

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**INGENIERIA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**INFORME FINAL.**

**EVALUACION BIOFISICA DE LA CUENCA DEL RIO CARDENAS**

**PRESENTADO POR:**  
**KEIRY YANETH DIAZ VELASQUEZ**  
**7-707-1367**

**PROFESOR ASESOR:**  
**Dr.CARLOS HIM**

**PANAMÁ**  
**2021**

**EVALUACION BIOFISICA DE LA CUENCA DEL RIO CARDENAS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERIA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.  
ESCUELA DE INGIENERÍA AGRÍCOLA.**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL,  
DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**APROBADO:**

**Dr. CARLOS HIM.**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**MIEMBRO DEL COMITÉ**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**MIEMBRO DEL COMITÉ**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PANAMÁ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ  
2021**

## **DEDICATORIA**

**A: Dios**

*Por ser mi soporte y guía, a lo largo de estos años de estudio.*

**B: Mi Familia**

*Por su apoyo incondicional.*

**C: Profesor asesor**

*Doctor Carlos Him, por ser un asesor paciente y mostrar su interés por mi trabajo de graduación.*

**D: Departamento de Recursos Hídricos, Mi Ambiente**

*Por su eficiencia y colaboración en información concerniente a mi investigación.*

**KEIRY YANETH DIAZ VELASQUEZ**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>IX</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR .....	3
1.2 ANTECEDENTES .....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	8
1.4 OBJETIVOS .....	10
1.4.1 Objetivo General.....	10
1.4.2 Objetivos Específicos .....	10
1.5 HIPOTESIS .....	11
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	11
1.6.1 Alcance.....	11
1.6.1 Limitaciones.....	11
2. REVISION DE LITERATURA .....	12
CUENCA HIDROGRÁFICA.....	12
PARQUES NACIONALES Y BIODIVERSIDAD .....	12
PARQUE NACIONAL CAMINO DE CRUCES: .....	13
PARQUE NATURAL METROPOLITANO: .....	15
FAUNA SILVESTRE: .....	16
PARQUE NACIONAL SOBERANÍA:.....	17
FLORA REPRESENTATIVA: .....	18
MAMÍFEROS: .....	18
AVES:.....	19
REPTILES:.....	19
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	20
CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS. ....	21

CAPACIDAD DE USO DE SUELO.....	22
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	25
CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y AGUAS POR VERTEDEROS.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL.....	30
3.2 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS.....	30
Materiales.....	30
Métodos.....	30
3.3 DESCARGA DEL RÍO CÁRDENAS.....	32
DESCARGA DEL RÍO CÁRDENAS.....	33
CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
FAUNA Y FLORA SILVESTRE DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS.....	37
MAMÍFEROS.....	37
Aves.....	38
HERPETOFAUNA.....	38
COBERTURA BOSCOA.....	39
RECURSO HÍDRICO.....	39
AFOROS.....	40
Calidad de Agua.....	40
MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS.....	47
CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA DE ÁREAS BOSCOSAS.....	51
5. CONCLUSIONES.....	57
6. RECOMENDACIONES.....	58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

## RESUMEN

La presente tesis realiza el análisis y evaluación de los factores biofísicos de la cuenca del Río Cárdenas; sus diferentes componentes y la interacción con las comunidades que se ubican dentro de la cuenca (Clayton, Kuna Nega, Cárdenas, Mocambo Arriba). Así mismo se presenta el impacto en el sector del Parque Nacional Camino de Cruces que pertenece a la cuenca río Cárdenas, el cual representa un Patrimonio Natural e histórico para el País, ya que además de ser un pulmón en centro de la ciudad 7 del empedrado del Camino de Cruces que conectaba la Ciudad de Panamá con la Costa Atlántica, hoy día sirve de unión entre los parques Soberanía y Metropolitano.

Desafortunadamente, una de las condiciones más graves la presenta la cuenca del río Cárdenas es la calidad de; agua. La misma ha sido contaminada por el Vertedero de Cerro Patacón que genera lixiviados y descargas directas a la red de drenaje desde su ubicación.

El color de las aguas del cauce ha pasado de un verde cristalino a un negruzco, en un lado, y pardo, en otro. Cada vez más sucumbe la vida acuática. Y los olores que brotan de las aguas son insoportables. El río parece morir lentamente.

Los muestreos realizados por la Autoridad Nacional del Ambiente a petición de las comunidades que reclamaban por los olores y avistamientos de contaminación extrema que podía afectar la salud pública de la comunidad. Podemos indicar sin miedo a equivocarnos que se ha identificado puntualmente la fuente principal de contaminación del río. Y una de las razones principales que han provocado esta situación negativa en nuestra cuenca es a raíz de los altos niveles de contaminación,

que están aguas abajo del relleno sanitario de Cerro Patacón (8 sitios de muestreos en Junio 2017, Febrero 2017 y Septiembre 2018) todos los muestreos aguas abajo del vertedero de Cerro Patacón estaban contaminados, y cuyas aguas confluyen en el río Cárdenas, adicional pudimos observar como drena directamente lixiviados desde el vertedero a los cuerpos de agua el río.

Sumado a esto, podemos inferir que existen altos niveles de materia orgánica (aguas residuales de origen doméstico que no son tratadas), que consumen grandes cantidades oxígeno y disminuyen el disponible para las especies acuáticas.

Pero también en las inmediaciones de ambos ríos están asentadas comunidades que usan letrinas para defecar. Las aguas residuales de estas comunidades, además, van a parar a estos ríos. La situación puede empeorar con el crecimiento de las comunidades.

En ambos cauces también fueron detectados altos niveles de contaminación por coliformes fecales. La norma establece que los límites permitidos de coliformes fecales están entre 250 y 450

Por otro lado, pudimos medir la descarga del río Cárdenas en distintos meses, concluyendo así que octubre es el mes donde se da una mayor descarga.

Para estimar la descarga del río Cárdenas se llevaron a cabo varios aforos puntuales en sus secciones media y baja. Para este objetivo se tomó en cuenta la contaminación de las aguas por lo que se prefirió el aforo por flotadores como método para minimizar los potenciales riesgos de contaminación durante el aforo. Se utilizó cinta topográfica para medir el área de la sección de flujo del agua y con la ayuda de



la mira y el nivel de ingeniero se realizaron lecturas para la medición de profundidad directamente. El flotador orgánico fue utilizado para medir velocidad del río; dada la contaminación del agua, este flotador al ser orgánico (trozo de madera) no requiere recogerse

## SUMMARY

This thesis performs the analysis and evaluation of the biophysical area of the Cárdenas River basin; its different components and the interaction with the communities that are located within the Clayton, Kuna Nega, Cárdenas, and Mocambo Arriba. Likewise, the impact can be seen in the sectors of the Camino de Cruces National Park that belongs to the Cárdenas River basin which represents a Natural and historical heritage for the Country that function as lungs for the city, this protected area that consist Cobblestone, and Camino de Cruces connects Panama City with the Atlantic Coast of Colon. Now days this serves as a link between Soberanía and the Metropolitan park.

Unfortunately, one of the most serious conditions in the Cárdenas river basin is the quality of water. It has been contaminated by the Cerro Patacón Landfill that generates leachate and direct discharges from drainage network. The color of the waters riverbed has changed from a crystalline green to a blackish and brownish color. This causes aquatic life to succumb due to the toxins and the smells that come from the waters are unbearable.

The samplings carried out by the National Environmental Authority at the request of the communities complained about the odors and sightings of extreme contamination that could affect the public's health of the communities adjacent. We can state without fear of being wrong that the main source of contamination of the river has been punctually identified. One of the main reasons that caused this negative situation was the high levels of contamination, which are downstream of the Cerro Patacón sanitary landfill (8 sampling sites in June 2017, February 2017 and September 2018) All the

sights downstream from Cerro Patacón spilled into the Cárdenas River. We were also able to observe how leachate drained directly from the landfill into the river.

Contaminates tested had high levels of organic matter composed of sewage (untreated human feces) .This causes algae to bloom and consume large amounts of oxygen killing all other wildlife inhabiting the water. In the vicinity of the Cárdenas River and the Mocambo River there are settled communities that use latrines to defecate. The wastewater from these communities also ends up in these rivers. The situation may get worse with the growth of the population.

In both channels of water, high levels of contamination contained fecal coliforms. The allowed levels established by ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente) are 250-450 parts per million.

On the other hand, we were able to measure the discharge of the Cárdenas River in different months, thus concluding that October is the month with the highest discharge.

To estimate the discharge of the Cárdenas Rivers the distance was measured to be applied in the  $\text{speed} = \text{distance}/\text{Time}$  formula. For this objective, water contamination was taken into account, so gauging the speed of the floats was preferred to minimize the potential risks of people falling into the dirty water. Topographic tape was used to measure the area of the waters flow section, a scope and engineer level readings for depth measurement. After the experiment concluded the float used to measure the speed of the river was not collected because it was piece of wood which decomposes easily..

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo el análisis de factores biofísicos de la cuenca del río Cárdenas, sus diferentes componentes y la interacción con las comunidades que se ubican dentro de la cuenca (Clayton, Kuna Nega, Cárdenas, Mocambo Arriba). Así mismo se presenta el impacto en el sector del Parque Nacional Camino de Cruces que pertenece a la cuenca río Cárdenas, el cual representa un Patrimonio Natural e histórico para el País, ya que además de ser un pulmón en centro de la ciudad conserva tramos del empedrado del Camino de Cruces que conectaba la Ciudad de Panamá con la Costa Atlántica, hoy día sirve de unión entre los parques Soberanía y Metropolitano.

De forma general podemos decir que cuenca hidrográfica es el área de drenaje de un río o lago delimitado por un divisorio de agua topográfico y que constituye la unidad fundamental de manejo de los recursos naturales (Faustino, 2010). Las cuencas hidrográficas amparan una gran variedad de plantas y animales, y brindan muchas oportunidades de esparcimiento al aire libre. Al proteger la salud de nuestras cuencas hidrográficas, podemos preservar y mejorar la calidad de vida. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados.

Al analizar cada uno de los factores biofísicos que forman parte de una cuenca, en este caso haciendo referencia específicamente a la cuenca del río Cárdenas, podríamos tener una idea más clara de cuán importante es dentro los límites en que se encuentra y como puede aportar positiva y significativamente al entorno al igual que el valor eco sistémico que posee, ya que una cuenca cumple varias y distintas funciones ecológicas: Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los

elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

Función Ambiental: Ejerce una función en armonía con el medio ambiente ya que constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>, alberga bancos de germoplasma, regula la recarga hídrica y conservan la biodiversidad.

