



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ING. EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

TÍTULO DEL TRABAJO:

“CAMBIO EN LA DESCARGA Y LA GENERACIÓN DE SEDIMENTOS DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO MEDIDO EN LA ESTACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE CAÑO QUEBRADO”

ASESOR:

Dr. CARLOS HIM

NOMBRE:

TORRES, ASHLEY

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

REPÚBLICA DE PANAMÁ

"CAMBIO EN LA DESCARGA Y LA GENERACIÓN DE SEDIMENTOS DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO MEDIDO EN LA ESTACIÓN HIDROMETEROLÓGICA DE CAÑO QUEBRADO"

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ING. 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. Dr. CARLOS HIM



ASESOR

PROF. LOURDES RUBATINO



JURADO

PROF. AARÓN CONTE



JURADO

DEDICATORIA

Quiero dedicarle el resultado de mi esfuerzo, sacrificio y perseverancia, a mi Madre y a mi Hermana, gracias por apoyarme en estos largos años de estudio, por siempre ser mi luz y guía en los momentos que me sentía abrumada.

Gracias, madre Socorro Del Pilar Hinestroza por darme la vida, por moldear mi alma, por forjarme carácter, por educarme, brindarme tus consejos y apoyo, por aquellos valores que hoy en día me permiten ser una persona honesta, perseverante, humilde y servicial.

Se que no hay otro amor en esta vida mortal que llegue a aproximarse más al amor puro de Cristo que el amor abnegado que una madre siente por un hijo. ¡GRACIAS POR BRINDARME TU AMOR!

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primeramente a Dios por siempre iluminar mi entendimiento durante todos mis años de estudio, por permitirme llegar a graduarme y ser una profesional. Siempre fue mi luz en momentos en que mi mente estaba nublada para comprender o entender algún tema, siempre oraba para que el pudiera disiparlas y yo pudiera resolver y comprender mejor los mismos, y como se encuentra en su palabra, Santiago 1:5 Y si alguno de vosotros tiene falta de sabiduría, pídala a Dios, el cual da a todos abundantemente y sin reproche, y le será dada.

También quiero agradecer a cada uno de mis profesores por el conocimiento impartido durante las clases, especialmente al Dr. Carlos Him por siempre ser un profesor atento y dedicado a que sus estudiantes aprendan.

RESUMEN

Cambio en la descarga y la generación de sedimentos frente al cambio climático medida en la estación hidrometeorológica de Caño Quebrado, el mismo tiene como fin el poder explicar el uso que se le puede dar al anuario hidrológico de la ACP para nosotros poder estimar la cantidad de descarga tanto líquida como sólida a través de los años, las mismas también están dadas tanto por meses como por días el poder utilizar estos valores nos permite observar el estado en que se encuentra la subcuenca de Caño Quebrado, tener una buena gestión tanto del recurso hídrico como el manejo o uso del suelo.

También se realiza por medio de los datos suministrados en el anuario Hidrológico de la ACP, la estimación de la estación tanto seca como lluviosa, lo que permite a las personas a conocer cuando inician con probabilidad las mismas y poderse preparar para ellas, ya sea, en temporada seca abasteciéndose con la cosecha de agua o en temporada lluviosa trabajar en por el método de curvas de nivel de tal forma evitar la pérdida de suelo.

Por otra parte, tratamos temas como: la pérdida y degradación de los suelos en el área por la producción del cultivo de la piña, que el mismo la mayoría de las veces en las fincas productores no utilizan ningún tipo de técnicas o prácticas de conservación de suelo, dejándolo desnudo y expuesto a la erosividad por lluvia, lo que aumenta los sedimentos y estos van a dar a los ríos o quebradas. Influyendo directamente en la calidad del agua y en la fertilidad de los suelos. No solo las actividades agrícolas influyen dentro de la descarga y generación de sedimentos los eventos por el cambio climático también tienen influencia en las mismas.

Se realiza una comparación de la cobertura boscosa y uso de suelo utilizando los mapas del SINIA 1992,2000,2012,2021. En los cuales podemos observar a través de los años como se ha ido tanto deforestando como reforestando áreas en el territorio nacional, y como esto obviamente incide en la degradación de los suelos, el cambio climático, la cantidad y calidad de los recursos hídricos.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 ANTECEDENTES	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	11
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 Objetivo General:.....	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
1.5 HIPÓTESIS	13
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO	14
REVISIÓN DE LITERATURA	15
1. Concepto en base a caudales	15
1.1. Concepto de Caudal:.....	15
1.2. Concepto de Caudal de sedimentos suspendidos o caudal sólido en suspensión.....	15
1.3. Concepto de Caudal promedio diario:	15
2. Concepto de erosión y variables que inciden en ella	15
2.1 Tipos de erosión:.....	16
2.3 Modelos desarrollados para distintos tipos de procesos erosivos	18
2.4 Consecuencias del deterioro del suelo.....	18
3. Concepto de cambio climático:	19
3.1. Impactos del Cambio Climático:.....	20
3.2. Los efectos del cambio climático.....	20
3.3. Convenciones, Acuerdos y Protocolos Internacionales frente al Cambio Climático:	21
3.4. Medidas para mitigar el cambio climático	22
4. Concepto Cambio en el uso del suelo	23
4.1. Cambios de cobertura y uso de suelo están asociados a dos tipos de causas:	23
4.2. Impactos del cambio de uso de suelo:.....	24

5. Concepto de Sedimentación:	25
5.1. Clasificación de los sedimentos en función de su diámetro y del estado de suspensión:	25
5.2. Transporte de sedimentos	26
5.3. Los procesos que gobiernan el movimiento de los sedimentos en los ríos	26
6. Concepto de Manejo de Cuencas	26
6.1 Impactos del manejo de cuencas, beneficios y ventajas en el corto, mediano y largo plazo.	28
MATERIALES Y MÉTODOS	31
MATERIALES	31
1) Anuarios Hidrológicos de la ACP 2004 al 2021	31
2) Datos en base a la producción piñera en la región de Panamá Oeste (MIDA).	31
3) Mapas de Cobertura boscosa y uso de suelo en Panamá, específicamente en el área de estudio (SINIA)	31
MÉTODOS	31
Comportamiento de la descarga “Q” en la estación de Caño Quebrado 2004-2021	31
Comportamiento de la descarga de caudales sólidos y descarga anual	31
Definición de la Estación seca y Lluviosa en la estación Río Caño Quebrado.	31
Producción piñera: Superficie utilizada y la Exportación Piñera en la Región de Panamá Oeste desde 2002 a julio 2022.	32
Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021; haciendo énfasis en el área de estudio en la Estación del Río Caño Quebrado.	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
1.1: Comportamiento de los caudales diarios.	33
1.2 Comportamiento de las descargas de caudales sólidos anuales y la descarga anual	35
1.2.1 Eventos Climáticos presentados durante los años 2004 hasta el 2021, que influyen en el comportamiento de los caudales tanto líquidos como sólidos ..	36
1.3: Generación de sedimentos por la actividad Piñera en Caño quebrado.	38
1.3.1 Comportamiento de la producción piñera con el pasar de los años	39

1.3.2: Descripción de la exportación de piña en la Región.....	42
1.3.3: Estudio de erosión hídrica en cultivos de Piña en el área de Panamá Oeste.	43
1.3.4: Problemas de erosión hídrica en el cultivo de piña y esto debido a.....	46
1.3.5: Incorporación de sistemas de conservación de suelos y aguas en la producción de piñas	50
1.4 Seguidamente se presenta el cálculo de la estación seca y lluviosa.....	51
1.5 Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021; haciendo énfasis en el área de estudio en la Estación del Río Caño Quebrado.	53
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro#1: Otros Problemas que influyen en la erosividad de la lluvia en la descarga de sedimentos y en la descarga líquida dentro de la subcuenca de Caño Quebrado.....	38
Cuadro#2: Exportación Piñera en la Región de Panamá Oeste desde 2002 a julio 2022	42
Cuadro#3: Definición de la estación seca y lluviosa en la estación de Caño Quebrado.....	51
Cuadro#4: Descarga anual y Descarga de sólidos anuales	66

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica#1: Comportamiento de la descarga en la Estación Caño Quebrado 2004-2021 33

Gráfica#2: Comparación del comportamiento de los caudales sólidos anuales vs la Descarga anual, en la estación de Caño Quebrado..... 35

Gráfica#3: Caudales sólidos anuales vs Superficie sembrada ha 39

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa#1: Evaluación del uso del suelo en la subcuenca del río Caño Quebrado.....	9
Mapa#2: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 1992	53
Mapa#3: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2000	53
Mapa#4: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2012	54
Mapa#5: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2021:	54
Mapa#6: La agricultura en Panamá	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura#1: Vista de Sedimento colmatando las cunetas en Área de Producción de Piña en Zangüenga	9
Figura#2 Procedimiento para evaluar la pérdida de suelo por erosión hídrica	43
Figura#3: Erosión Hídrica en cada tipo de cobertura	44
Figura#4: Parcelas de escorrentía para medir la erosión hídrica en cultivo de Piña:44	
Figura#5: Producción cercana a la quebrada	48
Figura#6: caminos internos de las plantaciones sin la aplicación de medidas para la protección del suelo.....	48
Figura#7: Suelo Desnudo.....	49
Figura#8: Plantaciones a favor de la pendiente.....	49
Figura#9: Uso de suelo: Subcuenca Tinajones, Hules y Caño Quebrado	57
Figura#10: Vista desde Google Earth de la Subcuenca de caño Quebrado.....	58

INTRODUCCIÓN

Hay ciertos factores que influyen en la descarga de los ríos y estos están relacionados con el cambio climático.

Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce se acentúan significativamente a medida que aumentan las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI).

Cabe esperar que en los próximos decenios el cambio climático aumente la frecuencia de las sequías meteorológicas (disminución de las lluvias) y agrícolas (menor humedad del suelo) en muchas de las regiones secas que existen actualmente. Es probable que esto de lugar a sequías hidrológicas (disminución de las aguas superficiales y subterráneas) cortas o repentinas con mayor frecuencia en estas regiones.

El cambio climático afecta negativamente a los ecosistemas de agua dulce puesto que altera los flujos fluviales y la calidad del agua, poniendo en riesgo la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional. El origen de los riesgos se encuentra en el aumento de las temperaturas; el aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; la mayor concentración de contaminantes durante las sequías y la interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas. (ONU, 2017)

Factores Meteorológicos que inciden en los caudales

La magnitud y comportamiento de los caudales en Panamá, está determinada por diversos factores meteorológicos regionales y globales que explican su comportamiento. Entre los factores más comunes y más significativos tenemos los siguientes:

Temporada de Huracanes en el Atlántico: Dependiendo de sus coordenadas y de su magnitud, los huracanes pueden propiciar indirectamente, condiciones de mal tiempo, o, por el contrario, propiciar condiciones de buen tiempo. Las lluvias pueden ser tan intensas que en algunas ocasiones causan crecidas en los ríos e inundaciones.

Frentes fríos: Cuando el empuje de aire frío proveniente del norte se desplaza a

latitudes cercanas al territorio de Panamá, genera inestabilidad, activando la zona de convergencia intertropical y los sistemas de baja presión, produciendo una gran pluviosidad, grandes crecidas e inundaciones.

Ondas del este: Estas ondas en su recorrido hacia el oeste, cuando están bastante activas, provocan a su paso grandes precipitaciones y a su vez crecidas.

Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT): Cuando la ZCIT se encuentra activa, cercana o sobre el territorio de Panamá, es común que la frecuencia de las lluvias se incremente.

Orografía y Vientos Alisios: Es frecuente que los vientos alisios al chocar con las faldas de la cadena de montañas que forman la divisoria continental activen las nubes y propicien la caída de lluvias, principalmente a barlovento.

Lluvias convectivas: Estas se caracterizan por ser muy intensas y de corta duración. Suelen causar crecidas repentinas e inundaciones peligrosas muy localizadas en ríos y quebradas de cuencas pequeñas.

Fenómenos de El Niño y La Niña: Existe una relación bien definida entre la magnitud de los caudales promedios mensuales en Panamá y la ocurrencia de los eventos El Niño y La Niña. Durante el desarrollo de un evento El Niño, en la vertiente del Pacífico se observa una disminución en los caudales y en la vertiente del mar Caribe, un aumento. Lo contrario suele ocurrir durante el desarrollo de un evento La Niña.

Eventualmente, durante la ocurrencia de eventos El Niño, ocurren crecidas extraordinarias en la vertiente del Pacífico, que, en algunas ocasiones, por su magnitud, hacen que el promedio de un mes específico supere su valor promedio histórico.

También es importante señalar, que se ha observado que la disminución de caudales durante eventos El Niño es variable. Esta disminución puede ser moderada o puede ser crítica para eventos el Niño clasificados como débil y como moderados. En cambio, para un evento El Niño fuerte, la disminución de los caudales siempre es crítica. (IMHPA, 2023)

Cambio climático indica posibles aumentos sustanciales en la erosividad de las lluvias futuras siguiendo patrones espaciales similares, pero con diferentes intensidades. En términos absolutos, los mayores aumentos se dan en las zonas de clima tropical. Sin embargo, los países en latitudes templadas y con climas subtropicales no se salvarían de los aumentos de la erosividad climática y experimentarían picos de aumento de hasta el 50 %. Influyendo en la erosión del suelo. (Borrelli, Robinson, Panagos, & Ballabio, 2020)

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La estación hidrometeorológica de Caño Quebrado, se encuentra cerca de áreas piñeras, por ende, tiene actividad agrícola, lo que influye a que la misma se esté ampliando hasta los predios o terrenos en donde se encuentra esta estación que forma parte de la cuenca del Canal de Panamá. Aparte de que en la misma puede estar influyendo el factor R (erosividad de la lluvia), y esto aunado con los efectos del cambio climático, ya que, el clima procede a influir en los recursos hídricos. El ciclo del agua (evaporación, condensación, precipitación y recolección) se aceleran por el aumento de las temperaturas. Esto provoca, que, si en el área piñera no hay un buen manejo y producción del cultivo, eliminación de la vegetación nativa, así como la remoción y mecanización del suelo por actividades agrícolas, generan una mayor exposición de su superficie al impacto de las lluvias, provocando erosión al suelo, donde esos sedimentos luego van a parar en la Estación del Río Caño Quebrado y verse afectado.

1.2 ANTECEDENTES

Esta estación hidrometeorológica se crea en el año 2003, la misma está a aproximadamente 5.0 km (3.11 mi) aguas arriba de la desembocadura del río en el lago Gatún, cerca del poblado Caño Quebrado Abajo, en el distrito de Chorrera, provincia de Panamá Oeste. (ACP, Anuario-Hidrológico, 2003)

El río Caño Quebrado nace a 220 msnm en la loma del Zaíno, al sureste de la comunidad El Amargo (corregimiento de Iturralde), desde donde recorre un total de 19,67 Km, hasta desembocar en el lago Gatún, justo al este de la comunidad de Pueblo Nuevo (corregimiento de La Represa). (CICH, Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado, 2007)

Esta parte suroeste del lago Gatún, llamada brazo Pato Real, ha adquirido relevancia en los últimos años debido a que allí ha sido ubicada la toma de agua de la potabilizadora de Laguna Alta y en un futuro cercano estará allí también la toma de agua para la potabilizadora de La Mendoza que suministrará agua a la ciudad de La Chorrera. Este río tiene un área de drenaje de 7,413.1 hectáreas, que sumados a las 1,907.4 hectáreas del área integrada, hacen un total de 9,320.5 hectáreas, lo que representa 2.74% del total de la CHCP. Su principal afluente es un riachuelo llamado Riecito, el cual se une al río principal casi 1 Km al norte de la comunidad de Cerro La Silla. Solo los cerros donde nace el río miden más de 200 m, mientras que más de $\frac{3}{4}$ partes del resto del territorio está constituido por elevaciones menores de 110 msnm. (CICH, Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado, 2007)

Todas las comunidades de esta subcuenca han surgido por auto-construcción, es decir con el esfuerzo propio de sus habitantes. Hasta la fecha no se ha construido ninguna urbanización comercial en serie, pero sí hay una fuera de los límites de la CHCP, muy cerca de la comunidad de Altos del Jobo. Este es un indicativo de la creciente presión poblacional producida por la expansión del área metropolitana de la ciudad de La Chorrera que tiende a internarse cada vez más hacia la Cuenca. (CICH, Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado, 2007)

Uso del Suelo

La mayor parte de la superficie de toda esta subcuenca está dedicada al desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias. Los potreros y herbazales ocupan un 72% del área. Este valor es bastante alto si lo comparamos con las subcuencas del corredor transistmico como las de los ríos Gatuncillo, Gatún, Aguas Claras, Limón y Agua Sucia, en los que este tipo de uso alcanzaba un promedio de 20% en el año 1998, siendo allí también el uso más extendido (Heckadon, Ibáñez, & Condi, 1999). Por otra parte, los cultivos de piña, sandía, arroz, maíz y otros productos básicos, alcanzan cerca del 3%. De todos ellos, el cultivo de piña es el que ha tenido un mayor crecimiento en los últimos 10 años.

