

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
Patrimonio de la comunidad
Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales
Escuela de Geología



Propuesta de trabajo de grado para optar por el título de ingeniería en geología

Título:

Modelación de la cuenca hidrográfica del río Chacuey para una gestión integral

Sustentantes:

Greydy Jhaniel Suárez Rodríguez

Lourdes Eliana Domínguez Rondón

Yanneyry Gonzalez Rosario

Mariana Decamps Núñez

Dalina Leonardo Santos

Asesor Técnico:

Ing. Yenny Rodríguez de Estepan

Asesor Metodológico:

Ing. Sumara Borromé de Real

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año Académico 2020.

Título

MODELACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHACUEY PARA UNA
GESTIÓN INTEGRAL

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS	X
DEDICATORIAS	XI
RESUMEN	XVII
CAPÍTULO I: INTRODUCCION	1
1.1 Marco teórico	1
1.2 Marco contextual	4
1.3 Planteamiento del problema.....	6
1.4 Justificación de la investigación	8
1.5 Objetivos	9
1.5.1 Objetivo general.....	9
1.5.2 Objetivos específicos	9
1.6 Alcance y límite de la investigación	10
1.7 Estudio de factibilidad	10
1.8 Diagnóstico del entorno	13
1.8.1 Ubicación de la cuenca del río Chacuey	13
1.8.2 Geología.....	14
1.8.3 Geomorfología del área de estudio	14
1.8.4 Condiciones climáticas	15
1.8.5 Aspecto sociodemográfico.....	16
1.9 Análisis de involucrados	16
1.10 Análisis de alternativas:	17
1.11 Pertinencia de la propuesta a los objetivos de desarrollo sostenibles, la estrategia nacional de desarrollo y los criterios de desarrollo humano.....	18
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	23
2.1 Introducción	23
2.2 Antecedentes	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	30
3.1 Introducción	30
3.2 Diseño y tipo de investigación.....	30
3.3 Procedimientos	30
3.3.1 Características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica.....	30
3.3.2 Riesgos geológicos.....	32
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	34

4.1 Características geométricas de la cuenca del río Chacuey	34
4.2 Características geomorfológicas de la cuenca del río Chacuey	34
4.3 Determinación del CN	36
4.4 Modelación hidrológica (HEC-HMS 4.5)	41
4.5 Modelación Hidráulica (HEC-RAS 5.0.7)	46
4.6 Riesgos geológicos.....	53
4.7 “Gestión y organización del proyecto”	55
4.7.1 Identidad y estructura organizacional de la UTECO	55
4.7.2 Influencia de la organización y ciclo de vida del Proyecto	59
4.7.3 Descripción de la estructura del equipo de proyecto	59
4.7.4 Descripción del proceso de dirección del proyecto	62
4.7.5 Descripción de la gestión de la integración del proyecto	70
4.7.6 Gestión del alcance del proyecto	70
4.7.7 Gestión de los costos del proyecto.....	73
4.7.8 Gestión de la calidad del proyecto	74
4.7.9 Sostenibilidad financiera, institucional, políticas de apoyo y sostenibilidad ambiental.....	75
4.7.10 Análisis de riesgo a una situación específica identificada dentro de su área de estudio	75
CAPÍTULO V: DISCUSION DE LOS RESULTADOS	76
5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones.....	79
5.3 Bibliografía.....	80

INDICE DE CUADROS

Cuadro #	Nombre	Página
1	Características geométricas de la cuenca del río Chacuey.	34
2	Clasificación de las formas de cuenca según coeficiente de Gravelius.	35
3	Valores de características geomorfológicas de la cuenca del Chacuey.	36
4	Resumen en la que se observan las variables hidráulicas.	52
5	Descripción del proceso de dirección del proyecto.	62
6	Gestión del alcance del proyecto.	69
7	Presupuesto del proyecto.	73

