 90 % de las viviendas existentes en la cuenca la podemos evaluar entre regular y buen estado técnico-constructivo, fabricadas de madera y ladrillos, con techos de zinc y tejas, siendo sólo el 10% la que están evaluadas de malas (Despaigne, 2016).

Existen servicios públicos, de electricidad e hidráulicos; el agua la reciben a través de la parte que integra la ciudad de Santiago de Cuba, proveniente del sistema de acueducto de Parada, que consta de una planta potabilizadora concebida para el desarrollo citadino industrial que en la actualidad está abasteciendo a una elevada cifra de pobladores de los Consejos Populares antes mencionados. Además de la parte de Micro 8 del Distrito "José Martí". Los servicios de educación, salud, compra de alimentos y otros de primera necesidad son recibidos en las instituciones cercanas a las comunidades (Despaigne, 2016).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Los asentamientos más representativos por cantidad de habitantes ubicados (Ver figura 2.6) en la cuenca son: Manantuaba, La Caoba, El Castillito, La Forestal, Puerto Pelado, La Caridad del Cobre, La Sabana, El Saíno, Marimón, Agüero, Nuevo Vista Alegre, Micro7, Micro 8, entre otros (Despaigne, 2016).

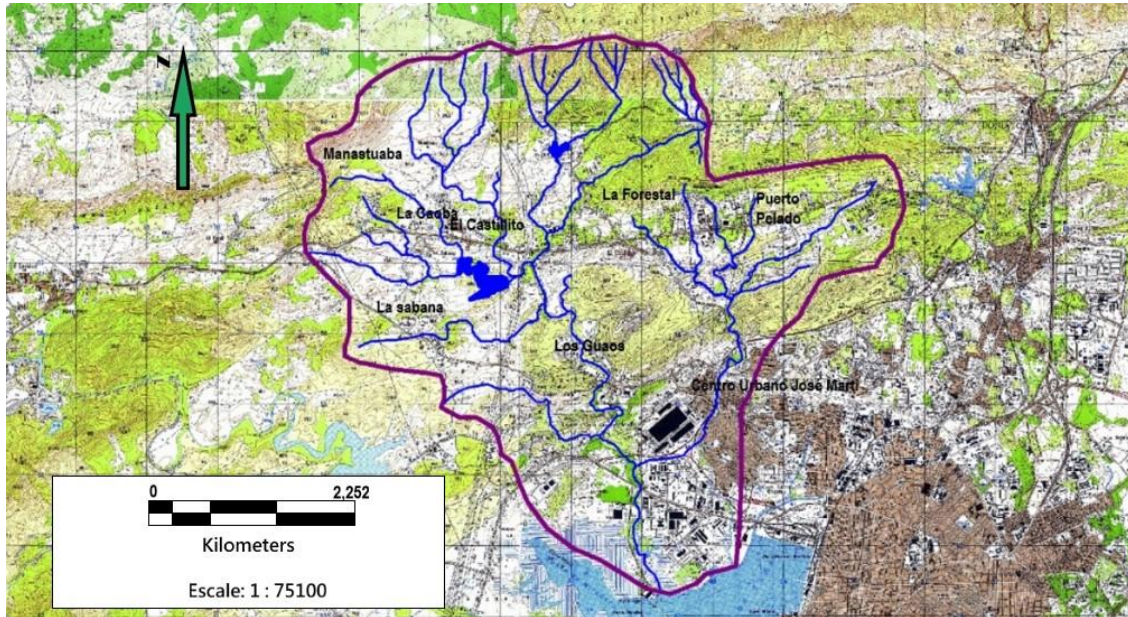


Figura 2.6. Mapa del sistema de asentamientos humanos. Fuente: (Propio Autor).

2.2.10 Transporte, electricidad y red vial

La transportación se realiza a través de camionetas y maquinas particulares, estas ofertan un servicio diario en la zona y se mantiene bastante estable, otra gran parte se traslada mediante los ómnibus estatales como las guaguas articuladas y las dianas, las cuales brindan una gran ayuda a los pobladores en esta área.

La red vial en la cuenca está conformada por dos carreteras fundamentales: la central de este a oeste y la que va desde Marimón hasta unirse con la Carretera Central que atraviesa parte del Ferrocarril Central, a lo cual se suman dos terraplenes que salen del Distrito "José Martí" hasta la carretera central y enlazan el área más interna de la cuenca (Despaigne, 2016).

En cuanto a la electricidad, la cuenca completa dispone del servicio nacional, también se cuenta con la minihidroeléctrica Loma de la Cruz, que está conectada al Sistema Nacional y utiliza el agua de la conductora principal de Santiago de Cuba, proveniente de los embalses del noroeste de la Ciudad de Santiago de Cuba, (Gota Blanca, Palma Soriano, Gilbert y Charco Mono) (Despaigne, 2016).

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. LA INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES FOCOS CONTAMINANTES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS LOS GUAOS Y GASCÓN.

En este capítulo se hará una caracterización de los principales focos contaminantes y se demostrará cómo sus actividades industriales, repercuten negativamente en la zona de estudio. Para lograr esto, se hará un análisis de un estudio realizado a sus aguas, el cual permitirá conocer como han variado sus parámetros y cuáles son los focos contaminantes que los afectan.

3.1 Principales focos contaminantes que influyen en la contaminación de la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón

Las industrias en Santiago de Cuba son las causas fundamentales de contaminación ambiental. La cuenca de los ríos los Guaos y Gascón tiene un gran desarrollo industrial en la provincia, en ella se destacan fábricas, industrias y canteras las cuales diariamente vierten grandes cantidades de desechos tóxicos a los ríos afectando significativamente al medio ambiente.

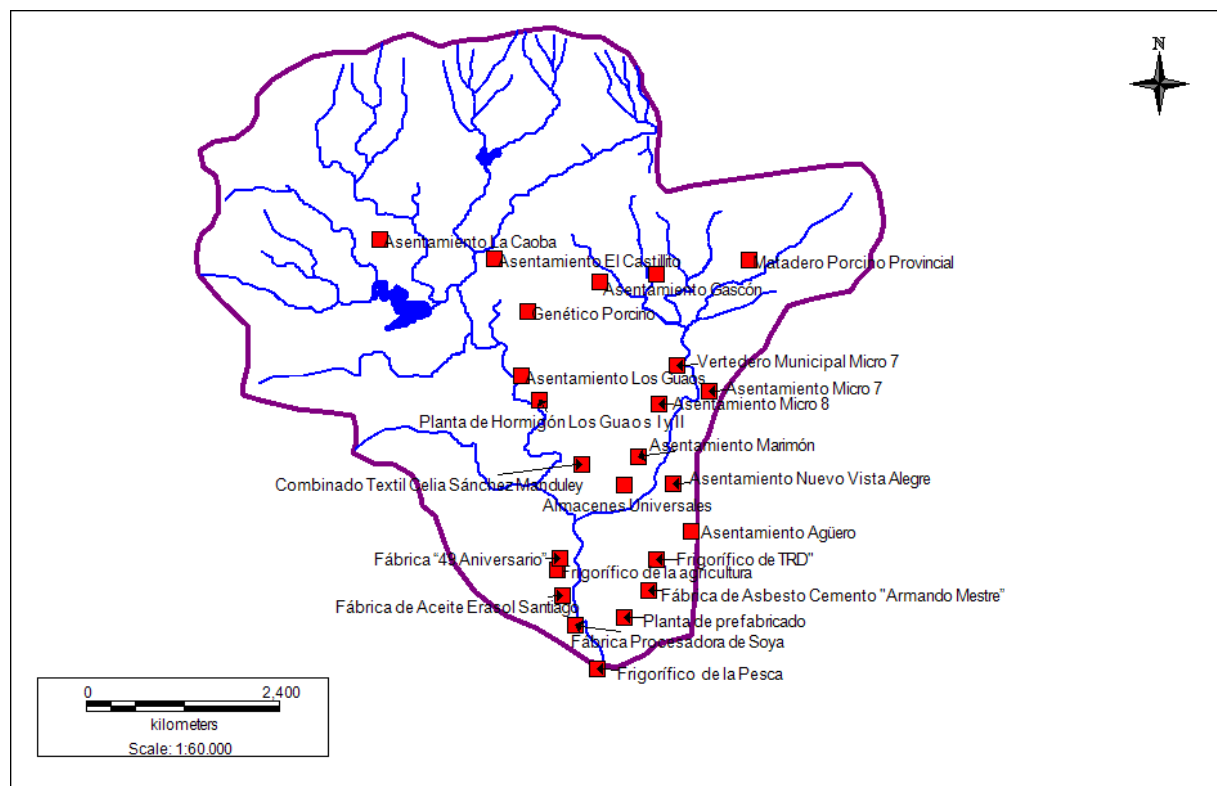


Figura 3.1. Principales focos contaminantes que afectan la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Autor, 2019.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

En la figura 3.1 se puede observar los focos contaminantes que afectan la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón siendo esta una de las más dañadas, dentro de las que se destacan: Empresa Refinadora de Aceite Santiago. ERASOL, Empresa Procesadora de Soya, Cantera de los Guaos (I y II), Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”, Centro Genético Porcino, Fábrica de Asbesto Cemento “Armando Mestre Martínez”.

Otros focos menos dañinos, pero igual que los anteriormente afectan la cuenca, son los siguientes: Vertedero Municipal Micro 7, Frigorífico de la agricultura, Matadero Porcino Provincial, Fábrica “49 Aniversario”, Frigorífico de la Pesca, Almacenes Universales, UEB Frutas Selectas, Frigorífico de TRD" (Despaigne, 2016).

Como parte del desarrollo urbano, con el transcurso de los años, en la región han surgido un grupo de asentamientos que forman parte de este proceso contaminante, dentro de los que se destacan: La Caoba, El Castillito, Los Guaos, Micro 7, Micro 8, Marimón, Nuevo Vista Alegre, Agüero y Gascón (Despaigne, 2016).

3.2 Características de los principales focos que afectan los ríos Los Guaos y Gascón

Dentro de las fuentes contaminantes de la bahía de Santiago de Cuba, se abordará sobre algunas que afectan directamente los ríos Los Guaos y Gascón, las cuales son:

- Empresa Refinadora de Aceite Santiago. ERASOL.
- Empresa Procesadora de Soya.
- Cantera de los Guaos (I y II).
- Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”.
- Centro Genético Porcino.
- Fábrica de Asbesto Cemento “Armando Mestre Martínez.