El extendido uso agropecuario ha provocado que queden muy pocos remanentes de bosque, todos ellos fraccionados y bastante alterados. En la mayor parte de las fincas los bosques han sido cortados hasta la orilla de los ríos y quebradas, incumpliendo con lo establecido en la ley general de ambiente que establece que se debe mantener un mínimo de 10 metros de vegetación a cada lado de la corriente para evitar problemas de erosión y sedimentación. La suma de todos los fragmentos de bosque mauros y secundarios existentes es de 581 ha., lo que representa poco más del 6% del total de la superficie de esta subcuenca. Los mayores parches de estos bosques se encuentran en la confluencia de los ríos Caño Quebrado y Riecito, así como hacia la desembocadura del río Caño Quebrado en el lago Gatún. (CICH, Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado, 2007)

Hay también algunas pequeñas áreas de reforestación en comunidades como Las Yayas Afuera, Las Zanguengas, Altos del Jobo y Río Conguito. Los rastrojos y matorrales que son antiguas áreas de cultivo o de potreros que se han dejado de usar por un tiempo, ocupan casi el 17%. (CICH, Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado, 2007)

Es interesante ver que las áreas pobladas no llegan ni siquiera al 2% de toda la superficie, lo que es indicativo de la baja densidad de población existente en esta subcuenca. Esto contrasta con subcuencas como Chilibre y Chilibrillo, donde las áreas

urbanizadas alcanzan un 28% (Heckadon, Ibáñez, & Condi, 1999)

Según un estudio realizado en la subcuenca del río Caño Quebrado, se demostró que igual cambios en febrero-2015 y en el mismo mes, pero del año 2016, donde se realizan actividades destructivas como la deforestación de bosques, para posteriormente utilizar estas áreas para agricultura o ganadería. Influyen considerablemente el cambio Climático, ya que, se eleva la temperatura de la zona y la captación del dióxido de carbono por medio de los árboles no se va a dar. (Diéguez, 2018)

En el año 2015 se presentó una marcada disminución del caudal, saliéndose de los rangos habituales que se manejan en esta cuenca, por lo que no lo tomamos en cuenta para emitir nuestro resultado. En este año se presentó el fenómeno climático del Niño. (Diéguez, 2018)

La degradación de suelos productivos debido al sistema de cultivo empleado por productores de piña en el distrito de La Chorrera, en la provincia de Panamá Oeste, está siendo sometida a investigación por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (Idiap). (Montenegro, 2021)

Panamá tiene problemas muy severos de erosión y deterioro de suelos, debido al acumulativo y creciente proceso de degradación que sufren casi todas las cuencas y suelos desprovistos de coberturas boscosas, afectando el 27% del territorio nacional (ANAM, 2009); incidiendo en una baja productividad. Cuando de inicio la temporada donde hay mayores precipitaciones es que ocurre la erosión y esto debido a la condición textural del suelo, siembra a favor de la pendiente y escasas obras de conservación.

Entre agosto y diciembre de 2016, se llevó a cabo un proyecto por parte del Idiap que tenía como fin el poder ayudar a reducir la erosión hídrica en cultivos de piña en el área de Caño Quebrado. Para noviembre se presentaron los mayores eventos de precipitación, ya que, se ocurrió un evento importante en el Mar Caribe, la tormenta tropical Otto, lo que provocó un alto riesgo de erosión.

En el mismo para cuantificar la pérdida de suelo se utilizó un diseño completamente al

azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se instalaron 14 parcelas experimentales de escorrentía bajo lluvia a favor de la pendiente ajustadas a una condición del 10% de pendiente, 11 m de longitud de plano inclinado y 1.80 m de ancho. Se utilizaron colectores de sedimentación para estimar la pérdida de suelo. (Mejía, 2018)

Una primera fase del estudio en esta zona calculó la pérdida de entre 72 a 100 toneladas anuales de suelo, debido a la erosión y la ausencia de barreras vivas en las plantaciones.

Un novedoso estudio sobre el manejo de suelos degradados y uso eficiente del agua en la zona de la subcuenca del Canal de Panamá, por parte del Idiap, intenta frenar esta pérdida.

José Mejía, investigador agrícola del Idiap, indicó que ya se trabaja en una finca experimental en el área de la Zangüenga, implementando barreras vivas, plasticultura y cultivo de pastura.

A través de la plasticultura se proyecta reducir hasta en un 80% el uso de herbicidas en las plantaciones de piña.

El proyecto de investigación abarca cuatro años y contempla la caracterización de suelos (color, consistencia, textura y presencia de raíces, rocas y carbonatos) para su manejo.

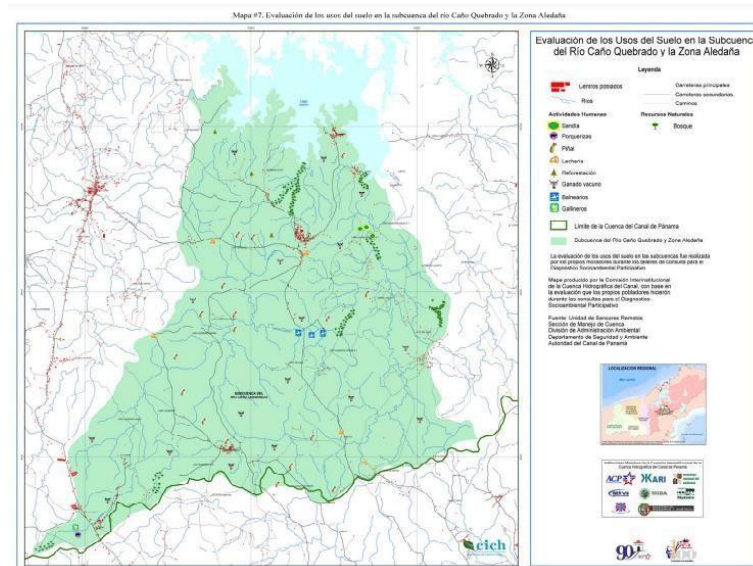
Además de evaluar los procesos de erosión hídrica en suelos, uso de biocarbón a partir de desechos de piña y la captura de dióxido de carbono en suelos. (Montenegro, 2021)

Figura#1: Vista de Sedimento colmatando las cunetas en Área de Producción de Piña en Zangüenga.



(Mejía, 2018)

Mapa#1: Evaluación del uso del suelo en la subcuenca del río Caño Quebrado



Fuente: (CICH, PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA: PARA EL DESARROLLO HUMANO, APOYO A LA PRODUCCIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE ÁREAS RURALES EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ 2005-2010, 2010)

Calidad del Agua

En la subcuenca del río Caño Quebrado, la información referente a calidad es escasa. Algunos datos históricos de calidad citados en el informe del Diagnóstico Consolidado (2003) indican que, en la desembocadura del río, los niveles de NO₃ se han mantenido constantes en los últimos 30 años. Se tienen datos puntuales sobre el oxígeno disuelto, sin embargo, no son suficientes para llegar a conclusiones con relación a este parámetro. (Díaz & Yee, 2004)

1.3 JUSTIFICACIÓN

La subcuenca del río Caño Quebrado se encuentra cerca de áreas de producción piñera, aparte de que la misma pueda tener otras presiones como el desarrollo urbano, y también la actividad pecuaria. El extendido uso agropecuario ha provocado que queden muy pocos remanentes de bosque, todos ellos fraccionados y bastante alterados.

Al no llevar a cabo una producción, ya sea, agrícola de manera sostenible o amigable ambientalmente, muchas de las prácticas utilizadas para la producción dejan el suelo desprovisto, sin vegetación o árboles que ayuden a poder reducir el impacto de las gotas de lluvia en el suelo, provocando erosión al suelo, donde esos sedimentos luego van a parar en la Estación del Río Caño Quebrado y verse afectado. Ya que, para que ocurra la erosividad de la lluvia en un lugar, el mismo debe encontrarse desprovisto o sin árboles que ayuden a la interceptación de la gota de lluvia.

A nivel mundial, las cuencas hidrográficas y los humedales boscosos proporcionan un considerable 75 por ciento de nuestros recursos de agua dulce. Cuando se ordena de manera sostenible, los bosques también contribuyen de manera significativa a la reducción de la erosión del suelo y al riesgo de deslizamientos de tierra y avalanchas catástrofes naturales que a su vez pueden alterar las fuentes y suministros de agua dulce. Los bosques pueden reducir los efectos de las inundaciones y prevenir y reducir la salinidad de las tierras áridas y la desertificación. Mediante el almacenamiento del agua, los árboles y los bosques pueden fortalecer la resiliencia a sequías, uno de los síntomas más negativo del cambio climático. (Castro, 2016)

Por ende, esta investigación en base a el cambio en la descarga y generación de sedimentos debido al cambio climático en la Estación Hidrometeorológica del Río Caño Quebrado, busca el poder visualizar las presiones que tiene la misma frente a las actividades agrícolas (producción de piña) y el cambio climático, y como esto influye en la subcuenca. De tal manera que por mediode los diversos cálculos e información recopilada se pueda brindar una solución a la problemática, para procurar la protección de la misma, ya que, esta forma parte de la Cuenca del Canal de Panamá.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Determinar el cambio en la descarga y generación de sedimentos en la estación de Caño Quebrado, por medio de la identificación de las diferentes presiones que ocurren en ella.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- 1- Obtener los Caudales promedios diarios en m³/s y Caudales Sólidos Promedios Diarios (t/d), para poder comparar el comportamiento de los mismos. (2004-2021).
- 2- Evaluar información sobre la actividad Piñera, Pastos, Bosque Intervenido, en la subcuenca del río Caño Quebrado.
- 3- Realizar cálculos que permitan obtener la estación seca y lluviosa en el área de la subcuenca del río Caño Quebrado.

1.5 HIPÓTESIS

La producción piñera y los fenómenos climáticos, traen consigo que ocurran cambios de aumento o disminución en la descarga y generación de sedimentos en la estación de Caño Quebrado.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

1.6.1 ALCANCES:

1.6.1.1 : Obtención de caudales promedios diarios.

1.6.1.2 : Obtención de caudales sólidos promedios diarios.

1.6.1.3 : Comportamiento por medio de gráfica de la descarga en la estación del Río Caño Quebrado 2004-2021.

1.6.1.4 : Comportamiento por medio de gráfica de comparativa de los caudales sólidos anuales y la descarga anual.

1.6.1.5 : Definición de la estación seca y lluvia por medio de los caudales promedios.

1.6.1.6 : Datos de la producción piñera en la región de Panamá Oeste (MIDA)

- Gráfica de Caudales sólidos anuales vs la superficie sembrada ha.

- Datos sobre la exportación de piña en la región.

1.6.1.7 Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021; haciendo énfasis en el área de estudio en la Estación del Río Caño Quebrado. (Estudio de cambios en el uso del suelo, pastos y bosque intervenido). (SINIA)

1.6.2 LIMITACIONES

1.6.2.1 : Tiempo: a la hora de solicitar información o datos correspondientes al estudio demoran en entregarlas o no se tiene el acceso a las mismas.

1.6.2.2 : Al utilizar mapas digitales para poder realizar la comparación a través de los años de la cobertura boscosa y uso de suelo en el área de estudio, no se pueda apreciar muy bien los cambios que se han producido en la misma.

1.6.2.3 : Que el área de estudio se encuentre muy deteriorada y sea difícil encontrar la solución adecuada para los diversos problemas que pueda tener la misma.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Concepto en base a caudales:

1.1. Concepto de Caudal: volumen de agua que pasa a través de una sección transversal de un río por unidad de tiempo.

1.2. Concepto de Caudal de sedimentos suspendidos o caudal sólido en suspensión (t/d, t/mes, t/año): cantidad de sedimentos suspendidos, medidos por peso seco o volumen, que pasa en una sección del río en un intervalo de tiempo dado. Expresado en toneladas por día, mes o año.

1.3. Concepto de Caudal promedio diario: volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día dividido por el número de segundos del día.

2. Concepto de erosión y variables que inciden en ella

La erosión consiste en una pérdida gradual de los materiales que constituyen el suelo, al ser arrastradas las partículas tras ser disgregadas y arrancadas de los agregados y terrones, a medida que van quedando en la superficie. (Morgan, Erosión y conservación del suelo, 1997)

Se puede decir que la erosión que ocurrirá en un suelo específico va a depender directamente de ciertas variables, las cuales se enumeran a continuación (Morgan, Conservación y erosión de suelo, 2005):

- Clima
- Vegetación
- Hojarasca
- Tipo de suelo
- Topografía
- Velocidad del flujo

2.1 Tipos de erosión:

2.1.1 Erosión hídrica: El proceso de erosión hídrica presenta tres fases bien diferenciadas. En la primera se produce la degradación de los agregados del suelo mediante la energía cinética de las gotas de lluvia. De este modo se desprenden partículas de tamaño fino que durante la segunda fase serán transportadas junto a los materiales desagregados que se encontraban en la superficie del suelo, previamente al inicio del evento de lluvia por el agua de escorrentía; provoca además el arrastre de partículas adicionales como consecuencia de la incisión en el terreno. Por último, al disminuir la fuerza de arrastre, las partículas más gruesas comienzan a sedimentar en las zonas de menor pendiente de las laderas o de las cuencas, mientras que los materiales más finos, con frecuencia alcanzan en suspensión los cursos permanentes de agua. (Paz, 2004)

Los principales factores que controlan la erosión hídrica son la precipitación, la cobertura vegetal, la topografía y las propiedades del suelo. Los efectos interactivos de estos factores determinan la magnitud y la tasa de erosión del suelo. Así, mientras más larga e inclinada es la pendiente, el suelo será más afectado por la erosión y, por otra parte, cuanto mayor sea la capacidad de transporte del escurrimiento bajo una intensa lluvia, ello resultará en una mayor tasa de pérdida de suelo por la erosión. El papel de la vegetación en la prevención de la erosión del suelo es ampliamente reconocido: la cobertura vegetal mejora su resistencia al aumentar su contenido de materia orgánica, estabilizar su estructura y promover la actividad de macro y microorganismos. La efectividad de la cobertura vegetal depende de las especies de plantas, su densidad, edad, patrones de follaje y de raíces (Lal, 2008).

2.2.2 La erosión por salpicadura se debe al impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados inestables de un suelo desnudo.

2.2.3 La erosión laminar consiste en la pérdida de una capa más o menos uniforme de suelo en un terreno inclinado, que afecta sobre todo a las partículas liberadas por salpicadura. Cuando las irregularidades del terreno y el mayor caudal vertiente abajo hacen que el flujo laminar pase a ser concentrado se habla de erosión por surcos,

cárcavas y barrancos que representan tres grados de desarrollo de un mismo proceso.

