

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA

**CARACTERIZACIÓN DEL SUELO AFECTADO POR EL ENSANCHE DE LA
VÍA OMAR TORRIJOS HERRERA Y SUS AFECTACIONES AL LAGO
MIRAFLORES Y SU ENTORNO**

AMIR RODRÍGUEZ

8-930-1993

PANAMÁ CENTRO
REPÚBLICA DE PANAMÁ

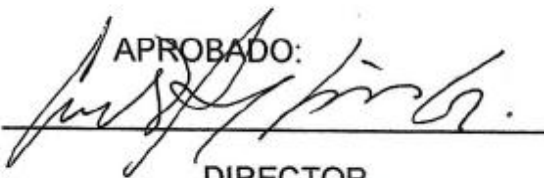
2023

"CARACTERIZACIÓN DEL SUELO AFECTADO POR EL ENSANCHE DE LA
VÍA OMAR TORRIJOS HERRERA Y SUS AFECTACIONES AL LAGO
MIRAFLORES Y SU ENTORNO"

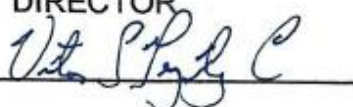
TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA CON ORIENTACION EN MANEJO DE CUENCAS Y
AMBIENTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

APROBADO: 

PROF. CARLOS HIM.

DIRECTOR
PROF. VICTOR GONZÁLEZ. 

MIEMBRO

PROF. AARON CONTE. _____
MIEMBRO

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ, 2023

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos al Dr. Carlos Him por estar desde el primer día apoyándome y orientándome con su amplio conocimiento durante el desarrollo de este trabajo.

Gracias al Ingeniero Enrique Sánchez Galán quien me recomendó varias ideas para darle mejor estructura al contenido del trabajo y que este tuviera un mejor léxico.

Agradezco al equipo de trabajo profesional, del laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias Agropecuaria, en especial a la Licenciada Berta Carrera y al Ingeniero Víctor González, por ayudarme durante la realización de los análisis, por el tiempo y la disposición que sacaron para ayudarme a que se realizaran las experiencias de la manera correcta y transmitir todos sus conocimientos que han sido de mucha ayuda a lo largo de esta investigación.

Gracias a los compañeros George Fuentes y Demetrio Rodríguez quienes estuvieron dispuestos a colaborar conmigo en las labores de campo y brindaron su ayuda en todo momento para lograr obtener datos y muestras solidas. De ante mano, gracias por su amistad y compromiso.

Resumen

Durante muchos años el crecimiento poblacional ha causado que se generen nuevas vías de comunicación para el tránsito vehicular, lo cual trae consigo un cambio en el uso de suelo, para darle paso a la construcción de las carreteras, por parte de empresas promotoras contratadas por partes de entes gubernamentales. Al tratarse de mega obras, éstas generan impactos ambientales directos, cambiando la calidad del suelo, generando mayor concentración de sedimentos, además de cambiar la calidad de aire tras generarse un aumento de partículas suspendidas en el aire, aumento de la presión sonoras y probabilidades de inundaciones en comunidades cercanas al proyecto.

La erosión hídrica es un proceso que se origina de forma natural, sin embargo, también puede darse de forma acelerada como lo es en este caso, en donde interviene la actividad humana para dar paso a obras de construcción de carreteras que facilitan la comunicación vial. Por ende, los suelos se vuelven susceptible ante los procesos erosivos producto de la precipitación, por lo que se deben tomar medidas para mitigarlas.

Podemos decir que la erosión es uno de los principales agentes contaminantes del agua y las obras de ingeniería que intervienen para dar cambios en el uso del suelo aquellos detonantes principales para que se genere la erosión.

INDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Planteamiento del problema	9
1.2	Antecedentes	10
1.3	Justificación.....	11
1.4	OBJETIVOS	12
1.4.1	OBJETIVO GENERAL	12
1.4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
1.5	Hipótesis.....	13
1.6	Alcances y limitaciones	14
2	Revisión de literatura	15
2.1	Creación del Parque Camino de cruces.....	15
2.2	Área de impacto afectada por la construcción del proyecto	15
3	Materiales y métodos	21
3.1	Muestreo y Georreferenciación.	21
3.2	Parámetros químicos y físicos del suelo a evaluar.....	22
3.2.1	Preparación de las muestras de suelos para su análisis.	22
3.2.2	Determinación de la textura.....	23
3.2.3	Determinación de la densidad aparente.	23
3.2.4	Determinación granulométrica por tamices.....	24

3.2.5	Determinación del pH.	25
3.2.6	Monitoreo satelital sobre el crecimiento vegetativo.	25
4	RESULTADOS Y DISCUCIÓN	26
4.1	Análisis de textura	26
4.2	Lecturas (Hidrómetro de Bouyoucus).	26
4.3	Determinación de la densidad aparente.	27
4.3.1	Determinación de la densidad real.	28
4.3.2	Determinación de la porosidad	28
4.4	pH del suelo	29
4.5	Determinación granulométrica en seco.	30
4.6	Observaciones de campo	36
4.7	Seguimientos realizados dentro de la zona del proyecto	37
4.8	Primera visita / Inspección.....	37
4.8.1	Segunda visita / Inspección.	39
4.8.2	Tercera visita / Inspección.	40
4.8.3	Cuarta visita / Inspección.....	41
4.9	Crecimiento vegetativo de la zona a través de la teledetección.	42
	CONCLUSIONES	45
	RECOMENDACIONES.....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	49

1 INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el crecimiento poblacional ha causado que se generen nuevas vías de comunicación para el tránsito vehicular, lo cual trae consigo un cambio en el uso de suelo, para darle paso a la construcción de las carreteras, por parte de empresas promotoras contratadas por partes de entes gubernamentales, tomando parte de suelos que una vez pertenecieron a un bosque natural.

No obstante, hay que tomar en cuenta de que esta área, donde se trató de ampliar la carretera, forma parte de un parque nacional. Este se encuentra amenazado por el desarrollo de una ciudad con un crecimiento constante, como lo es la ciudad de Panamá, el cual guarda en ella cientos de años de historia a pesar de haber sido declarado parque nacional apenas en 1992 deben respetarse los sitios naturales del país.

Dentro de esta investigación se va a ir describiendo como tópico principal la problemática que causa la erosión hídrica producto de la gota de lluvia en obras civiles y de las consecuencias que trae consigo el arrastre de todos estos sedimentos a los cuerpos cercanos a la cuenca del Canal de Panamá. Además, se incluye a la discusión, la importancia de los bosques como reguladores del ciclo hidrológico, hábitat para las especies de fauna y flora, área de recreación cultural, paisajística entre otros. Se hablará sobre las distintas practicas o alternativas para la conservación de suelos y aguas que se pretende implementar en las distintas áreas afectadas, producto de la remoción de la cobertura vegetal.

De esta forma, se plantearán estrategias de mitigación para este problema, que ha inquietado por muchos meses a los moradores de las distintas comunidades que habitan cerca a esta zona y de los visitantes que a diario disfrutaban del paisaje que ofrecía parte de este Parque Nacional. Además de dar a conocer las medidas que han tomado los distintos grupos del comité de la cuenca del Canal para tratar de recuperar la zona deforestada y tratar de motivar a la población panameña a participar para lograr salvar lo poco que queda de esta área que para muchos representaba un lugar agradable y transitable.

1.1 Planteamiento del problema

Durante la fase de construcción del ensanche de la Av. Omar Torrijos, no se tomaron en cuenta elementos establecidos dentro del Estudio de impacto ambiental, ya que al momento de establecerlo lo catalogaron como clase II, mientras que para este tipo de proyecto el cual va a tomar parte de los límites de un área protegida debe estar catalogado como una categoría III. Posterior a eso se debió hacer un foro público en el cual estuvieran invitados las comunidades aledañas a esta zona y organizaciones.