Función Socioeconómica: Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población y proveen de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

Los recursos hídricos que posee el país son envidiables, tiene más de 500 ríos principales: 350 en el Pacífico y 150 en el Caribe, sin embargo, se presentan problemas asociados a la contaminación del agua sobre todo en cuencas urbanas asociadas a actividades antropogénicas muy contaminantes como minería y vertederos de desechos sin tratamiento adecuado (ANAM;2005).

A pesar de que el agua es vital para el desarrollo de las actividades humanas, las operaciones del Canal, la agricultura y la producción de energía. Unas 3/4 partes de las 52 cuencas hidrográficas oficiales, es decir, unas 39 se hallan amenazadas por las actividades humanas. El Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de Panamá advierte que las cuencas hidrográficas enfrentan un deterioro producto de la deforestación, que es el problema más común que enfrentan, pero no el único. La contaminación por el uso de agroquímicos y por la mala disposición de los desechos, las actividades industriales y la falta de ordenamiento territorial también contribuyen al deterioro de los ecosistemas acuáticos (Global Water Partnership, 2000).

En la Cuenca del río Cárdenas se han dado denuncias reiteradas de las comunidades de Clayton que se ubica en la cuenca baja del río, por los niveles de contaminación procedentes del Vertedero de Cerro Patacón que se hacen evidentes por los malos olores y residuos flotantes en el río Cárdenas. Ante estas denuncias de contaminación, el Ministerio de Ambiente ha realizado muestreos en los años 2018 y 2019, incluso el diario local La Estrella de Panamá reportó los hallazgos por parte del Ministerio de Ambiente donde se indica que “el color de las aguas del cauce

ha pasado de un verde cristalino a un negruzco, en un lado, y pardo, en otro. Los peces y los crustáceos están pereciendo. Y los olores que brotan de las aguas son insoportables”.

De no tomar medidas ante esta problemática, se podría ver afectado incluso el turismo que se lleva a cabo dentro del parque nacional Camino de Cruces, las aguas del Canal de Panamá que es la cuenca principal del País.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Dentro de la cuenca del río Cárdenas se encuentran importantes zonas boscosas incluidas en el Parque Nacional Camino de Cruces y bosques circundantes considerados en el Plan Regional de la Ley 21 de Ordenamiento Territorial de la región Interoceánica como bosques protegidos por mantener una alta biodiversidad. La Ley fue creada con la finalidad de establecer la normativa jurídica que regula la protección de la Cuenca Hidrográfica del Canal como parte de una política de desarrollo sostenible para la conservación y el adecuado aprovechamiento de sus recursos hídricos de la Cuenca y su biodiversidad. Dicha Ley autoriza la ejecución del Plan Regional y del Plan General con el objetivo de contribuir a la incorporación de las áreas y bienes revertidos al desarrollo de la sociedad y la economía del país, de manera que los beneficios que se deriven del aprovechamiento de la región interoceánica sea destinados al mejoramiento de la calidad de vida de los panameños. La Ley considera a la persona humana como el centro y objetivo del desarrollo social y económico de la región interoceánica, tomando en cuenta los intereses de sus habitantes. Fue dictada para fomentar el uso de las áreas y bienes revertidos para la creación de riquezas, mediante el incremento de actividades productivas de explotación, de bienes y servicios, creación de empleos y aprovechamiento de la materia prima nacional. Finalmente, mediante dicha Ley, se promueve el desarrollo del sector marítimo, comprendido dentro de este sector, la infraestructura canalera y portuaria, así como las áreas que sirven directamente al transporte y al comercio internacionales, con el objeto de aprovechar mejor la estratégica posición geográfica del país y de contribuir el funcionamiento eficiente y competitivo, la protección adecuada y la ampliación



oportuna del canal de Panamá. En lo que concierne al Plan Regional, descrito en el Anexo 1 de la Ley 21 de 2 de julio de 1997, contiene la normativa de ordenamiento territorial para los usos de los suelos y los recursos naturales de la Región Interoceánica, entre cuyos principios rectores se encuentra el aprovechamiento en forma integral de la posición geográfica de Panamá para promover 1 nuevas oportunidades de desarrollo de actividades que generen mayores ventajas comparativas de la localización de la Región Interoceánica y del Canal de Panamá. También, contiene disposiciones sobre la conservación de los recursos para la operación del Canal de Panamá como eje económico de la Región Interoceánica, haciendo énfasis a los recursos hídricos y la prevención de deterioros ambientales que puedan afectar la operación eficiente de la vía interoceánica y su expansión. El mencionado plan determina el ordenamiento territorial para la Región Interoceánica con el propósito de aprovechar la potencialidad de los recursos naturales de la Región Interoceánica, con perspectiva de desarrollo sostenible dirigida al aprovechamiento de dichos recursos para apoyar nuevas oportunidades de empleo, producción, exportación y mejoras en la calidad de vida de la población. -En estas áreas boscosas se mantienen servicios eco sistémicos importantes como son los recursos hídricos para el Canal de Panamá, la regulación del clima (reducción de la temperatura y vientos y aumento de la humedad atmosférica), amortiguamiento del ruido, brindar sitios para senderismo, investigación y la disminución de los contaminantes del aire de la urbe capitalina.

Por otro lado, el río Cárdenas es un cuerpo de agua que se ha visto afectado por la presencia de contaminantes y lixiviados que bajan del Vertedero de Cerro Patacón que

es donde empieza la contaminación. Este problema data de hace ya muchos años, hasta la actualidad. Desde 2009, empresas dedicadas al servicio de letrinas y tanques sépticos vertían sus residuos en los ríos colindantes. Ante esta situación los vecinos de Clayton, se quejaron por el nivel de contaminación que producía olores fétidos a lo largo del recorrido del río.

El Ministerio de Ambiente a través de la Dirección Nacional de Verificación Ambiental realizó inspecciones y muestreos en los tramos altos y medios de la cuenca encontrando que la demanda de oxígeno en ambos sitios era veinte veces superior al límite permitido por la ley (La estrella de Panamá 18 de noviembre de 2019). En ambos muestreos también fueron detectados altos niveles de contaminación por coliformes fecales. La norma establece que los límites permitidos de coliformes fecales están entre 250 y 450 unidades. Pero las aguas de los ríos superan mil veces estos rangos.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La cuenca hidrográfica del río Cárdenas es importante puesto que mantiene una gran biodiversidad dentro de sus áreas protegidas como es el Parque Nacional Camino de Cruces. La Cuenca además de contribuir con recursos hídricos para el funcionamiento del Canal, juega un papel importante en aspectos de conocimiento y conservación de recursos de patrimonio histórico- cultural como son el Camino de Cruces y tramos del Camino Real y Camino de Gorgona. El Parque Nacional Camino de Cruces representa la extensión más grande de bosque húmedo de tierras bajas más cercano a la ciudad de Panamá; por su cercanía contribuye con la salud ambiental de la ciudad Capital; así mismo constituye el enlace (corredor biológico) entre dos áreas protegidas como lo son el Parque Metropolitano y el Parque Nacional Soberanía.

En la cuenca del río Cárdenas se ubican comunidades de diferentes estratos socio económico con necesidades y objetivo diferentes. Las comunidades de Mocambo, Manteca y Kuna Nega, que se encuentran aledañas al Vertedero Municipal de Cerro Patacón, cuentan con habitantes de bajo nivel de ingresos que a la vez son las más afectada por la contaminación del vertedero. En las comunidades de Clayton, Cárdenas, los ríos y sectores de Albrook dentro de la cuenca, residen profesionales de clase media –alta que son más preocupados por conservar el ambiente y controlar la contaminación del vertedero. Es por este motivo que se hace necesario crear concientización y valorización sobre el importante recurso natural del P.N.C.C. en el centro de la Ciudad Capital, Lo importante de este

proyecto es dar a conocer y resaltar su valor ecosistémico y los factores biofísicos que posee.

Actualmente, las comunidades en la Cuenca: Mocambo Abajo, Mocambo Arriba, Kuna Nega, Manteca, Valle de San Francisco, Clayton, Albrook, Cárdenas; se han visto sumamente afectados por la contaminación proveniente del Vertedero Municipal de Cerro Patacón. Los residentes denuncian los malos olores que emanan del vertedero y las aguas contaminadas. Vivir en un “sitio soñado”, como Clayton, en el corregimiento de Ancón, distrito de Panamá, se ha convertido en una pesadilla para los residentes, quienes tienen que convivir a diario con un olor fuerte y desagradable. Los vecinos de Clayton culpan a Urbalia Panamá, S.A., responsable de administrar el relleno sanitario de Cerro Patacón, por la contaminación del cauce de los ríos Cárdenas y Mocambo a causa de los líquidos que emanan del vertedero. Residentes en Clayton Village alegan que los malos olores están presentes desde 2009, pero hace unos tres años se han agudizado, debido a la obstrucción en un tramo del caudal de los ríos, que tiene estancada agua contaminada de lodos fecales que provienen del relleno sanitario de Cerro Patacón.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Evaluar las condiciones de las aguas, los suelos, los bosques, áreas protegidas y estado en que se encuentran estos sistemas dentro de la sub cuenca del Río Cárdenas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar la biodiversidad en las áreas boscosas de la Cuenca del río Cárdenas incluyendo el área protegida del Parque Nacional Camino de Cruces.
- Caracterizar los suelos, los recursos hídricos y determinar los principales factores que afectan a la cuenca del Río Cárdenas, siendo de carácter prioritario los recursos naturales.

## **1.5 HIPOTESIS**

El estado general de la cuenca del Río Cárdenas se puede establecer a través de evaluaciones de las condiciones biofísicas de la cuenca y entrevistas a las comunidades de la cuenca.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.6.1 Alcance**

La presente investigación busca establecer el nivel de afectación causada en la cuenca del Río Cárdenas por las actividades antrópicas, principalmente por la contaminación proveniente del vertedero Municipal de Cerro Patacón y los proyectos urbanísticos que han disminuido la cobertura boscosa de la cuenca.

### **1.6.1 Limitaciones**

La principal limitación de la presente investigación es la falta de financiamiento para los análisis de contaminación de suelos y aguas en las diferentes secciones de la cuenca, por lo que se evalúan los reportes existentes realizados por las entidades del Estado como el Ministerio de Ambiente.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### CUENCA HIDROGRÁFICA.

Según C.A.T.I.E. (2008), una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas. Tienen un límite conocido, el cual define una Unidad y Subunidades de Red hídrica, como dominio espacial. Presenta Vocación, potencial y problemas (capacidad de carga y vulnerabilidad) con Interacciones (partes altas y bajas), relaciones endógenas y exógenas.