2.2.4 Los surcos son de tamaño centimétrico y pueden desaparecer al labrar.

2.2.5 Las cárcavas son de decamétricas a métricas y generalmente no se pueden eliminar con el laboreo ordinario.

2.2.6 Los barrancos son incisiones de varios metros, incluso decenas. El resultado de la erosión por cárcavas y barrancos es la disección del terreno afectado (Morgan, Erosión y conservación del suelo, 1997)

2.2.7 La erosión acelerada o inducida por factores antropogénicos es el proceso de degradación del suelo más importante a escala mundial. Se trata de un proceso físico del que resulta una disminución de la capacidad de enraizamiento efectivo que con frecuencia lleva emparejada la leptosolización del suelo, la eutrofización del agua y la emisión de gases de efecto invernadero. Mientras que la erosión de los paisajes naturales es un fenómeno constructivo, por cuanto origina la formación de suelos fértiles tras la sedimentación (por ejemplo, en las zonas deltaicas) y proporciona nutrientes a los seres vivos acuáticos, la erosión acelerada es un proceso de degradación severo con impactos adversos en la productividad y el medio ambiente. La superficie afectada por la erosión, así como la intensidad total y la magnitud de la misma puede verse incrementada por la deforestación, los incendios forestales, los sistemas de laboreo tradicionales y las rotaciones con una cobertura escasa del suelo a lo largo de períodos importantes. En ausencia de cubierta vegetal, el impacto de la gota de lluvia no sólo provoca la desagregación, sino que habitualmente da lugar a la formación de una costra superficial que afecta a los primeros milímetros o centímetros del horizonte de laboreo. Este fenómeno es consecuencia del desplazamiento de las partículas de arcilla y limo que pasan a ocupar los poros del suelo provocando su oclusión. Con ello, disminuye la intensidad de infiltración, lo que favorece que se inicie la escorrentía superficial. (Paz, 2004)

2.2.8 Erosión Eólica: Cuando hablamos de erosión eólica nos referimos a aquellos

procesos de deterioro o degradación que vienen dados por la acción del viento y así modifican el relieve de la corteza terrestre. (Roper, 2020)

Este tipo de erosión es menos agresiva que la erosión hídrica, además es lenta y requiere de suelos libres de vegetación para que esta no frene la acción erosiva del viento. Se da en zonas con grandes fluctuaciones de temperatura, esto ayuda a que las rocas se rompan y, de este modo, el viento actúa de forma más eficaz sobre ellas. Las zonas de alta montaña y desérticas se ven afectadas por la erosión eólica o del viento, al igual que las zonas libres de vegetación, es decir, suelos desnudos. Ya que, si el territorio se encontrara poblado de vegetación, la acción erosiva del viento sería frenada por la vegetación y sería mucho más leve o nula. (Roper, 2020)

2.3 Modelos desarrollados para distintos tipos de procesos erosivos: Cada modelo es cuidadosamente explicado, por lo que detallar cada uno de ellos en este texto sería innecesario. Entre los más conocidos y mundialmente utilizados se encuentran los siguientes (Morgan, 2005):

- Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE)
- Ecuación universal de pérdida de suelos revisada (RUSLE)• Proyecto de predicción en la erosión hídrica (WEPP)
- Estimador de pérdida de suelo para África del Sur (SLEMSA)
- Modelo de Morgan, Morgan y Finney (MMF)
- Ecuación de predicción de la erosión eólica (WEPE)
- Sistema erosión-sedimentación de la Universidad de Griffith (GUESS)
- Modelo de erosión europeo (EUROSEM) (Brea & Balocchi, 2010)

2.4 Consecuencias del deterioro del suelo:

No es difícil pensar en las consecuencias de la erosión del suelo, cuando se deteriora el suelo también se deteriora ese ecosistema en concreto, perdiendo el equilibrio

ecológico. Esto provoca una reducción tanto de la fauna como de la flora, haciendo que, gradualmente, se vaya perdiendo la fertilidad de esa tierra. En caso de que allí se cultive, cada vez será más difícil y costoso y, en caso de que sea un lugar de pastoreo, esa tarea se va a complicar. (Cardona, 2019) Esta es la lista de consecuencias de la erosión del suelo y su deterioro:

- El ecosistema se desequilibra, perdiendo a muchas de sus especies endémicas y favoreciendo el crecimiento de las especies oportunistas.
- La tierra cada vez se va volviendo menos fértil, lo que aumenta el uso de fertilizantes por parte de los agricultores. Al final, esto acaba con una tierra totalmente inútil para el cultivo.
- Pérdida de flora y desaparición de especies.
- Pérdida de la humedad aportada por la flora.
- Creación de graveras y arenales en lo que eran tierras fértiles.
- Mayor riesgo de desprendimientos de rocas.
- Pérdida del rendimiento de la tierra y aumento del coste de cultivarla.
- En la ganadería, aumentan los costes de mantener y alimentar a los animales, ya que, desaparecen los pastos.
- El empobrecimiento de las poblaciones rurales hace que la población se desplace hacia las ciudades. (Cardona, 2019)

3. Concepto de cambio climático:

El cambio climático es la variación global del clima de la tierra. A lo largo del tiempo geológico se han producido cambios climáticos debido a causas naturales, de manera que la temperatura del planeta ha sido mucho más alta o mucho más baja que los 15 grados centígrados actuales. Lo que diferencia el cambio climático actual de los anteriores es la rapidez con la que se está produciendo y que, según el consenso científico, su origen no se deba a las variaciones naturales sino a los combustibles

fósiles emitidos por el hombre desde comienzos de la era preindustrial. (Arévalo, 2015)

3.1 Impactos del Cambio Climático: El cambio climático tiene un impacto (que irá en aumento) sobre la gran mayoría de los sectores productivos, como el turismo, uno de los principales motores económicos, la agricultura y la producción de alimentos, especialmente el delicado sector vitivinícola, que observa con preocupación el aumento de las temperaturas y, como consecuencia, una mayor aridización del campo. Pero también se notará en la generación de empleo, en el mercado inmobiliario, la industria o la generación de electricidad, entre otros. (Ojea, 2018)

3.2 Los efectos del cambio climático: Se han acelerado, pero serán mucho peores, especialmente en los países mediterráneos, donde, en los próximos años, habrá más episodios de gota fría, mayor escasez de lluvias en verano, más enfermedades respiratorias, cardiovasculares, y más migraciones, hambrunas y conflictos, según alerta un reciente estudio internacional realizado por 18 instituciones. (Ojea, 2018)

3.2.1 Biodiversidad: El cambio climático está afectando a procesos esenciales de muchos organismos, como el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de las primeras fases vitales, pudiendo llegar a comprometer la viabilidad de algunas poblaciones. Todos estos cambios provocan también una importante pérdida de biodiversidad y diversidad genética. (Ojea, 2018)

3.2.2 Incendios: El aumento de la temperatura media y la disminución de las precipitaciones crearán el caldo de cultivo ideal para los incendios forestales, especialmente en las zonas de alta montaña. En los últimos años ya se está apreciando cómo los incendios superan con mayor frecuencia las 500 hectáreas (los denominados Grandes Incendios Forestales) y son más virulentos y difíciles de combatir. (Ojea, 2018)

3.2.3 Deshielo: En los últimos 30 años se han perdido alrededor de tres cuartas partes del volumen del hielo en el Ártico, que actúa como espejo rebotando calor solar. Si nos quedamos sin el hielo marino, así como de agua dulce, las consecuencias podrían ser irreversibles. A medida que los rayos del sol penetren más profundo, el agua se calentará, por lo que la evaporación del mar será más rápida y

aumentarán las precipitaciones. Habría cambios en las corrientes de agua dulce y marinas, así como modificaciones meteorológicas en todo el mundo. Y, por supuesto, muchos animales y plantas perderán su hábitat y muchas especies desaparecerán. (Ojea, 2018) Por otro lado, la Revista Nature realizó una investigación acerca de **Pérdida global acelerada de masa de glaciares a principios del siglo XXI**, y se demostró que durante 2000– 2019, los glaciares perdieron una masa de 267 ± 16 gigatoneladas por año, equivalente al 21 ± 3 por ciento del aumento del nivel del mar observado. Identificamos una aceleración de pérdida de masa de 48 ± 16 gigatoneladas por año por década, lo que explica del 6 al 19 por ciento de la aceleración observada del aumento del nivel del mar. (Hugonnet, y otros, 2021)

3.2.4 Fenómenos meteorológicos extremos: La tropicalización de los océanos con lleva un mayor índice de evaporación y, por tanto, un aumento de la nubosidad, lo que facilita la formación de fuertes tormentas y otros fenómenos meteorológicos. Además de las heladas, las olas de frío y de calor o las sequías e inundaciones son algunas de las variables que irán y han aumentado su frecuencia y voracidad en los últimos tiempos como consecuencia del cambio climático. (Ojea, 2018)

3.2.5 Efectos en la sociedad: mercado de trabajo, al modelo energético, al de transporte, pero también al de producción y consumo, y en definitiva al estilo de vida actual. Porque el cambio climático es, sobre todo, un hecho social, por sus causas sociales y sus consecuencias sociales. No es un problema solo del medioambiente, por lo que debe ser resuelto por la sociedad, por los agentes políticos, sociales, económicos y la ciudadanía en general. (Ojea, 2018)

3.3 Convenciones, Acuerdos y Protocolos Internacionales frente al Cambio Climático:

3.3.1 La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, desarrollada en Río de Janeiro en 1992, reflejó **el consenso internacional a la hora de abordar el problema del cambio climático**. Durante su celebración se

creó la **Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**, que fue firmada inicialmente por 166 países y entró en vigor, finalmente, el 21 de marzo de 1994. En la actualidad, ha sido ratificada por 197 países.

3.3.2 El Protocolo de Kioto puede ser definido como la puesta en práctica de la CMNUCC. En su momento, supuso **el primer compromiso a nivel global para poner freno a las emisiones responsables del** calentamiento global y sentó las bases para futuros acuerdos internacionales sobre cambio climático. Aunque el Protocolo fue firmado el 16 de marzo de 1998, su entrada en vigor no se produjo hasta el 16 de febrero de 2005.

3.3.3 El 12 de diciembre de 2015 se aprobó el texto del Acuerdo de París, un pacto con fuerza legal que contiene todos los elementos necesarios para **construir una estrategia mundial de lucha contra el cambio climático para el periodo post 2020** —el período anterior a 2020 se encuentra cubierto por la segunda fase del Protocolo de Kioto (Enmienda de Doha)—. (IBERDROLA, 2022)

3.4 Medidas para mitigar el cambio climático:

- ✓ Usa el transporte público o comparte el transporte privado
- ✓ Sustituye tu coche con motor de combustión por otro híbrido o eléctrico
- ✓ Opta por no tener coche
- ✓ Trata de no viajar en avión
- ✓ Teletrabaja
- ✓ Lleva una dieta saludable
- ✓ Pásate a una dieta vegetariana
- ✓ Consume productos de temporada y productos locales
- ✓ No desperdices la comida
- ✓ Produce tu propia comida
- ✓ Refuerza el aislamiento de tu casa

- ✓ Usa una bomba de calor
- ✓ Usa electrodomésticos eficientes
- ✓ Compra una casa eficiente (casas pasivas)
- ✓ Utiliza electricidad de origen renovable
- ✓ Calienta tu casa con energías renovables
- ✓ Genera tu propia energía renovable
- ✓ Reduce, reutiliza y recicla
- ✓ Participa en la reforestación
- ✓ Informa y educa a los demás (Núñez, 2021)

4. Concepto Cambio en el uso del suelo:

El cambio de uso del suelo se refiere al proceso de transformación de la cubierta vegetal existente en un lugar determinado para convertirla en otros usos diferentes al natural —original—. Este proceso igualmente puede provocar la degradación de la calidad de la vegetación, alterando —modificando— la densidad y composición florística. Los factores más estudiados y conocidos, asociados con los procesos de cambio de uso en el suelo y desde luego, de la vegetación, son la agricultura, ganadería, apertura y ampliación de infraestructura para asentamientos humanos, comerciales e industriales. Las consecuencias más evidentes del cambio de uso del suelo, siendo relevantes la pérdida de la biodiversidad y afectaciones a los servicios ambientales y servicios ecosistémicos. (Pérez, 2021)

4.1 cambios de cobertura y uso de suelo están asociados a dos tipos de causas:

1) causas directas, que son la transformación de selvas y bosques para la expansión agropecuaria, la extracción forestal, el incremento en infraestructuras y la extracción de combustible, y 2) causas subyacentes, aquellas que se presentan fuera de la zona de los cambios de cobertura y operan en escalas geográficas amplias. En este sentido, existen diferentes factores relevantes: a) demográficos: fundamentalmente,

incremento de la población y su densidad, y migración; b) económicos: sistema económico, tendencia de los mercados y acceso a los mismos, procesos de urbanización e industrialización; c) cambios técnicos en lo agropecuario y en el manejo forestal; d) estructura, talante y alternancia política y su consecuencia sobre las instituciones encargadas del medio rural (corrupción o malos manejos desde el gobierno, desconocimiento de formas políticas de comunidades rurales; e) culturales: destacadamente, los usos y costumbres locales, su cosmovisión y el propio comportamiento individual. (Galicia, García, Gómez, & y Ramírez, 2007)

Por otra parte, en el año 2020, la población mundial es un tercio mayor a la de 1995, pero la demanda de tierras para la producción de alimentos y la ocupación urbana ha incrementado en proporción aún más elevada. Esta situación se refleja en una importante presión sobre las superficies cubiertas con vegetación. (Pérez, 2021)

4.2 Impactos del cambio de uso de suelo: Los impactos de cambio en el uso del suelo se clasifican en ambientales y socioeconómicos.

4.2.1 Impactos ambientales: Los impactos ambientales asociados con el cambio de uso del suelo incluyen cambios en el equilibrio hidrológico de la zona, aumento del riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra —remoción en masa—, contaminación del aire, contaminación del agua, entre otros. A nivel local, el cambio de uso del suelo incluye la erosión, sedimentación, contaminación y salinización del suelo y las aguas subterráneas, la extinción de especies nativas, la contaminación marina y acuática de los cuerpos de agua locales, la erosión costera y la polución de esta zona. (Briassoulis, 2020)

4.2.2 Los impactos socioeconómicos: a nivel mundial se refieren a cuestiones de seguridad alimentaria, escasez de agua, desplazamiento de la población y, en general, al tema de la seguridad humana y vulnerabilidad a los riesgos naturales y tecnológicos. Los problemas de seguridad alimentaria y escasez de agua pueden surgir de las reducciones en el área de tierras agrícolas y de la disminución de los suministros de agua disponibles que resultan de la erosión del suelo, su degradación, desertificación, industrialización, urbanización, sub

urbanización y, sobre todo, del manejo pobre de los recursos ambientales. (Briassoulis, 2020)

4.3 Los estudios de cambio en el uso del suelo pueden realizarse en seis

etapas: descripción, explicación, predicción, evaluación de impactos, prescripción y evaluación (Briassoulis, 2020). Desde luego, en cada una de éstas, las actividades, métodos, técnicas, registros, herramientas y resultados obtenidos deben vincularse con el objeto, propósito, dimensiones, escalas y metodología utilizada. Independientemente de estas etapas y las actividades correspondientes a cada una, se debe considerar la predicción escenarios de cambios hacia mediano y largo plazos escenarios futuros.

Las causas sociales, económicas, políticas y culturales de la deforestación y los cambios actuales de uso de suelo a nivel regional son clave para entender la distribución espacial futura de las comunidades naturales y su vulnerabilidad ante cambios antropogénicos y naturales. (Galicia, García, Gómez, & y Ramírez, 2007)

5. Concepto de Sedimentación:

La sedimentación es el proceso por el cual los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua caen al fondo del recipiente donde el agua esté contenida. La sedimentación es un proceso natural que ocurre por el efecto de la gravedad. Aunque sucede en ríos y lagos, las personas hemos utilizado este fenómeno para conseguir un agua más pura y segura. (García, 2018)

La sedimentación se basa en la Ley de Stokes, según la cual las partículas más grandes o más pesadas que el agua tendrán una mayor capacidad de sedimentación. También influye la viscosidad del líquido, a menor viscosidad mayor capacidad y velocidad de sedimentación. (García, 2018)

5.1 Clasificación de los sedimentos en función de su diámetro y del estado de suspensión:

- Partículas en suspensión de hasta 10^{-4} cm.
- Coloides con partículas de tamaños de entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.

- Soluciones con partículas de tamaño menor de 10-6 cm. (García, 2018)

5.2 Transporte de sedimentos:

Los sedimentos transportados son los del fondo y las orillas del cauce además de partículas muy finas procedentes de los terrenos de la cuenca. Las partículas entran en movimiento tan pronto como el esfuerzo cortante aplicado en el material del fondo exceda al esfuerzo cortante crítico o de inicio de movimiento. Generalmente las partículas de limo y arcilla entran en suspensión, y las partículas de arena y grava ruedan y se deslizan en una capa delgada cerca del fondo llamada capa de fondo. (I.M.T.A, 2014)

5.3 Los procesos que gobiernan el movimiento de los sedimentos en los ríos son complejos y dependen de los siguientes factores: hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geográficos y biológicos. La descarga de agua, su velocidad, las características de los materiales de las paredes y del fondo del cauce, la disponibilidad de material para su transporte. Otros factores son: la duración e intensidad de lluvia, la pendiente, el uso de suelo en la cuenca, la cobertura vegetal, el tipo de suelo, las actividades humanas. (I.M.T.A, 2014).