Durante el proceso de tala se destruyó gran parte del bosque lo cual la empresa promotora encargada no respetó los límites establecidos, trayendo consigo una disputa entre moradores y espectadores que a diario transitan esta zona. Pese a esta problemática las entidades del gobierno, mediante la corte suprema de la justicia, proclamaron un fallo que ocasionó la suspensión de la construcción de la carretera. Esta obra se encuentra en abandono y el suelo desnudo es vulnerable ante la estación lluviosa produciendo la erosión hídrica, poniendo en riesgo el lago Miraflores que es un hábitat y la biodiversidad de las especies que habitan alrededor.

Esta área se encuentra expuesta (sin cobertura vegetal) lo que significa que el suelo esta vulnerable y propensa a erosionarse ya que se producen cambios estacionales teniendo como repercusión que el suelo se erosione y arrastre sedimentos y residuos derivados de petróleo que la maquinaria derramó en las distintas áreas de la ampliación.

1.2 Antecedentes

Antes de haberse hecho la primera fase de la construcción de la Avenida Omar Torrijos Herrera, en el sitio se contaba con un bosque natural y de gran biodiversidad, pero con el crecimiento poblacional y para mejor comunicación con la ciudad, se dió la iniciativa de construir una nueva vía de acceso para el tránsito vehicular. Lo cual dió como origen la construcción de esta carretera que esperaba conectar la Zona del Canal con la ciudad de Panamá comunicando las áreas de Clayton, Ciudad del Saber entre otras. (Castillo.C, 2012)

No fue hasta el año en el año 1992 que se fundó, El Parque Nacional Camino de Cruces de la ciudad de Panamá como programa para fomentar la conservación de bosques y el desarrollo de la educación ambiental en Panamá, hace 500 años este parque conocido en esa época como camino real de cruces representaba una vía de tránsito muy importante para los españoles y se usaba para conectar el istmo con los países de sudamericana. (Codigo Postal Panamá, 2017)

Cabe resaltar que por muchos años el lago que forma parte de esta área de tránsito (Lago Miraflores), ha sido utilizado por parte de los moradores y visitantes como un sitio ideal para realizar las actividades de recreación en familia, pesca de forma deportiva y de subsistencia, aprovechando en si los recursos que brinda la naturaleza. (Rodríguez.A, 2019).

1.3 Justificación.

La presente investigación se enfoca en dar a conocer las consecuencias producidas por la mala planificación de proyectos de obras civiles dentro de áreas de cobertura boscosas y protegidas ya que, se da el cambio de uso de suelo en muchas áreas de suma importancia para el desarrollo y crecimiento de la vida silvestre.

El área de cobertura boscosa afectada juega un papel muy importante en el ciclo hidrológico, aumentando la Infiltración y reduciendo la escorrentía superficial, mejorando la calidad del agua y regulando el caudal de las quebradas y ríos, reduciendo el impacto de sequías e inundaciones.

No obstante, el Desarrollo de nuevas vías de transporte, es indispensable para facilitar la movilidad vehicular, mejorar comunicación entre comunidades, siempre y cuando se propongan diseños de construcción, que no afecten los ecosistemas y a las especies que habitan dentro de estas zonas ecológicas.

Además en este análisis se presentarán algunas prácticas, que serán de ayuda en el desarrollo de construcciones civiles, con la finalidad de conservar los ecosistemas y áreas protegidas, minimizando los daños ambientales que se produzcan durante la remoción y construcción dentro de los límites del área protegida que son de gran importancia para el desarrollo de distintos hábitats.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Dar a conocer las causas y efectos que ha generado la pérdida de suelo producto de la erosión hídrica dentro de las zonas de mayor impacto en el proyecto.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las áreas más susceptibles a una rápida erosión.
- Mostrar los tipos de erosiones que se producen dentro de la zona.
- Explicar cómo se ha deteriorado el suelo dentro del área devastada producto de las lluvias.
- Proponer medidas de mitigación para reducir la erosión hídrica.

1.5 Hipótesis

Ho El desarrollo de obras civiles en áreas protegidas, genera un cambio significativo en las propiedades físicas de los suelos.

Ha El desarrollo de obras civiles en áreas protegidas, no genera un cambio significativo en las propiedades físicas de los suelos

1.6 Alcances y limitaciones

Se realizó un estudio referente a la erosión hídrica y como esta afecta las aguas del Lago Miraflores y su entorno. Esta investigación es de carácter exploratorio, la cual se desarrolló en los alrededores del Parque Camino de Cruces, Vía Omar Torrijos Herrera. Con este estudio se da a conocer los efectos que ocasiona la erosión hídrica durante la construcción de un proyecto de obra civil, que no sigue las normas técnicas y prácticas de la conservación de los suelos y agua e incluso pone en riesgo el bienestar tanto social y ambiental que se desarrolla en dicha área. Además, con la información publicada se va a ver beneficiadas todas las personas, resaltando las de mayor interés como los administrativos del parque, personal de construcción de obras civiles, universidades, estudiantes entre otros.

Parte de la investigación se va a realizar en las instalaciones de la Universidad de Panamá específicamente en el laboratorio de suelo en el cual se realizarán todos los análisis de suelos y conocer las sus propiedades y condición del lugar de estudio. El estudio tendrá un periodo de desarrollo de un año divididos en cuatrimestres.

Algunas de las limitaciones a la hora de realizar este estudio se puede mencionar la condición del clima a la hora de tomar las muestras y dar seguimiento, la información concreta de cómo interpretar algunos datos, además de la disponibilidad de estar frecuentemente en el laboratorio ya que, los estudiantes de distintos cursos los utilizan para realizar sus prácticas y realizar los análisis pueden demorar un poco.

2 Revisión de literatura

2.1 Creación del Parque Camino de cruces.

El Parque nacional camino de cruces, fue creado mediante la ley N°30 del 12 de diciembre de 1992. Dictada por La Asamblea Nacional de Panamá, publicada del 6 de enero de 1993. (LEGISPAN, 1993).

2.2 Área de impacto afectada por la construcción del proyecto

EL proyecto de desarrollo vial propuesto por el Consorcio Astaldi - MCM, según datos técnicos del Ministerio de Obras Publicas da a conocer que se impactara unas 13 hectáreas en total del parque nacional camino de cruces, devastando áreas protegidas del corregimiento de Ancón. (Ikar, 2019).

La ampliación de esta obra abarca una longitud aproximada de 6.8 kilómetros y busca ampliar una de las avenidas que funciona como salida y entrada a la ciudad de Panamá desde el interior de la República, especialmente desde las ciudades de Arraiján y La Chorrera, donde residen muchos ciudadanos que se desplazan diariamente a la capital. (Prensa, 2016).

La problemática de dicha construcción, radica en la aprobación y ejecución del proyecto de ensanche de la Ampliación de la Carretera, Avenida Omar Torrijos Herrera, aprobado el 17 de mayo del 2018 por el Ministerio de Ambiente, del cual se categorizó como un Estudio de Impacto Ambiental (ESIA) categoría II, siendo este considerado un proyecto clase III, del cual se requería la participación de un foro público, manifestándose en contra de este, La Alcaldía de Panamá como los ambientalistas y residentes de áreas revertidas al Canal. (TVN, 2019).

El suelo, constituye la capa superior de la corteza terrestre (litosfera) que se ha formado como consecuencia de la meteorización secundaria o intemperación de las rocas y minerales primarios y secundarios. Es un sistema trifásico (3 fases) una fase sólida, una fase líquida, y una fase gaseosa que contiene en su fase sólida minerales primarios y secundarios y materia orgánica, la fase líquida se le llama la solución del suelo, porque contiene agua con sales minerales y solución, y en su fase gaseosa está constituida por los gases del aire semejantes a los que contiene la atmósfera, pero en diferentes proporciones. (Mora, 2017).

Los agregados del suelo son un conjunto de partículas sólidas del suelo que se mantienen unidas, esto se debe a las sustancias cementantes como la materia orgánica, cationes divalentes como el Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y otros óxidos, como el óxido de hierro (FeO). En el suelo las partículas de arena, limo y arcilla no están separadas, sino que forman estructuras estables llamadas agregados. (Mora, 2017).