INDICE DE FIGURAS

Figura #	Nombre	Página
1.1	Mapa de ubicación de la cuenca río Chacuey.	13
4.1	Mapa geológico de la cuenca río Chacuey.	37
4.2	Mapa hidrogeológico de la cuenca río Chacuey.	38
4.3	Mapa de uso y cobertura de la cuenca río Chacuey.	40
4.4	Modelo de la Cuenca Rio Chacuey	43
4.5	Histograma (lluvia en mm Vs tiempo en horas) producido por la tormenta Noel en el periodo analizado.	44
4.6	Tabla resumen de los resultados de la simulación. Cuenca Rio Chacuey	44
4.7	Gráfico cuenca río Chacuey que muestra la profundidad de precipitaciones en mm y el hidrograma de la crecida producida por la tormenta Noel, para un caudal pico de 612.60 m ³ /s	45

4.8	Tabla resumen de los resultados de la cuenca del río Chacuey, tales como, descarga pico, volumen de precipitación, volumen de pérdidas, volumen de excesos, escorrentía directa y volumen de descarga.	44
4.9	Vista en planta de la geometría de las secciones que analizamos de la cuenca del río Chacuey.	47
4.10	Secciones del río y resultado de Distancia (m) y elevación (msnm).	48
4.11	vista en planta de las secciones que se analizaron de la cuenca del río Chacuey.	48
4.12	Datos geométricos de la sección No.1.	49
4.13	Datos geométricos de la sección No.2.	50
4.14	Datos geométricos de la sección No.3.	50
4.15	Lámina de agua de la sección No.1.	51

4.16		51
	Lámina de agua de la sección No.2.	
4.17		52
	Perfil hidráulico de las secciones 1, 2 y 3.	
4.18		53
	Mapa de peligro de inundaciones por intensas lluvias.	
4.19		54
	Mapa de Peligro Clasificado ante deslizamientos	

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Nombre
#	
1	Tabla donde se realizó el cálculo del CN para el tipo de suelo A, con las áreas de uso y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.
2	Tabla donde se realizó el cálculo del CN para el tipo de suelo B, con las áreas de uso y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.
3	Tabla donde se realizó el cálculo del CN para el tipo de suelo C, con las áreas de uso y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.
4	Resultados de la serie temporal para la cuenca del río Chacuey.
5	Resultados de la simulación hidráulica realizada para la cuenca del río Chacuey.
6	Entrada de datos de caudal constantes para la simulación de la cuenca.
7	Análisis de flujo constante para régimen de flujo mixto.
8	Simulación satisfactoria.

- | | |
|----|---|
| 9 | Perfil de las secciones transversales. |
| 10 | Gráfico de velocidades del tapo estudiado de la cuenca rio Chacuey. |
| 11 | Curva de gasto de la cuenca rio Chacuey. |
| 12 | Salida hidráulica detallada de la sección 1 en la planicie del río Chacuey. |
| 13 | Salida hidráulica detallada de la sección 2 en la planicie del río Chacuey. |
| 14 | Salida hidráulica detallada de la sección 3 en la planicie del río Chacuey. |
| 15 | Resumen de las advertencias sobre la simulación de la cuenca rio Chacuey. |

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por proveernos sabiduría, bendiciones y perseverancia para lograr la culminación de este proyecto de investigación. Te damos las gracias por iluminarnos en este trayecto tan importante de nuestras vidas, por haber permitido llegar hasta este punto y dar la salud para lograr este importante objetivo, además de su infinita bondad y amor.

A los profesores de la Universidad Tecnológica Del Cibao Oriental (UTECO): Por ofrecernos su apoyo de manera constante y objetiva durante las jornadas de docencias, a ustedes agradecemos sus constantes recomendaciones que nos sirvieron de guía en momentos oportunos dentro de nuestro contexto del perfil profesional.

A la Ing. Yenny Altagracia Rodríguez: por su entrega y dedicación efectiva durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Gracias por sus motivaciones y apoyo inmedible.

Al Ing. Juan Antonio Graciano: por su gran apoyo durante el proceso de nuestra carrera y su gran motivación.

A la Ing. Sumará Borromé: por su gran apoyo y entrega en este proceso.