6. Concepto de Manejo de Cuencas:

El manejo de una cuenca hidrográfica es la administración integral de la misma, mediante la implementación de políticas claramente definidas y normas adecuadas así como, al desarrollo planificado de acciones técnicas, que permitan el aprovechamiento racional y la conservación del espacio físico y de los recursos naturales existentes en la misma, así como la conservación y protección de su medio ambiente, el mejoramiento del nivel de vida de la población, la participación activa de la población local y sociedad en general y algo fundamental para lograr lo antes mencionado, la decisión política y el comportamiento de las autoridades y clase política de nivel local, regional y nacional. Sin ello no se podrá alcanzar un desarrollo sostenible de la cuenca. Es importante resaltar que lo primero que se debe manejar no es la cuenca en sí, sino la intervención del hombre que realiza en ella, pues depende del accionar y grado de responsabilidad con que actúe y por otro lado del control y fiscalización que lleve a

cabo el Estado y demás personas o instituciones involucradas.(Vásquez, y otros, 2016)

En el manejo y la gestión de las cuencas, subcuencas y micro cuencas hidrográficas, se debe buscar lograr un manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales con que se cuentan, lo cual significa aprovechar en forma racional y eficiente los recursos naturales existentes en dichos espacios geográficos a fin de beneficiar a la población asentada en ellas; pero que ese aprovechamiento de los recursos naturales debe hacerse de tal manera que no se comprometa el futuro de las generaciones venideras; es decir, ese aprovechamiento debe hacerse con absoluta responsabilidad social y ambiental, sin egoísmos y pensando en qué futuro queremos dejar para nuestros hijos y a los hijos de nuestros hijos. (Vásquez, y otros, 2016)

Elementos básicos de una cuenca hidrográfica

Los elementos que normalmente caracterizan a las Cuencas Hidrográficas se pueden agrupar en:

Recursos naturales: Se consideran como recursos naturales a todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado.

Los recursos naturales se pueden agrupar en:

- Recursos naturales renovables: Dentro de ellos se tienen: El agua, suelo, flora, fauna, clima, paisaje, recursos ictiológicos, etc.
- Recursos naturales no renovables: teniéndose dentro de ellos: Los minerales, petróleo, carbón, gas, etc.
- Recursos naturales inagotables: teniéndose dentro de ellos: Luz solar, vientos, endotérmica, oleaje, etc.

Elementos antropogénicos: Teniéndose dentro de ellos a los elementos desarrollados, construidos o llevados a cabo por el hombre ; destacándose entre ellos: Reservorios, canales de riego, relaves contaminantes, vertimientos, emisiones, residuos, plantaciones forestales, cultivos alimenticios, pastizales cultivados, piscigranjas, instalaciones y actividades mineras, industriales, centrales

hidroeléctricas, centrales nucleares, centrales térmicas, parques eólicos, plantas solares, carreteras, caminos y aeropuertos, servicios, etc. Además, algunos elementos importantes que también deben ser tomados en cuenta son los restos arqueológicos, costumbres creencias, aspectos culturales, intelectuales y finalmente la tecnología con la que se pueda disponer.

Elementos institucionales: Siendo aspectos antrópicos, merecen ser resaltados y dentro de ellos se tienen: Organización institucional, coordinación inter institucional, marco normativo y legal relacionado al manejo o tratamiento de las cuencas, etc.

Aspectos gubernamentales: Un elemento importante y que normalmente no ha sido tomado en cuenta pero que gravita decididamente en el manejo y aprovechamiento del espacio físico y de los recursos naturales existentes en una cuenca hidrográfica es la decisión política y el buen gobierno que pueda llevarse a cabo para dar, aplicar y supervisar la aplicación del marco legal y normativo que permita un buen manejo y gestión de la cuenca, mediante la aplicación plena de dichas normas, evitando la corrupción que puedan cometer funcionarios favoreciendo a empresas o individuos en forma ilegal ya sea para depredar, contaminar o para evadir impuestos afectando la sostenibilidad de los recursos y la recaudación de impuestos. (Vásquez, y otros, 2016)

6.1 Impactos del manejo de cuencas, beneficios y ventajas en el corto, mediano y largo plazo.

La importancia de los efectos es que sean significativos, perdurables o incrementables en el tiempo y que generen cambios positivos y otorguen beneficios a favor de las familias, de los recursos naturales y del ambiente. Una de las limitantes que siempre se presentan en los impactos a largo plazo es la poca posibilidad de mantener un sistema de información para monitorear los cambios, esta sólo se podría garantizar con un comité de cuenca o por medio del seguimiento de una entidad local con apoyo gubernamental. (Visión, 2004)

- Los cambios en la producción de los cultivos por aplicación de fertilizantes, manejo

y nuevas variedades, varían de un ciclo a otro o por períodos anuales.

- Disminución de la contaminación del agua por agroquímicos por la aplicación de un plan de uso racional o de manejo integrado de plagas. En algunos casos estos pueden pasar a mediano plazo cuando dejan efectos residuales.
- Disminución de las quemas, por una decisión inmediata de manejar el barbecho y rastrojos.
- Incremento en la aplicación de tecnologías y prácticas agropecuarias para el manejo de cuencas, por lo menos seis en cada finca.

6.1.2 Entre los impactos de mediano plazo (4 a 8 años) se pueden considerar:

- La diversificación de cultivos en la finca, que le generan nuevos ingresos.
- Aplicación de prácticas de agricultura orgánica, que redundan en disminución de costos para la producción y menor contaminación.
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo, por el uso de prácticas conservacionistas y de mejoramiento del suelo.
- Disminución de la erosión del suelo, por efecto de la funcionalidad de las prácticas anti erosivas y la mayor cobertura del suelo.
- Incremento en la capacidad de retención de humedad en el suelo por efecto de las prácticas de conservación de agua y la mayor cobertura vegetal.
- Incremento en la cobertura vegetal de los suelos, por la diversificación, cultivos permanentes, prácticas agroforestales y las áreas reforestadas.
- Fortalecimiento de las organizaciones, por efecto de la capacitación, procesos participativos y sobre todo por los beneficios logrados.
- Uso intensivo de prácticas de conservación de suelos, agroforestería y reforestación, por los beneficios en la finca (humedad, leña, follaje y mejoramiento del ambiente). Establecimiento de cultivos permanentes, por ejemplo, café en plena producción.

6.1.3 Entre los impactos de largo plazo (mayor de 8 años) se pueden considerar:

- Incremento de la biodiversidad, por efecto de la cobertura vegetal y el uso de prácticas conservacionistas.
- Mejoramiento de la estabilidad de los suelos, por efecto de las prácticas forestales y de manejo de agua.
- Incremento en la calidad y cantidad de agua, por efecto integral de la intervención.
- Incrementos en los ingresos económicos por el beneficio de las prácticas agroforestales. Recuperación de las áreas degradadas por efecto de la reforestación y uso apropiado del suelo.
- Adopción de las prácticas y tecnologías de manejo de cuencas, por efecto de los beneficios logrados a nivel de finca y de la cuenca/microcuenca.
- Disminución de riesgos ambientales, por efectos asociados de todas las prácticas.
- Concientización de la población, por efecto de la educación ambiental y por los resultados visibles.
- Valoración de los servicios ambientales, por efecto de la concientización de los usuarios.
- Disminución de costos por efectos de menor sedimentación de embalses y de menor costo de tratamiento de las aguas en los reservorios de uso poblacional.
- Mejoramiento de la capacidad de gestión de los pobladores y de sus organizaciones.
- Establecimiento de sus comités de cuencas. (Visión, 2004)

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES:

- 1) Anuarios Hidrológicos de la ACP 2004 al 2021.
- 2) Datos en base a la producción piñera en la región de Panamá Oeste (MIDA).
- 3) Mapas de Cobertura boscosa y uso de suelo en Panamá, específicamente en el área de estudio (SINIA).

MÉTODOS

La metodología utilizada para recopilar información hidrometeorológica acerca de la estación Caño Quebrado fue: Por medio de los anuarios hidrológicos que suministra la ACP en su página de internet utilizamos los datos desde el año 2004 hasta el año 2021, se eligen datos de caudales promedios diarios en m^3/s y caudales sólidos promedios diarios en t/d de cada uno de estos años y se traspasa esta información a Excel.

Comportamiento de la descarga “Q” en la estación deCaño Quebrado 2004-2021.

Con los datos obtenidos y digitalizados en Excel acerca de los caudales promedios diarios en m^3/s , se realizó una gráfica que nos permite observar el comportamiento de la descarga a través de los años (2004-2021) en la estación del río Caño Quebrado.

Comportamiento de la descarga de caudales sólidos y descarga anual.

Utilizando los caudales promedios diarios en m^3/s y los caudales sólidos t/d, tenemos que calcular el total anual de cada año desde el 2004 hasta el 2021.

Definición de la Estación seca y Lluviosa en la estación Río Caño Quebrado.

Para la determinación de la Estación seca y lluviosa en el área de estudio se procedió a utilizar los datos de los caudales promedios diarios m^3/s en donde se empleó el uso de los totales de cada mes por cada año, y cada año por medio de sus meses de esta

forma se obtuvo la descarga anual de los mismos. Luego se realizó, el cálculo del promedio y la desviación estándar de cada mes y también con el total anual. Al obtener los datos de manera anual se llevó a cabo, el ordenar los datos de mayor descarga a menor descarga que, así se pueden identificar los años más lluviosos y menos lluviosos dentro de la estación, los más secos se determinan por la fórmula: $\text{Promedio anual de todos los años} - (0.75 * \text{la desviación estándar anual})$ y los años más lluviosos se determinan por medio de la suma del promedio anual y la desviación estándar anual. Meses más lluviosos de color azul y meses más secos de color amarillo.

Producción piñera: Superficie utilizada y la Exportación Piñera en la Región de Panamá Oeste desde 2002 a julio 2022.

Con los datos brindados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, se llevó a cabo, una gráfica que contine la superficie en ha vs caudales sólidos anuales.

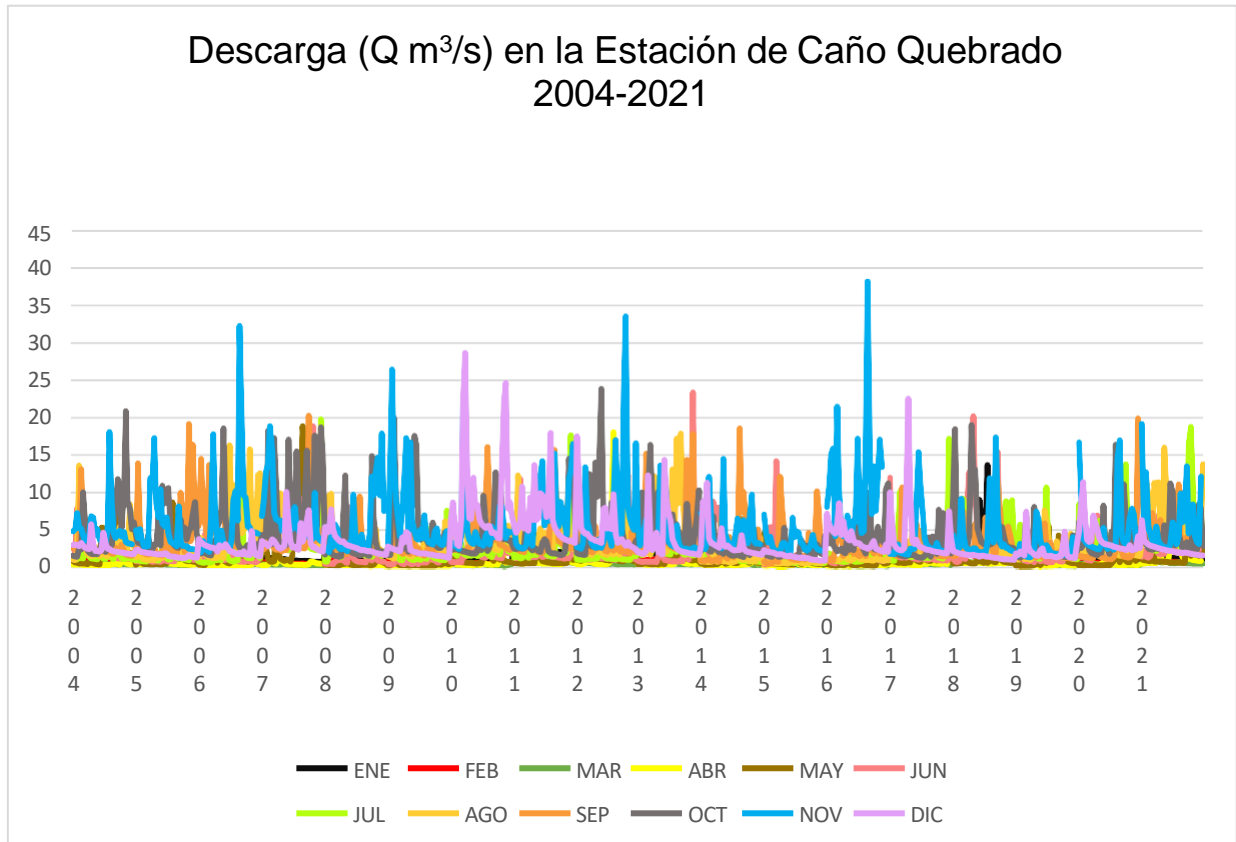
Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021; haciendo énfasis en el área de estudio en la Estación del Río Caño Quebrado.

Para la realizar la comparación o la evolución en la cobertura boscosa y uso de suelo en el área asignada se ha implementado el uso de mapas de cobertura boscosa que se encuentra en el Sistema Nacional de Información Nacional. El proceso más que nada fue tomar los mapas y poderles ampliar en la región de Panamá Oeste de tal forma que podamos ver la evolución o el comportamiento de la cobertura boscosa y el uso del suelo en el área a través de los años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 : Comportamiento de los caudales diarios.

Gráfica#1: Comportamiento de la descarga en la Estación Caño Quebrado 2004-2021



(Elaboración propia)

Los mayores picos de descarga ocurren en el mes de noviembre, seguidamente de octubre, diciembre y septiembre. Mientras que, a partir del mes de agosto, julio, junio, enero, mayo, febrero, abril y marzo, sus niveles de descarga bajan o disminuyen. Para el año 2015 la descarga fue baja y esto debido que para ese momento en Panamá se presentaba el fenómeno del niño lo que influye mucho en el aumento de la temperatura y una disminución de lluvias del lado del Pacífico, y un incremento de precipitaciones lluviosas en la parte del Atlántico.

Caudales promedio diarios más bajos de cada mes, en la estación de Caño Quebrado

MES	Q m ³ /s	Año	
ENE	0.353	2016	f
FEB	0.176	2016	d
MAR	0.076	2010	b
ABR	0.066	2015	a
MAY	0.086	2019	c
JUN	0.245	2009	e
JUL	0.426	2015	
AGO	0.364	2015	g
SEP	0.398	2015	h
OCT	1.170	2017	
NOV	1.230	2019	
DIC	0.770	2015	

(Elaboración propia)

El caudal promedio más bajo fue el día 11 abril del año 2015, seguidamente del 27 de marzo de 2010, 03 de mayo de 2019, 25 de febrero de 2016, 03 de junio 2009, 30 de enero de 2016, 04 de agosto de 2015, 5 de septiembre 2015, 30 de julio 2015, 31 de diciembre 2015, 17 de octubre 2017 y 08 de noviembre del 2019. Con estos resultados podemos observar que el año en que se predominan los caudales más bajos fue en la estación fue el 2015.