De acuerdo con el **CATIE** las partes que conforman una Cuenca serían:

- Cuenca alta: que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.
- Cuenca media: la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.
- Cuenca baja: la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

### PARQUES NACIONALES Y BIODIVERSIDAD

En la cuenca del río Cárdenas se encuentra el Parque Nacional Camino de Cruces que es parte de la sección del Corredor Biológico Mesoamericano que va del

Parque Nacional Camino de Cruces, Soberanía y Parque Natural Metropolitano. Estos tres Parques conforman un bloque continuo de bosques que se extienden a lo largo de la cubierta Este del Canal de Panamá. Al existir esta extensa zona boscosa protegida en el Área Canalera, garantiza la conservación de la diversidad biológica permitiendo la supervivencia de especies que requieren estos territorios para así asegurar el flujo genético entre su población.

### **PARQUE NACIONAL CAMINO DE CRUCES:**

El Parque Nacional Camino de Cruces forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP). El CBM fue establecido en 1997 por los gobiernos de los países que conforman la región mesoamericana: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y México. Sus objetivos son mantener la diversidad biológica, disminuir la fragmentación y mejorar la conectividad del paisaje y los ecosistemas; promover procesos productivos sustentables que mejoren la calidad de vida de las poblaciones humanas locales que usan, manejan y conservan la diversidad biológica (**ANAM, 2014**).

Panamá juega un papel importante en la faja denominada Corredor Biológico Mesoamericano específicamente, en la conservación de los ecosistemas en donde la conectividad y continuidad de las rutas de tránsito, ya sean terrestres, costeras o marinas, permite la preservación de los hábitats naturales de la diversidad biológica que los contiene, facilita su dispersión y colonización en su libre ir y venir por la ruta natural.

El nombre Camino de Cruces, se debe a un camino empedrado, uno de sus principales atractivos. Entre sus senderos destaca El Camarón, que adquiere su



nombre por el río Camarón, un afluente que también alimenta el funcionamiento del Canal de Panamá., por supuesto, no podía faltar el sendero Camino de Cruces, con tramos empedrados, que era utilizado hace 500 años por viajeros y mercaderes que pasaban por esta ruta que conectaba el Mar Caribe con el océano Pacífico (**Puleio**).

En los Estudios de la Ampliación del Canal de Panamá la región que incluye el Parque Nacional Camino de Cruces es el hábitat de 525 especies de aves. Además, han sido identificadas 105 especies de mamíferos, 79 especies de reptiles y 55 de anfibios entre otros. Es posible apreciar monos cariblanco, venados cola blanca, ardillas coloradas, perezosos y varias especies de aves. Aves: trogón, el águila arpía, garzas, palomas, lechuzas, chorlos, patos reales, halcones, martines pescadores, agüilla crestada, loras frentirrojas, violáceo. Jaguar (*Pantera onca*), Venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), y manadas de Saínos (ACP; 1995).

Reptiles: babillos (*Caiman crocodylus*) o la serpiente verrugosa (*Lachesis mutus*), anfibios como el sapo común (*Bufo marinus*) o la salamandra (*Oedipina parvipes*) Anfibios: peces de agua dulce como el sábalo pipón (*Brycon petrosus*) o el barbudo (*Rhandia magnesi*), sapo común (*Bufo marinus*).

Insectos: hormigas arrieras (*Atta colombica*), hormiga folofa (*Paraponera clavata*), La vida silvestre incluye 17 especies de mamíferos, 5 especies de felinos, monos Titi y Aullador, Zainos y armadillos, venado, Zorras, Monos cariblanco, venados cola blanca, ardillas coloradas, perezosos, Capibaras, osos hormigueros, coatíes y monos aulladores. mono tití y el esquivo jujanà (*Aoutus lemurinus*). Mapaches y Gato solos, de las manadas de Saínos y de los Ñeques (*Dasyprocta punctata*).

Sobre la Fauna acuática en los Estudios de la Ampliación del Canal de Panamá se reportaron 3 especies de peces de agua dulce el sábalo real (*Megalops atlanticus*), el pez mayor de los dulceacuícolas es el sargento (*Cichla monoculus*), especie introducida en el canal de Panamá y voraz depredador de peces menores. Otro depredador importante del ecosistema acuático es el babillo, que en esta Zona alcanzan gran tamaño. Esta es una de las Zonas donde se ha reportado la presencia del manatí. En total se reportaron 39 especies de Mamíferos, 10 especies de Avifauna, 32 reptiles y 27 especies de Anfibios.

#### **PARQUE NATURAL METROPOLITANO:**

Se encuentra en la Provincia de Panamá, Distrito de Panamá, Corregimiento de Ancon) entre las Avenidas Ascanio Villalaz, el Camino de la Amistad, el Boulevard Omar Torrijos y el Rio Curundú; Los bosques del Parque Natural Metropolitano se comunican con el Parque Nacional Soberanía colindante al Parque Nacional Camino de Cruces (ANAM, 2016)

La cobertura vegetal del Parque Natural Metropolitano se caracteriza por una mezcla de bosque siempre verde (perennifolio) y bosque caducifolio (subperennifolio), los que cubren la mayor parte de su superficie, seguido por las áreas de rastrojos, herbazales y las áreas sin vegetación.

Encontramos, además, una flora en la que se presentan varias características importantes como, por ejemplo, la mayoría de los árboles grandes dejan caer sus hojas durante la estación seca, y gran parte de su vegetación caducifolio; encontrando una mayor representatividad en el sotobosque de las siguientes especies. Platanillo (*Heliconia Latispatha*), Carricillo (*Chasquea Simpliciflora*),

Espave (*Cordia Alliodora*), Guacimo Colorado (*Luehea Semannfi*), Almacigo (*Bursera Simaruba*), Corote (*Enterolobium Cyclocarpum*), Zorro (*Astronium Graveolens*), Jobo (*Spondias Bombin*) y (*S. Radlkolferi*), Madrono (*Calcopyllum Candidisimum*).

Existen otros árboles, aunque menos comunes, pero se presentan en todo el Parqué entre los que se mencionan. Laurel (*Cordia Allidora*), Chirimoya (*Annona Spraguei*), Caoba (*Antirrhea Trichantha*), Cedro Amargo (*Cederela Odorata*), Toreta (*Annona Purpurea*), Guacimo Blanco (*Luchea Speciosa*), Higuerón (*Picus Insipida*), Cedro Espino (*Pachira Quinata*), Cocobolo (*Dalbergia Retusa*), Cuipo, (*Cavanillesia Platanifolia*).

En la zona comprendida entre el Corredor Norte y el Rio Curundú (Sector de La Alameda), presenta una vegetación diferente a la encontrada en el resto del Parque, influenciada por la presencia del Rio Curundú. Además, es importante resaltar que esta área ha sido muy intervenida por el hombre. En la misma aparecen especies:

- Cabimo (*Copaifera Arornatica*), Guabita Cansaboca (*Inga Marginata*), Palma Aceitera (*Elaeis Guianensis*), Amarillo Pepita (*Lafoensia Punicifolia*). El resto de la vegetación se muestra de manera homogénea y similar dentro del Parqué Natural Metropolitano. **(Ariel Carrión, 2007).**

#### **FAUNA SILVESTRE:**

Según los estudios realizados por la administración del PNM existen unas 45 especies de mamíferos (mas dos exóticas) 227 especies de aves (incluyen 46 especies migratorias), 36 especies de reptiles y 14 anfibios. Entre estos animales

resaltan las aves por representar el mayor número de órdenes familias, géneros y especies. (Ariel Carrión, 2007).

### **PARQUE NACIONAL SOBERANÍA:**

Por su ubicación en el área del Canal de Panamá, que es la franja más baja y llana del istmo, el Parque Nacional Soberanía cuenta con un único ecosistema, o zona de vida: el bosque húmedo tropical. Por la misma razón, acoge también una muestra muy característica de la biodiversidad panameña, con una rica combinación de especies de Centro y Sudamérica. Algunas, como el capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) encuentran en esta área, su límite Norte de distribución, el mismo a su vez forma parte del corredor meso americano con el Parque Natural Metropolitano y el parque Nacional Camino de Cruces ya q los 3 están a lo largo de la parte este de la cuenca del canal de panamá.

Gracias a estudios realizados en la zona, especialmente desde mediados del siglo pasado, se pudo determinar con mayor exactitud la biodiversidad del Parque Nacional Soberanía. Estos se han enfocado principalmente en grupos como árboles, mamíferos, aves y anfibios. Sin embargo, la mayoría de estudios se han centrado en la Isla Barro Colorado, que muestra gran similitud con las áreas aledañas, y en el área del canal en general. Podríamos decir que a pesar de que se tienen pocos estudios concentrados específicamente en el Parque Nacional Soberanía, se ha podido recopilar un inventario bastante completo de su biodiversidad a partir de información general y reportes directos. A continuación, se resumen los datos recogidos por la actualización del Plan de Manejo (ANAM, 2006).

## **FLORA REPRESENTATIVA:**

En los bosques del Parque Nacional Soberanía se han registrado 2762 especies de plantas, entre las cuales destaca una presencia importante de especies de interés económico, señal de poca intervención, como el ajo de monte (*Cordia alliodora*), el cedro (*Cedrela odorata*), *Miconia argentea*, *Scheelea zonensis*, sande (*Brosimum* sp.), *Pyalentera* sp., espavé (*Anacardium excelsum*), *Anacardium occidentale*, *Astronium graveolens*, roble (*Tabebuia rosea*), guayacán (*Tabebuia guayacan*), *Bombacopsis quinata*, *Terminalia amazonia*, *Ocotea* sp., *Nectandra* sp., *Pterocarpus* sp., *Symphonia globulifera*, *Sacoglostis* sp. y *Humeriastrum* sp.

## **MAMÍFEROS:**

Entre los mamíferos, se estima una diversidad de 113 especies, que siguiendo los patrones de diversidad generales del neotrópico, alcanza sus mayores cifras entre los murciélagos y roedores. Los estudios realizados en el área destacan una abundancia importante de mamíferos grandes, indicador de buena salud del ecosistema. No son raros los encuentros con monos (titíes, aulladores, cariblancos), ardillas (*Sciurus granatensis* y *S. variegatoides*), ñeques (*Dasyprocta punctata*), perezosos (*Bradypus variegatus* y *Choleopus hoffmani*), gatos solos (*Nasua narica*) y tamandúas (*Tamandua mexicana*). Sin embargo, en algunas zonas localizadas se ha observado una disminución a causa de la caza furtiva, sobre todo de venados (*Odocoileus virginianus* y *Mazama americana*), conejos pintados (*Agouti paca*) y felinos (pumas y jaguares).