Lourdes Eliana Domínguez Rondón

Greydy Jhaniel Suárez Rodríguez

Yanneyry González Rosario

Mariana Decamps Núñez

Dalina Leonardo Santo

DEDICATORIAS

Dios: Por haberme permitido llegar hasta este punto, por la salud y toda la fuerza que necesité para no abandonar en los momentos más difíciles del trayecto.

A mis padres: Juan Francisco González Vicente y Genara Rosario Bautista, Por darme la fuerza y valentía de seguir hacia delante, por su amor, trabajo y sacrificio en todos los años de mi vida guiándome y ayudándome a concluir esta etapa de mi vida.

Mi hermana: Yamilka González Rosario, gracias por siempre estar pendiente de mi desde el día que nací, por siempre tratar de brindarme lo mejor aun cuando estabas pasando por algún momento difícil y sobre todo por siempre demostrarme lo mejor de una hermana mayor.

A mi pareja: Alexander gracias por tu incondicional amor, por tu disposición cada vez que te necesitaba y por el apoyo que me brindaste en mi vida y en el transcurso de mi carrera.

Compañero de carrera: gracias por la amistad que me han brindado desde que iniciamos en la universidad hasta el día de hoy, gracias por su entrega.

A mis amigas: Jessica Gerónimo, Evianny Figueroa, Yokasta Guzmán, Dalina Leonardo por estar ahí cuando más la necesite brindarme su apoyo incondicionalmente son excelente personas gracias por sus consejos de motivación

Compañeros de trabajo de grado: Dalina Leonardo, Greydy Suarez, Lourdes Domínguez, Mariana Decamps

Yanneiry González Rosario

DEDICATORIAS

El presente trabajo investigativo está dedicado especialmente a **Dios**, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar persistentemente en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis Padres Zeneida Núñez Castillo. Mariano Decamps A. Porque sin su apoyo incondicional nada de esto hubiese sido posible, gracias por su amor, sobre todo su confianza trabajo y sacrificio en todos estos años, por haberme ayudado con los recursos necesarios y ser los mejores padres por ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Mami este proyecto es a tu nombre gracias por tu apoyo condicional.

Mi Hija Maiia Jullieth Santos Decamps quien ha sido mi primordial motivación a seguir adelante dándome fuerza para continuar con mi meta trazada sin desfallecer.

Mi Esposo: Joharis Joel Santos por tu apoyo en los momentos difícil y por acudir siempre a mí y estar pendiente a la universidad te amo.

Amigas: Yokasta Gonzales, Evianny Figueroa quien más que compañera de clase siempre fueron una amigas ejemplar y motivadora para amar más y más nuestra carrera y salir hacia adelante, Alejandrina Reyes buena amiga y confidente siempre estuvimos juntas durante estas trayectorias en buenos y malos momentos siempre fuiste uno de mis motivos a seguir adelante para lograr ser personas de bien y aporte positivo a la sociedad.

Mis compañeras/os de clase: Nicanor Pérez, Dewil Leonardo. Por su desinteresada y valiosa colaboración.

Compañeros de trabajo de grado: Dalina Leonardo, Greydy J Suarez, Lurdes Domínguez, yanneiris Gonzáles.

DEDICATORIAS

A Dios: por haberme regalado la vida y la familia que tengo, por guiar siempre los pasos hacia el logro de las metas propuesta, por sus grandes bendiciones, por darme sabiduría, inteligencia y fortaleza. Gracias padre misericordioso, sin tí nada hubiese sido posible.

A Grecia María Rodríguez Gil, madre: por ser la mejor madre del mundo y ser ese gran ejemplo de ser humano. Gracia por darme la oportunidad de vivir y por estar siempre a mi lado. Te amo mami, gracia a ti soy quien soy y este trayecto tu siempre fuiste mi inspiración, sé que estas desde el cielo cuidándome.

A Cesar Salvador Suarez Regalado, padre: por brindar siempre tu apoyo, por tus buenos consejos, por siempre tener las palabras sabias para motivar a seguir siempre adelante y por estar siempre al pendiente de cada paso y desafío.

A Cesar Jhanael y Gregory Salvador, hermanos: siempre han dado el mejor apoyo, por su confianza, por su estilo de querer, porque siempre que los necesité estaban disponibles y por compartir los momentos difíciles. Espero que éste triunfo les sirva de ejemplo y motivación para que puedan superarse, los amo.