Caudales promedio diarios más altos de cada mes, en la estación de Caño Quebrado

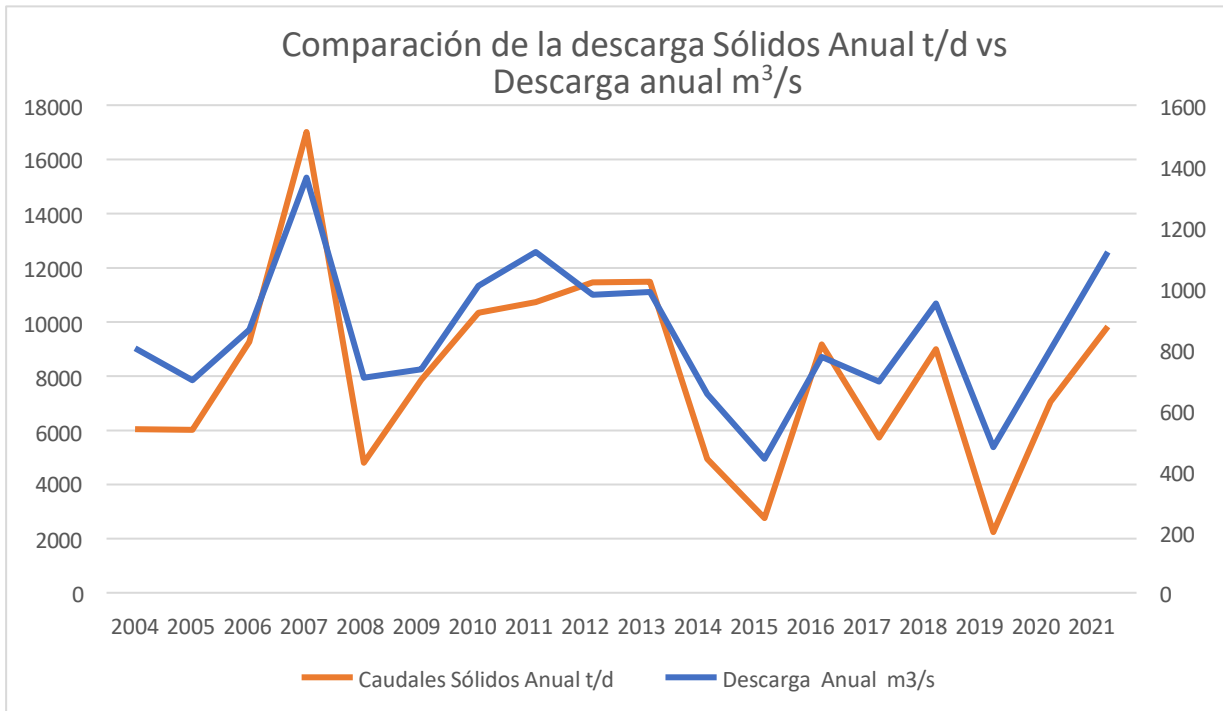
MES	AÑO	Q m ³ /s	
ENE	2018	13.6	
FEB	2018	1.85	
MAR	2018	2.78	
ABR	2012	18.0	h
MAY	2007	18.8	g
JUN	2013	23.3	d
JUL	2007	19.7	f
AGO	2013	17.8	
SEP	2007	20.2	e
OCT	2012	23.8	c
NOV	2016	38.2	a
DIC	2010	28.6	b

(Elaboración propia)

El caudal promedio más alto fue el día 22 de noviembre el 2016, seguidamente del 08 de diciembre del 2010, 13 de octubre del 2012, 28 de junio 2013, 24 de septiembre 2007, 30 de julio 2007, 21 de mayo 2007, 19 de abril 2012, 22 de agosto 2013, 18 de enero 2018, 24 marzo de 2018 y 01 de febrero 2018. Con estos datos podemos observar que el año en que se tuvo una mayor descarga fue en el año 2007.

1.2 Comportamiento de las descargas de caudales sólidos anuales y la descarga anual.

Gráfica#2: Comparación del comportamiento de los caudales sólidos anuales vs la Descarga anual, en la estación de Caño Quebrado.



(Elaboración propia)

La gráfica nos permite comparar la descarga tanto anual en m^3/s y la descarga de sólidos anual en t/d . La descarga anual de los caudales en m^3/s fue de **15,167.676** m^3/s , mientras que la de los sólidos fue de **145,809.17** t/d . Dentro de la misma podemos observar que las gráficas se comportan un poco similar en cuanto a los años, señalando que en los años donde se tiene mayor descarga de sólidos y de caudales promedios son a partir de los años 2006 hasta el 2007. En el 2008 se observa un descenso de ambos valores, para el 2009 aumentan los valores hasta el 2011 los valores de descarga en m^3/s . Descienden los valores de la descarga anual desde 2012 hasta 2016 donde aumentan hasta el 2018, disminuyen en el 2019 y vuelven aumentar en el 2021. Por otra parte, los sólidos si se mantienen en aumento hasta el 2013, disminuyen hasta el 2015 y vuelven aumentar y en los años siguientes se mantienen variando.

1.2.1 Eventos Climáticos presentados durante los años 2004 hasta el 2021, que influyen en el comportamiento de los caudales tanto líquidos como sólidos.

Para el año 2007, los caudales promedios fueron de 1362.616, su evento influente era un frente estacionario sobre Panamá ocasionó un exceso de lluvias 330 milímetros, aproximadamente que derivó en derrumbes y destrucción de puentes, además de causar la muerte de doce personas y de dejar sin hogar a otras 1.300. La tormenta generó alrededor de 10 millones de dólares en daños. Mientras tanto sus caudales sólidos fueron de 17012.58, su evento influente desarrollo urbano, la construcción de infraestructura de servicios y las actividades agropecuarias.(Aumento en la producción piñera ensuperficie (ha) en la región).

Para el 2010 los caudales promedios fueron de 1007.969 su evento influente fue La Purísima y sus caudales sólidos fueron de 10342.36, su evento influente es La Purísima. Actividades desarrollo y agrícolas.

Para el 2015 sus caudales promedios fueron de 440.116 y sus caudales sólidos de 2757.1, y su evento influente fue el Fenómeno del Niño.

Para el 2021 sus caudales promedios fueron de 1119.232 y los caudales sólidos 9836.0, evento influente fue el Fenómeno de la Niña.

los primeros meses del 2010, venían registrando un proceso de sequía producto de la prolongación de El Niño durante el 2009, que se presentaba con característica moderada en la Cuenca del Canal. Sin embargo, ese período deficitario cambia bruscamente en noviembre del 2010 y en diciembre 2010, producto de las lluvias extraordinarias que se registraron durante esos dos últimos meses del año, superando los valores históricos anuales registrados en todas las estaciones de precipitación ubicadas en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP).

Para la subcuenca del embalse Alhajuela, se considera el 2015 como un año seco y muy seco para la subcuenca del embalse Gatún. Por tercer año consecutivo los caudales de los ríos y aportes terminan deficitarios. En los 6 ríos principales, el caudal promedio anual registrado comparado contra su promedio histórico resultó con anomalías de -17% a -56%. En el embalse Alhajuela el aporte promedio respecto al

promedio histórico fue -28%; mientras que para el embalse Gatún, fue -44%. (ACP, Anuario Hidrológico 2015, 2016)

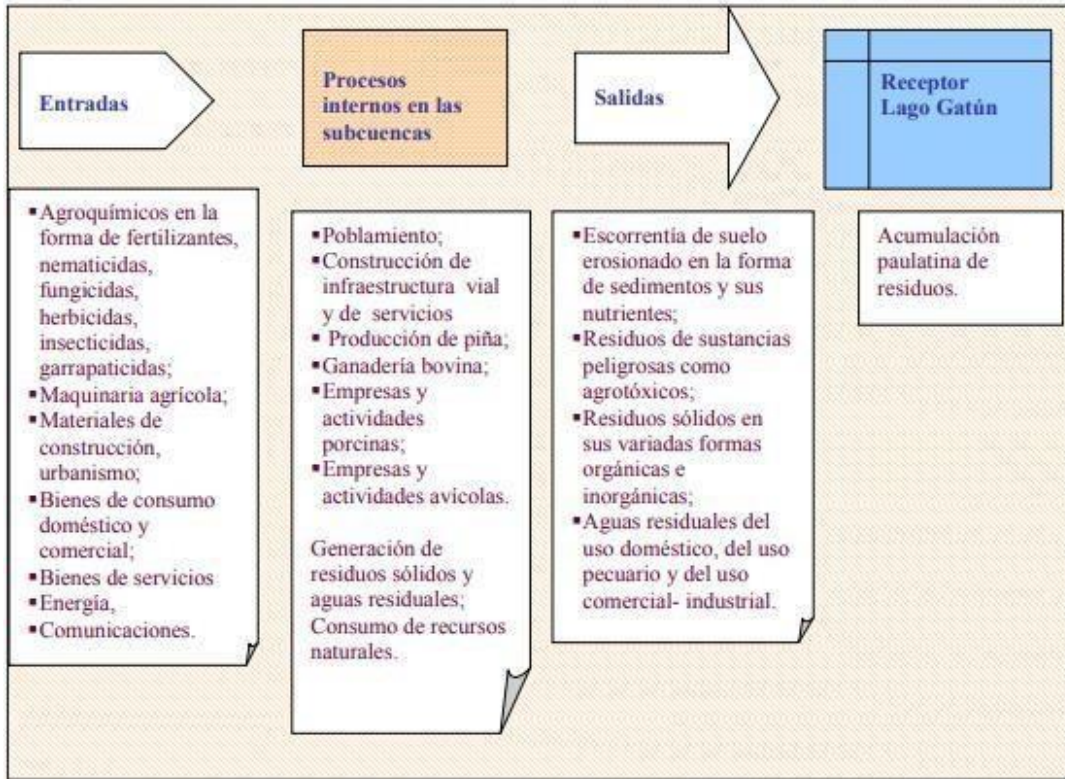
El 2018 fue un año de extremos hidrológicos en las subcuencas de los embalses Alhajuela y Gatún. El año inició con un mes de enero muy húmedo, influenciado por lluvias, con aportes por encima de los promedios históricos del periodo 1934-2017. Caso contrario fue el mes de diciembre, el cual terminó muy seco para ambas subcuencas. El aporte promedio al embalse Alhajuela fue inferior en -5% respecto al promedio histórico; mientras que, en el embalse Gatún fue superior en 3%. (ACP, Anuario Hidrológico 2018, 2019)

También puede haber tormentas tropicales que influyen mucho en la descarga de líquido como de sedimentos, por ejemplo:

Huracán Otto que el decimosexto ciclón tropical, la decimoquinta tormenta nombrada y el séptimo huracán de la temporada de huracanes del Atlántico de 2016. Se formó el día 21 de noviembre en la zona suroeste del Mar Caribe, frente a las costas de Panamá. Se considera como el huracán más destructivo y mortífero que ha golpeado frente los países Costa Rica y Panamá como un huracán categoría 3. La estación seca de 2017, inicia precedida de aportes al embalse con excedente hídrico de +70% en noviembre de 2016 (muy húmedo) y déficit hídrico de -20% en diciembre (seco). Al 31 de diciembre de 2016, la curva de recesión de aportes totales de ríos y quebradas inicia con un valor mayor al del año anterior, debido al drenaje de los aportes que acarreó la tormenta Otto. (ACP, Anuario Hidrológico 2017, 2018)

Los huracanes Eta y Iota: no tocaron suelo panameño, pero tras el paso de los mismos dejaron intensas lluvias que ocasionaron desbordamientos de ríos, deslaves y derrumbes en varios puntos del país, esto para los días del 3 y 4 de noviembre 2020.

Cuadro#1: Otros Problemas que influyen en la erosividad de la lluvia en la descarga de sedimentos y en la descarga líquida dentro de la subcuenca de Caño Quebrado.



Fuente: (ACP, Plan de Manejo Integrado de las Subcuencas Los Hules- Tinajones y CañoQuebrado, 2005)

De todos los problemas que aquejan a la subcuenca la principal actividad que más influye en ambas descargas sería la actividad Piñera.

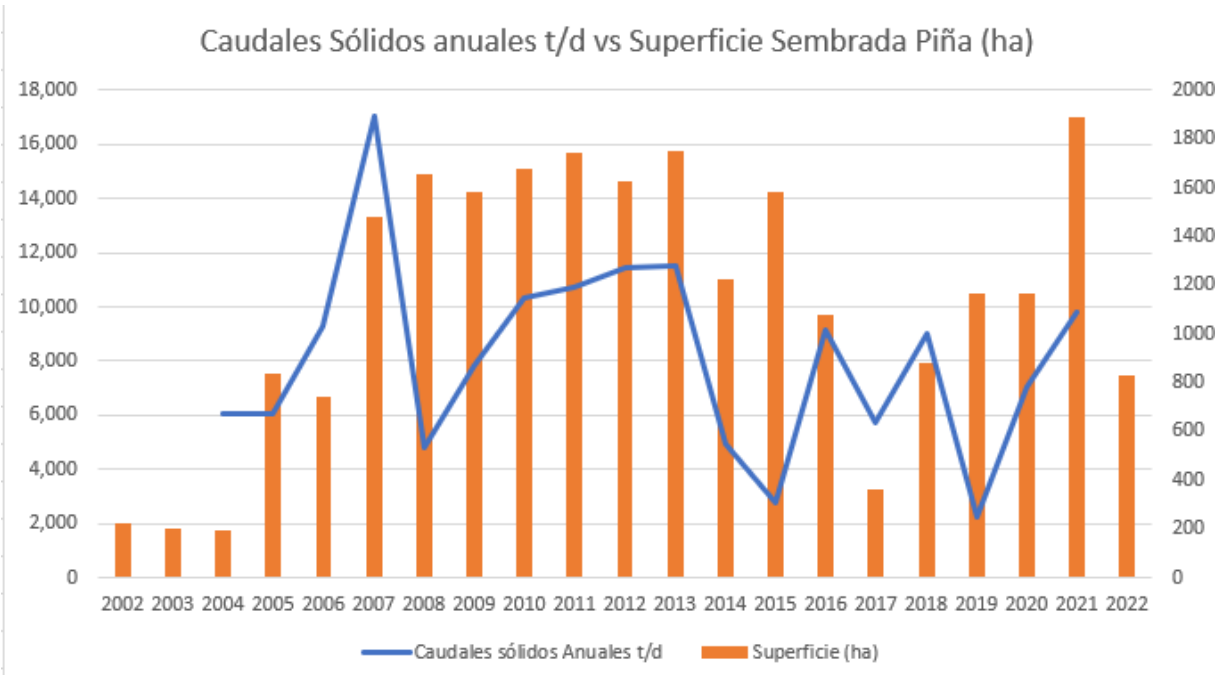
1.3: Generación de sedimentos por la actividad Piñera en Caño quebrado.

La subcuenca Caño Quebrado ha sido la mayormente impactada por el cultivo mismo que se practica en ausencia de aplicación de medidas, prácticas u obras de conservación de suelos, sobre suelos arcillosos y ondulados, altamente erodables, con severas de limitaciones de uso (Suelos de clase IV, V, VI, VII). Tampoco se tienen prácticas de conservación agua y sin supervisión idónea del uso de maquinaria y aperos agrícolas, fertilizantes e insumos fitosanitarios. La actividad piñera se concentra principalmente en las secciones media y alta de la subcuenca Caño Quebrado. La extendida actividad piñera genera una intrincada red de caminos internos en los campos de cultivo, carentes de obras de control de la erosión hídrica. La forma en que

se aplica la actividad piñera incrementa la vulnerabilidad al deterioro progresivo de los recursos hídricos de las Subcuencas y su receptor el lago Gatún. (ACP, Plan de Manejo Integrado de las Subcuencas Los Hules- Tinajones y Caño Quebrado, 2005)

1.3.1 Comportamiento de la producción piñera con el pasar de los años

Gráfica#3: Caudales sólidos anuales vs Superficie sembrada ha



(Elaboración propia)

Haciendo una comparación de la superficie utilizada para la producción y los valores de caudales sólidos puedo decir:

En que los años que tenemos mayor descarga de sedimentos como en el 2007, 2013,2012,2011,2010, puede estar siendo de igual forma influencia debido a la producción piñera, ya que, en el 2007 como observamos en la gráfica de superficie se nota el primer aumento creciente en la producción piñera, la producción se eleva desde los años 2010 hasta el 2013, lo que demuestra que al ser años en los que se produjo arduamente, influenciado por la exportación, también pudo haber influido en la descarga, ya que, en esos años no se les concientizaba a los productores o se les capacitaba, o no se les daba el seguimiento requerido para que ellos sepan la forma en que debían proteger o conservar sus suelos, lo que probablemente generaba suelos desnudos y por la erosividad de la lluvia y eventos climáticos, así mismo aumenta la descarga de sólidos. De igual forma hay años donde la producción piñera se merma para el 2017 y esto también influye en la descarga, ya que, fue un año en el cual la descarga de sedimentos no fue tan alta. Pero en sí la variabilidad que ocurre en la gráfica con los datos, es que no es específica debido a que los datos de la superficie sembrada son en base a toda la región de Panamá Oeste, puesto que no hay datos de la producción en el área de Caño Quebrado.