## **AVES:**

Las cifras sobre diversidad de aves varían considerablemente, entre 400 y 450 especies. El Plan de Manejo cita un total de 402 especies, entre las cuales se mencionan como las más comunes al saltarín cabecirrojo (*Pipra mentalis*), el hormiguerito bicolor (*Gymnopithys leucaspis*), el mosquerito ventriocráceo (*Mionectes oleagineus*), la paloma-perdiz rojiza (*Geotrygon montana*), el loro frentirrojo (*Amazona autumnalis*), el perico barbinaranja (*Brotogeris jugularis*) y el tucán picoiris (*Ramphastos sulfuratus*). Destaca también la presencia de especies amenazadas como el águila crestada (*Morphnus guianensis*) y el perico frentirrojo (*Touit costaricensis*). Al igual que en el caso de los mamíferos, se reporta que la cacería puede estar afectando las poblaciones de aves de gran tamaño como el pavón grande (*Crax rubra*), la chachalaca cabecigris (*Ortalis cinereiceps*) y la pava crestada (*Penelope purpurascens*).

## **REPTILES:**

La herpetofauna está representada por 66 especies de anfibios y 75 de reptiles. Los anfibios más representativos son las ranas arborícolas (familia Hylidae), los coquíes (género *Pristimantis*), los bufos y la salamandra arborícola (*Bolitoglossa biseriata*). Los reptiles están representados por una gran variedad de serpientes, especialmente de la familia Colubridae, y saurios más frecuentemente observados como iguanas (Iguana iguana), pasaríos (*Basiliscus basiliscus*) y anolis (*Anolis limifrons*). Es notable también la presencia de babillos (*Caiman crocodilus*) en quebradas y ríos. **(Mi Ambiente, 2017).**

## **PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

Longitud del Cauce principal, es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medido desde la parte más alta hasta la salida.

La conductividad, es una medida del grado de mineralización de las aguas, como también de la carga iónica presente, los valores encontrados fueron bastante elevados, lo que nos indica que a una mayor concentración de sólidos mayor será la conductividad, contrario a la conductividad en agua pura que suele ser muy baja casi nula, como también donde el agua presenta muy baja  $T^{\circ}$ , pues a mayor  $T^{\circ}$  mayor la conductividad.

Turbiedad, la turbiedad es una medida de la cantidad de materia en suspensión que interfiera con el paso de un haz de luz a través del agua. Se expresa en unidades de Nefelometrías de turbiedad (UNT) y se mide con un turbidímetro (OMS, 1998). Es producida por materias suspendidas como arcilla, o materia orgánica e inorgánicas, finalmente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados plancton y otros microorganismos en esta oportunidad pudimos corroborar que el agua del Río Cárdenas se mantiene bastante turbia como consecuencia de la gran cantidad de sedimentos entre otros líquidos que van a dar directamente a sus aguas, al igual que la materia orgánica fecal ocasionando que los niveles de turbiedad se encuentren por encima del límite establecido que es  $> 1$  NTU.

P.H, Los valores normalmente siempre estuvieron dentro del rango permitido.

Nitrato y Fosforo, Los nutrientes son elementos químicos y compuestos que existen en la naturaleza y que son utilizados por los organismos vivos para mantener sus

procesos vitales. En este estudio de la calidad de las aguas, se localizaron la presencia de dos clases de nutriente: nitrógeno y fosfatos, ambos valores están por encima del nivel máximo permisible, este aumento es producto de las descargas de aguas servidas domésticas e industriales al igual que el uso de fertilizantes en áreas muy cercanas, la constante y rápida expansión de la población en este sitio es otro factor.

### **CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.**

El suelo es definido como un cuerpo natural sintetizado en su perfil, a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y modificados atmosféricamente, junto con materia orgánica en desintegración, que cubren la tierra en una capa delgada y que proporciona, cuando contiene cantidades adecuadas de aire y agua, el soporte mecánico y en parte el sustento de las plantas **(Buckman y Brady, 1969)**.

Según **FAO**, También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de material parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.



Según **BAVER y GARDNER, (1971.)**, el suelo es un sistema complejo. Un volumen determinado de suelo está compuesto de materia sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está constituida por una fracción mineral y otra orgánica. La porción mineral consiste en partículas de varios tamaños, formas y composiciones químicas como son la arena, limo y arcilla. La fracción orgánica, o Materia Orgánica del suelo, incluye residuos en diferentes etapas de descomposición y organismo en estado de vida activa. La fase líquida es el agua del suelo, que llena una parte o la totalidad de los espacios vacíos entre las partículas sólidas. La fase gaseosa o de vapor ocupa aquella parte del espacio de poros entre las partículas del suelo que no están llenas de agua.

Las interrelaciones físicas y químicas entre las fases sólida, líquida y gaseosa no solo están afectadas por sus respectivas propiedades, sino también por la temperatura, la presión y la luz. La fase sólida o dispersa predomina, y el medio de dispersión, el agua del suelo, proporciona las películas acuosas que envuelven las partículas individuales y tienden a llenar los poros entre las partículas sólidas.

### **CAPACIDAD DE USO DE SUELO.**

Los estudios de Capacidad de Uso del Suelo, se remontan a los años sesenta, cuando el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU (**USDA, 1961**) intentó establecer en una unidad cartográfica una relación equilibrada entre las características del suelo y el resto de los componentes ecológicos del mismo. Desde entonces, muchos han sido los estudios destinados a evaluar la capacidad de uso (agrícola y/o forestal), aunque la mayor parte de estos estudios, han sido

adaptaciones del método “Land Capability Evaluation” diseñado por **Klingebiel y Montgomery (1961)**. En dicho método, los autores establecen ocho Clases de capacidad de uso en orden decreciente, siendo la Clase I “la mejor” y la Clase VIII “la peor”. Estas Clases (I, II,... VIII), se representaban en un mapa con diferentes polígonos, donde los polígonos de la Clase I eran tierras que podían ser aradas sin que presentaran problemas de conservación, los polígonos de las II a la IV añadían un coste adicional generado por prácticas conservacionistas y los polígonos de las Clases V, VI, VII y VIII correspondían a suelos que no se podían laborear desde el punto de vista agrícola, caracterizados por presentar limitaciones o características que mostraban un efecto adverso a la capacidad como sufijos para cada una de las Clases.

De acuerdo al Centro Científico Internacional (2005), entre las principales características biofísicas que definen la capacidad de uso de los suelos están: su pendiente, profundidad, inundabilidad, erosión sufrida, pedregosidad y fertilidad. Así mismo, la cantidad y calidad de los recursos hídricos. El centro añade tres componentes adicionales como son la duración de la estación seca, zonas de Vida y vientos resultando en una Capacidad de uso agro – ecológica. La capacidad de uso de los suelos o sea el potencial que tiene una unidad homogénea de suelo para ser utilizada en forma sostenida sin afectar su capacidad productiva. La capacidad de uso del suelo, ha sido definida en función de las características que determinan su aptitud para las actividades antrópicas. La capacidad de uso indica el uso mayor o la intensidad con que se puede utilizar una determinada unidad de suelo. Según

**CATIE, (1985)** la capacidad de uso de los suelos se determina utilizando los siguientes parámetros agroecológicos:

- Pendiente.
- Erosión sufrida.
- Profundidad efectiva.
- Pedregosidad.
- Salinidad / Toxicidad.
- Drenaje.
- Inundabilidad.
- Zona de Vida.
- Periodo Seco.
- Viento.
- Fertilidad, Textura: solo Clases I, II, III.

De acuerdo a la capacidad de uso los suelos pueden utilizarse en actividades de la clase a la cual pertenecen o actividades de menor intensidad de uso. Los mejores suelos son los Clase I que por sus cualidades no tienen ninguna restricción en su uso. A medida que aumenta el número de la clasificación se van restringiendo los usos hasta llegar a la Clase VIII que son suelos que, por sus muchas limitaciones, no deben utilizarse para ninguna actividad que no sea la de protección.

En 1,996 dentro del análisis del uso actual y potencial de los recursos para el desarrollo de la Región Interoceánica de Panamá se definió la capacidad de uso máximo de los suelos utilizando la información edafológica de los estudios de suelos existentes. La principal limitante es la fertilidad y la Inundabilidad que se restringe a

las llanuras de inundación de los ríos principales. Los suelos de mayor capacidad de uso en la región, son los aluviales (Clases IV y V), de las llanuras aluviales más bajas de la región. Estos suelos son relativamente planos de mediana a buena profundidad y con niveles de fertilidad medio-bajos.

## **ORDENAMIENTO TERRITORIAL.**

Según **FAO (2016)** el ordenamiento territorial es una herramienta de gestión político administrativa que permite maximizar la eficiencia económica del territorio, estableciendo su cohesión social, política y cultural en forma sostenible. Su objetivo es fomentar un desarrollo armónico y equitativo, con la participación de la comunidad local, regional y nacional, garantizando una mejor calidad de vida para la población. Además, el ordenamiento territorial permite contar con un diagnóstico espacial que da contexto y mejora las planificaciones sectoriales, incorpora procedimientos formales de participación legitimando la toma de decisiones, explica los objetivos territoriales sectoriales previendo los potenciales conflictos y coordina las diferentes demandas territoriales.

El ordenamiento territorial puede definirse como “una política de Estado y un instrumento de planificación del desarrollo, desde una perspectiva sistémica, prospectiva, democrática y participativa, que orienta la apropiada organización político administrativa de la Nación y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente, tanto para las actuales generaciones, como para las del futuro” (**FAO, 2003**). Por otra parte, el ordenamiento territorial permite organizar el uso, aprovechamiento y ocupación del

territorio sobre la base de las potencialidades y limitaciones, teniendo en cuenta las necesidades de la población y las recomendaciones generadas por todos los instrumentos de planificación y gestión.

Según la Ley 21 que establece el Ordenamiento Territorial Ambiental del Canal de Panamá (1,995), para el desarrollo es importante darle una proyección espacial a las políticas de desarrollo que tienen como fin el logro de la sostenibilidad. Los elementos más importantes para la formulación del ordenamiento deben suministrar para la implementación de políticas y estrategias de desarrollo, son las siguientes:

- El inventario de los recursos de la región: que incluye los recursos naturales (clima, hidrología, suelos, fauna, flora, etc.) y los recursos socioeconómicos.
- La evaluación de la aptitud de la tierra.
- Zonificación agroecológica que permite el desarrollo de los agro- ecosistemas y ecosistemas estratégicos que incluye la determinación de las áreas con sistemas degradados y que requieran recuperación para su valor ecológico y ambiental, definición de las áreas para el desarrollo de los usos productivos y actividades humanas en compatibilidad con su entorno, el pronóstico de escenarios probables y deseados en función de la conservación de los ecosistemas, los recursos naturales y el patrimonio y, el diseño y ejecución de estrategias, planes y sistemas de gestión y control ambiental.