Empresa Refinadora de Aceite Santiago. ERASOL

Se ubica en la Carretera de Mar Verde km 4, Santiago de Cuba (Ver figura 3.2), en los 20° 1' 40.6927'' de latitud N y los 75° 51' 39.6522'' de longitud O. Su actividad fundamental es la refinación química del aceite de soya procedente de la Empresa Procesadora de Soya, para su comercialización tanto en el mercado nacional como en las recaudadoras de divisas. Como subproductos se obtienen barras de jabón (jaboncillo) y el monoestearato, también entre sus producciones se encuentra el moldeado de los envases de ½ y 1 litro. Esta entidad pertenece al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL). (Valdés *et al*, agosto, 2014).



Figura 3.2. Imagen de Empresa Refinadora de Aceite Santiago. ERASOL. Fuente: (Valdés *et al*, 2014).

La Tabla 3.1 muestra los diferentes tipos de contaminantes, así como sus efectos en el ecosistema de la Empresa Refinadora de Aceite Santiago. ERASOL.

Tabla 3.1. Tipos de Contaminantes y sus efectos en el ecosistema. Fuente: (Arias, 2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sustancias orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k)	Hídrica	Eutrofización
Ruidos	Sónica	Alteración del sistema nervioso Ahuyenta las especies
Olores a aceites rancios	Atmosférica	Ahuyenta las especies Afecciones respiratorias
Aceites residuales de la producción	Hídrica del suelo	Pérdida del manglar, Pérdida de la biomasa y la biodiversidad



Figura 3.3. Decantador de ERASOL. Fuente: (Valdés *et al.*, 2014a).

Las aguas residuales proceden de las etapas de desgomado, neutralización (jaboncillo) y desodorización más las proveniente de la limpieza de las instalaciones. Las resultantes de las etapas de procesos contienen elevadas concentraciones de jaboncillo. Las aguas residuales después de arribar y salir del decantador (Ver figura 3.3) se unen con las aguas residuales de origen doméstico y de conjunto son dispuestas en el río Los Guaos (Valdés *et al.*, 2014a).

Fábrica de Asbesto Cemento “Armando Mestre Martínez”

La fábrica de Asbesto Cemento “Armando Mestre Martínez” (Ver figura 3.4) perteneciente a la Empresa de Fibrocemento Santiago y al MICONS, se ubica en la carretera de la Refinería km 2 ½ con 20° 1' 42.3373" de latitud N y 75°51' 2.9984" de longitud O. Esta industria abastece a la mitad oriental del archipiélago cubano de productos de fibrocemento y poliespuma (poliestireno expandido), dedicándose a satisfacer estas producciones, ventas y comercialización (Arias, 2008).



Figura 3.4. Foto de la fábrica de Asbesto-Cemento Armando Mestre. Fuente: (Valdés *et al.*, 2014a).

El agua residual industrial procedente de la fábrica vertida en el río Gascón es alrededor de 251/m³ /día-L, que incluyen las aguas de limpieza. Además, se generan de 10-15 ton/día/L de lodos residuales que contienen asbesto, cemento y celulosa que reciben un tratamiento físico en un decantador, las aguas residuales (Ver Figura 3.5) provenientes de ese órgano de tratamiento son descargadas en un manglar y de ahí al río (Valdés *et al.*, 2014a).



Figura 3.5. Decantador de la Fábrica de Asbesto Cemento y salida de evacuación de las aguas residuales de la Fábrica de Asbesto Cemento. Fuente: (Valdés *et al.*, agosto, 2014).

La tabla 3.2 muestra los contaminantes, tipos y efectos en el Medio Ambiente de la Fábrica de Asbesto Cemento “Armando Mestre Martínez”.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Tabla 3.2. Contaminantes, tipos y efectos en el Medio Ambiente. Fuente: (Arias, 2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sustancias orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k)	Hídrica	Eutrofización
Lodo * (asbesto, cemento y celulosa)	Hídrica del suelo	Sellage del suelo, no permite vida, aumento de los sedimentos en los bentos, en los pastizales y en los arrecifes de coral con pérdidas de biomasa y biodiversidad. El asbesto causa efectos cancerígenos en humanos
Gases Nox, SOx	Atmosférica	Corrosivo, cambio del pH, eutrofización
Polvos de asbesto y cemento	Atmosférica	Cancerígeno
Ruido	Sónica	Afectaciones en el sistema nervioso, ahuyenta los animales

Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”

Se dedica a la producción de diversos tejidos como módulos de canastilla, frazada para pisos y tejido antiséptico. Como producciones secundarias con tejido importado, confeccionan lencerías (fundas, sabanas, manteles, etcétera), estos productos son vendidos a las cadenas de tiendas TRD (Arias, 2008).

La tabla 3.3 muestra los contaminantes, tipos y efectos en el ecosistema de la Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”.

Tabla 3.3. Contaminantes, tipos y efectos en el ecosistema de la Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”. Fuente: (Arias, 2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sustancias orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k), Detergentes (arsénico), Sosa cáustica, Peróxido de hidrógeno, Ácido acético, Colorantes.	Hídrica	Eutrofización
Ruidos	Sónica	Alteración del sistema nervioso Ahuyenta las especies

Centro Genético Porcino

Esta entidad pertenece al MINAGRI, y fue fundada en el año 1962; desde entonces, constituye una de las entidades más contaminadoras de la bahía de Santiago de Cuba, a través de sus residuales. Se ubica en la Carretera Central km 13 ½ El Castillito (20° 4’ 0.9453’’ de latitud N

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

y 75° 52' 12.6605'' de longitud O). El centro realiza como actividad fundamental la producción de animales genético porcino para los pies de cría de las empresas porcinas especializadas de la región oriental, así como también comercializan estos animales que son producidos (cuchinatos). La instalación vierte sus residuales al río Gascón (Arias, 2008).

El tratamiento aplicado para estos residuales tan agresivos es el vertimiento de las aguas residuales en tres (3) lagunas de estabilización en serie, cuyo efluente pasa al río Gascón. El residual generado de la limpieza de crianzas y corrales reciben un tratamiento primario, con separación de sólidos groseros y separación de grasas y sólidos, que no funciona adecuadamente, por lo que arriba al tanque colector conjuntamente con las aguas residuales abundantes residuos sólidos. En la entidad se generan malos olores que reportan molestias a la comunidad circundante. (Valdés *et al.*, 2014b).

La tabla 3.4 muestra las afectaciones en el medio ambiente de los diferentes tipos de contaminantes del Centro Genético Porcino.

Tabla 3.4. Contaminantes, tipos y efectos sobre el medio ambiente. Fuente: (Arias, 2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sustancias orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k), urea, proteínas, antibióticos, desinfectantes; residuos del sacrificio como sangre, pelos, vísceras; gérmenes; etc. de los animales	Hídrica	Eutrofización
Olores	Atmosférica	Ahuyenta las especies, afección respiratoria

Cantera de los Guaos I y II

Se ubica en la provincia de Santiago de Cuba a 5 km al oeste de la ciudad capital con 60° 13' 00'' de latitud N y 15° 67' 00'' de longitud O, con coordenadas Lambert: X=600 340–600 800; Y=155 400–156 800. Su explotación comienza en enero de 1978 y se mantiene hasta la actualidad, por lo que lleva 41 años activa. Los dos complejos pertenecen a la Empresa de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba, Ministerio de la Construcción. Sus plantas constituyen las principales abastecedoras de áridos en la provincia (Montero *et al.*, 2015).

El yacimiento está dividido en tres zonas de laboreo: Guaos I, cuyas reservas están agotadas, produce materiales para la construcción (bloques, mosaicos y baldosas; Guaos II, que es el que se explota actualmente, se dedica a la explotación y beneficio de yacimientos de piedra y su

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

comercialización, el material que se extrae en la cantera es la porfiritita de color gris-verdosa, compacta, maciza en muchas partes, con visible agrietamiento natural (Valdés *et al.*, 2014b). En la figura 3.6 se muestra la ubicación geográfica de la cantera Los Guaos I y II.



Figura 3.6. Ubicación geográfica de la Cantera Los Guaos. Fuente: (Pérez, 2015).

En la figura 3.7 se muestra las imágenes de los Guaos I y II y el canal de salida de las aguas residuales. **Figura 3.7.** Empresa los Guaos I y II y el canal de salida de



las aguas residuales. Fuente: (Valdés *et al.*, 2014b).

La tabla 3.5 muestra las principales afectaciones ambientales producidas por la explotación de la Cantera Los Guaos.

Tabla 3.5. Afectaciones ambientales producidas por la Cantera Los Guaos. Fuente: (Montes de Oca, 2015).

Factor ambiental		Acción/Actividad	Impacto
Hidrografía	Aguas superficiales	Perforación carga y voladura Transporte de maquinaria Movimiento de tierras Formación de escombreras Preparación Mecánica	Emisión de gases y polvo a la atmósfera Emisión de ruidos y vibraciones

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Hidrografía	Aguas superficiales	Excavaciones, perforaciones, preparación mecánica(Vía húmeda) Derrame de combustibles y lubricantes	Alteración de la calidad por deposición de sólidos, obstrucción y encenagamiento del río, alteración del nivel freático, aumento del nivel de sedimentos.
	Aguas Subterráneas	Vías de transporte Infraestructura Excavaciones y perforaciones	Contaminación de los acuíferos locales por las aguas residuales
Geología y Geomorfología	Geología regional Geología local Topografía	Residuos de estériles Perforaciones y Fragmentación Construcción de taludes Construcción de viales	Aumento de los procesos erosivos Cambios en la topografía
Paisaje		Desbroce de la vegetación Residuos de estériles Perforación, carga y voladura Abandono de la mina	Alteraciones de la calidad visual

Empresa Procesadora de Soya

La Empresa Productora de Soya, fundada el 24 de octubre del año 2001, pertenece al Ministerio de la Industria Alimentaria y se localiza en carretera de Mar Verde km 3½, Zona Industrial (Ver figura 3.8) con 60° 18` 90`` de latitud N y 15° 28` 31``de longitud O. Esta industria ocupa un área de 1 km² y tiene una capacidad de instalación para procesar 500 toneladas métricas por días (Valdés *et al.*, 2014b).