La erosión del suelo, es el desgaste del suelo por el agua, el viento, y otras fuerzas, es un proceso natural que puede acelerarse por las actividades humanas. (USDA, 1995).

La erosión, en principio, es un fenómeno natural que implica el desprendimiento de suelo y/o fragmentos de roca, y como tal es un fenómeno inevitable (Guerra & Jorge., 2014) que en su tasa de progresión natural es responsable de un proceso constructivo al contribuir con la formación de suelo, pero con una tasa acelerada por acción antropogénica se constituye en un proceso de degradación que resulta destructivo al fomentar su pérdida. (Lal & Stewart, 1990).

El agua que no se infiltra se escurre y por lo tanto fluye sobre la superficie del suelo es el agente para la erosión hídrica del suelo y para el transporte de los componentes solubles del suelo incluyendo los contaminantes. El suelo que es erosionado de los campos y llega a cursos de agua superficiales tiene mayores efectos negativos sobre la calidad del agua. La erosión hídrica se estima que transporta de 23 a 42 millones de toneladas de N y de 15 a 26 millones de toneladas de P fuera de las tierras agrícolas a nivel global, también el suelo erosionado de los paisajes agrícolas también contribuye a la sedimentación en los lagos y embalses, acortando su vida útil. (FAO, 2016)

En cualquier lugar dado, existen varios tipos de erosiones causadas por el agua y el viento, en las cuales pueden estar presentes y dar cuenta de una considerable pérdida de suelo y puede disminuir la productividad de tierra. Los sedimentos y contaminantes asociados (pesticidas, agroquímicos, fertilizantes y combustibles), también tienen efectos perjudiciales en la salud humana, en la población de peces, vida silvestres y habitadas. (USDA, 1987).

La erosión acelerada resulta de la agricultura, la minería y las actividades de construcción comercial y residencial que perturban el suelo o su cubierta protectora provoca que sea expuesta a la erosión por las fuerzas del agua y el viento. Estas actividades conducen a la destrucción de especies de plantas nativas agradables y reduce esta protección de la erosión, la tala, la minería, la construcción de carreteras, el fuego y otras perturbaciones, pueden aumentar la erosión y retrasar la recuperación de la cubierta vegetal natural en áreas perturbadas. (USDA, 1995)

Cuando la intensidad de lluvia sobrepasa la velocidad de infiltración del suelo, el agua de lluvia se acumula en la superficie. En terrenos de laderas, esta agua empieza a fluir como escorrentía superficial y si el flujo sigue incontrolado, puede alcanzar velocidad erosiva, arrastrando suelo superficial, causar daños y llegar a cuerpos de agua. (USDA, 1995).

Dentro de los factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica se destacan la lluvia, a mayor lluvia mayor erosión, ya que es la lluvia la que produce la erosión, la erodibilidad de los suelos frente a la erosión estará marcada por el poder de adhesión de sus partículas constituyentes y por su capacidad de infiltración, la topografía ya que al aumentar la inclinación aumenta netamente la erosión, debido fundamentalmente al aumento del poder erosivo de la escorrentía, por el incremento de la velocidad de desplazamiento de la lámina de agua, la vegetación ya que las raíces son las que van amarrar el suelo evitando que este se erosione rápidamente y el uso que se esté dando dependerá del grado al cual se puede degradar y erosionar el suelo. (Dorronsoro, 2008).

Según el servicio de Conservación de suelos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) dan a conocer que el valor anual medio tolerable de pérdida de suelos es de 10 t/ha/año.

Existen distintos tipos de erosiones hídricas, que se pueden desarrollar en un área sin cubierta vegetal y los daños que pueden ocasionar. (USDA, 1995).

La erosión por el salpique de la gota de lluvia destruye la estructura superficial y sella los poros del suelo. Cuando el suelo superficial ha perdido su estructura,

presentan un aspecto pulverizado y compactad, si existen capas compactadas en el perfil, se reduce la aireación del suelo y la infiltración y la disponibilidad de agua, hay obstáculos físicos para el crecimiento de rucies y el suelo superficial se vuelve altamente erodable.

La Erosión en cárcavas, se produce cuando se permite la erosión de flujo concentrado para continuar en el tiempo y hace que se forme un barranco. Esta es difícil de controlar porque el suelo se elimina rápidamente con agua brotando sobre “el corte de cabeza” (cuesta arriba final) del barranco y por agua fregar el fondo del barranco, por agua eliminando el material del suelo que se ha derrumbado del barranco o acera.

Efectos negativos de la erosión hídrica.

Para la agencia de Protección ambiental (Enviromental Protection Agency) considera a los sedimentos como lo contaminantes más comunes en ríos, arroyos, lagos y embalses.

Los sedimentos que el agua de lluvia recoge al escurrirse degradan la calidad del agua para el consumo humano, para la vida silvestre y para el suelo que rodea los arroyos de la siguiente manera (MARC, 2007).

- El agua contaminada con sedimentos se torna turbia, lo que impide que los animales puedan ver su alimento.
- El agua turbia impide el crecimiento de vegetación natural en el agua.

- Los sedimentos que se depositan en el lecho del lago alteran la cadena alimenticia natural al destruir el hábitat donde viven los organismos más pequeños y provoca disminuciones masivas de poblaciones de peces.
- Los sedimentos pueden obstruir las agallas de los peces, lo que reduce su resistencia a enfermedades, disminuye los índices de crecimiento y afecta el desarrollo de huevos y larvas.
- Los nutrientes transportados por los sedimentos pueden activar a las algas verde azuladas que liberan toxinas y pueden enfermar a los nadadores.
- Los sedimentos suspendidos en el agua pueden el tránsito de botes, lanchas y embarcaciones.

3 Materiales y métodos

3.1 Muestreo y Georreferenciación.

Se seleccionó como punto principal de muestreo, el tramo que se encuentra a un costado de la carretera Omar Torrijos Herrera específicamente antes de llegar al lago Miraflores (Figura.1). Se utilizaron como sitios de muestreos dos zonas, una **no intervenida** (esta corresponde al área de bosque natural) y una **intervenida** (la cual ocupa toda la zona que fue removida la cobertura vegetativa con la maquinaria y equipo pesado). Para extraer la muestra de sedimentos, se hizo un recorrido por las diferentes tinajas de sedimentación en forma de zigzag y se procedieron a embolsar para su posterior secado y unificación en el laboratorio.

Figura 1

Vista satelital de zonas de muestreo Av. Omar Torrijos Herrera.



Fuentes: Google Maps (2019).

Para poder realizar la toma de datos se utilizó la cinta topográfica para delimitar las zonas, nivel de ingeniero, machete y pala, para limpiar el área y extraer las diferentes muestras. Además, se utilizó un GPS para indicar puntos de importancia para los posteriores análisis.

3.2 Parámetros químicos y físicos del suelo a evaluar.

3.2.1 Preparación de las muestras de suelos para su análisis.

Una vez la muestra fueron recolectadas, embolsadas y rotuladas, (Figura.3). Se procedieron a llevarlas al laboratorio de suelos y aguas de la facultad de ciencias agropecuarias el cual con ayuda del asistente encargado se pesaron, y se colocaron en bandejas plásticas con su rotulo para dejar algunas secar al aire y otras se secaron en el horno, una vez estas estuvieran secas, con ayuda del mortero se molieron, tamizaron y se volvieron a colocar en bolsas con su debido rotulo.

Figura 2

Molido y tamizado de las muestras de suelo para posteriores análisis.



3.2.2 Determinación de la textura.

Para la determinación de la textura se utilizó el método propuesto por Boyucos et al (1936), se utilizó 40g de suelo por muestra y se calibro el hidrómetro. Se llevaron las diferentes muestras a batir y así separar los agregados (aforar) con un poco de aceite vegetal. (Figura 3). Se realizaron 2 lecturas, la primera lectura en el sistema (USDA) a los (40s) y después a los 4 minutos (SICS).