## **CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y AGUAS POR VERTEDEROS**

Los rellenos sanitarios liberan una amplia gama de compuestos debidos a la degradación de los residuos en todo su ciclo de vida (Ziyang et al., 2009). Los

contaminantes líquidos generados en un relleno sanitario, también conocidos como lixiviados, producidos principalmente cuando un caudal de agua pasa a través de los residuos, son una amenaza para el suelo de los alrededores, para el agua subterránea e incluso para el agua superficial (**Ding et al., 2001**). La composición de los lixiviados es un indicador tanto del tipo como de la etapa de los procesos que ocurren dentro del relleno sanitario, siendo un conocimiento necesario para la implementación e instalación de un tratamiento factible (**Foo y Hameed, 2009**). Los lixiviados son caracterizados como una solución acuosa que contiene los siguientes cuatro grupos de contaminantes: materia orgánica disuelta, macro componentes inorgánicos, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos (**Christensen et al., 2001**).

En los últimos años, los procesos de adsorción han sido reconocidos como un tratamiento efectivo y prometedor, teniendo una notable tendencia en el uso de carbón activado, un adsorbente con un área superficial grande que posee mayor capacidad para la remoción de una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos en medio acuoso (**Foo y Hameed, 2009**).

El tratamiento con membranas de ultrafiltración ha mostrado ser efectivo en la remoción de macromoléculas, la ósmosis inversa sirve principalmente para eliminar sólidos totales, así como sales disueltas, las cuales están presentes como aniones y cationes, por lo que también puede ayudar a disminuir la concentración de diferentes metales y metaloides.

Se pueden definir los lixiviados como el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. Los lixiviados están

formados por el líquido que entra en el relleno desde fuentes externas tales como el drenaje superficial y la lluvia; y en su caso del líquido producido por la descomposición de los residuos. El lixiviado contiene diversos constituyentes derivados de la solubilización de los materiales depositados en el vertedero y de los productos de reacciones químicas y bioquímicas que se producen dentro del vertedero (**Tchobanoglus et al., 1996**). Los lixiviados se pueden considerar como un tipo muy específico de agua residual los cuales están compuestos por una alta carga orgánica, compuestos orgánicos solubles y constituyentes inorgánicos.

Los lixiviados han sido identificados como una fuente potencial en la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, ya que estos se pueden infiltrar a través del suelo provocando contaminación principalmente del agua si éstos no son propiamente recolectados, tratados y llevados a una segura disposición final (**Lozoya, L., 2006**). La contaminación del agua subterránea debidas a la infiltración en ésta de lixiviados generados en rellenos sanitarios puede ocurrir en alguna de las siguientes formas:

- La adición de DBO5 y DQO, los cuales no se encuentran presentes de una forma natural en el agua subterránea.
- El agotamiento del oxígeno disuelto.
- Contaminación por virus y bacterias.
- El incremento en el contenido de minerales (cloros, sulfatos, bicarbonato, sodio y potasio).
- La adición de metales pesados.

- La adición de compuestos orgánicos complejos (pesticidas, hidrocarburos, productos químicos industriales).
- Eutrofización (nitrógeno y fosforo)

La velocidad de degradación de los contaminantes en un relleno sanitario es propensa a ser afectada por muchos factores, tales como la temperatura, las condiciones geológicas, el clima local, los hábitos de vida de la población y el proceso de operación del relleno sanitario (**Ziyang et al., 2009**).

Durante las pasadas décadas, el crecimiento de la población mundial ha sido exponencial, con cambios notables en los hábitos de consumo de la población, así como en el uso de los recursos y el continuo desarrollo de industrias, lo que ha resultado en la generación acelerada de residuos municipales e industriales, incrementando significativamente la cantidad de residuos que se llevan a disposición final. Uno de los métodos de disposición final de los residuos más utilizados en el mundo son los rellenos sanitarios. Debido al contenido de humedad de los residuos y la infiltración pluvial al vertedero se producen lixiviados los cuales poseen concentraciones de DQO, DBO5 y NT extremadamente altas. La infiltración de los lixiviados al agua subterránea y a los sistemas acuíferos representa un riesgo potencial a la salud pública así como a los ecosistemas relacionados por las siguientes razones: • El agua subterránea se mueve lentamente en comparación a la infiltración de los lixiviados y su capacidad de auto purificarse está limitada. • Es más difícil tratar el agua subterránea una vez que está contaminada.



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN GENERAL.**

El estudio se realizó en la Cuenca del río Cárdenas ubicada en la Provincia de Panamá entre los 8º 59'0'' y los 9º 05'0'' de Latitud Norte y 79º 35'0'' y 79º 32'20'' de Longitud Occidental. Esta cuenca pertenece a la Cuenca del Canal de Panamá con importantes áreas protegidas y amenazas por lo que es importante poder conocer su estado actual.

#### **3.2 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS**

##### **Materiales**

- Mapa 1: 12,500
- Resaltadores de colores
- Hilo y Curvímetro

##### **Métodos**

Para definir la morfometría de la cuenca se procedió a delimitar el divisorio de aguas de la cuenca del río Cárdenas utilizando el Mapa a escala 1:12,500 se resaltó la red de drenaje de la cuenca y las aledañas con un color contrastante, con el objetivo de tener una idea más clara de por donde pasaba las líneas divisorias de aguas. Una vez completado el punto anterior se procedió a marcar el divisorio de aguas, por los puntos mayor elevación que cortan perpendicularmente a las curvas de nivel. Como comprobación la divisoria nunca debe cortar una corriente de agua superficial.

Para determinar el largo del cauce principal y del resto de la red de drenaje se utilizó un hilo que seguía todas las corrientes en el mapa. Para definir el área de la cuenca

y de las secciones con pendientes se utilizó el método de Malla-Punto. Se calcó la cuenca en un papel milimetrado transparente y se aplicó el método de Malla-Punto. Este método también se utilizó para calcular el área total de la cuenca, así como el área de las pendientes bajas, altas e intermedias de la cuenca.

La pendiente de la cuenca se determinó a partir de la observación e interpretación de las curvas de nivel. Se subdividió la cuenca en tres secciones con las pendientes más altas, pendientes intermedias y pendientes más bajas. Las curvas de nivel también fueron de suma importancia porque gracias a ellas se pudo delimitar la cuenca la cual guiaba por donde pasaba el divisorio de agua. La ponderación de pendientes permitió conocer la pendiente promedio de la cuenca del río Cárdenas. La pendiente del cauce principal se estableció con la diferencia de elevación entre el nacimiento del río, su desembocadura y la longitud total del recorrido del cauce principal.

El número de orden de la cuenca se estableció utilizando el método de Horton (1945) que establece que una corriente individual es de número 1 y donde se unen dos corrientes de orden 1 pasa a ser de número de orden 2 y así sucesivamente. El número de orden de la cuenca es el más alto que tenga la red de drenaje de la cuenca. La relación de bifurcación se calculó entre la relación entre el número de orden de una corriente específica y el número de orden siguiente. Según la Ecuación (1)

$$R_b = \text{Número de corrientes de orden } n / \text{Número de corrientes de orden } n+1$$

(1)

donde  $R_b$  es la Relación de Bifurcación, n es el número de orden de la corriente

La densidad de drenaje se obtiene de dividir el área total de la cuenca en  $\text{km}^2$  entre la longitud total de todas las corrientes de la cuenca Ecuación (2)

$$D_d = \text{Área total de la Cuenca (km}^2\text{) / Longitud total de corrientes (km.)} \quad (2)$$

Donde  $D_d$  es la densidad de drenaje

Relación de Forma o Índice de Gravelious según Ec. De clases

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde P es el perímetro (Km) y A el área de la cuenca ( $\text{Km}^2$ ).

### 3.3 DESCARGA DEL RÍO CÁRDENAS

#### **Materiales:**

- Mira Telescópica
- Cinta Topográfica
- Nivel de mano
- Nivel de Hilo
- Cinta de Bolsillo
- Pala de Talud
- Flotador orgánico
- Cámara fotográfica

## **DESCARGA DEL RÍO CÁRDENAS**

Para estimar la descarga del río Cárdenas se llevaron a cabo varios aforos puntuales en sus secciones media y baja. Para este objetivo se tomó en cuenta la contaminación de las aguas por lo que se prefirió el aforo por flotadores como método para minimizar los potenciales riesgos de contaminación durante el aforo. Se utilizó cinta topográfica para medir el área de la sección de flujo del agua y con la ayuda de la mira y el nivel de ingeniero se realizaron lecturas para la medición de profundidad directamente. El flotador orgánico fue utilizado para medir la velocidad del río; dada la contaminación del agua, este flotador al ser orgánico (trozo de madera) no requiere recogerse.

Para las mediciones de la velocidad de la corriente se escogió un tramo lo más uniforme y recto posible y se estableció una longitud de 25 metros para medir el tiempo que tomaba al flotador recorrer el tramo seleccionado. Se tomaron 3 lecturas en cada aforo obteniéndose la velocidad promedio del flujo de agua en el río.

$$V = D/T \quad (3)$$

dónde: V = Velocidad de flujo del río en m/s, D = Distancia recorrida por el flotador (25 m)

T: Tiempo promedio de recorrido del flotador

Para corregir la velocidad del flotador y tomar en cuenta los cambios a través de la profundidad del río se utilizó un factor de 0.80 para profundidades de más de 30 centímetros.

La descarga total del río se obtiene al multiplicar el área de la sección de flujo del río por la velocidad promedio  $Q=A*V$  (4)

donde Q es la descarga en m<sup>3</sup>, A es el área de la sección de flujo y V es la velocidad promedio del río

## **CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**

La calidad de las aguas superficiales del río Cárdenas se estableció utilizando las mediciones realizadas por el Departamento de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente que fueron realizadas a petición de las comunidades que se ubican en la cuenca y denunciaron la contaminación del río entre los años 2017 y 2019.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Clima y Zonas de Vida**

Según Koppen (Climatólogo Alemán) En la cuenca del río Cárdenas el clima es húmedo tropical (Aw) con un periodo de lluvias de alrededor de 9 meses y una estación seca de alrededor de tres meses. La temperatura es en promedio anual es de 27.0 °C. La precipitación anual aproximada es de 1,784 milímetros (Hidrometeorología, ETESA) con variaciones entre 2,100 y 1,650 milímetros eventos extremos (ENOS 2015, 1997).

El mes más seco es marzo, con un promedio de 11 mm de lluvia. Durante la estación lluviosa el promedio mensual es de alrededor de 291 mm. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año. En la Figura 1 podemos observar la

distribución de la lluvia mensual para la cuenca del río Cárdenas. Hay una diferencia de 280 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos.