Figura 3.8. Empresa Procesadora de Soya. Fuente: (Valdés *et al.*, 2014b).

Durante el proceso de obtención de aceite a partir del grano de soya, es en el proceso de desgomado del aceite, sólo se generan residuales líquidos en el edificio de extracción por solventes. A la salida del decantador se une el residual procedente de este, con los albañales

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

generados en la planta PDS. Una vez unificado estos residuales se incorporan a la conductora que trasladan las aguas residuales generadas en la empresa Refinadora de Aceites, ERASOL. En la figura 3.9 se puede visualizar parte de los exteriores que conforman las áreas productivas de la Empresa PDS (Valdés *et al.*, 2014b).



Figura 3.9. Imagen de partes de las áreas productivas de la Empresa PDS. Fuente: (Valdés *et al.*, 2014b).

La tabla 3.6 muestra las afectaciones en el medio ambiente de los diferentes tipos de contaminantes de la Empresa Procesadora de Soya.

Tabla 3.6. Contaminantes, Tipos y efectos en el ecosistema de la Procesadora de Soya. Fuente: (Arias, 2008).

Contaminante	Tipo	Efecto sobre el ecosistema
Sustancias orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k) y grandes volúmenes de aceites	Hídrica	Eutrofización
Ruidos	Sónica	Alteración del sistema nervioso Ahuyenta las especies
Olores a aceites rancios	Atmosférica	Ahuyenta las especies Afecciones respiratorias
Aceites residuales de la producción	Hídrica del suelo	Pérdida de la biomasa y la biodiversidad

3.3 Monitoreo de la calidad del agua realizados en la zona de estudio

Entre el 2012 y el 2019 La Red de Monitoreo de INRH en Santiago de Cuba (RedCal) ha realizado numerosos estudios en la cuenca hidrográfica de los ríos Los Guaos y Gascón. En la zona de estudio se establecieron 8 estaciones de monitoreo en el 2016 (Ver figura 3.10) y 8 estaciones de monitoreo en el 2019 (Ver figura 3.11). Las estaciones 2 y 8 varían su posición en cada uno de estos años, las demás estaciones mantienen la misma ubicación. Las estaciones 1, 7 y 8 se encuentran localizadas en el río Gascón y la estación 2, 3, 4, 5 y 6 en el río Los Guaos. En la ubicación de las mismas se tuvieron en cuenta resultados de estudios anteriores, la localización de fuentes contaminantes, facilidad de acceso y la representatividad.

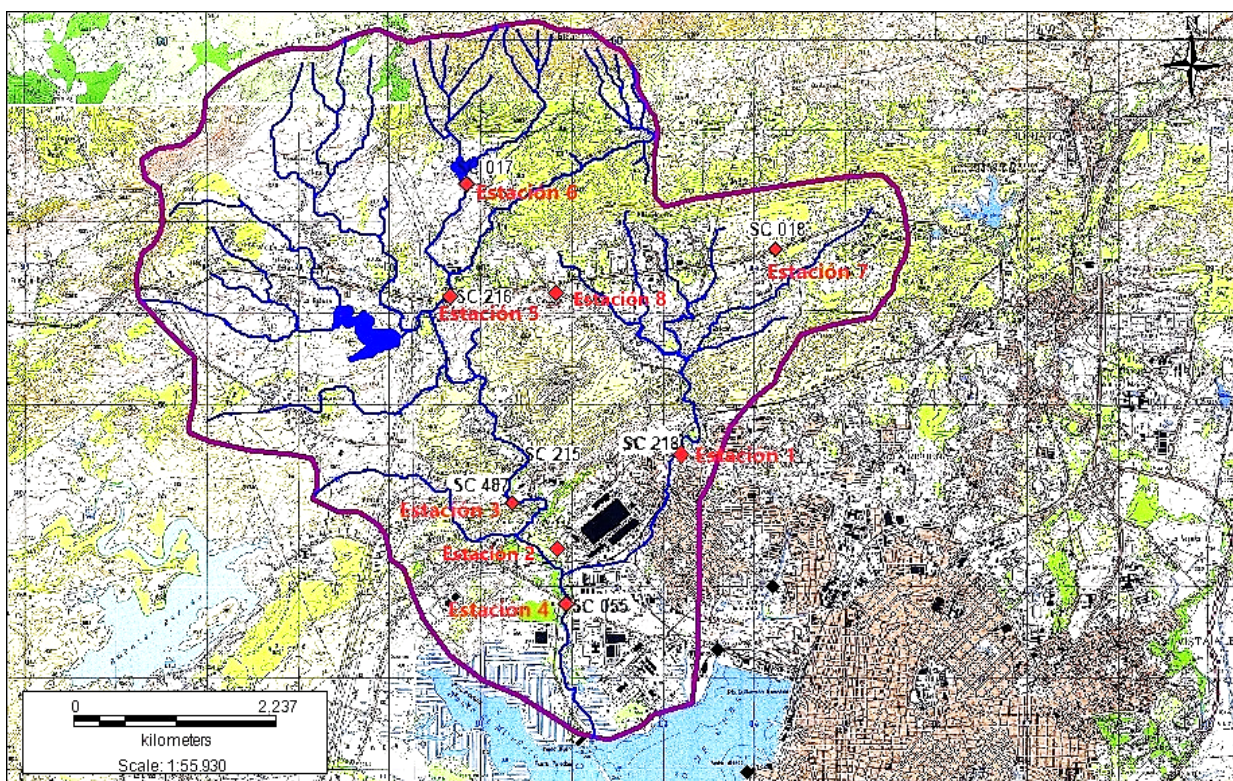


Figura 3.10. Localización de las estaciones de muestreo en la Cuenca Hidrográfica de Los Guaos y Gascón en el 2016. Fuente: (Propio Autor).

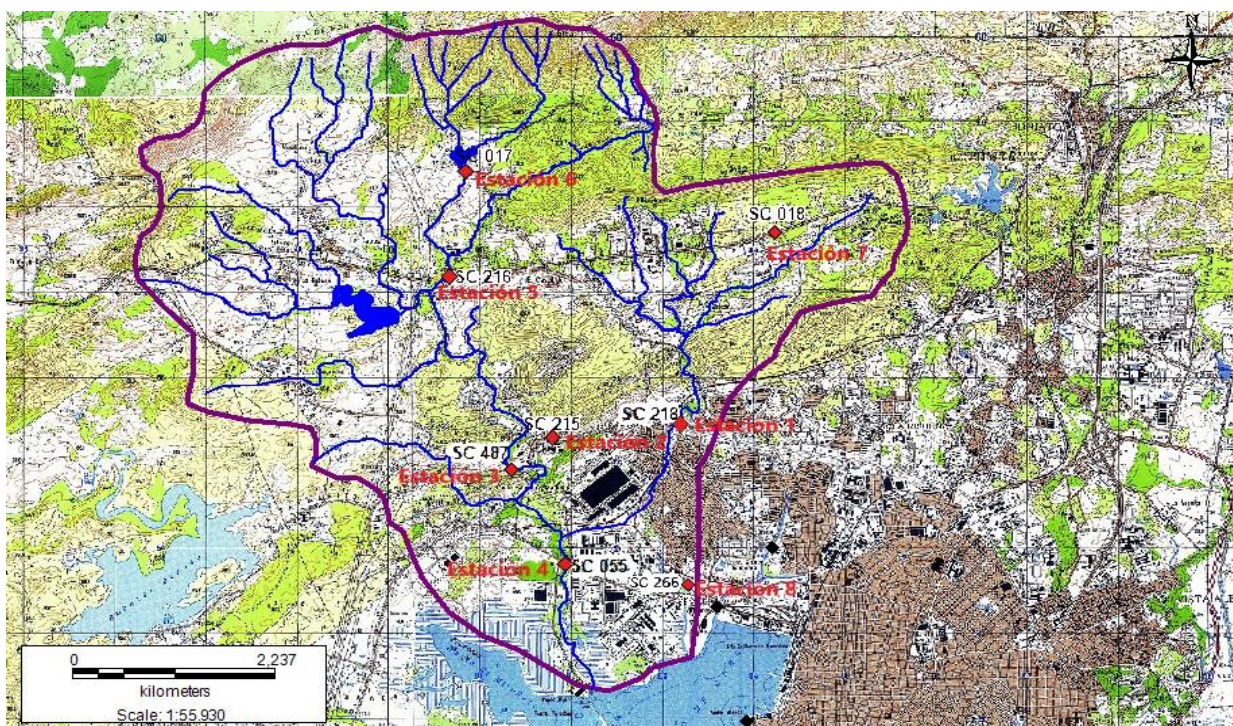


Figura 3.11. Localización de las estaciones de muestreo en la cuenca hidrográfica de Los Guaos y Gascón en el 2019. Fuente: (Propio Autor).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Estación 1: La misma se ubicada a unos 150 m del puente del Centro Urbano José Martí (Micro 8). Se observan desechos provenientes de diferentes orígenes con asentamiento poblacional cercano. Sus orillas, además de presentar malezas son utilizadas por la comunidad para siembra y el cultivo de viandas como el plátano, (Ver figura 3.12), el fondo del río es arenoso–pedregoso.



Figura 3.12. Estación 1. Imagen del río Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

Estación 2: La misma se encuentra situada a unos 150 m de la Carretera de Mar Verde, después que vierte sus residuales el Complejo Industrial "Celia Sánchez Manduley", a 100 m antes de la unión con el río Gascón y a 10 m del puente de línea. En la zona se observa vegetación, aguas turbias, poca presencia de vida acuática y fondo con abundante lino, también es de mencionar que en esta parte del río Los Guaos las aguas tienen muy poco drenaje (Ver figura 3.13).



Figura 3.13. Estación 3. Imagen del río Los Guaos. Fuente: Propio Autor, (2019).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Estación 4: Se localiza a unos 100 m luego de la unión de ambos ríos y a unos 10 m del puente de la carretera de Mar Verde. La zona presenta abundante vegetación y lino en el fondo; estas aguas se emplean para diversos fines, como la fabricación de ladrillos (Ver figura 3.14).



Figura 3.14. Estación 4. Imagen del río Los Guaos. Fuente: Propio Autor, (2019).

En la siguiente tabla se muestra las coordenadas de las estaciones de muestreo localizadas en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón (Ver tabla 3.7).