Figura 3

Muestras de suelos preparadas para realizar ambas lecturas.



3.2.3 Determinación de la densidad aparente.

Para realizar este análisis se utilizó la metodología propuesta por (Nyle C. Brady) et al (1996), se tomó la muestra dentro del área no intervenida del proyecto, una vez en el sitio con del machete se limpió la vegetación, luego se introdujo el cilindro en el suelo (Figura 4). Se introdujo la muestra al horno a una temperatura de 110°C y se dejó por 72 horas.

Figura 4

Extracción de la muestra en el área no intervenida y secado en horno.



3.2.4 Determinación granulométrica por tamices.

Para este análisis de suelo utilizamos la metodología de los tamices en seco propuesta por (Atterberg) et al (1911) se secó la muestra de suelo del área intervenida y no intervenida al aire y retiramos los restos vegetativos para no afectar la muestra, se armó una estructura de tamices de mayor a menor abertura, (figura 5), mediante agitación por 10 minutos con ayuda de la tamizadora. Cabe resaltar que esta toma de muestra se realizó durante un solo periodo (2019).

Figura 5

Armado de estructura, para conocer la distribución de las fracciones.



3.2.5 Determinación del pH.

Para este análisis utilizamos la metodología de extracción, (Ray R. Weil) et al (1984) se utilizó el suelo seco y molido la cantidad de 9 g y se colocó en un vaso de extracción, al cual se le adicionó agua desionizada en proporción 1:2.5 y se agito por 10 minutos. (Fig.6). Para el procedimiento analítico, se calibro el medidor de pH con las soluciones de buffer 4.00, 7.00 y 10.00 y posteriormente se introdujeron los electrodos en la muestra y se procedió a realizar la lectura.

Figura 6

Uso de los electrodos, para determinar el pH en la solución.



3.2.6 Monitoreo satelital sobre el crecimiento vegetativo.

Utilizamos un software de ingeniería satelital, el cual con algunas de las herramientas brindadas se pudo seleccionar el área de estudio, y lograr obtener imágenes en tiempo real sobre el crecimiento de la cubierta vegetal ante el suelo erosionado producto de lluvia. Con la herramienta MSAVI se puede observar las distintas zonas a través de escalas de color y porcentajes sobre el desarrollo de estas para su posterior análisis.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de textura

ANÁLISIS DE TEXTURA								
Muestras	Peso	%H	TFSE	LB	% AREN A	% ARCILL A	% LIMO	Textura
Bosque Av. Omar Torrijos	40g	4.70%	38.20g	5.48g/l	8.12%	62.47%	29.40%	Arcilla franca limosa
Sedimento s (Tina4) AV. OT adentro	40g	1.21%	39.62g	5.48g/l	54.45%	30.36%	15.18%	Franco arcilla arenoso
Sedimento s (Tina4) Av. OT superficial	40g	1.08%	39.74g	5.48g/l	57.04%	27.80%	15.16%	Franco arcilla arenoso

4.2 Lecturas (Hidrómetro de Bouyoucus).

En el primer análisis textural realizado al suelo no intervenido (Bosque) se pudo obtener que este suelo contiene un porcentaje de arena de 8.12%, arcilla de 62.47% y limo de 29.40% siendo este clasificado de acuerdo con el triángulo textural de la USDA, como un suelo Arcilla franco-limosa. Esto indica que tiene una alta capacidad de retención de agua, buena capacidad de intercambio catiónico, sin embargo, es muy susceptible a inundarse ya que no tiene muy buen drenaje, no desecan muy bien y son susceptibles a erosionarse, pero no de forma acelerada sino de forma natural. Además, al ser un suelo muy arcilloso posee buenas reservas de nutrientes y fértiles, aunque la incorporación de la materia orgánica sea muy lenta.

El análisis realizado a las tinajas de sedimentación (Interno) se pudo extraer datos de contenido de arenas del 54.45%, de arcillas 30.36% y limo de 15.18%. Para la

parte superficial se obtuvieron datos de contenido de arenas de 57.04%, arcilla de 27.80% y de limo, siendo este clasificado de acuerdo con el triángulo textural de la USDA como un suelo Franco arcillo arenoso. Esto indica que al tener un alto contenido de arenas no tienen mucha capacidad de retener nutrientes con las que se puedan desarrollar las plantas. Esto se debe a la remoción del suelo natural por la maquinaria e influencia del agua de lluvia el cual produce un arrastre de partículas en donde la mayor parte son lavadas las arcillas y queda el material más grueso como las arenas y demás partículas como gravas, generando capas de sedimentos y estos quedan suspendidos sobre la superficie del terreno o almacenadas en tinajas de sedimentación como lo es en este caso.

4.3 Determinación de la densidad aparente.

Volumen del anillo (volumen del suelo) = $V = \pi (r)^2 (h)$

$$V = \pi (3.0)^2 (6.3)$$

$$V = 178.125 \text{ g/cm}^3$$

$$MSS = 323.88 \text{ g.}$$

$$Da = Mss/Vol.total.$$

$$Da = \frac{323.88 \text{ g}}{178.125} = 1.81 \text{ g/cm}^3$$

$$178.12 \text{ g/cm}^3$$

4.3.1 Determinación de la densidad real.

D_r = masa/volumen de los sólidos.

$$V_s = V_m - V_c = 25\text{ml} - 20.6\text{ml}$$

$$D_r = 10\text{g} / 4.4 = 2.27\text{g/cm}^3$$

4.3.2 Determinación de la porosidad

$$\%V_{pt} = D_r - D_a / D_r * 100$$

$$\%V_{pt} = 2.27 - 1.81 / 2.27 * 100 = 25.41\%$$

El valor de la densidad aparente analizado fue de 1.81g/cm^3 , con una porosidad de 25.41%. Estos valores de acuerdo a la tabla de valores de compactación (Figura.7), son característicos de un suelo arenoso el cual contiene buena porosidad y aireación, sin embargo, los nutrientes en el suelo suelen ser limitados. Este suelo presenta afectaciones características de una degradación y cambio de uso de suelo, el cual se hace evidenciar al ver el paisaje de la zona afectada. (Figura.8)

Figura.7

Rango crítico de las propiedades físicas del suelo, con problemas de compactación. Fuente: (Castro, 1991)

Propiedad física	Rango crítico		
	Arenosos	Francos	Arcillosos
Densidad aparente (g/cm^3)	> 1,8	> 1,6	> 1,5
Porosidad (%)	< 31	< 38	< 42
Infiltración (mm/hora)	< 63	< 20	< 5

Figura.8

Afectación del suelo, producto de la remoción de la vegetación de la zona.



Fuente: (Gordón, 2021)

4.4 pH del suelo

De acuerdo con la lectura obtenida, podemos decir que el pH del suelo es de (4.16) es decir ácido, provoca que se deteriora la estructura biológica del suelo. Una vez que las masas orgánicas se diluyen en las capas superiores del suelo, este ya no es capaz de mantener un nivel aceptable de pH, limitando así el crecimiento de la vegetación de la zona. Sin embargo, muchas especies de plantas y malezas toleran estos tipos de suelos y se desarrollan sin problemas. Cuando el agua pasa a través del suelo, lixivia nutrientes básicos como calcio y magnesio del suelo. Estos son reemplazados por elementos ácidos como aluminio y hierro. Por esta razón, los suelos formados bajo condiciones de mucha lluvia son más ácidos que los formados en condiciones secas.