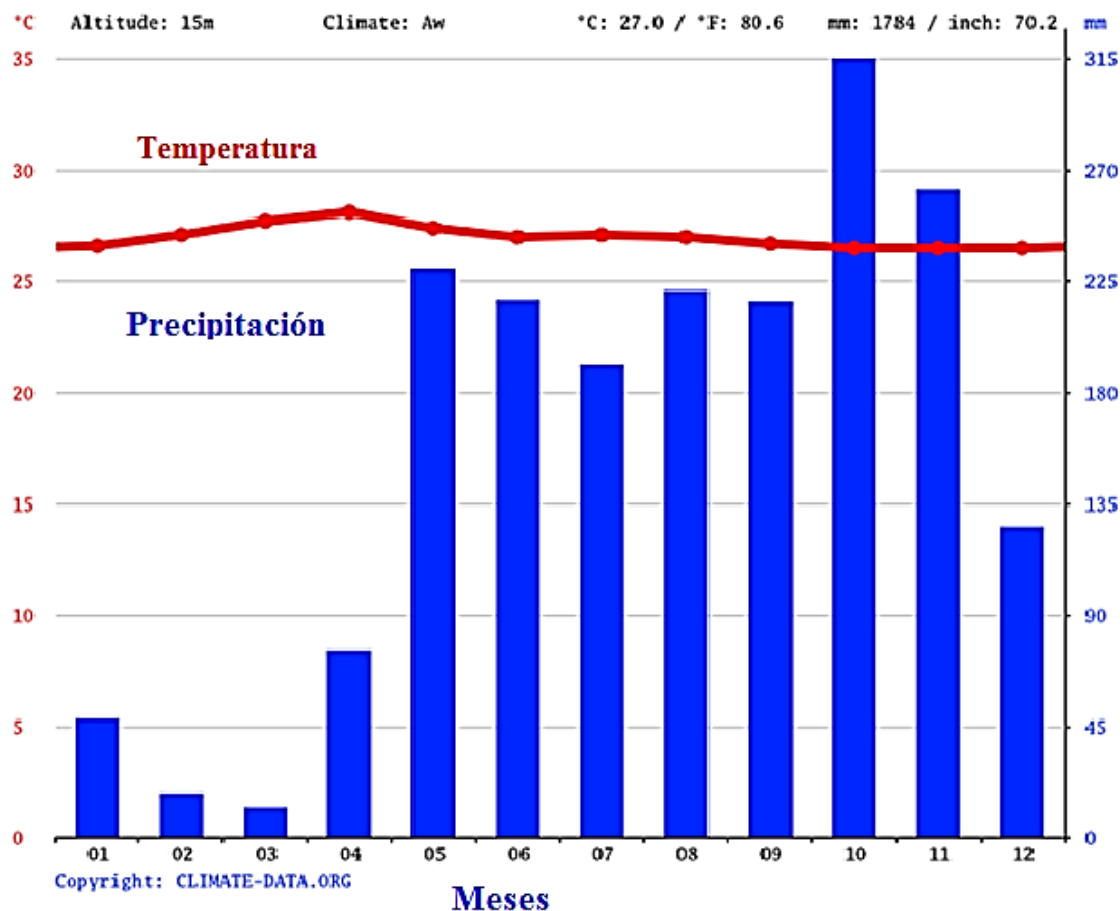


Figura 1. Grafica de Precipitación y Temperatura mensual

En el Cuadro 1 presentamos la variación de la temperatura promedio, máxima y mínima mensual durante el año. Como podemos observar abril es el mes más cálido del año con temperatura promedio de 28.1 °C. El mes más fresco del año es octubre con 26.5 °C. La temperatura máxima promedio mensual oscila entre 32.7 en abril y 30.0 en noviembre y diciembre.

Figura 2. Temperatura Máxima, Mínima y Media Mensual para Cuenca del río Cardenas.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media (°C)	26.6	27.1	27.7	28.1	27.4	27	27.1	27	26.7	26.5	26.5	26.5
Temperatura min. (°C)	22.2	22.5	23	23.6	23.7	23.6	23.4	23.4	23.1	23	23	22.5
Temperatura máx. (°C)	31.1	31.8	32.5	32.7	31.2	30.4	30.8	30.7	30.4	30	30	30.6

Fuente <https://es.climate-data.org/americadelnorte/panama/panama/panama-5885/>

Las temperaturas medias varían durante el año en un 1.6 °C.

<https://es.climate-data.org/americadelnorte/panama/panama/panama-5885/>

La humedad relativa de la Cuenca media anual oscila entre el 76 y 91.7%. La menor humedad relativa se reporta en el mes de febrero durante la estación seca (62.7%), y la mayor humedad relativa se reporta para el mes de octubre (92%), coincidiendo con la estación lluviosa.

Según Tosi, la Zona de Vida de la cuenca del río Cárdenas es bosque tropical húmedo tropical (bh-T)

### **FAUNA Y FLORA SILVESTRE DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS**

Los bosques de la cuenca del río Cárdenas que están incluidos en el Parque Nacional Camino de Cruces, son parte del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP) con una abundante vida silvestre. Según los Estudios de la Ampliación del Canal de Panamá, en la Cuenca del río Cárdenas podemos encontrarla siguientes especies.

#### **MAMÍFEROS**

Entre los mamíferos, se han reportado una diversidad de 113 especies, que alcanzan sus mayores cifras entre los murciélagos y roedores. Los estudios realizados en el área destacan una abundancia importante de mamíferos grandes, indicador de buena salud del ecosistema. Se documentan encuentros con monos (titíes, aulladores, cariblanco), ardillas (*Sciurus granatensis* y *S. variegatoides*), ñeques (*Dasyprocta punctata*), perezosos (*Bradypus variegatus* y *Choleopus hoffmani*), gatos solos (*Nasua narica*) y tamandúas (*Tamandua mexicana*). Sin embargo, en algunas zonas localizadas se ha observado una disminución a causa de la caza furtiva, sobre todo de venados (*Odocoileus virginianus* y *Mazama americana*), conejos pintados (*Agouti paca*) y felinos (pumas y jaguares).



## **Aves**

Las cifras sobre diversidad de aves varían considerablemente, entre 400 y 450 especies, entre las cuales se mencionan como las más comunes al saltarín cabecirrojo (*Pipra mentalis*), el hormiguerito bicolor (*Gymnopithys leucaspis*), el mosquerito ventriocráceo (*Mionectes oleagineus*), la paloma-perdiz rojiza (*Geotrygon montana*), el loro frentirrojo (*Amazona autumnalis*), el perico barbinaranja (*Brotogeris jugularis*) y el tucán picoiris (*Ramphastos sulfuratus*), tucanito o aracari, Halcones, Gavilanes, Paisanas, garzas, palomas, lechuzas, chorlos, patos reales y carpinteros. Al igual que en el caso de los mamíferos, se reporta que la cacería puede estar afectando las poblaciones de aves de gran tamaño como el pavón grande (*Crax rubra*), la chachalaca cabecigris (*Ortalis cinereiceps*) y la pava crestada (*Penelope purpurascens*).

## **HERPETOFAUNA**

La herpetofauna está representada por 66 especies de anfibios y 75 de reptiles. Los anfibios más representativos son las ranas arborícolas (familia Hylidae), los coquíes (género *Pristimantis*), los bufos y la salamandra arborícola (*Bolitoglossa biseriata*). Los reptiles están representados por una gran variedad de serpientes, especialmente de la familia Colubridae: boa (*Corallus annulatus*, *Corallus ruschenbergerii*, *Epicrates maurus*), X (*Bothrops asper*) bejuquilla (*Oxybelis fulgidus*), coral (*Micrurus nigrocinctus*, *Micrurus Multifasciatus*, *Micrurus mipartitus*, *Micrurus dissoleucus*), patoca (*Porthidium lansbergii*), verrugosa (*Lachesis stenophrys*), y saurios más frecuentemente observados como iguanas (Iguana iguana), pasaríos (*Basiliscus basiliscus*) y anolis (*Anolis limifrons*). Es notable

también la presencia de babillos (*Caiman crocodilus*) en quebradas y ríos. (Ministerio de Ambiente, 2017).

## **COBERTURA BOSCOSA**

La cobertura vegetal principalmente del Parque Camino de Cruces se caracteriza por una mezcla de bosque siempre verde (perennifolio) y bosque caducifolio (subperennifolio), los que cubren la mayor parte de su superficie, seguido por las áreas de rastrojos, herbazales y las áreas sin vegetación. Encontramos una mayor representatividad en el sotobosque de las siguientes especies. Platanillo (*Heliconia Latispatha*), Carricillo (*Chasquea Simpliciflora*), Espave (*Cordia Alliodora*), Guacimo Colorado (*Luehea Semannfi*), Almacigo (*Bursera Simaruba*), Corote (*Enterolobium Cyclocarpum*), Zorro (*Astronium Graveolens*), Jobo (*Spondias Bombin*) y (*S. Radlkolferi*), Madrono (*Calcophyllum Candidisimum*). Existen otros árboles, aunque menos comunes, pero se presentan en todo el Parqué entre los que se mencionan. Laurel (*Cordia Allidora*), Chirimoya (*Annona Spraguei*), Cedro Amargo (*Cederela Odorata*), Toreta (*Annona Purpurea*), Guacimo Blanco (*Luehea Speciosa*), Higuerón (*Picus Insipida*), Cedro Espino (*Pachira Quinata*), Espavé (*Anacardium excelsum*), *Astronium graveolens*, guayacán (*Tabebuia guayacan*) y *Ocotea sp.*,

## **RECURSO HÍDRICO**

La red de drenaje del río Cárdenas nace en su parte más alta del río Mocambo llegando a su desembocadura con un número orden 4.

<u>Cauce Principal Río Mocambo</u>	<u>Cauce Río Cárdenas</u>	<u>Cauce Río Guabinosa</u>
<b>74.5 cm</b>	<b>26.5 cm</b>	<b>32.5 cm</b>
<b>9 312.5 m = 9.31 km</b>	<b>3 312.5 m = 3.31 km</b>	<b>4 062.5 m = 4.06 km</b>

La longitud del cauce Principal estar entre el rango de 6.9 a 10.9 se le considera a este un cauce corto.

### **Densidad de Drenaje**

$$Dd = \frac{\text{km}}{\text{Km}^2} = \frac{25.38 \text{ km}}{21.17 \text{ km}^2} =$$

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. Esta cuenca posee una densidad de drenaje baja debido a que esta entre el rango .1 a 1.9.

### **AFOROS**

Según los resultados de aforos puntuales realizados en el río Cárdenas se pudo encontrar que la descarga más baja fue de 0.21 m<sup>3</sup>/s, en estación seca y en la estación lluviosa con crecidas de 10.53 m<sup>3</sup>/s.