Tabla 3.7. Estaciones de muestreo y sus coordenadas. Fuente (Propio Autor).

No	Nombre Estación	Coordenadas	
		Norte	Este
1	Río Gascón 1	155.45	603.2
2	Efluente Genética Porcina	157.31488	601.698
3	Río Los Guaos 5	154.92422	601.35408
4	Río Los Guaos 2	153.8	601.95
5	Río Los Guaos 4	157.19965	600.672
6	Río Los Guaos	158.41426	600.84521
7	Río Gascón	157.704	604.236
8	Río Gascón 2	154.45	601.991
9	Río Los Guaos 3	155.300	601.8

3.3.2 Resultados y análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos

En el análisis del estudio realizado por La Red de Monitoreo de INRH en Santiago de Cuba (RedCal) se utilizaron los resultados obtenidos en los años 2016 y 2019 donde se evaluaron parámetros importantes como el pH, Coliformes totales (CT), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), nitritos (NO₂⁻) y nitratos (NO₃⁻).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La tabla 3.8 y 3.9 muestran los valores de estos parámetros, evaluados en 8 estaciones de muestreo de la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón en el 2016 y 2019 respectivamente.

Tabla 3.8. Parámetros evaluados en el año 2016. Fuente: (RedCal).

Nombre Estación	Cuencas	pH (u), T°C±0,9%	DBO mg/L	CT NMP/100mL
Río Los Guaos	G-G-Yarayó	8.02	12	1.8
Río Gascón	G-G-Yarayó	7.92	12	8.1
Río Los Guaos 2	G-G-Yarayó	7.69	11	14
Eflnt Genética Porcino	G-G-Yarayó	7.98	13	1.8
Río Los Guaos 4	G-G-Yarayó	7.95	14	1.8
Río Gascón 1	G-G-Yarayó	7.93	14	31
Río Gascón 2	G-G-Yarayó	7.86	14	24
Río Los Guaos 5	G-G-Yarayó	8.01	16	24

Tabla 3.9. Parámetros evaluados en el año 2019. Fuente: (RedCal).

Nombre Estación	Cuencas Hidrográfica	pH (u), T°C±0,9%	NO3 mg/L	NO2 mg/L	DBO mg/L	CT NMP/100 mL
Río Los Guaos	G-G-Ya	7.95	27.4	0.059	10	38
Río Gascón	G-G-Ya	7.94	10.5	0.01	9	10
Río Los Guaos 2	G-G-Ya	7.66	27.9	0.39	10	
Río Los Guaos 3	G-G-Ya	7.5	14.8	9.57	11	14
Río Gascón 1	G-G-Ya	7.68	14.4	6.03	10	32
Río Los Guaos 4	G-G-Ya	7.69	2.2	1.86	9	31
Río Gascón 2	G-G-Ya	7.46			9	33
Río Los Guaos 5	G-G-Ya	7.9	2.2	0.01	10	22

Mediante la utilización del sistema de información geográfica MapInfo se ubicaron las estaciones de muestreo y los resultados de sus parámetros en el plano de la cuenca, luego se realizó un análisis de sus comportamientos en diferentes zonas de muestreo en los años 2016 y 2019, los indicadores fueron los siguientes: La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Coliformes Totales (CT), nitritos (NO₂⁻), Nitratos (NO₃⁻) y el pH.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Los indicadores determinados fueron analizados teniendo en cuenta los requisitos de las normas cubanas NC 1021: 2014 y NC 827:2012 (Ver tabla 3.10).

Tabla 3.10. Características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas de fuentes de abastecimiento que requieren tratamiento convencional. Fuente: (NC 1021:2014 y NC 827:2012)

Características	Unidades	Límite Máximo
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20°C)	mg/L	4
Coliformes Totales (NMP o UFC)	NMP/100 mL ó UFC/100 mL	250 NMP/100 mL. En un 10% de las muestras, se permitirá hasta 1000
Nitrito (NO ₂)	mg/L	0,01
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	45
pH	U	6,5 - 8,5

En la figura 3.15 se muestra la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) evaluada en el 2016 en la zona de estudio.

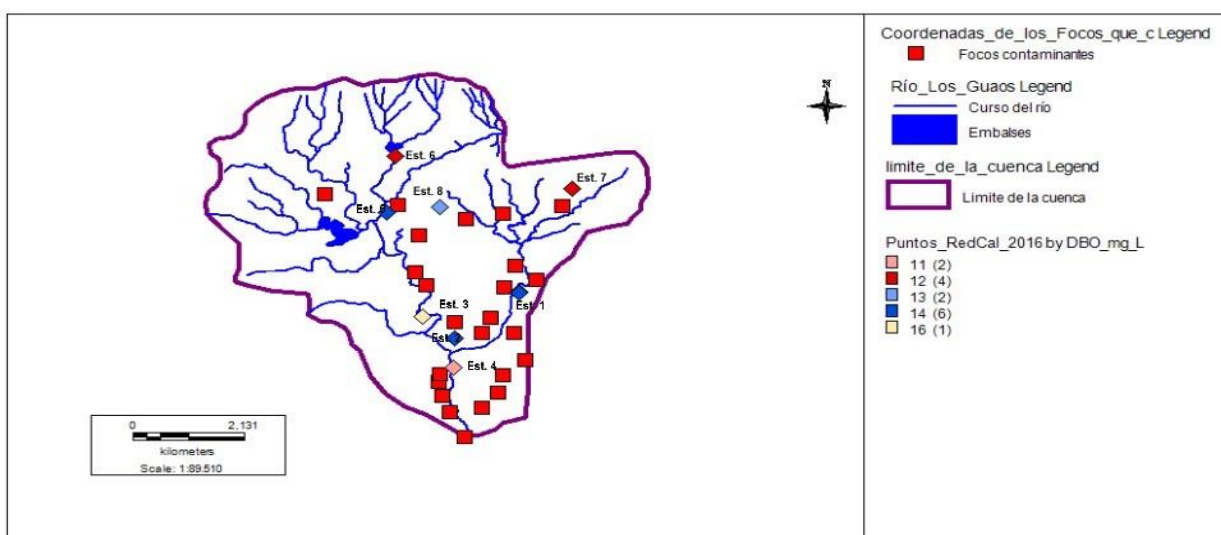


Figura 3.15. Evaluación de la (DBO₅) en el 2016 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

En la figura se puede observar que los valores de la DBO₅ en las 8 estaciones de muestreo están muy por encima del límite máximo que es 4 mg/L (según NC:827). Estas estaciones están situadas en lugares muy próximos a industrias y fábricas como: El Centro Genético Porcino, la Cantera de Los Guaos I y II, Empresa Textil “Celia Sánchez Manduley”, algunos asentamientos, entre otros, los cuales vierten desechos químicos en sus aguas.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La estación de muestreo 4, tiene el menor valor del parámetro analizado ya que se encuentra más distante a los focos que las otras estaciones, pero no cumple con los valores establecidos por las Normas Cubanas.

La estación de muestreo 3, esta se encuentra muy cercana al Combinado Textil Celia Sánchez Manduley, lo que influye en que tiene el mayor valor de DBO₅ y no cumple con los valores establecidos en las normas cubanas.

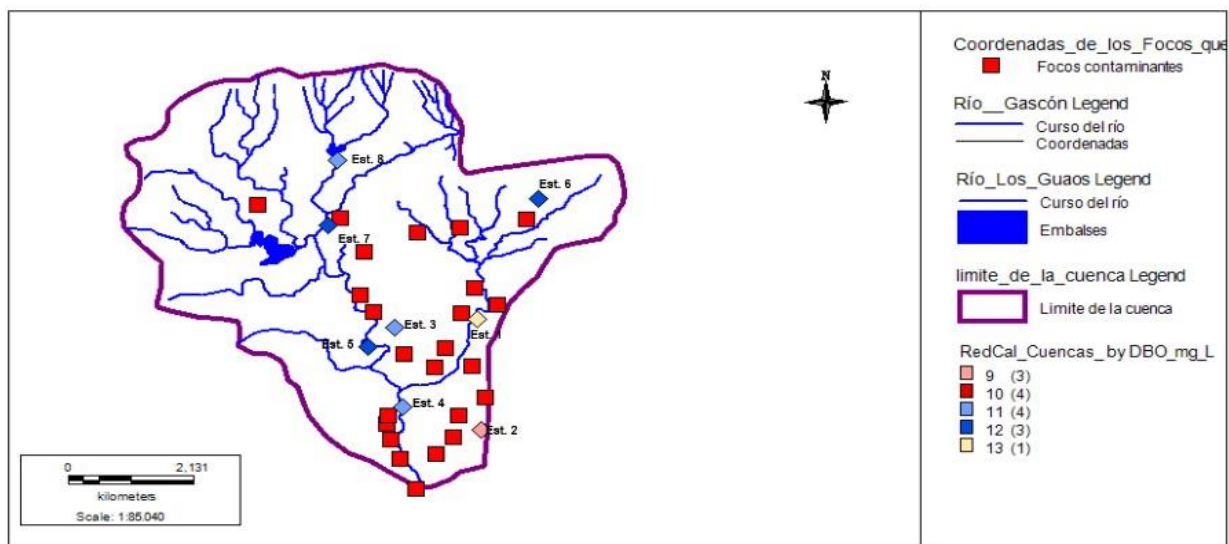


Figura 3.16. Evaluación de la DBO₅ en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

En la figura 3.16 se muestra la (DBO₅) evaluada en el 2019 en la zona de estudio. La estación de muestreo 2, en este caso la DBO₅ es alta y sobrepasa el límite máximo, por lo que no cumple con los parámetros establecidos. Uno de los complejos industriales que influyen en sus aguas es el Combinado Textil Celia Sánchez Manduley, este se encuentra al este a unos 100 m de la estación de muestreo, la misma produce sustancias contaminantes orgánicas como el carbono (c), nitrato (n), fósforo (p), potasio (k), detergentes (arsénico), sosa cáustica, peróxido de hidrógeno, ácido acético y colorantes (Arias, 2008).