4.5 Determinación granulométrica en seco.

Análisis Granulométrico Bosque (Zona no intervenida)				
Fecha:	27/6/19.			
Ubicación	Av. Omar Torrijos Herrera.			
N°	Apertura (mm)	W retenido (g)	% retenido	% que pasa
1/2	12.7	0.00	0%	100%
5/16	8	22.70	15%	85%
4	4.75	24.40	16%	69%
6	3.36	11.00	7%	61%
14	1.41	27.20	18%	43%
20	0.841	30.00	20%	23%
140	0.105	12.20	8%	15%
200	0.074	12.80	9%	6%
fondo	0	9.70	6%	0%
Total, de la muestra		150.00		

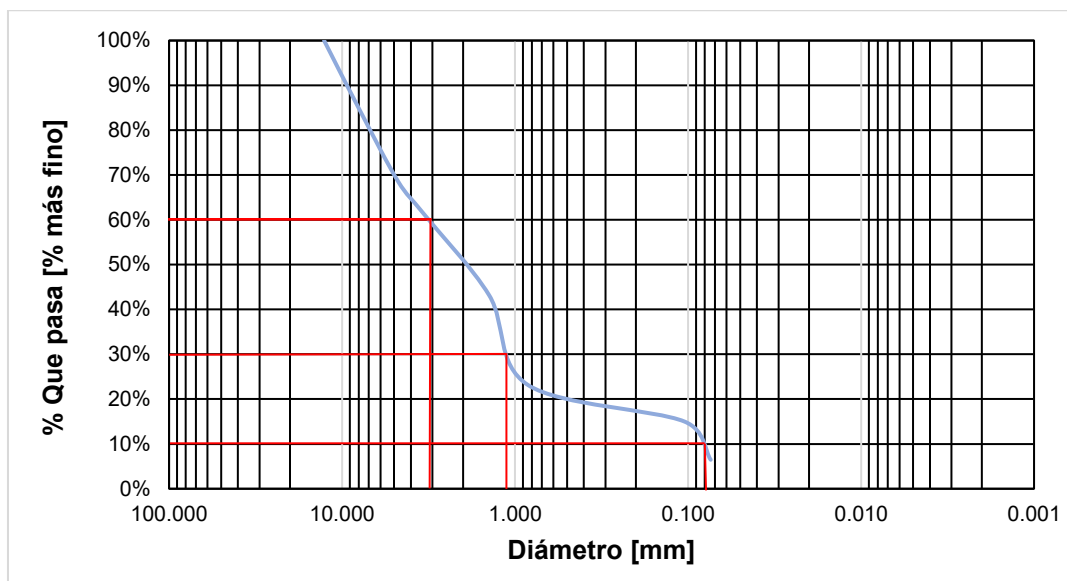
% Gravas	31
% Arenas	63
% Finos	6

Para determinar los porcentajes de las fracciones, empleamos el sistema de clasificación unificado (SUCS).

El porcentaje de gravas es igual a la suma de los porcentajes retenidos hasta la malla número (4) cuatro que en este caso da como resultado (31%) treinta y un por ciento del total de la muestra.

El porcentaje de finos va a representarse como el porcentaje que pasa en la malla número (200) doscientos, que en este caso representa el (6%) seis por ciento.

EL porcentaje de arena va a representarse como él (100%) cien por ciento menos el porcentaje de gravas que es (31%) treinta y un por ciento, menos el porcentaje de finos que corresponde al (6%) seis por ciento dando como resultado un (63%) sesenta y tres por ciento.



Mediante la estimación de la curva granulométrica podemos establecer diámetros efectivos de partícula, útiles para dar una idea de la gradación del material. Los diámetros efectivos utilizados son el **D_{10} , D_{30} y D_{60}** .

Para poder determinar los valores de estos diámetros, se hizo a través de la interpolación semilogarítmica (Bardet, 1997) los cuales permiten definir el diámetro de una partícula en la curva granulométrica.

$$\log(D_x) = \log(d_i) + \frac{\log(d_{i+1}) - \log(d_i)}{P_{i+1} - P_i} (x - P_i)$$

- Donde x es el porcentaje asociado al diámetro de partícula, es decir $x = 10, 30$ y 60 .
- Se debe cumplir siempre que $P_i \leq x \leq P_{i+1}$
- d_i y d_{i+1} son los diámetros correspondientes a los % que pasan P_i y P_{i+1} respectivamente.

D60	3.20
D30	1.01
D10	0.086

A partir de los diámetros efectivos es posible calcular el coeficiente de uniformidad (**Cu**) y el coeficiente de curvatura (**Cc**) para concluir sobre la gradación del material. A estos se les denomina coeficientes de Allen Hazen.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} * D_{10})}$$

Cu	37.04
Cc	3.67

Arena bien gradada (SW): $C_u > 6$ & $1 < C_c < 3$

Grava bien gradada (GW): $C_u > 4$ & $1 < C_c < 3$

Podemos decir que este suelo representa una arena mal grada en donde esta, es la fracción dominante pero también esta combinada con limos y arcillas.

Análisis Granulométrico – Sedimentos (Zona Intervenida).				
Fecha	27/6/19			
Ubicación	Av. Omar Torrijos Herrera.			
N°	Apertura (mm)	W retenido (g)	% retenido	% que pasa
1/2	12.7	0	0%	100%
5/16	8	15.8	11%	89%
4	4.75	11.4	8%	82%
6	3.36	31.6	21%	61%
14	1.41	33.4	22%	39%
20	0.841	21.9	15%	24%
140	0.105	8.8	6%	18%
200	0.074	21.8	15%	4%
fondo	0	5.3	4%	0%
Total, de la muestra		150.00		

% Gravas	18
% Arenas	78
% Finos	4

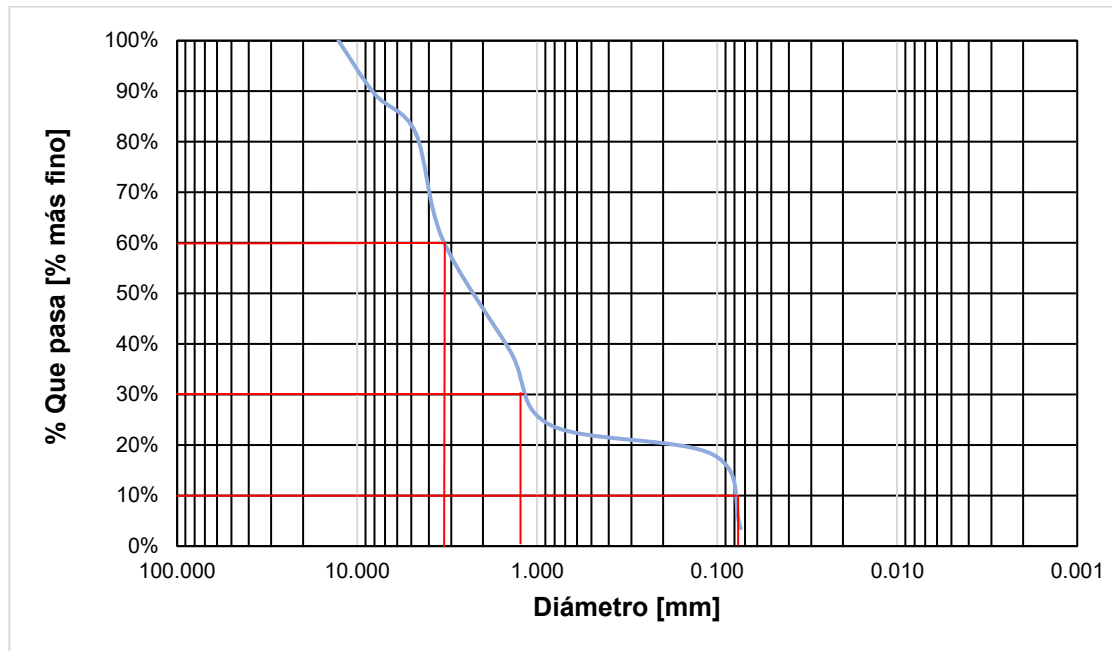
Para determinar los porcentajes de las fracciones, empleamos el sistema de clasificación unificado (SUCS).

El porcentaje de gravas es igual a la suma de los porcentajes retenidos hasta la malla número (4) cuatro que en este caso da como resultado (18%) dieciocho por ciento del total de la muestra.