En aforos puntuales del año 2019 pudimos medir las siguientes descargas

Junio 1.72 m<sup>3</sup>/s Julio 0.2145 m<sup>3</sup>/s

Agosto 1.4 m<sup>3</sup>/s

Septiembre 7.657 m<sup>3</sup>/s

Octubre 10.53 m<sup>3</sup>/s ( Siendo éste mes con la mayor descarga)

### **Calidad de Agua**

Desafortunadamente, una de las condiciones más graves la presenta la cuenca del río Cárdenas es la calidad de; agua. La misma ha sido contaminada por el Vertedero de Cerro Patacón que genera lixiviados y descargas directas a la red de drenaje desde su ubicación.

El color de las aguas del cauce ha pasado de un verde cristalino a un negruzco, en un lado, y pardo, en otro. Cada vez más sucumbe la vida acuática. Y los olores que brotan de las aguas son insoportables. El río parece morir lentamente.

Los muestreos realizados por la Autoridad Nacional del Ambiente a petición de las comunidades que reclamaban por los olores y avistamientos de contaminación extrema que podía afectar la salud pública de la comunidad. 8 sitios 3 Fechas del 2017 a 2019

Podemos indicar sin miedo a equivocarnos que se ha identificado puntualmente la fuente principal de contaminación del río. Y una de las razones principales que han provocado esta situación negativa en nuestra cuenca es a raíz de los altos niveles de contaminación, que están aguas abajo del relleno sanitario de Cerro Patacón (8 sitios de muestreos en Junio 2017, Febrero 2017 y Septiembre 2018) **todos los muestreos aguas abajo del vertedero de Cerro Patacón estaban contaminados**, y cuyas aguas confluyen en el río Cárdenas, adicional pudimos observar como drena directamente lixiviados desde el vertedero a los cuerpos de agua el río.

Sumado a esto, podemos inferir que existen altos niveles de materia orgánica (aguas residuales de origen doméstico que no son tratadas), que consumen grandes cantidades oxígeno y disminuyen el disponible para las especies acuáticas.

La demanda de oxígeno en ambos cauces es veinte veces superior al límite permitido por la ley. “Los compuestos orgánicos le restan oxígeno a los dos ríos”.

Pero también en las inmediaciones de ambos ríos están asentadas comunidades que usan letrinas para defecar. Las aguas residuales de estas comunidades, además, van a parar a estos ríos. La situación puede empeorar con el crecimiento de las comunidades.

En ambos cauces también fueron detectados altos niveles de contaminación por coliformes fecales. La norma establece que los límites permitidos de coliformes fecales están entre 250 y 450 unidades. Pero las aguas de los ríos superan mil veces estos rangos. En el Guabinoso existen más de 140 mil unidades, mientras que en el Mocambo hay más de 240 mil unidades.

**Monitoreo de Cerro Patacón**  
**Resultados Físicos- Químicos y Microbiológicos**

Parámetro / Punto de Monitoreo	Río Guabinoso	Río Mocambo	Desembocadura	Vado Río Mocambo	Vado Río Guabinoso	Puente Río Cárdenas
Fecha	02/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	02/06/2017	02/06/2017
Temperatura	26.5	27.5	27.2	28.6	28.3	30.6
pH	7.51	7.62	7.62	7.61	7.65	7.55
O.D. (mg/l)	3.8*	1.63*	0.61*	1.01*	2.2*	0.99*
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	824	2236	1979	25.68	716	1286
Turbiedad (NTU)	1	101.3	84.23	201.9	2.17	25.24
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	41	382	372	1137	45	107
Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	2	115	93.8	263.3	3	2
Sólidos Totales (mg/L)	522	1500	1329	1823	439	788
Fosforo Total	<0.5	11.2	9.3	16.8		3.8
Nitrato (mg/L)	56.6	57.34	60.76	41.06	54	53.05
Coliformes Totales (NMP/100mL)	41000	1785000	1162000	1723000	4100	794000
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	10,000**	1100000**	980000**	970000**	< 10000**	740000**

Parámetro/Punto de Monitoreo	Urbanización Génesis	Cantera Cerro Patacón	Puente Río Mocambo	Vado Río Mocambo	Vado Río Guabinoso
Fecha	11/02/2017	11/02/2017	11/02/2017	11/02/2017	11/02/2017
Temperatura	26.6	27.7	26.6	27.2	27
pH	7.4	7.8	7.3	7.43	7.63
O.D. (mg/l)	7.4	2.7*	3.46*	4.24*	6.62
O.D. (%)	92	34	43	52	83
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	177.6	1880	592	453	465
Turbiedad (NTU)	23	78	5.53	9.49	187
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	< 2.0	13.34	7.68	5.08	2.86
Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	33.8	71.75	5.25	5.8	113.2
Sólidos Totales (mg/L)	192	1182	324	270	466
Fosforo Total	0.94	1.92	1.55	1.54	0.78
Nitrato (mg/L)	0.44	< 0.03	2.66	11.07	< 0.03
Coliformes Totales (NMP/100mL)	1200	3.0x10 a la 4	2500	2100	1800

Parámetro/Punto de Monitoreo	Cantera Cerro Patacón	Urbanización Génesis	Puente Río Mocambo	Puente Río Cárdenas	Vado Río Mocambo	Vado Río Guabinoso
Fecha	05/09/2018	05/09/2018	09-may	05/09/2018	04/09/2018	04/09/2018
pH	7.89	7.79	7.68	7.48	8.02	7.8
Temperatura	28.3	27	27.2	27.6	29.8	30.8
Conductividad (Us/cm)	2340	218.9	503	533	354	631
OD (mg/L)	ND	7	4.6	3.8	7.4	4.3
%Sat. OD	ND	97.7	96.4	94.9	105.7	104.5
Turbiedad (NTU)	36.6	3.95	2.01	16.8	2.89	11.9
DBO5 (mg/L)	4.94*	1.12*	4.94*	5.73	<1.00*	20.04
ST (mg/L)	268	98	268	306	182	422
ss (mg/L)	< 5.00	1.67	<5.00	6	<5.00	12
TDS (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitratos (mg/L)	11.66*	<1.00	11.66*	7*	8*	<1.00
Fosforo Total (mg/L)	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	8	4	8	31	10	5

\*: Por encima de la Norma

\*\* : 100 Veces Por encima de la Norma

Parámetro/ Punto de Monitoreo	Cantera Cerro Patacon	Urbanización Génesis	Puente Río Mocambo	Puente Río Cárdenas
Fecha	09/16/2019	09/16/2019	16-sep	09/16/2019
pH	7.+J23:J2748	7.8	7.77	7.61
Temperatura	26.8	30.1	28.5	27.6
Conductividad (Us/cm)	161.9	2241	487	445
OD (mg/L)	ND	ND	ND	ND
Turbiedad (NTU)	5.84	48.3	15.5	16.4
DBO5 (mg/L)	45.6	58.7	51.3	42.5
ST (mg/L)	137	1502	337	313
ss (mg/L)	< 2.5	17.3	14.6	7.7
TDS (mg/L)	ND	ND	ND	ND

Nitratos (mg/L)	11.65*	18*	14.1*	9.4*
Fosforo Total (mg/L)	0.73	1.2	0.88	0.59
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	141,361**	241960**	34480**	48844**
Normas de Calidad de Aguas Continentales				
Mi Ambiente				
Por: ACP				
Turbiedad	> 100 NTU			
O.D	< 5 mg/l			
P.H	6.5 - 8.5			
Cloro	> 250 m/l			
T.D.S	> 500 mg/l			
Acalinidad Total	< 20 mg/l			
Nitrato	> 0.3 m/l	lago o embalse		
Fósforo	> 0.005 mg/ l	en río		
Coliformes Fecales	<2,0000			

De acuerdo a los muestreos llevados a cabo en distintas fechas en el río Cárdenas (teniendo en cuenta cada parámetro) pudimos concluir lo siguiente:

- Como podemos observar en los cuadros, los valores coliformes FECALES en el momento en que se tomó la muestra, hay vertidos de aguas negras directamente (tanques sépticos), es notorio que existen descargas puntuales sobre el río que llevan los niveles de coliformes fecales muy por encima de los niveles máximos permitidos. En el caso de los O.D se puede evidenciar que las aguas están muy contaminadas a raíz de actividades cercanas que pueden aumentar las heces fecales, y es inaceptable para la supervivencia de especies acuáticas, mucho menos para fines de recreación y/o consumo humano, En un



curso de agua de buena calidad, la cantidad de oxígeno disuelto es superior a 4 partes por millón; cuando el resultado del análisis da un valor inferior, indica serios problemas de la calidad del agua, como lo es en este caso; por lo tanto la DBO es en este río es alta, porque existe bastantes bacterias fecales que absorben todo el oxígeno disponible.

## MORFOMETRÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CÁRDENAS

El área de la Cuenca del río Cárdenas **2,117 Has 21.17km<sup>2</sup> área total**

Esta cuenca al tener 21.17km<sup>2</sup> este valor indica que la cuenca es muy pequeña por que entra en el rango de área pequeño que es de (35.5 a 58).

Verificar Largo del Cauce Principal Obviar datos intermedios.

<u>Cauce Principal Río Mocambo</u>	<u>Cauce Río Cárdenas</u>	<u>Cauce Río Guabinosa</u>
<b>74.5 cm</b>	<b>26.5 cm</b>	<b>32.5 cm</b>
<b>9 312.5 m = 9.31 km</b>	<b>3 312.5 m = 3.31 km</b>	<b>4 062.5 m = 4.06 km</b>

La longitud del cauce Principal estar entre el rango de 6.9 a 10.9 se le considera a este un cauce corto.

### Brazo del Rio Cárdenas

**A= 3.2 cm → 400 m = 0.4 km**

**B= 6 cm → 750 m = 0.75 km**

**Σ= 1.15 km**

### Brazo del Río Mocambo

**A= 18 cm      2250 m      2,25 km**

**B= 3.8 cm      475 m      0,47 km**

**C= 15 cm      1875 m      1,87 km**

**D= 2 cm      250 m      0,25 km**

**E= 14 cm      1750 m      1,75 km**

**F= 6 cm      750 m      0,75 km**

**G= 1.7 cm      212.5 m      0,21 km**

### Red de Drenaje total

**9.31 km**

**3.31 km**

**4.06 km**

**1.15 km**

**7.55 km**

### Densidad de Drenaje

$$\text{Dd} = \frac{\text{km}}{\text{Km}^2} = \frac{25.38 \text{ km}}{21.17 \text{ km}^2} =$$

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. Esta cuenca posee una densidad de drenaje baja debido a que esta entre el rango .1 a 1.9.