En la figura se puede observar que en el 2019 los valores de la DBO₅ en las 8 estaciones están muy por encima del límite máximo por lo que no cumplen con los parámetros y en la estación 1 se encuentra el mayor valor de este parámetro, siendo el foco el Distrito José Martí conformado por comunidades como: Micro 8 y Micro 7, donde la población ocasiona grandes volúmenes de desechos y residuos provenientes del drenaje de sus hogares. También el Vertedero Municipal Micro 7 es un foco contaminante significativo. No obstante, ocurrió una pequeña disminución del parámetro con respecto al 2016 en esta estación.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La estación de muestreo 7 se localiza en el río Los Guaos a unos 200 m del Centro Genético Porcino, la misma tiene unos valores de DBO₅ superiores a los establecidos por las normas cubanas, las causas fundamentales de tener estos valores tan alto es la presencia en la zona de estudio del Centro Genético Porcino, el cual cuenta con 3 lagunas de oxidación en serie que ha permitido una reducción de residuos contaminantes en el río, por este motivo con respecto al año 2016 hubo una disminución de este parámetro.

A diferencia del 2016 la DBO₅ disminuyó en todas las estaciones, demostrando el trabajo realizado por las autoridades competentes en aras de mejorar la calidad de sus aguas.

En la figura 3.17 y 3.18 se muestra el pH, evaluado en el año 2016 y 2019 respectivamente, en la zona de estudio.

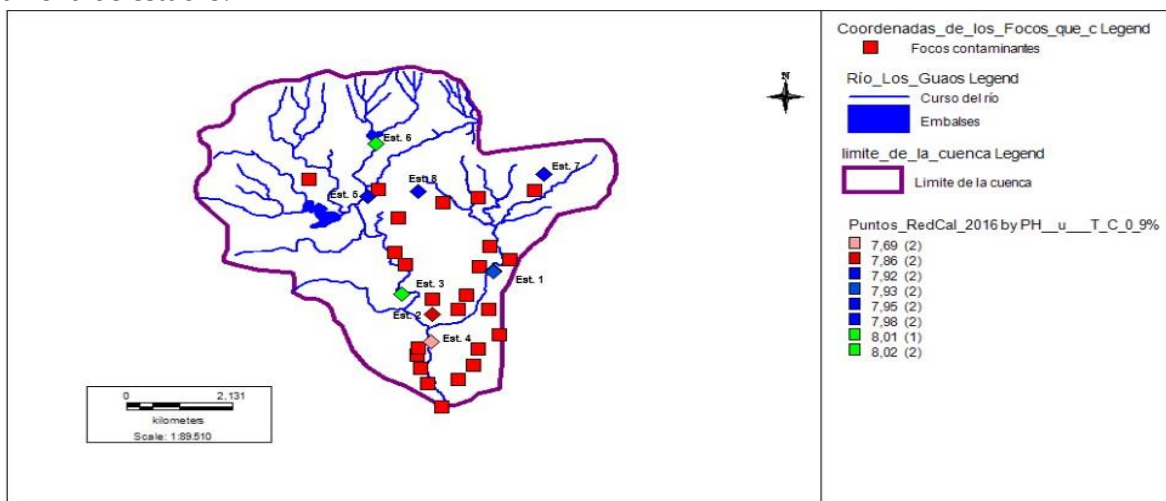


Figura 3.17. Evaluación del pH en el 2016 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

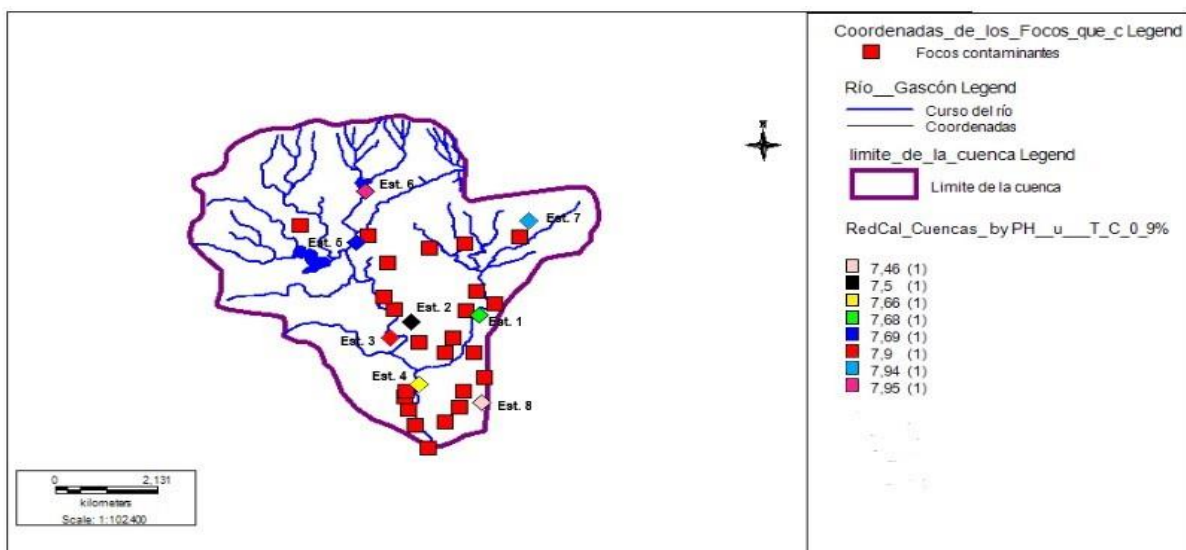


Figura 3.18. Evaluación del pH en 2019. Cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

En las figuras se observa que el pH, se encuentran por debajo del límite Máximo, por lo que cumplen con los parámetros establecidos por la Normas Cubanas NC 1021: 2014 y NC 827:2012.

Como se puede observar en la figura 3.18, en el 2019 el pH disminuyó en todas las estaciones de muestreo con respecto al 2016, esto demuestra que se han puesto en prácticas medidas medioambientales por las direcciones de diferentes organismos e instituciones relacionadas con el vertimiento de residuales en la zona de estudio.

En la figura 3.19 se muestra el Nitrato (NO_3), parámetro evaluado en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón.

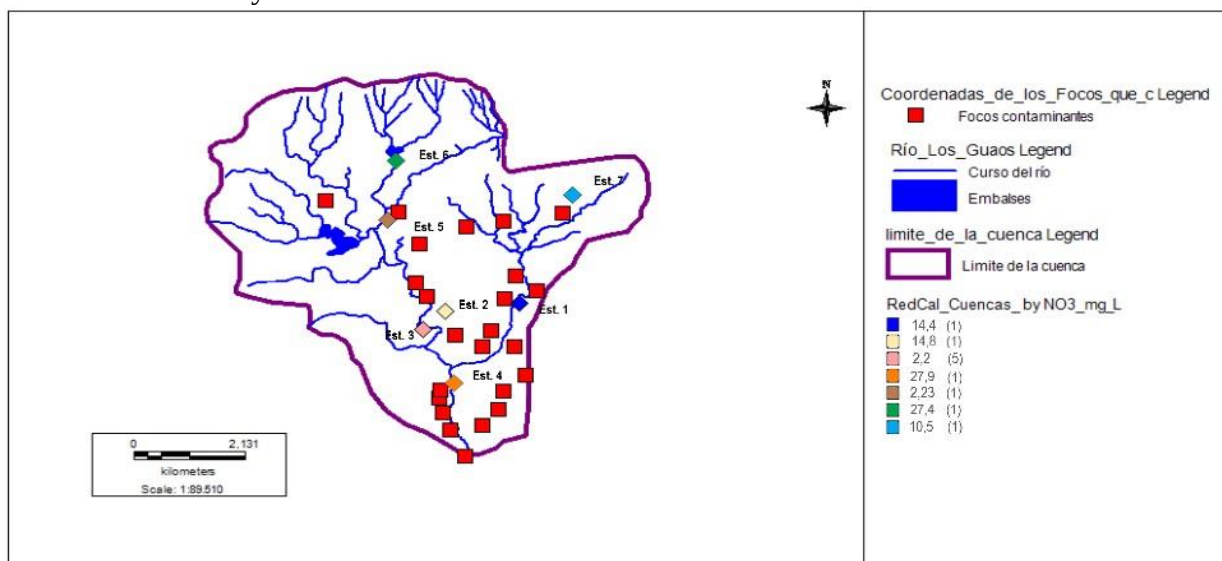


Figura 3.19. Evaluación del NO_3 en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

En la figura anterior se pueden observar los valores obtenidos en 7 estaciones de muestreos de la cuenca de estudio, los mismos se encuentran por debajo del límite máximo de Nitrato (NO_3) establecidos por las Normas Cubanas NC 1021: 2014 y NC 827:2012 cumpliendo con este parámetro.

La estación de muestreo 4, comparado con las demás estaciones, contiene mayor cantidad de nitrato, esto ocurre por la presencia al norte del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley, además por la estación fluyen las aguas de los 2 ríos, Los Guaos y Gascón, este último contiene grandes cantidades de desechos tóxicos provocado por la presencia de asentamientos humanos.

La estación de muestreo 6 es otra estación que tiene altos parámetros en sus aguas, esto es causado por la presencia del Centro Genético Porcino.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

En la figura 3.20 se muestra el Nitrito (NO_2), parámetro evaluado en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón.

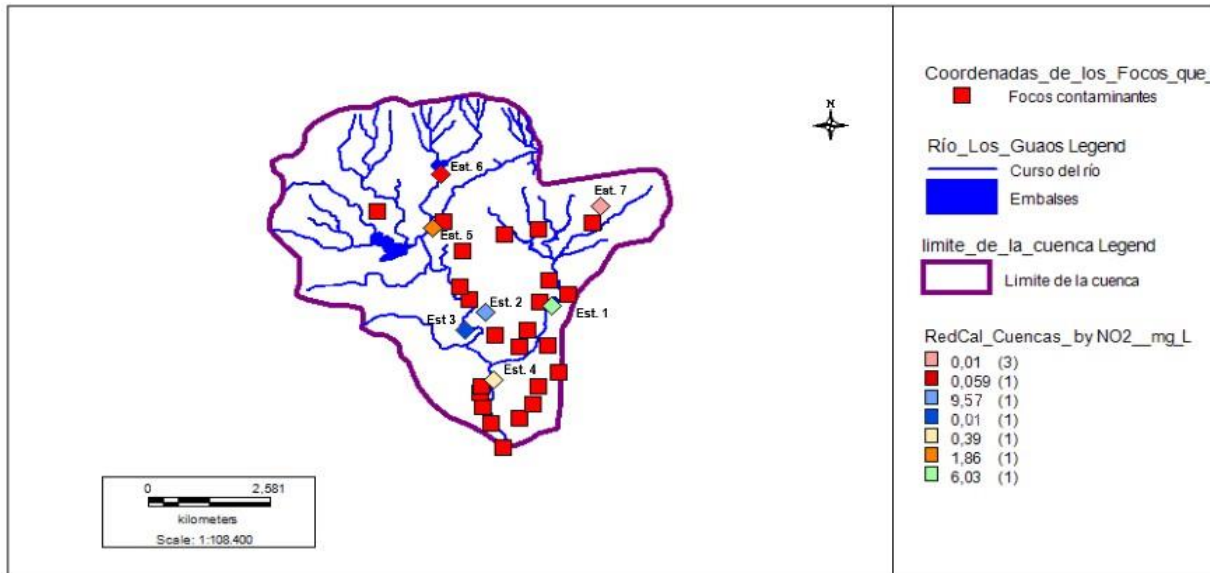


Figura 3.20. Evaluación del Nitrato (NO_3) en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón en el 2019. Fuente: Propio Autor, (2019).