El porcentaje de finos va a representarse como el porcentaje que pasa en la malla número (200) doscientos, que en este caso representa el (4%) cuatro por ciento.

EL porcentaje de arena va a representarse como él (100%) cien por ciento menos el porcentaje de gravas que es (18%) dieciocho por ciento, menos el porcentaje

de finos que corresponde al (4%) cuatro por ciento dando como resultado un (78%) setenta y ocho por ciento.



Al igual que el análisis gráfico anterior, haremos uso de los diámetros efectivos.

Los diámetros efectivos utilizados son el **D₁₀**, **D₃₀** y **D₆₀**.

$$\log(D_x) = \log(d_i) + \frac{\log(d_{i+1}) - \log(d_i)}{P_{i+1} - P_i} (x - P_i)$$

- Donde x es el porcentaje asociado al diámetro de partícula, es decir $x = 10, 30$ y 60 .
- Se debe cumplir siempre que $P_i \leq x \leq P_{i+1}$
- d_i y d_{i+1} son los diámetros correspondientes a los % que pasan P_i y P_{i+1} respectivamente.

D60	3.23
D30	0.24
D10	0.086

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} * D_{10})}$$

Cu	37.57
Cc	0.21

Arena bien gradada (SW): $C_u > 6$ & $1 < C_c < 3$

Grava bien gradada (GW): $C_u > 4$ & $1 < C_c < 3$

Podemos decir que este suelo representa una arena mal gradada (existe una graduación uniforme del suelo), con poca presencia de finos y baja cantidad de gravas. Cabe resaltar que la alta presencia de arenas es producto de la erosión hídrica en donde la escorrentía superficial actúa como agente principal de arrastre y transporte de los agregados. Al ser lavado el suelo, las partículas más pequeñas (arcillas y limos) son lavadas por completo y muy pocas quedan retenidas, quedando como residuo las partículas más grandes que son las arenas, las cuales al quedarse acumuladas en las tinajas de sedimentación van creando capas de esta fracción de suelo.

Nota: Para poder clasificar de una forma más detallada la clasificación de suelos, algunos autores sugieren llevar a cabo prueba de plasticidad. En esta investigación solo abarcamos hasta la metodología de granulometría en seco.

4.6 Observaciones de campo

En Panamá de acuerdo con las categorías del uso de suelo están clasificadas de ala I - VIII, siendo esta última destinada para la conservación de especie (fauna y flora) la cual se ha visto modificada por el proyecto de ampliación de la carretera Omar Torrijos Herrera. Esta zona al ser parte del Parte Nacional Camino de Cruces se ha visto afectada ya que, en sus límites ha sido intervenida por el proyecto lo que ha generado un cambio en el uso del suelo (Fig.9), de un terreno prístino y natural, a uno degradado, erosionado, lo que ha traído consigo desgaste producto de la lluvia que ha generado distintos tipos de erosiones.

Figura.9

Efectos del cambio de uso de suelo, muchas zonas descubiertas y erosionados, producto de la remoción con las maquinarias.



Como una alternativa a la alta incidencia de las lluvias la empresa contratista decidió construir tinas de sedimentación, las cuales tienen como función retener todos los sedimentos que han sido arrastrados producto de la escorrentía superficial, de los cuales fueron construidos solo cinco (5) los cuales tienen las siguientes dimensiones.

Dimensiones Tinas de sedimentación				
Número de tina	N°1	N°3	N°4	N°5
Largo (m)	1.5	9	11	1.9
Ancho (m)	6.3	4	4.3	11.2
Profundidad (m)	0.50	0.51	0.92	0.21
Volumen (m³)	4.72	18.36	43.516	4.46

Esta última tina cuenta con 2 áreas de drenaje las cuales miden 344.1m² y 437.5 m² haciendo un total de 781.6 m². Además, esta última tina de sedimentación representa el mayor impacto ya que, presenta dos áreas de drenaje, con una pendiente del 45%. Todos los sedimentos son arrastrados, con mayor rapidez debido a la inclinación la cual permite que esta se llene rápidamente y sigan bajando más material hacia las otras tinas que se encuentran en la parte inferior.

4.7 Seguimientos realizados dentro de la zona del proyecto

4.8 Primera visita / Inspección.

Durante la primera visita a la zona del proyecto se pudo observar gran cantidad de cobertura vegetal que había sido removida, además de la construcción de (5) cinco tinas de sedimentación las cuales contenían material sedimentado fresco,

además se pudo cuantizar alrededor de (20) veinte barreras muertas (Figura.10), de un material fibroso de las cuales la mayoría se encontraban con restos de sedimentos, otras rotas y caídas. En el sitio de construcción se veían marcas de maquinarias de tipo oruga en lo poco que quedaba de suelo, gran parte del terreno se encontraba lavado, solo quedando el material parental y otros minerales entre ellos, cuarzo y roca caliza.

Figura.10

Uso de barreras muertas como medida de mitigación a la erosión del suelo por escorrentía, sin embargo, debido a la gran cantidad de material retenido, estas perdieron estabilidad.



En el área del lago se pudo observar una barrera de protección conocida como Mulch o acolchado (el tipo utilizado eran pequeñas pacas de paja), además del establecimiento de barreras muerta como troncos y malla de material fibroso de una (1) hilera en el alrededor del lago de la cual se pudo observar la retención de

los sedimentos, sin embargo, también se encontraba otra dentro del mismo lago en el cual se pudo observar sedimentos suspendidos bajo el agua.

4.8.1 Segunda visita / Inspección.

En la segunda inspección realizada al proyecto se pudo observar gran parte de sedimentos dispersos en la carretera producto de las fuertes lluvias producidas en el mes de junio de 2019 y el desborde de la tina de sedimentación (Fig.11) que se encuentra a un costado de la carretera (Tina 4), al llegar al sitio se pudo observar qué las demás tinas de sedimentación se encontraban inundadas. Con respecto a las barreras muertas, su condición era poco funcional ya que, al retener tanto material, estas se terminaron de romper y se cayeron producto de la carga de materia sedimentando que retenían, lo cual ocasionaron que se llenaran las tinas. Cabe resaltar que anteriormente se habían retirado los sedimentos de estas tinas con maquinaria proporcionada por la empresa contratista, pero, no fue suficiente el mantenimiento porque estas colapsaron.

Figura.11

Colapso de tina cuatro de sedimentación, descargando sedimentos a la carretera principal.



4.8.2 Tercera visita / Inspección.

En la tercera inspección realizada en el proyecto, los daños ocasionados por los fenómenos atmosféricos eran más notables, el descuido por la empresa promotora se veía reflejado en el sitio, al estar varias tinas a su máxima capacidad de carga, tal es el caso de la tina de sedimentación #5, la cual contaba con mayor área de influencia en la descarga por el tipo de pendiente. Esta se encontraba desaparecida totalmente (Figura.12), era irreconocible ya que el material sedimentado la había tapado, e incluso las tinas #3 y #4 estaban casi al borde del desborde, lo cual causa que todos estos sedimentos queden dispersos en la carretera abultándose y generando un riesgo para la vida de muchas personas que transitan con sus vehículos diariamente y más durante la estación lluviosa. Además, estos sedimentos afectan la calidad del agua del lago Miraflores, ya que en este abundan diversos ecosistemas tanto terrestres como acuáticos.

Figura.12

Estado de la tina de n°5 de sedimentación, tras el abandono del mantenimiento.



4.8.3 Cuarta visita / Inspección.

Para mediados de junio del 2020 ya el proyecto se encontró en total abandonado, la mayor parte de la estructura para evitar la erosión era irreconocible, algunas tinajas de sedimentación se mantenían llenas de agua producto de la temporada de precipitación, parte del suelo que antes estaba descubierto, se encontraba repoblado de la conocida paja canalera (*Saccharum spontaneum* L), en el sitio de mayor impacto tina# 5 se pudo observar la formación de una cárcava que antes no eran visibles. Referente a la población forestal que se pudo reconocer, predominaban el Guarumo (*Cecropia peltata*), algunos plantones que fueron sembrados por los miembros dirigentes locales durante las marchas de concientización ambiental.