Según datos de la Dirección de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, la producción de piña se concentra en la provincia de Panamá Oeste con un 79.6% del total, seguido por Chiriquí con el 20.2%, y otras provincias con aportes mínimos.

Como podemos observar en la gráfica la producción de piña en la región de Panamá Oeste con los años ha ido evolucionando, pero hay algunos años en específico en los cuales su producción como la cantidad de productores involucrados decreció y mucho de esto se debe a causas como:

- Alto costo de la mano de obra, además de alto costo de los insumos.
- Algunos productores se retiraron de la actividad debido a la inestabilidad en los precios.

- Degeneración de semilla lo que causó la susceptibilidad a plagas y enfermedades, reducción de los rendimientos y desmejoramiento de la calidadde la fruta. (MICI, 2021)
- Falta de alternativas para conservación de suelo estaba influyendo en los costos de producción, rendimiento, calidad y sostenibilidad del cultivo de la piña.

1.3.2: Descripción de la exportación de piña en la Región

Cuadro#2: Exportación Piñera en la Región de Panamá Oeste desde 2002 a julio 2022.

EXPORTACIÓN DE PIÑA EN AÑOS	CAJAS
2002	44,012
2003	218,252
2004	644,856
2005	1,268,460
2006	2,179,273
2007	2,855,800
2008	2,291,905
2009	2,376,684
2010	2,538,746
2011	3,044,667
2012	2,824,046
2013	2,568,553
2014	2,250,452
2015	2,151,221
2016	1,488,085
2017	1,547,317
2018	1,541,084
2019	1,238,781
2020	926,320
2021	566,025
2022	434,688

(Elaboración propia)

El que se dediquen a exportar a mercados como Estados Unidos y Europa influye mucho en que así mismo aumente la superficie para la producción y el que aumente la superficie para la producción trae consigo más erosión de los suelos y más sedimentación en los cursos de agua al igual que aumente la utilización de estos.

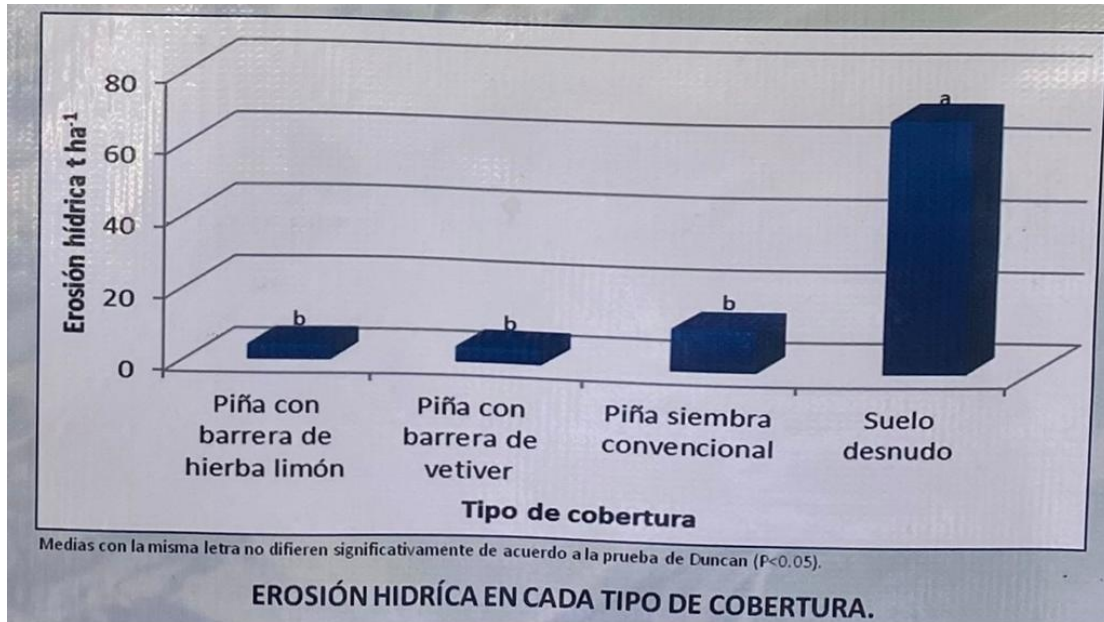
1.3.3: Estudio de erosión hídrica en cultivos de Piña en el área de Panamá Oeste.

Figura#2 Procedimiento para evaluar la pérdida de suelo por erosión hídrica



(Mejía, 2018)

Figura#3: Erosión Hídrica en cada tipo de cobertura



(Mejía, 2018)

Figura#4: Parcelas de escorrentía para medir la erosión hídrica en cultivo de Piña.

El análisis del estudio mostro que no hubo pérdidas significativas (P< 0.05) entre las barreras vivas y la siembra convencional.

La mayor tasa de erosión fluctuó entre 70.28 t ha⁻¹ en suelo desnudo y 12.00 t ha⁻¹ bajo siembra convencional, superando así el umbral de tolerancia de pérdida de suelos establecido en 11.00 t ha⁻¹ (Brady & Weil, 2013). En parcelas donde se implementó el uso de las barreras vivas de hierba de limón y vetiver, el impacto de la erosión hídrica fue menor con un 4.23 y 4.38 t ha⁻¹, lo que demuestra la alta efectividad en la reducción de la erosión hídrica, y esto debido a su sistema radicular y la capacidad que tienen los mismos para retener el suelo. (Mejía, 2018)



(Elaboración propia)



(Elaboración propia)

Lo que me lleva a la conclusión de que si el cultivo de piña para el 2016 tuvo esa gran pérdida de suelo cuanto más aun actualmente que las superficies cultivadas han aumentado siendo el año 2021 el que más superficie en producción tuvo con 1888.10 ha y 151 productores.

1.3.4: Problemas de erosión hídrica en el cultivo de piña y esto debido a:

- No llevan a cabo prácticas de conservación de suelo, el ing. José Causadias del IDIAP me comentaba que muchos no implementan estas prácticas de conservación de suelo debido a que las fincas donde producen son alquiladas,
- Además de la preparación del suelo, los métodos de siembra (a favor de la pendiente, excesivo laboreo en pendientes muy pronunciadas) y los sistemas de riego provocan una severa y rápida erosión.
- El uso intensivo de agroquímicos, acelerando los procesos erosivos e impactando las fuentes de agua naturales con contaminantes altamente tóxicos como las triazinas.
- La deforestación y las Tierras aradas muy cerca de orillas de quebradas para la producción trae consigo pérdida de la fertilidad de los suelos, invasión de malezas, incremento de la erosión, sedimentación de los cauces de agua naturales y su contaminación, alteración del régimen de caudales de las quebradas y ríos.
- Los suelos sin protección. Laboreo Apertura de caminos internos de las plantaciones sin la aplicación de medidas para la protección del suelo por la erosión hídrica.
- Monocultivismo. (ACP, Plan de Manejo Integrado de las Subcuencas Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado, 2005)

Todas estas prácticas que no son sostenibles con el medio ambiente agravan la situación ya que, muchas veces para producir se talan los árboles que son lo que ayudan a frenar o interceptar la gota de lluvia para que no caiga con gran intensidad al suelo, al no tener árboles y suelo desnudo solo genera que la erosividad de la lluvia impacte el suelo a determinada intensidad para romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable; en este sentido, la precipitación constituye el agente activo del proceso de erosión, que actuará sobre el suelo o agente pasivo. Una vez que la erosión se desencadena aceleradamente por inadecuados uso y manejo, se reduce la capacidad productiva del suelo, hecho que en los últimos años ha inducido a la ampliación de la frontera agrícola. Influyendo en el futuro alimentario del hombre, ya que, determina la productividad del suelo en función de las técnicas de manejo y

conservación. (Colotti, 1999)

Actividades como la deforestación, cambios en el uso de la tierra, la siembra de cultivos, y, sobre todo, la ganadería, contribuyen a mayores niveles de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera. principalmente de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. El exceso de estos gases en la atmósfera ha perturbado la capacidad de la Tierra para regular la temperatura, y son responsables de inducir el calentamiento global y forzar el cambio climático. Los impactos se relacionan con el incremento de la temperatura promedio, la modificación del patrón de precipitaciones (lo que quiere decir que el cambio climático si genera un cambio en la erosividad de la lluvia), el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (sequía, inundaciones, tornados, ciclones, olas de calor). la reducida disponibilidad de agua y el exceso de precipitaciones disminuyen el rendimiento de los cultivos y amenazan con la seguridad alimentaria.

Figura#5: Producción cercana a la quebrada



(Elaboración propia)

Figura#6: caminos internos de las plantaciones sin la aplicación de medidas para la protección del suelo.



(Elaboración propia)

Figura#7: Suelo Desnudo



(Elaboración propia)

Figura#8: Plantaciones a favor de la pendiente



(Elaboración propia)

1.3.5: Incorporación de sistemas de conservación de suelos y aguas en la producción de piñas

Control de la erosión:

- ✓ Aplicación de sistemas de laboreo en contorno.
- ✓ Reducción del laboreo de los terrenos en tiempo lluvioso (de julio a diciembre).
- ✓ Aplicación de tratamiento primario a los caminos interiores de las plantaciones.
- ✓ barreras vivas de vetiver.
- ✓ Protección de zanjas con barreras vivas.
- ✓ barreras muertas.

Control de la contaminación química y biológica:

- ✓ Aplicación de técnicas de diagnóstico, dosificación y aplicación calibrada de agentes fitosanitarios.
- ✓ Aplicación de técnicas de diagnóstico, dosificación y aplicación calibrada de fertilizantes.
- ✓ Desarrollo de áreas de almacenaje, administración, preparación de formulaciones, y manejo y disposición final de envases de productos tóxicos y residuos sólidos.

Monitoreo de cargas contaminantes:

- ✓ Registros de erosión en parcelas.
- ✓ Registros de residuos químicos en las fuentes de agua naturales ubicadas aguas debajo de las fincas. (ACP, Plan de Manejo Integrado de las Subcuencas Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado, 2005)

1.4 Seguidamente se presenta el cálculo de la estación seca y lluviosa.

Cuadro#3: Definición de la estación seca y lluviosa en la estación de Caño Quebrado.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Descarga Anual m3/s	Año	Orden + a -
2004	34.498	18.004	10.265	8.456	64.157	52.053	45.84	112.671	81.32	152.36	148.17	75.42	803.214	2007	1362.616
2005	33.124	13.431	8.734	11.435	33.619	33.388	36.045	50.119	128.9	146.64	154.32	47.9	697.655	2021	1119.232
2006	25.573	11.36	7.898	7.108	47.942	40.144	48.259	155.69	134.45	117.87	196.14	71.66	864.094	2011	1118.845
2007	27.416	11.52	6.167	11.658	166.035	156.31	121.36	153.43	136.66	258.46	205.57	108.03	1362.616	2010	1007.969
2008	41.463	18.696	9.886	5.216	11.071	32.55	70.333	95.08	80.7	92.52	158.3	90.48	706.295	2013	987.884
2009	32.129	12.741	7.766	4.801	8.378	27.087	51.882	76.86	65.55	174.59	206.94	64.48	733.204	2012	978.36
2010	26.332	12.252	6.857	14.167	32.521	55.59	69.16	116.05	129.54	120.72	149.18	275.6	1007.969	2018	950.041
2011	90.190	34.562	20.994	15.459	25.94	63.05	90.57	122.85	115.24	112.78	226.75	200.46	1118.845	2006	864.094
2012	56.990	22.391	10.27	45.726	45.243	52.78	37.06	82.49	83.85	182.68	212.15	146.73	978.36	2004	803.214
2013	42.138	18.181	11.722	12.659	37.571	61.533	84.57	162.05	143.58	178.71	128.54	106.63	987.884	2020	798.665
2014	33.092	14.551	8.501	8.121	25.5	76.192	28.333	33.755	98.091	82.62	146.14	98.09	652.986	2016	774.145
2015	34.820	11.706	6.07	6.146	22.238	51.992	16.928	16.22	75.177	64.05	93.58	41.189	440.116	2009	733.204
2016	16.599	7.499	4.395	4.172	11.529	36.008	37.456	33.676	80.401	127.31	299.92	115.18	774.145	2008	706.295
2017	35.809	14.119	9.805	12.207	45.384	43.735	89.8	67.97	72.68	74.18	100.88	127.03	693.599	2005	697.655
2018	108.970	36.843	21.19	12.952	21.712	137.6	108.78	73.23	105.54	167.46	113.85	41.914	950.041	2017	693.599
2019	16.936	8.123	5.482	4.337	26.531	34.161	59.552	72.994	51.38	68.77	70.04	60.45	478.756	2014	652.986
2020	27.872	12.679	8.353	8.005	31.961	74.406	112.78	61.02	66.499	131.3	148.12	115.67	798.665	2019	478.756
2021	40.1	18.412	14.39	45.368	46.46	90.76	159.5	204.42	134.53	120.47	174.89	69.96	1119.232	2015	440.116
PROM	40.224	16.504	9.930	13.222	39.100	62.186	70.456	93.921	99.116	131.861	162.971	103.160	842.649		688.707 años+secos
DESV.EST	23.741	7.968	4.704	12.276	34.869	35.384	37.847	50.954	29.689	49.259	55.384	58.923	231.923		1074.571 años+lluviosos

(Elaboración propia)

En este cuadro podemos observar los años más secos y los más lluviosos. Nos da como resultado que los años más lluviosos son el 2007,2021,2011 y el 2010. Dentro de los años más secos tenemos los años 2015, 2019 y el 2014. El poder estimar la entra de la temporada tanto seca como lluviosa le permite al productor planificar tareas. De tal manera que por ejemplo para la temporada seca el productor tenga cosecha de agua, equipos y construcción de reservorios y pozos. Mientras que para la temporada lluviosa sepan que deben trabajar en base a: **Sembrar en curvas a nivel** Otra forma de evitar pérdidas de suelo por lluvias es sembrar de manera transversal a la pendiente.

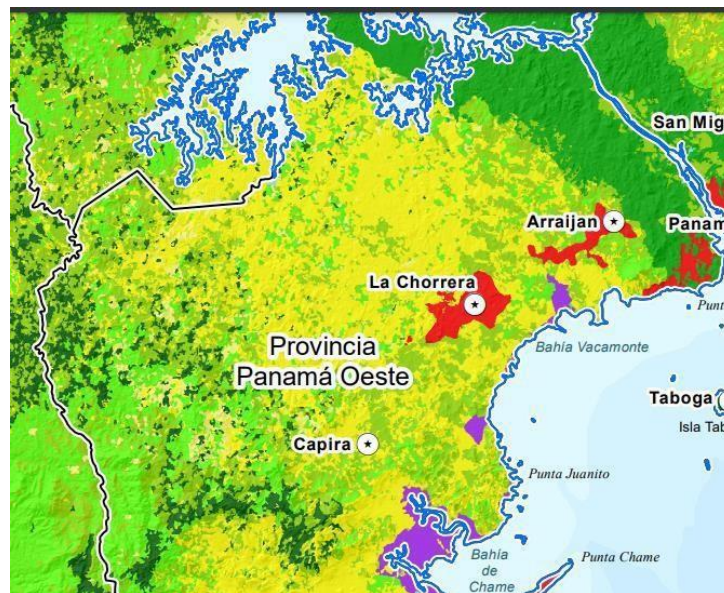
Realizar zanjas o acequias: Los cultivos siempre deben tener calles, zanjones o acequias para canalizar el agua de lluvia hacia un lugar seguro y evitar que se represe e inunde el cultivo.