En este parámetro analizado las estaciones de muestreo 3 y 7 son las únicas que cumplen con las Normas Cubanas NC 1021: 2014 y NC 827:2012, lo que se evidencia que estos parámetros no fueron alterados por las sustancias contaminantes en el área, las demás estaciones de muestreo (1, 2, 4, 5, 6) tienen valores superiores al 0,01 ml/L.

La estación de muestreo 1 tiene un valor muy por encima de los parámetros establecidos, esto es producto de los asentamientos aledaños al punto de muestreo tales como Micro7 y Micro 8 los cuales son fuentes contaminantes que vierten diariamente residuos a sus aguas.

El Vertedero Municipal de Micro 7 es otro foco contaminante que afecta de manera significativa esta estación, ya que se vierten en él desechos sólidos capaces de generar productos químicos que, al ser arrastrados por las aguas superficiales, afectan directamente las aguas del río.

La estación de muestreo 2 no cumple con las normas cubanas establecidas, esto sucede por la presencia en la zona de las Canteras de Los Guaos I y II, las cuales generan desechos contaminantes que afectan este parámetro.

La estación de muestreo 4 sobrepasa los parámetros establecidos por las normas cubanas producto de la presencia del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley el cual se ubica a unos 400 m aguas arriba del punto de muestreo.

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

La estación de muestreo 5 está por encima de los parámetros establecidos y no cumple con las normas cubanas. Esto es causado por la presencia de focos contaminantes como: el asentamiento El Castillito, y el Centro Genético Porcino.

La estación de muestreo 6 no cumple con los parámetros establecidos por las normas cubanas, ya que, en su cercanía, existe la presencia del Centro Genético Porcino, el cual produce sustancias orgánicas como: el carbono, nitratos, fósforos, potasios entre otros (Arias, 2008).

En la figura 3.21 se muestra el parámetro de Coliformes Totales (CT), evaluado en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón.

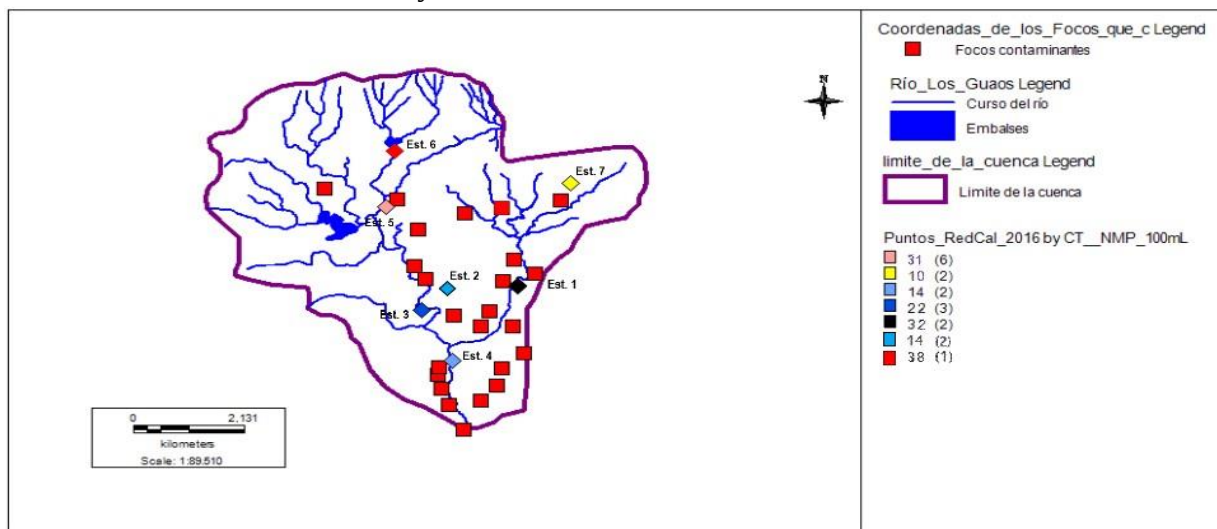


Figura 3.21. Evaluación de (CT) en el 2019 en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón. Fuente: Propio Autor, (2019).

En la figura 3.21 se realizó un análisis en las 7 estaciones de muestreo donde se concluyó que, los coliformes totales cumplen con las Normas Cubanas NC 1021: 2014 y NC 827:2012, lo que se demuestra que este parámetro no se vio afectado por la contaminación existente en cada una de los puntos de muestreos de la zona de estudio.

Como parte del trabajo, también se realizó un análisis de calidad del agua en las estaciones de muestreo (1, 2, 3 y 4), las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ecotoxicología y Servicios Ambientales del (CNEA), lo que corrobora el deterioro de la calidad de las aguas de estos ríos (Ver Anexo 2.5: Resultados de los análisis físico-químicos).

De manera general se puede decir que las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón se encuentran contaminadas, siendo la Cantera de Los Guaos I y II, los asentamientos Micro 7 y Micro 8 y el Vertedero Municipal Micro 7 los principales focos contaminantes. Aunque existe la contaminación ha ocurrido una pequeña disminución entre los años 2016 y 2019 lo que demuestra que se ha trabajado en beneficio de reducir tal situación ambiental.

Conclusiones

CONCLUSIONES

1. La contaminación en Cuba se ha incrementado significativamente lo que ha sido objeto de estudio por diferentes organizaciones de la Isla para la búsqueda de soluciones que permitan erradicar este problema, como parte de las mismas, se puede mencionar la creación y aprobación de proyectos medioambientales que, a mediano y largo plazo cumplirán sus objetivos. Como parte de esta iniciativa, se destaca la Tarea Vida, la cual está estrechamente vinculada con el cuidado y protección de las cuencas hidrográficas, así como su monitoreo en la búsqueda de un manejo integrado.
2. En este trabajo se realizó un análisis de las características físico-química y microbiológica de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón evidenciando que las mismas están contaminadas, siendo las estaciones 1 y 3 las más afectadas. Estas aguas no son aptas para el uso pesquero, ni pueden ser utilizadas como agua potable. Para ser destinadas como abasto a la población es necesario realizar un tratamiento especial.
3. El muestreo realizado en el 2019, comparado con el resultado de las muestras obtenidas en el 2016, evidenció una ligera disminución en la contaminación hídrica de la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón lo que demuestra el trabajo realizado por la dirección de la provincia en base al cuidado y protección del Medio Ambiente.
4. El estudio demostró que los 22 focos contaminantes existentes en la cuenca hidrográfica siguen afectando la calidad de sus aguas, siendo la Cantera de Los Guaos I y II, los asentamientos Micro 7 y Micro 8 y el Vertedero Municipal Micro 7 los más significativos.
5. Los impactos negativos sobre las aguas en los ríos objetos de estudio es un resultado de la indisciplina social y de las instituciones que carecen de sistema de tratamiento o deficiente funcionamiento de estos, lo que provocan un incremento de contaminación hídrica en la cuenca hidrográfica.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

- Determinar otros parámetros de evaluación de calidad del agua en la cuenca hidrográfica de los ríos Guaos-Gascón para demostrar su evolución y variación con el transcurso del tiempo.
- Monitorear la cuenca hidrográfica en otros puntos utilizando otros métodos y equipos de mediciones y comparar estos valores con los obtenidos.
- Proponer extrapolar la experiencia del estudio al resto de las cuencas hidrográficas del municipio y de la provincia de Santiago de Cuba.
- Proponer la creación y mantenimiento de sistemas de tratamientos en las industrias que la carecen, las cuales, siguen afectando en gran medida la calidad de las aguas en la zona de estudio.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguiar (1997). La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba.
2. Aguirre Núñez. M (2011). Artículo: La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos, Revista Virtual REDESMA.
3. Albert, Lilia A; Mondeja González, Diana; Zumalacárregui de Cárdenas, Beatriz; Clavelo Robinson, Pavel (2004). Artículo: Contaminación ambiental. Origen, clases fuentes y efectos.
4. Aliste. Enrique, Urquiza. Anahí (2010). Libro: Medio Ambiente y sociedad: conceptos, metodologías y experiencias desde la ciencias sociales y humanas.
5. Arias Lafargue, Telvia (2008). Caracterización de algunas de las Principales Fuentes Contaminantes de la Bahía de Santiago de Cuba y sus consecuencias en el Medio Ambiente.
6. Contaminación del agua. Concepto y generalidades, 2019.
https://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/PT_Tema1.pdf
7. CITMA, (1994). Estrategia Ambiental Nacional, Centro Provincial del Patrimonio Cultural.
8. Comisión Nacional de Medio Ambiente (2007). Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Santiago de Chile.
9. Despaigne Bonne, Martha (2016). Maestría en manejo Integrado de Zonas Costeras.
10. EcuRed: Problemas Ambientales en Cuba, (2019).
https://www.ecured.cu/Problemas_ambientales_en_Cuba
11. Escobar, Jairo (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar.
12. Garcés Durán, J. Antonio (2011). Artículo: Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. Revista Virtual REDESMA.
13. García Hidalgo, Yoandris (2014). Artículo: Estrategia de gestión ambiental para el desarrollo sostenible en la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas.
14. GESAMP, (2001) Artículo: La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras.
15. González Trujillo, Mayelin (2017). Artículo: El uso sostenible de los recursos hídricos.
<http://books.google.com.cu/>