Figura.13

Crecimiento vegetativo dentro de la zona afectada y su rápida adaptación.



4.9 Crecimiento vegetativo de la zona a través de la teledetección.

El MSAVI (Índice de vegetación ajustado al suelo modificado) es un índice que nos permite determinar la presencia de vegetación en las primeras etapas de desarrollo, cuando hay mucho suelo desnudo. El índice minimiza el efecto del suelo desnudo en la visualización de los mapas de vegetación.

La avenida Omar Torrijos Herrera, es una zona de tránsito la cual hasta el año 2018 (Figura.14) se encontraba cubierta de cobertura boscosa en su mayor parte (Escenario Natura) sin embargo, como parte de un proyecto de mejoramiento vial se decidió ampliar.

Figura.14

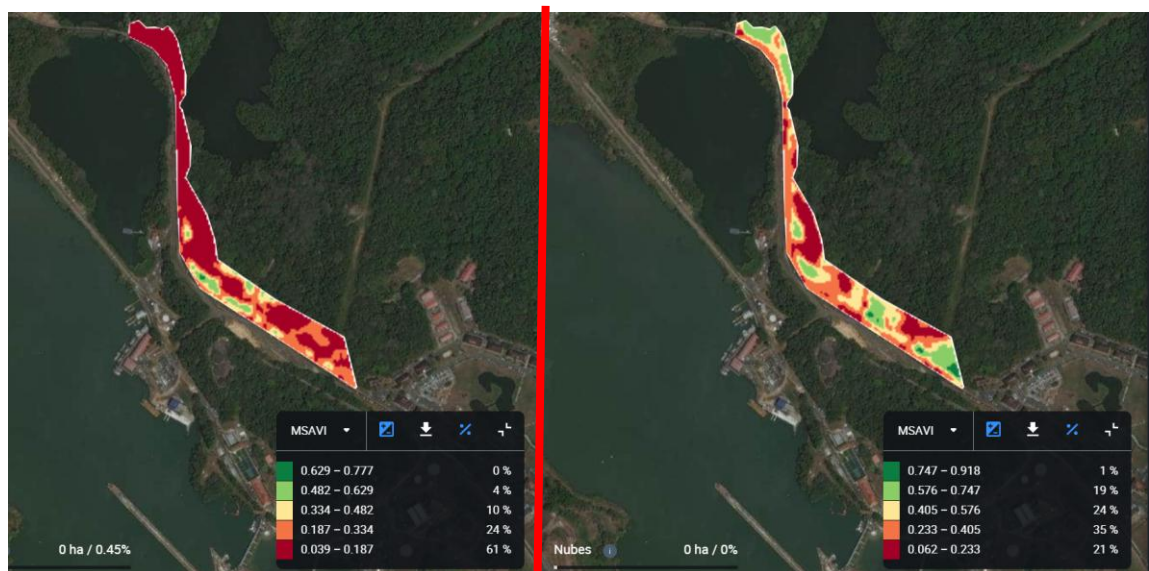
Toma satelital utilizando Google Earth, Av. Omar Torrijos Herrera antes de su ampliación.



Se hizo una comparación entre el mes de **agosto del año 2019** y el mes de **junio del año 2021**(Figura.15), logrando obtener ciertos porcentajes de crecimientos de vegetativo a pesar de que esta zona se encuentra totalmente erosionada. Para el 2019 el 61% de la cobertura del suelo permanecía totalmente descubierta y un 38% se encontraba con vegetación en crecimiento. Para junio del Año 2021, el cambio es significativo ya que hubo una reducción de suelo de suelo descubierto obteniendo un 21% veintiuno porciento aun sin vegetación y un 79% setenta y nueve porcientos de suelos con crecimiento vegetativo. Cabe resaltar que este crecimiento vegetativo incluye hiervas, malezas, plantones sembrados por la comunidad y la dispersión de semillas de las áreas no intervenidas.

Figura.15

Comparativa del estado del suelo y el crecimiento vegetativo, año 2019 y 2021.



2019 (Escenario de remoción vegetal).

2021 (regeneración progresiva de la vegetación).

Comparativa del Índice de crecimiento vegetativo en suelo descubierto MSAVI a través de la teledetección. En la imagen de la izquierda podemos observar de color rojo las zonas donde el suelo se encuentra desprotegido y pequeñas manchas de otras tonalidades que indican la poca presencia de crecimiento vegetativo dentro de la zona de estudio, esta toma fue realizada el 8 de agosto de 2019. Mientras que en la imagen de la derecha podemos observar un cambio significativo ya que, la vegetación se ha adaptado a la zona erosionada dándose un mayor desarrollo de crecimiento vegetativo escalonado, a menor escala en donde tan solo 1% de la cobertura es cobertura densa. Esta toma fue realizada en el mes de junio del 2021. Fuente (Earth Observing System).

CONCLUSIONES

1. Dentro del área de estudio se pudo encontrar dos tipos texturales de suelo entre ellas: suelos (Arcilla, franco limoso) la cual corresponde al suelo no intervenido (Bosque natural), que de acuerdo a sus propiedades obtenidas se puede decir que tiene una alta capacidad de retención de agua, buena capacidad de intercambio catiónico, sin embargo, es muy susceptible a inundarse ya que no tiene muy buen drenaje, no desecan muy bien es decir, que no forman capas compactadas de suelo agrietadas y son susceptibles a erosionarse, pero no de forma acelerada sino de forma natural. Mientras que en la zona intervenida (Área de retención de sedimentos), podemos encontrar una textura (Franco arcilla arenosa), de acuerdo con sus propiedades obtenidas se puede decir que, al tener alto contenido de arenas no tienen mucha capacidad de retener nutrientes con las que se puedan desarrollar las plantas. Esto se debe a la remoción del suelo natural por la maquinaria e influencia del agua de lluvia el cual produce un arrastre de partículas en donde la mayor parte son lavadas las arcillas y queda el material más grueso como las arenas y demás partículas como gravas, generando capas de sedimentos y estos quedan suspendidos sobre la superficie del terreno o almacenadas en tinajas de sedimentación como lo es en este caso.
2. En cuanto a La Densidad Aparente del suelo del área de estudio se pudo calcular que el valor del área no intervenida (bosque) el cual fue de **1.81g/cm³**, con una porosidad de **25.41%**. Dado los resultados el suelo presenta afectaciones características de una degradación y cambio de uso de suelo, el cual se hace evidenciar al ver el paisaje de la zona afectada.

3. Respecto al pH del suelo analizado, para la zona no intervenida (bosque) su valor es de 4.16 (un suelo ácido), lo que indica que un aumento del nivel de ácidos en el suelo deteriora la estructura biológica del suelo. Una vez que las masas orgánicas se diluyen en las capas superiores del suelo, este ya no es capaz de mantener un nivel aceptable de pH, limitando así el crecimiento de la vegetación de la zona. Una vez que las masas orgánicas se diluyen en las capas superiores del suelo, este ya no es capaz de mantener un nivel aceptable de pH, limitando así el crecimiento de la vegetación de la zona.

4. Pudimos obtener mediante la granulometría en seco, datos importantes en la distribución de las partículas (gravas, arenas y arcillas). Además de conocer la clasificación de los materiales en ambas muestras, las cuales determinamos utilizando el coeficiente de curvatura (C_c) y el coeficiente de uniformidad (C_u). Para la primera muestra (Bosque – No intervenida) obtuvimos un coeficiente de uniformidad de 37.04 y un coeficiente de curvatura de 3.67. Mientras que para la segunda muestra (Sedimentos -Zona intervenida) obtuvimos un coeficiente de uniformidad de 37.57 y un coeficiente de curvatura de 0.2. Esto quiere decir que son suelos mal gradados, en donde predominan las arenas y las gravas con poca presencia de arcillas. Esto implica que el suelo no va a tener mucha firmeza, la vegetación se verá limitada debido al estrés hídrico, además de ser susceptible a la erosión hídrica durante las lluvias y a la eólica durante la estación seca. Cabe resaltar que durante la investigación se hicieron trabajos de mantenimiento dentro de las tinajas de sedimentación por parte de la empresa contratista, extrayendo el

material acumulado lo cual pudo alterar la presencia de las demás partículas del suelo.