Aprovechar la maleza: La tierra no puede estar desprotegida. Una manera efectiva de evitar la erosión es aprovechar la maleza. Para esto se debe hacer una limpieza de terreno e identificar las coberturas nobles para que sirvan de amortiguamiento. Así se disminuirá la fuerza de las gotas de lluvia sobre el cultivo y no habrá erosión.

Para los hongos: Para evitar las enfermedades en el cultivo durante la temporada de lluvias, se deben tener buenos abonos, fertilizantes y fungicidas. Los mejores son los que tienen componentes orgánicos para mantener el cultivo sano. (Biorgánicos, 2019)

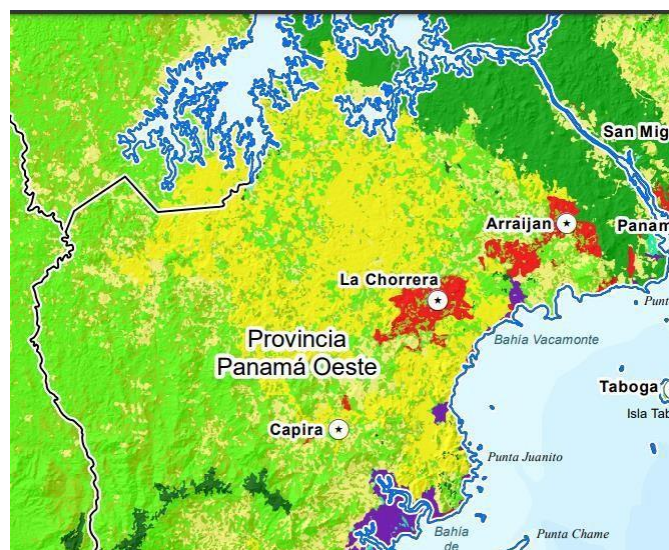
1.5 Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021; haciendo énfasis en el área de estudio en la Estación del Río Caño Quebrado.

Mapa#2: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 1992



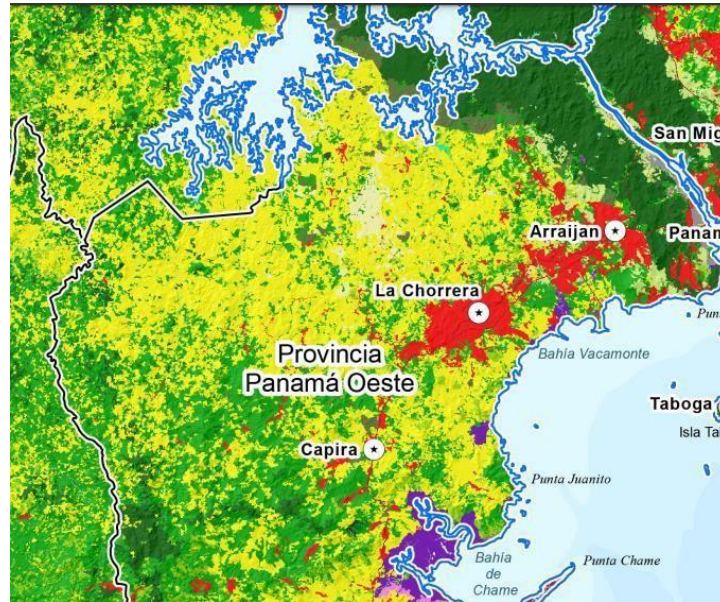
(Sistema Nacional de Información ambiental,1992)

Mapa#3: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2000



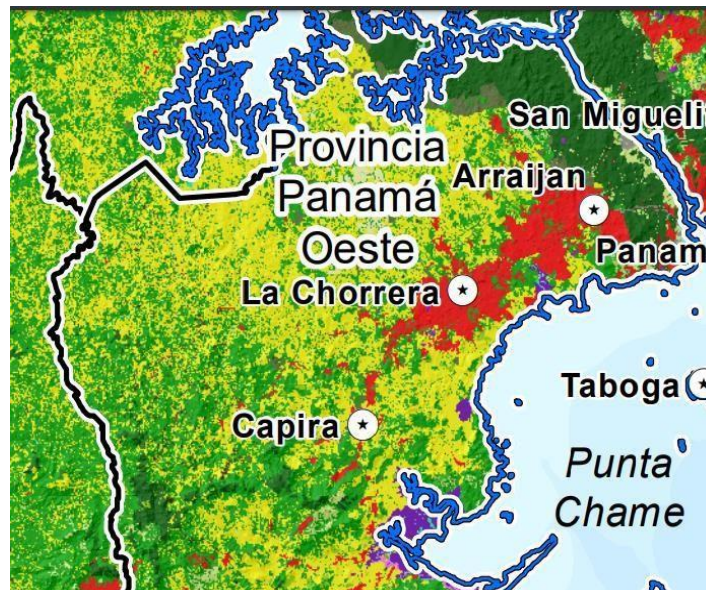
(Sistema Nacional de Información ambiental,2000)

Mapa#4: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2012



(Sistema Nacional de Información ambiental,2012)

Mapa#5: Cobertura Boscosa y Uso de suelo en el área de Panamá Oeste 2021



(Sistema Nacional de Información ambiental,2012)

Entre 1947 y 1970 Panamá vio cambiar su superficie forestal de 70% a 53% de su superficie total. Análisis más recientes de la cobertura boscosa realizados para el período 1992-2000 encontraron que la cobertura boscosa se redujo a 330.570 ha (un 45% del territorio). Aunque se han hecho esfuerzos importantes para disminuir esta acelerada tasa de pérdida de bosques, todavía persiste la deforestación en el país (tasa de 0.35% anual entre 2000 y 2012). (Imbach, 2016)

En su relativamente pequeño territorio, Panamá posee el 40% de todas las Zonas de Vida de Holdridge que caracterizan los ecosistemas naturales del planeta, y 21 veces más especies de plantas por kilómetro cuadrado que Brasil. (Imbach, 2016)

En estudios técnicos que ha hecho la institución (Diagnostico de bosque y otras tierras boscosas 2019), que dan cuenta que existe una disminución de la cobertura boscosa en los últimos siete años, que alcanza la cifra de 56,369.49 hectáreas; lo que representa un promedio de 8,052.78 por año. (MiAmbiente, 2021)

El mismo estudio arrojó que Veraguas es la provincia que mayor cobertura vegetal ha perdido en los últimos siete años con unas -48,758.12 hectáreas, a esta le sigue Panamá con -30,735.32 has y Darién -15,580.57 has. (MiAmbiente, 2021)

Como resultado del análisis de cambio de uso de la tierra, la pérdida de bosque y el aumento de usos agrícolas y pastos son los cambios más importantes.

El mapa de Cobertura Boscosa y Uso de la tierra, 2021, se conoció que, durante los últimos cinco años, nuevos bosques secundarios han surgido en diferentes regiones del territorio nacional. (MiAMBIENTE) anunció que la cobertura boscosa del país abarca un 68 % (51,173.64 km²), un 3% más que en el año 2012. (MIAMBIENTE, 2022)

El descubrimiento señala que la región oriental en la provincia de Darién, la región central en las provincias de Veraguas, en Herrera y la provincia de Los Santos, así como en la región occidental en la comarca Ngäbe Buglé y la provincia de Chiriquí son puntos en los que avanzó la recuperación natural donde los rastrojos se convirtieron en bosques secundarios. (MIAMBIENTE, 2022)

Aunque el 62.06% de los suelos panameños mantiene condición estable, en el resto

del país, un 13.9% se ha degradado y sólo (20.05%) se encuentra en recuperación.

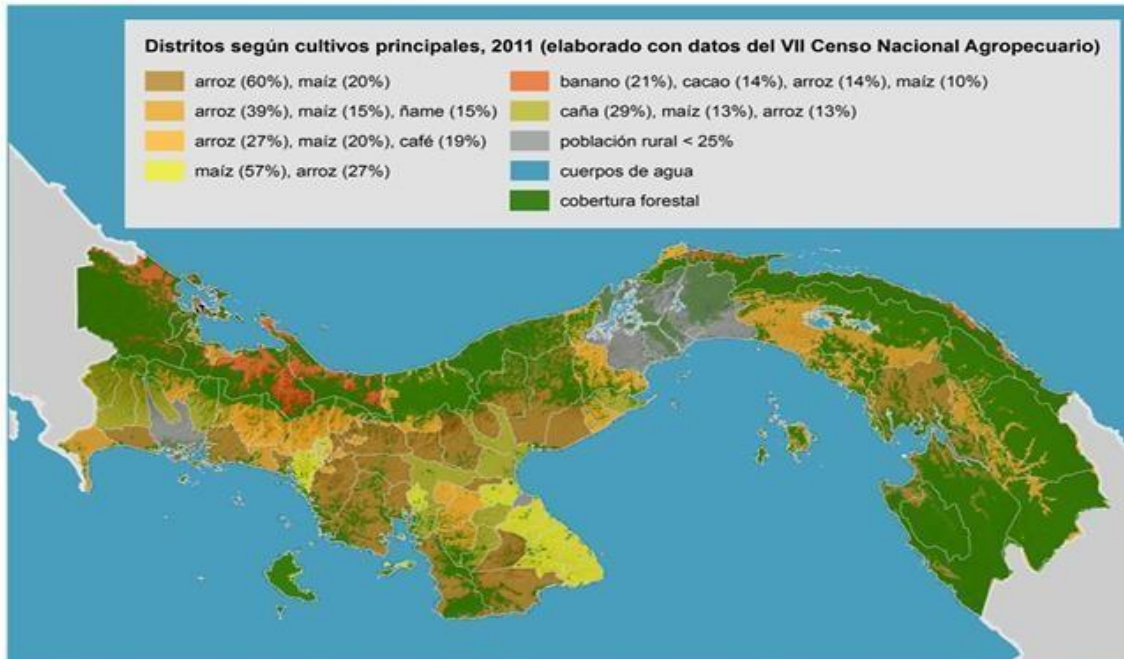
Los eventos extremos como inundaciones, traen degradación de los suelos, evidenciados en movimientos de masas de suelo, erosión, entre otros, que a su vez ocasionan pérdida de fertilidad del suelo, pérdida biológica y química del suelo.

Los embates del cambio climático se reflejan en diferentes sectores y actividades. La escasez de agua que se da en fenómenos como la sequía, reduce la capacidad de supervivencia de la capa vegetal sobre los suelos, lo que disminuye su facultad de secuestro de carbono y, en consecuencia, afecta la biodiversidad.

De cara disminuir estas afectaciones, MiAMBIENTE se encuentra elaborando el anteproyecto de Ley de Suelos, procurando integrar el Manejo Sostenible de la Tierra (MST) en los procesos de toma de decisión clave de Panamá.

Mapa#6: La agricultura en Panamá

EL MAPA DE LA AGRICULTURA DE PANAMÁ



(Bouroncle, 2014)

La cobertura total de atención en la actividad agrícola, se desarrolló en una superficie de 242,122 hectáreas sembradas que involucra a sesenta y seis (66) cultivos desarrollados con diferentes tecnologías de producción, se cosechó 233,531 hectáreas y pendiente de cosecha al momento de realizar el cierre de 4,765.55 hectáreas. Se obtuvo una producción total de 4,020,812 toneladas de productos agrícola. Se registró la pérdida de 3,825.13 hectáreas del total de la superficie sembrada, atribuibles a la variabilidad climática, en especial las irregularidades en las lluvias, que afectó a las actividades económicas del país en general, complementadas con la presencia de los huracanes OTA e IOTA a finales del año calendario, entre otras. Importante mencionar la participación de 48,121 productores en la siembra y en cosecha 45,625; donde se superó en un 26.3% la proyección de la participación los productores. (MIDA, 2021)

Figura#9: Uso de suelo: Subcuenca Tinajones, Hules y Caño Quebrado

Uso	Superficie (Km ²)	% del Total
Bosques	15.00	8.70
Matorrales	53.25	30.49
Potrerros	100.46	58.28
Suelo desnudo	2.50	1.45
Áreas pobladas	1.16	0.67

Fuente: (CICH, PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA: PARA EL DESARROLLO HUMANO, APOYO LA PRODUCCIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE ÁREAS RURALES EN LA CUENCADEL CANAL DE PANAMÁ 2005-2010, 2010)

En Panamá presentamos lo que es una dinámica de disminución y aumento de la cobertura boscosa, en la provincia de Panamá Oeste por medio del uso del mapa de cobertura boscosa 2021, se pueden obtener datos como:

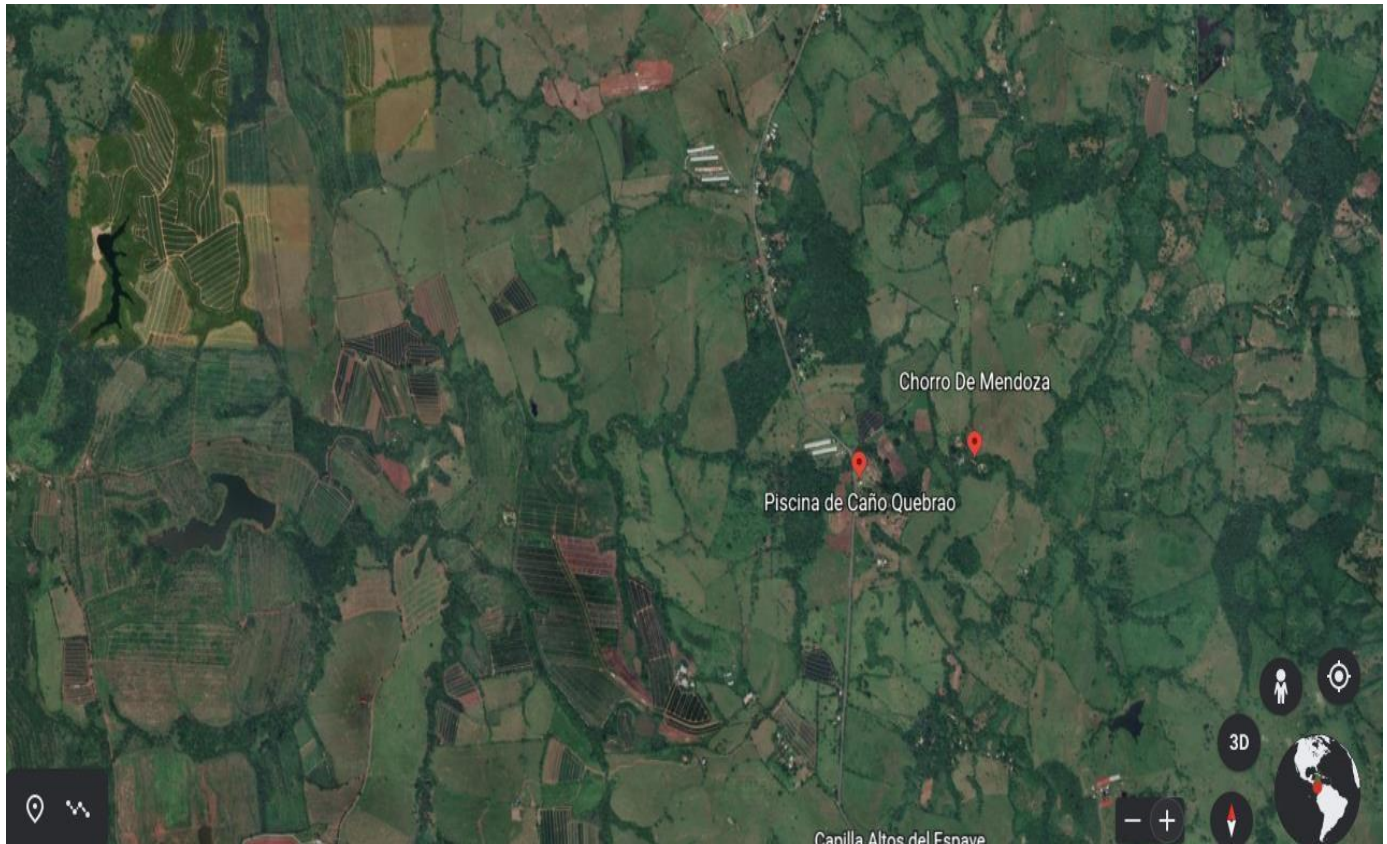
Dinámica que aumenta la cobertura Boscosa del País, Panamá Oeste aporta:

- Área de pasto con transición a rastrojos: 76,146.63 ha
- Área de cultivo con transición a rastrojos: 2,371.44 ha

Dinámica que disminuye la cobertura boscosa del país, Panamá Oeste influye:

- Área de bosque con transición hacia cultivo agrícola: 915,39 ha
- Área de bosque con transición a pastos: 20,308.64 ha (Mi Ambiente, Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021, 2022)

Figura#10: Vista desde Google Earth de la Subcuenca de caño Quebrado.