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

16. INRH (2018). Artículo: Focos contaminantes y la seguridad ambiental en Cuba: Mesa Redonda. <http://www.cubainformacion.tv/index.php/>
17. INRH, Santiago de Cuba (2019).
18. J. Faustino, [F. Jiménez Otárola](#) (2000). Artículo: Manejo de Cuencas Hidrográficas.
19. Libro: Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente (1998).
20. Marañón Reyes, Alina M. Pérez Pompa, Norma E. Dip Gandarilla, Ariamna M. González Marañón, Alina. Pérez Silva, Rosa M. Ruiz Estrella Augusto (2011). Artículo: Evaluación temporal de la calidad de las aguas del río Los Guaos de Santiago de Cuba. Revista Cubana de Química.
21. Mitsch y Gosselink (2000). Libro: Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile.
22. Montero Matos, Julio, *et al* (2015). Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba,
23. Montes de Oca Risco, Alexis (2015). Estudio del Impacto Ambiental y medidas de rehabilitación en la Cantera “Los Guaos”. Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa. amontes@ismm.edu.cu,
24. Montes de Oca Risco, Alexis; Ulloa Carcassés, Mayda (2013). Artículo: Recuperación de áreas dañadas por la minería en la Cantera Los Guaos, Santiago de Cuba. URI: <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3169> .
25. NC 1021 (2014). Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria.
26. NC 827 (2012). Agua Potable. Requisitos Sanitarios.
27. Organización Mundial de la Salud (OMS). https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_Mundial_de_la_Salud.
28. Pérez Pompa, Norma E. Marañón Reyes, Alina M. González Marañón, Alina. Rodríguez Mendoza, Yuniel. Naranjo López, Carlos (2012). Estudio de la Correlación entre el Índice Biótico Bmwp-Cub y Parámetros Físicoquímicos en el río Gascón de Santiago de Cuba.
29. Pérez Salazar, Arleis (2015). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas.
30. Pineda, José (2018). Artículo: Tipos de Contaminación Ambiental, Educación Ambiental. <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/>.
31. Programa de Valoración Global del Agua de Naciones Unidas (2003)
32. Raffino, María. E (2018). Artículo: "Contaminación del Agua". <https://concepto.de/contaminacion-del-agua/>

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

33. Ramakrishna (1997). Libro: Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias
34. Red de Monitoreo de INRH en Santiago de Cuba (RedCal) (2019).
35. Revista: Luna Azul ISSN 1909-2474 No. 37 (2013). Universidad de Caldas.
36. Romero, María Laura (2019) Artículo: 11 causas y consecuencias de la contaminación del agua. <https://www.lifeder.com/causas-consecuencias-contaminacion-agua/>.
37. Sarlingo, Marcelo (1998). Proyecto Ecología Política, Interdisciplinariedad y Cambios Social.
38. Valdés Martínez, Marta *et al* (2014a). “Monitoreo de la Calidad Ambiental del Ecosistema de la Bahía de Santiago de Cuba”.
39. Valdés Martínez, Marta *et al* (2014b). “Monitoreo de la Calidad Ambiental del Ecosistema de la Bahía de Santiago de Cuba”.

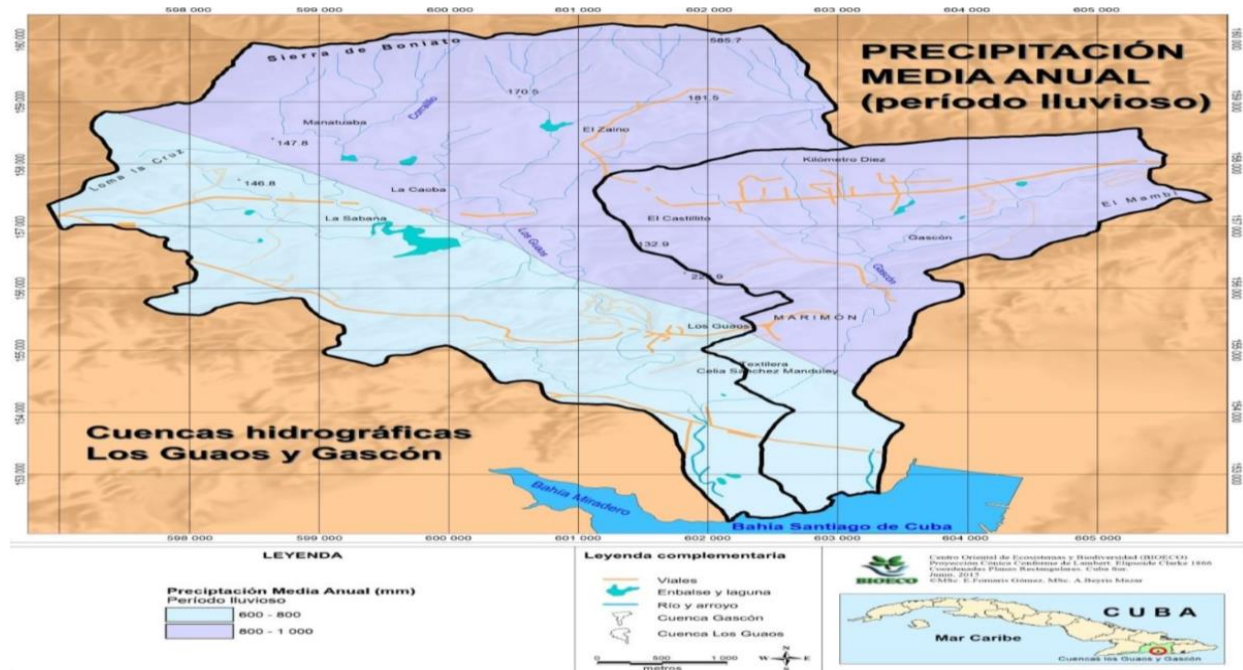
Anexos

Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

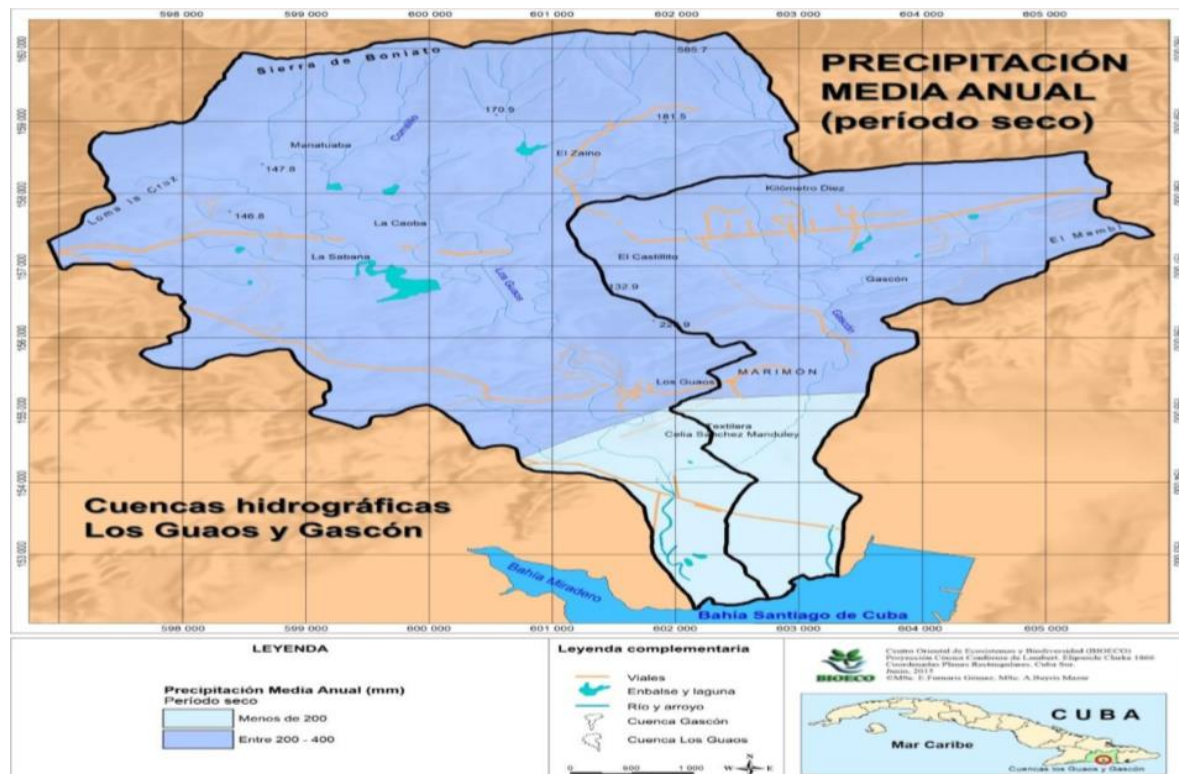
ANEXOS

Anexo 2.1. (a) Mapa de Precipitaciones Media Anual (período lluvioso) y (b) Mapa de Precipitaciones Media anual (Período seco).

a. Mapa de Precipitaciones Media Anual (período lluvioso).