5. Es claro que las tinas de sedimentación tienen un límite de retención de material, dentro de las que pudimos obtener datos de su capacidad de almacenar sedimentos los cuales son para la tina número uno 4.725 m³, tina número tres 18.36 m³, tina número cuatro 43.516 m³ y la tina número cinco 4.468 m³.

6. Para comprobar cómo ha ido cambiando la zona de intervención a través del tiempo se hizo uso de la teledetección para evaluar el comportamiento del crecimiento vegetativo ante el suelo erosionado. Pudiendo obtener datos de cómo era el suelo para el año 2019 el cual abarcaba un 61% sesenta y un por ciento de suelo desnudo y con un bajo crecimiento de vegetación de 38% treinta y ocho por ciento. Mientras que para el año 2021 ya el suelo presentaba mayor cobertura de crecimiento vegetal del 79% setenta y nueve por ciento y un 21% veintiuno por ciento en suelo sin cubierta vegetal.

7. Para concluir mencionamos que el arrastre de sedimentos producto de la erosión hídrica ha ocasionado varios efectos negativos dentro de la zona (límites del área protegida) como, daños al paisaje natural de la zona, el efecto de la turbiedad del agua, la disminución de la población de peces dentro del lago Miraflores entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Dado al a que el proyecto no cumplía con el estudio de categoría indicado, no debió haberse realizado ya que, el mismo se encuentra dentro un área protegida.
2. Es importante realizar un cabeceo de cárcava para evitar que se siga debilitándose la zona de mayor pendiente. El cual se pueden utilizar rocas y troncos para retener el desprendimiento de suelo y lograr estabilizarlo.
3. Se debería seguir con las labores de mantenimiento de las tinajas de sedimentación, retirando el material erosionado acumulado, evitando que este se desborde y llegue hacia la carretera, evitando algún tipo de accidente y que tampoco se vea afectada el agua del lago Miraflores ya que de esta dependen las especies que viven dentro de esta zona.
4. Considero que los movimientos creados cerca del área de afectación siguieran promoviendo la reforestación dentro de la zona, con especies que sean adaptables a las condiciones actuales del suelo, dándole un seguimiento y que pueda recuperarse progresivamente la vegetación boscosa del mismo.
5. Es prudente para futuras investigaciones, implementar la técnica de plasticidad para poder clasificar de forma más precisa el tipo de suelo presente en el área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Atterberg, A. (s.f.).

Bardet, J. (10 de 2 de 1997). *Experimental soil mechanics*. Obtenido de researchgate:

https://www.researchgate.net/publication/308402376_Libro_de_Experimental_soil_mechanics_Jean-Pierre_Bardet

Castillo.C. (14 de 5 de 2012). Via Omar Torrijos antes. (A. Castillo, Entrevistador)

Castro, A. (1991). *scielo*. Obtenido de Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000300003

Codigo Postal Panamá. (6 de 12 de 2017). *Codigo Postal Panamá*. Obtenido de Parque Nacional Camino de Cruces:

<https://www.panamacodigopostal.com/parque-nacional-camino-de-cruces/>

Dorronsoro, C. (SF de SF de 2008). *Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada*. Obtenido de Tema 3: Herosi3n Hídrica - Factores:

http://edafologia.ugr.es/erosion/tema3_factores/3_factores2008.pdf

Escarriola.R. (24 de 5 de 2018). Historia de la Vía Omar Torrijos.

FAO. (Sf de 1 de 2016). *FAO*. Obtenido de Estado Mundial del Recurso Suelo:
<http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>

Gordón, I. (29 de 12 de 2021). *Corte declara ilegal resolución que aprobó la ampliación de la vía Omar Torrijos*. Obtenido de La Estrella de Panamá:
<https://www.laestrella.com.pa/nacional/211229/corte-declara-ilegal-resolucion-aprobo-ampliacion-omar-torrijos>

Guerra, A., & Jorge., M. (2014). Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de accidentes. En A. Guerra, & M. Jorge., *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. 1ª reimpressão*. (págs. 7-30). São Paulo, Brasil.: Oficina de Textos.

Ikar, R. (16 de 1 de 2019). *TVN Noticias* . Obtenido de Ampliación de la avenida Omar Torrijos enfrenta su cuarta acción legal.: https://www.tvn-2.com/nacionales/Alrededor-residencias-afectadas-inundaciones-Chilibre_0_5304969535.html

Lal, R., & Wuest, S. (SF de SF de 1990). *Google Books*. Obtenido de Advances in soil science Vol. 11. - Soil degradation:
<https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=KL7kBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Lal,+R.,+Stewart,+B.,+1990.+Soil+degradation&ots=H8FMJDFIVJ&sig=IO1RazbBrVMeVUfEI1guYMIEQFs#v=onepage&q&f=false>

LEGISPAN. (6 de 1 de 1993). *Panamá Justicia*. Obtenido de LEY POR LA CUAL SE ESTABLECE EL PARQUE NACIONAL CAMINO DE CRUCES.:

<https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/30-de-1992-jan-6-1993.pdf>

MARC. (14 de 6 de 2007). *Mid-America Regional Council*. Obtenido de Que es la contaminacion por sedimentos?:

[https://www.marc.org/Environment/Water-](https://www.marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx#:~:text=La%20Agencia%20de%20Protecci%C3%B3n%20Ambiental,total%20de%20sedimentos%20en%20EE.)

[Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx#:~:text=La%20Agencia%20de%20Protecci%C3%B3n%20Ambiental,total%20de%20sedimentos%20en%20EE.](https://www.marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx#:~:text=La%20Agencia%20de%20Protecci%C3%B3n%20Ambiental,total%20de%20sedimentos%20en%20EE.)

Mora, F. (2017). El suelo . Panamá, Panamá, Panamá.

Nyle C. Brady, R. R. (s.f.). *Google Box*. Obtenido de The Nature and Properties of Soils:

[https://www.google.com.pa/books/edition/Elements_of_the_Nature_and_P](https://www.google.com.pa/books/edition/Elements_of_the_Nature_and_Properties_of/idlOAQAAIAAJ?hl=es-419&gbpv=1&bsq=Nyle+C.+Brady+density+soil&dq=Nyle+C.+Brady+den)

[sity+soil&printsec=frontcover](https://www.google.com.pa/books/edition/Elements_of_the_Nature_and_Properties_of/idlOAQAAIAAJ?hl=es-419&gbpv=1&bsq=Nyle+C.+Brady+density+soil&dq=Nyle+C.+Brady+den)

Prensa. (7 de 4 de 2016). *La Prensa*. Obtenido de Licitación ampliación de vía

Omar Torrijos: https://www.prensa.com/impresaeconomia/Licitacion-ampliacion-via-Omar-Torrijos_0_4455304456.html

Ray R. Weil, N. C. (s.f.).

Rodríguez.A. (13 de 6 de 2019). Avenida Omar Torrijos. (Amir, Entrevistador)

TVN. (14 de 2 de 2019). *TVN Noticias*. Obtenido de Suspenden estudio de impacto ambiental de ampliación de la vía Omar Torrijos: https://www.tvn-2.com/nacionales/judicial/Sala-Tercera-Corte-suspende-estudio-impacto-ambiental-omar-torrijos-alcalde-jose-isabel-blandon-alcaldia-panama_0_5237476226.html

USDA. (SF de SF de 1987). *National Agricultural Library Digital Collections*. Obtenido de Soil Erosion and Conservation in the United States, pag 8: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10712833/PDF>

USDA. (SF de 10 de 1995). *National Agricultural Library Digital Collections*. Obtenido de Soil Erosion and Conservation in the United States: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10712833/PDF>