(Elaboración propia)

En esta imagen podemos observar cómo se mantiene la cobertura boscosa y uso de suelo en el área.

CONCLUSIONES

Por medio del anuario hidrológico podemos obtener datos confiables acerca de los caudales promedios diarios al igual que con la descarga de caudales sólidos, el disponer de esta información de manera anticipada nos permite ejecutar medidas de control de la pérdida de suelo (erosión), la calidad del agua, en aquellas áreas que aportan mayor cantidad de sedimentos. Además de ser utilizados, por ejemplo, delimitar las zonas de inundación, dimensionar futuras obras hidráulicas u otorgar concesiones de agua.

En cuanto a la Producción piñera, el no tener prácticas de conservación de suelo, el dejarlos desprovistos, la deforestación para poder seguir ampliando la frontera agrícola, la Tierras aradas muy cerca de la orilla de quebradas y ríos, desmejorando la cantidad de agua en los ríos, aparte de la erosión de los suelos lo que genera carga de sedimentos en los cauces y esto trae consigo el desmejoramiento en la calidad del agua y también del receptor de esta subcuenca que sería el Lago Gatún.

Por parte de la Comparación entre mapas de Cobertura Boscosa y Uso de suelo en Panamá, desde los años 1992,2000,2012,2021. Puedo decir que se debe trabajar aún mucho más para aumentar los bosques en nuestro país y evitar que la frontera agrícola se expanda de manera excesiva. Los bosques son la principal arma para ayudar frente a problemas de erosión ya que, ayuda al suelo aumentando la estabilidad de los agregados, protegiéndolo del impacto de las gotas de agua, incrementando su capacidad de infiltración y frenando la escorrentía, la vegetación contribuye también a reducir la producción de sedimentos. Y el buen manejo del suelo nos permitirá que el mismo tenga una alta fertilidad y productividad. Aparte de que son importantes en el ciclo del agua, ayudan a mantener los cauces, regulan las temperaturas, capturan gases de efecto invernadero lo que sirve de apoyo frente al cambio climático.

Si tendremos un cambio en la descarga y generación de sedimentos y esto debido al cambio climático, ya que, la deforestación, producir de manera no sostenible con el medio ambiente, emitir gases de efecto invernadero, todo esto provoca cambios en la temperatura, en las precipitaciones, lo que en algunos lugares llueva más así mismo aumentando la agresividad de la lluvia y la pérdida de suelos, o que en otros no llueva y se mantenga en sequía influyendo en los caudales.

Cada una de las herramientas usadas se complementan, debemos procurar tener mapas de cobertura boscosa y uso de suelo, para así tener registros y procurar la protección de los mismos. Debemos producir (Piña) con prácticas amigables con el medio ambiente para evitar las pérdidas de suelo y al tener anuarios hidrológicos podemos obtener datos que nos ayudarán a la protección de nuestros recursos hídricos.

RECOMENDACIONES

1. En las cuencas hidrográficas se deben tener diversos planes de manejo ya sean, para la pérdida de suelo, protección del área boscosa, para la producción de ganado o de algún cultivo y que los mismo se mantengan actualizados, ya que, la mayoría que hay disponibles son del 2000- 2010 y la frontera agrícola avanzacada vez más en el territorio nacional.
2. A los productores se les puede brindar asistencia técnica constante y que no solo se quede en capacitaciones, si no que se les brinde seguimiento, a que los mismos puedan implementar buenas prácticas para producir, ejemplo: prácticas agroforestales, conservación de suelo, recuperación forestal, protección de áreas ribereñas, Manejo agronómico del cultivo (uso adecuado de agroquímicos, control de plagas y enfermedades).
3. Suministrar mapas más actualizados en cuanto a la producción agrícola por regiones en el país y de esta forma se podrían generar líneas de tiempo similares a los mapas de cobertura boscosa.

BIBLIOGRAFÍA

- (NCEP/NWS), C. d. (13 de Agosto de 2015). *Servir.net*. Recuperado el 31 de Enero de 2023, de <https://www.servir.net/servir-en-accion/analisis-ambientales/75-evento-el-ni%C3%B1o/725-sobre-el-fenomeno-el-nino-y-sus-impactos-en-las-precipitaciones-sobre-panama-2015-2016-agosto.html>
- ACP. (s.f.). En *Anuario de sedimentos suspendidos 1998-2004* (pág. 98). Panamá. Recuperado el 25 de Enero de 2023, de <https://docplayer.es/31184104-Anuario-de-sedimentos-suspendidos.html>
- ACP. (2003). *Anuario-Hidrologico*. Panamá. Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2022/03/anuariohidrologico2003.pdf>
- ACP. (2005). *Plan de Manejo Integrado de las Subcuencas Los Hules- Tinajones yCaño Quebrado*. Panamá. Recuperado el 01 de Febrero de 2023, de <file:///C:/Users/ashle/Downloads/Plan%20de%20Manejo%20LH-TyCQ%20Borrador%20Final.pdf>
- ACP. (2013). En *Cien años de información hidrometeorológica* (pág. 1371). Panamá. Recuperado el 24 de enero de 2013, de <file:///C:/Users/ashle/Downloads/100%20a%C3%B1os%20de%20informaci%C3%B3n%20hidrometeorol%C3%B3gica%20ACP.pdf>
- ACP. (2016). En *Anuario Hidrológico 2015* (pág. 114). Panamá. Recuperado el 28 de Enero de 2023
- ACP. (2018). En *Anuario Hidrológico 2017* (pág. 118). Panamá. Recuperado el 28 de enero de 2023, de <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Hidrologico-2017.pdf>
- ACP. (2019). En *Anuario Hidrológico 2018* (pág. 123). Panamá. Recuperado el 28 de Enero de 2023, de <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Hidrologico-2018.pdf>
- Ambiente, M. (2021). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2022, de <https://fliphtml5.com/eebm/zfiv>
- ANAM. (2009). *Instituto de innovación agropecuaria*. Recuperado el 28 de Enero de 2023, de https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Manejo_de_suelos_degradados_y_uso_eficiente_del_agua_en_la_Cuenca_del_Canal_de_Panama/es#:~:text=Panam%C3%A1%20tiene%20problemas%20muy%20severos,incidiendo%20en%20una%20baja%20productividad.

- Arévalo, C. (23 de Noviembre de 2015). *efeverde*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.efeverde.com/noticias/diez-cosas-que-debes-saber-sobre-el-cambio-climático/>
- Biogénicos. (20 de febrero de 2019). Recuperado el 01 de febrero de 2023, de <http://biorganicos.com.co/consejos-para-cultivar-en-epoca-de-lluvias/>
- Borrelli, P., Robinson, B., Panagos, P., & Ballabio, C. (24 de agosto de 2020). Impactos del uso de la tierra y el cambio climático en la erosión global del suelo por agua (2015-2070). *PNAS*. Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2001403117>
- Bouroncle, C. I. (2014). *La agricultura de Panamá y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* Panamá. Recuperado el 03 de febrero de 2023
- Brady, N., & Weil, R. (2013). *Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos*. Recuperado el 28 de Enero de 2023, de https://www.academia.edu/34687817/Elementos_da_Natureza_e_Propriedade_s_dos_Solos_Livro_por_Ray_R_Weil
- Brea, J., & Balocchi, F. (2010). *Procesos de Erosión-sedimentación en cauces y cuencas* (Vol. Volumen 1). Montevideo, Chile. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216338.locale=en>
- Briassoulis, H. (2020). *Análisis of Land Use Change: Theoretical and Modeling* (2da. ed. ed.). (S. L. Jackson., Ed.) Morgantown, WV. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://researchrepository.wvu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=ri-web-book>
- Cardona, A. (27 de Mayo de 2019). *ecologiaverde*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-erosion-del-suelo-causas-y-consecuencias-1500.html>
- Castro, R. (21 de Marzo de 2016). *FAO*. Recuperado el 12 de septiembre de 2022, de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/516962/>
- CICH. (2007). *Plan de Acción Inmediata del río Caño Quebrado*. Panamá. Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <http://www.cich.org/publicaciones/05/pai-cano-quebrado.pdf>
- CICH. (2010). *PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA: PARA EL DESARROLLO HUMANO, APOYO A LA PRODUCCIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE ÁREAS RURALES EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ 2005-2010*. Panamá. Recuperado el 03 de Febrero de 2023, de <http://www.cich.org/publicaciones/05/pai-lh-t-cq.pdf>

- Colotti, E. (1999). erosividad: Calidad de la lluvia poco conocida. *redalyc.org Terra. Nueva Etapa*, XV(24), 99-116. Recuperado el 31 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/721/72102406.pdf>
- Díaz, M., & Yee, C. (2004). En *Diagnóstico de las Condiciones de Saneamiento Básicode las Subcuencas de los ríos Los Hules-Tinajones, Caño Quebrado y el Área Integrada* (pág. 146). Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <http://www.cich.org/publicaciones/06/diagnostico-saneamiento-basico.pdf>
- Diéguez, M. (25 de julio de 2018). VARIABILIDAD CLIMÁTICA POR EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA DEL RÍO CAÑO QUEBRADO. *Piragua-Fuego y Agua*.
 Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <https://piraguamdp.com/2018/07/25/variabilidad-climatica-por-el-aumento-de-la-temperatura-del-rio-cano-quebrado/>
- Espinosa, J. (19 de diciembre de 2010). Recuperado el 24 de Enero de 2023, de <https://www.telemetro.com/nacionales/2010/12/19/temporal-marco-records-historicos-acp/2044946.html>
- Galicia, L., García, A., Gómez, L., & y Ramírez, M. (Octubre de 2007). *Cambio de usodel suelo y degradación ambiental*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de [researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/283353151_Cambio_de_uso_del_suelo_y_degradacion_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/283353151_Cambio_de_uso_del_suelo_y_degradacion_ambiental)
- García, A. (17 de Septiembre de 2018). *ecologíaverde*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sedimentacion-del-agua-potable-1507.html#anchor_1
- Heckadon, S., Ibáñez, R., & Condi, R. (1999). *La cuenca del Canal: Deforestación, Contaminación y Urbanización*. (M. E. n, Ed.) Imprelibros S.A. Recuperado el 31 de Agosto de 2022, de <http://ctfs.si.edu/Public/pdfs/HeckadonIbanezCondit1999.pdf>
- Hugonnet, R., McNabb, R., Berthier, E., Menounos, B., Nuth, C., Girod, L., . . . Brun, F. K. (2021). Accelerated global glacier mass loss in the early twenty-first century. *Nature*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03436-z>
- I.M.T.A. (19 de Diciembre de 2014). *Gobierno de México*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.gob.mx/imta/articulos/procesos-de-transporte-de-sedimentos>
- IBERDROLA. (2022). Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/acuerdos-internacionales-sobre-el-cambio->

climatico#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20puede,acuerdos%20internacionales%20sobre%20cambio%20clim%C3%A1tico.

Imbach, P. R.-J. (2016). *Escenarios de deforestación futura en Panamá*. Panamá, Panamá. Recuperado el 03 de febrero de 2023, de https://redd.unfccc.int/uploads/2234_47_escenario_deforestacion_panama.pdf

Lal, R. y. (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8709-7>

Lara, J. V. (2004). *Caracterización de la actividad piñera en las subcuencas Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado*. Panamá. Recuperado el 03 de Febrero de 2023, de <http://www.cich.org/publicaciones/06/caracterizacion-actividad-pinera.pdf>

Mejía, I. (2018). *EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO Y NUTRIENTES POR EROSIÓN HÍDRICA EN EL CULTIVO DE PIÑA EN LA CHORRERA, PANAMÁ OESTE*. Panamá Oeste. Recuperado el 01 de febrero de 2023, de http://up-rid.up.ac.pa/1419/1/jose_mejia.pdf

MiAmbiente. (29 de octubre de 2021). Recuperado el 03 de Febrero de 2023, de <https://www.miambiente.gob.pa/miambiente-por-tercer-ano-consecutivo-suspende-provisionalmente-aprovechamiento-de-madera-de-bosques-naturales/>

MIAMBIENTE. (20 de julio de 2022). Recuperado el 03 de febrero de 2023, de <https://www.miambiente.gob.pa/rastrojos-aportan-el-6-46-a-la-cobertura-de-boscosa-y-ayudan-a-mantener-la-carbono-negatividad-del-pais/>

MiAmbiente. (2022). *Mapa de Cobertura Boscosa y Uso de Suelo 2021*. Panamá, Panamá. Recuperado el 06 de Febrero de 2023, de https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29591_A/92835.pdf

MICI. (04 de Mayo de 2021). *MICI*. Recuperado el 31 de Enero de 2023, de <https://intelcom.gob.pa/storage/informes/May2021/By0yI5GFpq9u4oQSKOeK.pdf>

MIDA. (2021). Recuperado el 03 de febrero de 2023, de <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>

Montenegro, E. (29 de Mayo de 2021). Investigan degradación de suelos en áreas de cultivo de piña. *diaadia*. Recuperado el 31 de Agosto de 2022, de <https://www.diaadia.com.pa/el-pais/investigacion-degradacion-de-suelos-en-areas-de-cultivo-de-pina-734542>

Morgan, R. (1997). *Erosión y conservación del suelo*. Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de https://books.google.com.pe/books/about/Erosi%C3%B3n_y_conservaci%C3%B3n_del_suelo.html?id=jcFqaFI-u1UC

- Morgan, R. (2005). *Conservación y erosión de suelo*. Wiley-Blackwell; 3er edición. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de https://svgaos.nl/wp-content/uploads/2017/02/Morgan_2005_Soil_Erosion_and_Conservation.pdf
- Núñez, S. (11 de Enero de 2021). *ecologíaverde*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.ecologiaverde.com/como-evitar-el-cambio-climatico-3093.html>
- Ojea, L. (2018). *IMÁGENES Y DATOS: ASÍ NOS AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO*. España: Greenspeace. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP-cambio-climatico-LR.pdf>
- Paz, A. y. (Junio de 2004). *Erosión y Escorrentía*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de [researchgate.net/](https://www.researchgate.net/)
https://www.researchgate.net/publication/314658817_EROSION_Y_ESCORRENTIA
- Pérez, J. (2021). *Estudio de los procesos de cambio de uso del suelo en México Fundamentos teóricos y metodológicos* (1a. Edición ed.). México: D.R. © CLAVE Editorial, Paseo de Tamarindos 400 B, Suite 109. de Tamarindos 400 B, Suite 109, Col. Bosques de las Lomas, Ciudad de México, México. C.P. 05120. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109937/LIBRO%20PUBLICADO%20ESTUDIO%20DE%20LOS%20PROCESOS%20AM%20EDITORE%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ropero, S. (12 de febrero de 2020). *ecologiaverde*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://www.ecologiaverde.com/erosion-eolica-definicion-tipos-y-ejemplos-2566.html>
- Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., . . . Tapia, M. &. (2016). *MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS* (Primera ed.). Lima: Fondo Editorial-UNALM. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/1209.%20Manejo%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>
- Visión, W. (2004). *Manual de manejo de cuencas*. San Salvador: World Visión. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>

ANEXOS

Cuadro#4: Descarga anual y Descarga de sólidos anuales

Año	Descarga Anual m³/s	Caudales Sólidos Anual t/d
2004	803.214	6040.79
2005	697.655	6026.19
2006	864.094	9269.13
2007	1362.616	17012.58
2008	706.295	4799.71
2009	733.204	7859.59
2010	1007.969	10342.36
2011	1118.845	10735.9
2012	978.36	11471.2
2013	987.884	11494.5
2014	652.986	4941.08
2015	440.116	2757.1
2016	774.145	9176.93
2017	693.599	5743.13
2018	950.041	8996.28
2019	478.756	2245.57
2020	798.665	7061.19
2021	1119.232	9836.0
Total	15167.676	145809.17