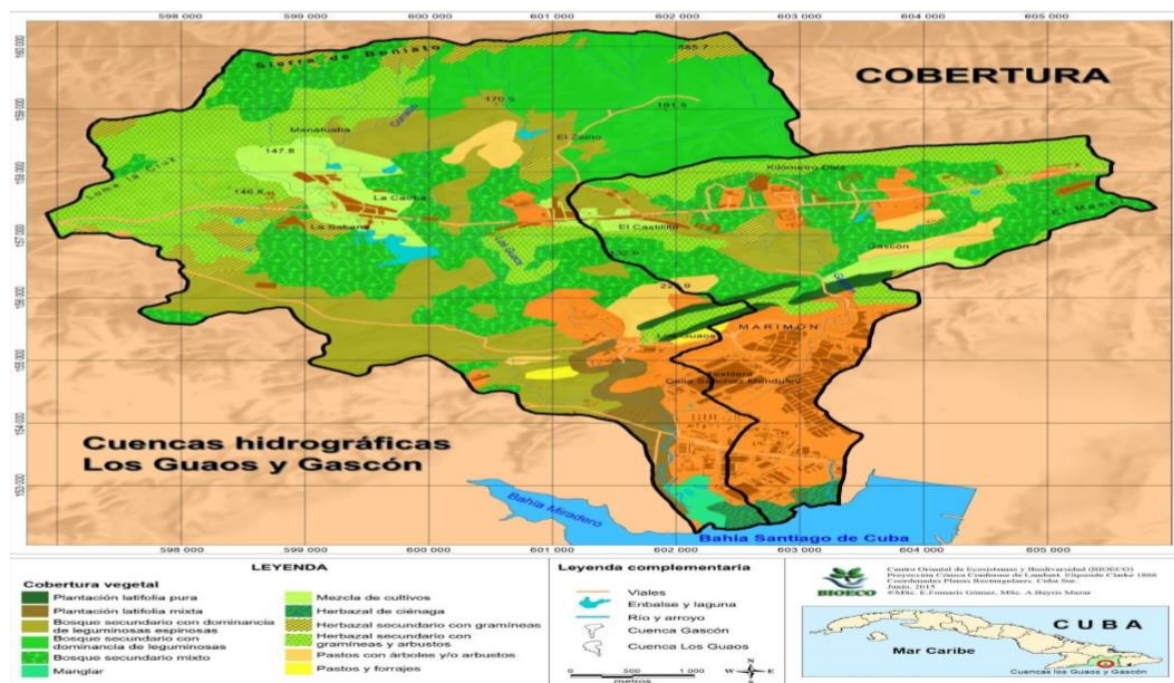


b. Mapa de Precipitaciones Media anual (Período seco).

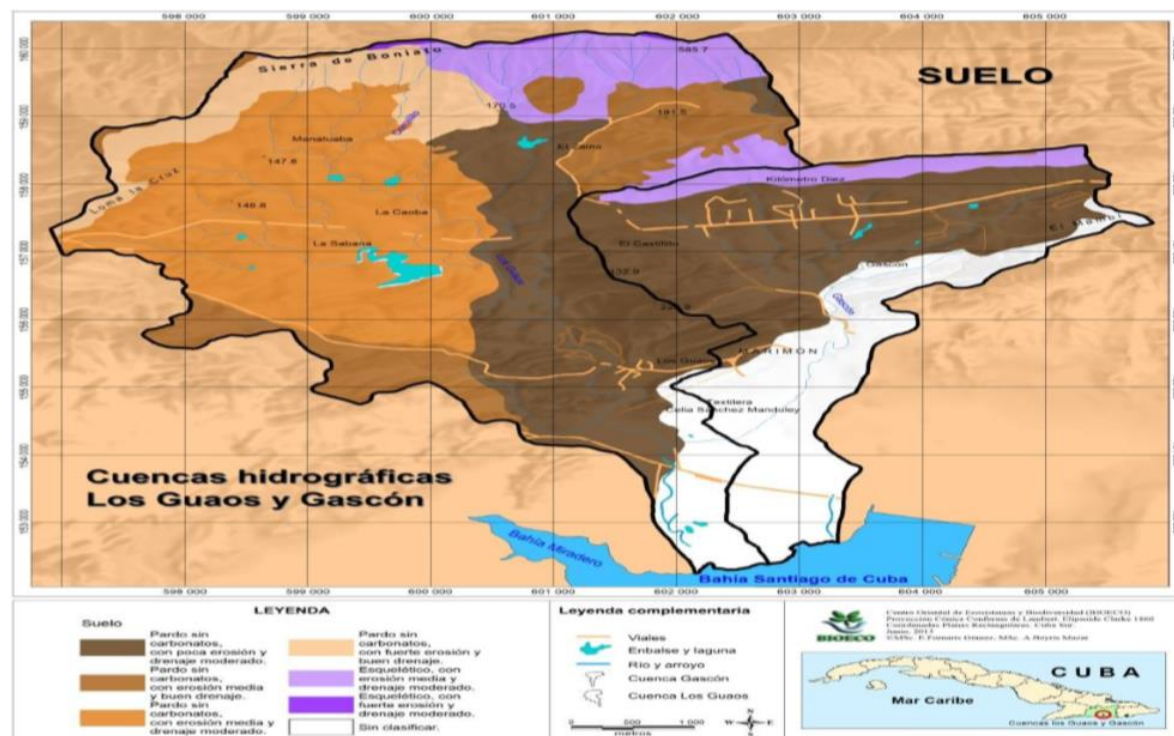


Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Anexo 2.2. Mapa Temático de Cobertura Vegetal



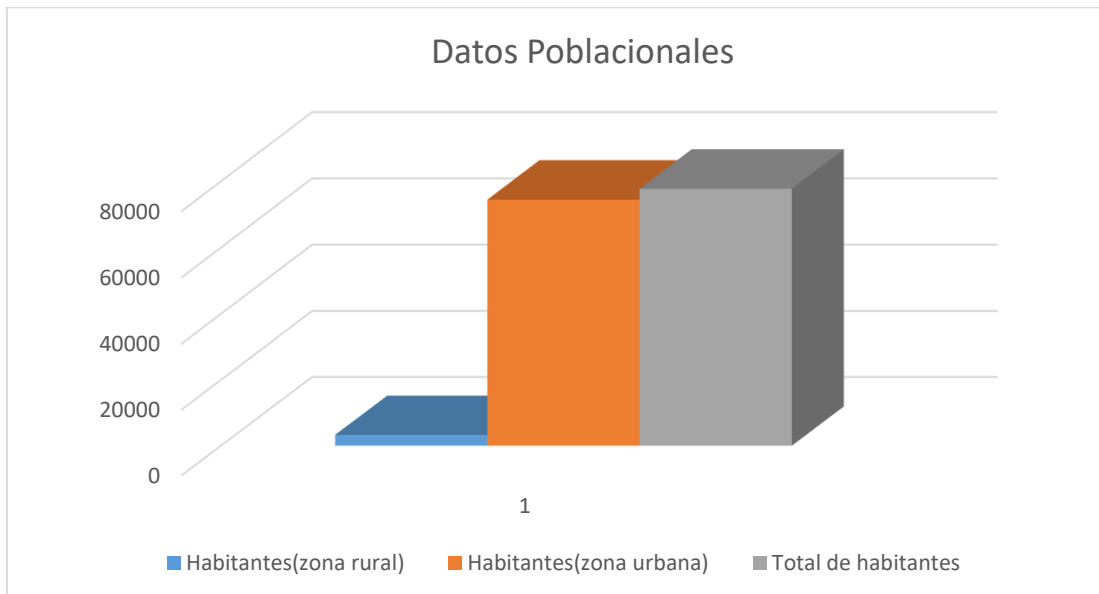
Anexo 2.3: Mapa Temático del Suelo



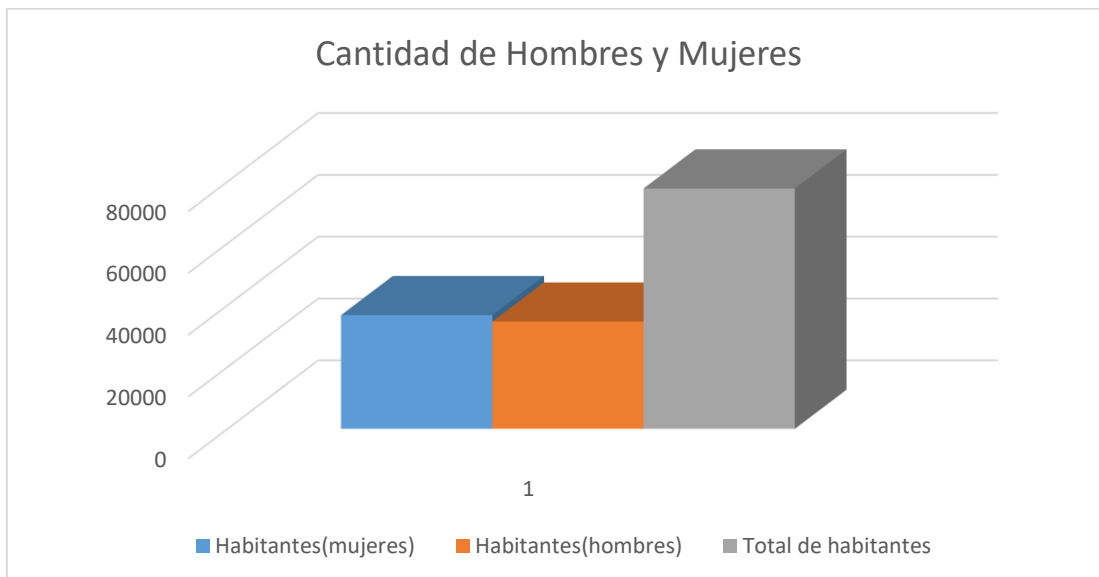
Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Anexo 2.4: (a) Gráfico de la cantidad de habitantes en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón y (b) Gráfico de la cantidad de Hombres y Mujeres en la misma cuenca.

(a) Gráfico de la cantidad de habitantes en la cuenca de los ríos Los Guaos y Gascón.



(b) Gráfico de la cantidad de Hombres y Mujeres en la misma cuenca.



Estudio de los focos contaminantes en la calidad de las aguas de los ríos Los Guaos y Gascón

Anexo 2.5: Resultados de los análisis físico-químicos.

Muestras (Designación)	Oxígeno disuelto (mgL ⁻¹)	Conductividad ad 25°C (μScm ⁻¹)	pH	Salinidad (ppt)	TDS (mgL ⁻¹)	Clorofila a <i>in vivo</i> (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
Est 2		915,5±0,01	7,36±0,01	0,45±0,00	462,00±1,0 0	
Est 3		814,00±0,02	7,30±0,01	0,40±0,00	406,00±0,0 1	
Est 4		783,00±1,00	7,05±0,02	0,72±0,00	721,00±0,0 1	
Est 5		768,33±1,53	7,00±0,15	0,38±0,00	390,00±0,0 0	
1	3,02±0,60	1021,67±23, 18	6,99±0,01	0,52±0,20	526,00±0,0 0	26,56±0,94
2	3,08±0,05	977,3±5,86	7,29±0,01	0,48±0,00	487,00±0,0 1	20,42±0,85
3	1,20±1,05	220,01±0,01	6,60±0,00	1,12±0,00	1096,01±0, 01	*
4	3,82±0,11	943,50±0,02	7,05±0,01	0,46±0,00	469,01±0,1 1	37,15±0,03