### Pendiente Media del Cauce Principal

$$\frac{225 \text{ m} - 50 \text{ m}}{9312.5 \text{ m}} \times 100$$

$$\frac{175 \text{ m}}{9312.5 \text{ m}} \times 100 =$$

Pendiente media del cauce principal en porcentaje resulto ser 1.87% y expresado en decimales seria 0.0187 que según los rangos de pendiente entra en (0.01 a 0.05) estaría en la clase suave.

Pendiente Promedio de la Cuenca  
de las Zonas Altas, Intermedias y Bajas

$$\text{S Alta} = \frac{\text{Elev A} - \text{Elev B}}{\text{Dist.entre curvas de Nivel}} = \frac{225 - 100}{3.2 \times 125}$$

$$31.25\%$$

$$= \frac{225 - 100}{400 \text{ mts}} \times 100 =$$

$$\text{S Intermedia} = \frac{\text{Elev A} - \text{Elev B}}{\text{Dist.entre curvas de Nivel}} = \frac{150 - 100}{162.5 \text{ mts}} \times 100 = 30.76$$

$$= \frac{150 - 100}{162.5 \text{ mts}} \times 100 =$$

$$S \text{ Baja} = \frac{\text{Elev A} - \text{Elev B}}{\text{Dist.entre curvas de Nivel}}$$

$$13.3\% = \frac{100 - 50}{3 \times 125} \times 100 = \frac{50}{375} \times 100 =$$

$$S \text{ Total} (\text{Salta} \times \text{Alta}) + (\text{SB} \times \text{AB}) + (\text{SI} \times \text{AI})$$

$$\sum A \text{ Alta, Baja e Intermedia}$$

$$S \text{ Total} = (31.25 \% \times 0.71 \text{ km}^2) + (30.76 \% \times 17.36 \text{ km}^2) + (13.3\% \times 3.10 \text{ km}^2)$$

$$S \text{ Total} = 28.21\%$$

La cuenca del río Cárdenas posee una pendiente total intermedia ya que esta entre el rango de 20 a 30%.

$$\text{Para el Perímetro: } 192 \text{ cm} \times 125 = 2400 \text{ m} =$$

El río Cárdenas posee un perímetro menor a 25 kilómetros lo que la hace una cuenca muy pequeña.

**Factor Forma =**

$$F = At/L^2$$

$$F = 21.17 \text{ km}^2 / (24.0 \text{ km})^2$$

$$F = 21.17 \text{ km}^2 / 576$$

$$F = 0.88$$

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente. A estar en un rango de 0.1 a 1.4 hace que la cuenca del río Cárdenas tenga una forma alargada.

$$\text{N}^\circ \text{ Orden (1)} = 16$$

$$\text{N}^\circ \text{ Orden (2)} = 4$$

$$\text{N}^\circ \text{ Orden (3)} = 2$$

$$\text{N}^\circ \text{ Orden (4)} = 1$$

El orden de corrientes de esta cuenca es 4, según la literatura entre más alto es el orden de corrientes de la cuenca, indica un drenaje más eficiente que desalojara rápidamente el agua; esto indica que la cuenca del río Cárdenas tiene buen drenaje.

Rb: N° de Ríos Menores  
N° de Rb n + 1 (mayor)

$$\mathbf{Rb: (1-2)=1614=4 \quad Rb: 2-3=42=2 \quad Rb: (3-4)=21=2}$$

Se debe obtener la relación de bifurcación promedio. Así los valores de Rb bajos se asocian con cuencas muy bien drenadas que pueden generar a su vez crecidas más violentas. En este caso son 3 relaciones de bifurcaciones según las ordenes de corriente

### Factor Forma

$$\mathbf{FF = \frac{A \text{ total}}{(\text{Perímetro})^2} = \frac{21.17 \text{ km}^2}{(24 \text{ km})^2}}$$

$$\mathbf{Kc = 0.29 \times \frac{\text{Perímetro}}{\text{Area Total}}}$$

$$= 0.29 \times \frac{24 \text{ km}}{21.17 \text{ km}}$$

$$= 0.29 \times \frac{24 \text{ km}}{4.60}$$

$$= 0.29 \times 5.21$$

Según el coeficiente de gravelius siempre será mayor que 1.0 en el caso de la cuenca del río Cárdenas entra en los parámetros de una cuenca oval oblonga porque da como resultado 1.51 que está entre los valores de **Kc = 1.50 a 1.75**.

### Caracterización de los Suelos.

En la cuenca del río Cárdenas dominan los suelos Ultisoles que se han desarrollado bajo un régimen de precipitación per húmedo y que presentan un Horizonte Argílico de acumulación de arcilla típico de los suelos Ultisoles. El horizonte superficial ócrico es poco profundo entre 5 y 15 centímetros, En las áreas del Parque Nacional Camino de Cruces con cobertura forestal, el horizonte superficial tiende a acumular mayor materia orgánica.

El horizonte sub superficial de acumulación de arcilla, argílico es de textura arcillosa y drenaje lento. Se encuentran pequeños parches aluviales a orillas del

río Cárdenas y sus afluentes que sufren inundaciones periódicas. En las áreas de asentamientos urbanos Albrook, Clayton, Cárdenas los suelos naturales han sido alterados por rellenos pasando a ser suelos antrópicos.

Según los estudios del uso actual y potencial de los recursos para el desarrollo de la Región Interoceánica de Panamá se definió la capacidad de uso de suelos de la región son Clases VI y VII (ARI, 1996).

### **CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA DE ÁREAS BOSCOSAS**

Para evaluar la extensión del área contaminada por el Vertedero de Cerro Patacón se realizaron observaciones directas en campo identificando evidencias de contaminación por desechos sólidos provenientes del Vertedero, como restos de empaques disgregados, restos de estructuras metálicas, bolsas plásticas, empaques diversos, cartón, llantas, latas, botellas, entre otros. Desde la carretera principal de acceso se realizaron observaciones hasta 7 kilómetros en ambas direcciones del vertedero de Cerro Patacón.

La problemática asociada a la creciente construcción de proyectos inmobiliarios e infraestructuras para albergar instituciones escolares y de administración nacional e internacional en áreas boscosas de la cuenca se evaluará utilizando los mapas de cobertura boscosa existente y observaciones directas en campo.

## VISTA GENERAL DEL RIO CARDENAS



Vistas del Río Cárdenas en la parte baja de la cuenca a la altura del cruce del Río Cárdenas con el puente que está sobre la carretera que viene del seguro y donde se puede observar una estructura de contención, para recoger la cantidad de plástico que trae el río y la acumulación de los mismos; se puede observar con detalle una barrera para recoger los plásticos que trae el río .



El cerro Patacón con una altura de mas de 30 mts de lo que son los materiales del vertedero que se acumulan sobre la superficie



El agua negra es el escurrimiento del lixiviado directo del vertedero del Cerro El Patacón que drena directamente al Río Mocambo, afluente del Río Cardenas



VISTA GENERAL DEL AREA RECIENTEMENTE AFECTADA POR LA  
CONSTRUCCIONES EN EL AREA CONTIGUA AL COLEGIO JAVIER



Amenaza por incremento de construcciones en áreas con zonificación restringida para estos usos comerciales.

Área anteriormente boscosa con gran biodiversidad que fue denunciada por las comunidades de Clayton y Cárdenas.

**VISTA GENERAL DEL EMPEDRADO DEL CAMINO DE CRUCES EN EL  
SECTOR DE GUANABANO, CON GRAN VALOR COMO PATRIMONIO  
HISTORICO**



Se puede observar restos del Empedrado original del Camino Colonial

**VISTA GENERAL DEL VERTEDERO DONDE SE VIERTEN LOS  
NEUMÁTICOS**





**MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD Y REALIZACIÓN DE LECTURAS CON LA AYUDA DE LA MIRA Y EL NIVEL DE INGENIERO.**



## 5. CONCLUSIONES

- Luego de analizada la información recabada, podemos concluir que la Cuenca del río Cárdenas cuenta con una mayor descarga en el mes de Octubre siendo uno de los meses más lluviosos, la agricultura se da con mayor intensidad en la parte alta de la cuenca, el drenaje es moderado a bajo , la cuenca del río Cárdenas es afectada por los altos índices de contaminación, principalmente por los lixiviados que drenan directamente desde el vertedero de cerro patacón, haciendo que cada día sea mayor la preocupación por las comunidades vecinas quienes son las más afectadas por los malos olores y se benefician de los recursos eco sistémicos que posee en su parte alta media y baja de la cuenca; Cabe destacar que el Parque Nacional Camino De Cruces, considerado como Patrimonio Histórico y Natural , también forma parte de esta Cuenca lo que afecta directamente el turismo en el área, como también el entorno natural que lo forma, ya que es un punto de conexión o corredor biológico entre el parque Metropolitano y parque Soberanía. La creciente urbe es otro factor que, de no ser regulada de forma correcta, también afecta negativamente el buen funcionamiento de la cuenca del río Cárdenas.
- Siendo una cuenca tan importante para el País, es vital prestar atención a los problemas ya existentes y dar solución a aquellos daños que al menos no podemos erradicar por completo, pero sí podemos corregir o mitigar, para evitar un mayor deterioro a la cuenca.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Promover la buena disposición de desechos en Cerro Patacón, principalmente llevando el adecuado control de los lixiviados que drenan directamente a las aguas del río Cárdenas, contaminando los cursos de agua.
- Fomentar la buena cultura de las tres R en las Comunidades aledañas a la cuenca del río Cárdenas (Reducir, Reutilizar y Reciclar), concientizando a la población y a los estudiantes proporcionando material educativo ambiental acompañado de charlas.
- Mejorar el control de los permisos para realizar construcciones comerciales en áreas dentro de la cuenca, especialmente aquellas que ya cuentan con zonificación restringida atentando contra la voluntad de los residentes.
- Preservar como Patrimonio Histórico los restos que aún permanecen del empedrado Camino de Cruces.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad del Canal de Panamá. Vicepresidencia de Ambiente, Agua y Energía. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica de Canal de Panamá. Plan de Acción Inmediata II para el desarrollo humano, apoyo a la producción y manejo ambiental de la
- Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Marzo 2008.
- Autoridad Nacional del Ambiente.
- Araúz, Armando, 2005, Caminos de Cruces y Gorgona durante el Gold Rush, Épocas, La Prensa, Año 20, No. 7, p. 2-3
- Barrera Azael. 2011. El Camino de Cruces. La primera ruta multimodal de las Américas.
- Constitución Política de la República de Panamá. 1997.
- Ministerio de Ambiente. 2018.
- ANAM. 2014