A Linette Rincón Vicente, novia: siempre estuvo ahí desde el principio apoyándome y dándome los mejores consejos, gracias por tu amor infinito. Te amo y te dedico este logro porque eres mi motor principal.

A mis tíos: Altagracia, Julian, Ana, Maria, Yaquelin, Julia, Doris, Radames, Juliana, por siempre apoyarme y estar pendiente de mí.

A Sagrario Vicente y Huáscar Rincón, suegros: le dedico este logro por apoyarme siempre y ser como mis padres, gracias por estar ahí siempre.

A Belkis Milagros y Diosilda Joaquín: por ser como mi segunda madre cada una y apoyarme tanto desde el inicio hasta el final de este logro.

A los compañeros de carrera: Le agradezco por los buenos momentos que se fueron compartido. Gracias por el apoyo en las prácticas, excursiones y esos momentos compartidos.

A los profesores: Por contribuir fuertemente en mi educación, y no solo profesional que ahora llega a una gran meta, sino también en mi educación personal y por poner a mi alcance un gran número de herramientas necesarias destacarme profesionalmente.

Greydy Jhaniel Suárez Rodríguez

DEDICATORIAS

A Dios

Por permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida, gracias Padre por estar siempre conmigo y hacerme ver y sentir que después de la tormenta viene la calma y por ser mi roca y mí sustento.

A mis padres: Pura del Carmen Santos y Wilson Danilo Leonardo que siempre han estado en las buenas y en las malas, dándome su apoyo incondicional y por ser el pilar en mi vida.

A mis hermanos: Dawil, Dewil y Dewny Leonardo Santos que siempre han estado apoyándome y por estar a mi lado en cada instante de mi vida.

A mis abuelos: Ana Abreu y Ramón Santos que han sido una gran parte de apoyo en mi vida dándome sus buenos consejos.

A mi hija: Crisdaly Rodríguez Leonardo por permitirme seguir a delante y por ser mi motivación de cada día.

A mi esposo: Cristopher Ernesto Rodríguez por apoyarme y estar para mí cuando más lo é necesitado y por su amor sincero.

A mis amigos: José Algeury, Yanneiry, Yarisa, Imperia Liz, Mariana, por ser parte de mi vida y que por su solidaridad la cual llevare en mi corazón.

A mis maestros: Mildre Reyes, Ricardo Villafaña, Yenny Rodríguez, Elpidio Moronta, Rolando Muñoz, Edwin García y José Francisco Ortiz que siempre estuvieron ahí transmitiéndonos gran parte de sus conocimientos para así poderlo poner en practica en nuestro futuro por venir.

Dalina Leonardo Santos**DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme y darme la fortaleza de llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A Ana María Rondón, madre: por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional.

A Víctor Ramón Domínguez, padre: por siempre estar pendiente y ayudarme a alcanzar este logro.

A Luis Manuel Domínguez, hermano: que siempre ha estado junto a mí, brindándome su apoyo.

A Violeta Domínguez y Emmanuel Domínguez, sobrinos: por ser parte de mi vida e ir alegrándola con sus ocurrencias.

A mi familia en general, porque siempre me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Gema Méndez Henríquez, por siempre acompañarme, estar conmigo en todo momento y nunca dejarme sola.

Marianny Ramírez Gomera, por acompañarme en cada momento de mi carrera brindándome tu apoyo y cariño.

A todos mis compañeros de la universidad, Ronaldo Marte, Esmylda Peguero, Yuleisy Santiago, Greydy Suárez, Nicanor Pérez, Yefri Peña, Maikel Saldaña, y a todos los profesores que estuvieron presente a lo largo de este proyecto.

Lourdes Eliana Domínguez Rondón

**República Dominicana
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental
Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales
Escuela de Geología**



Título

Modelación de la Cuenca Hidrográfica del río Chacuey para una Gestión Integral

Sustentantes: Greydy Jhaniel Suárez Rodríguez, Lourdes Eliana Domínguez Rondón,

Yanneiry Gonzalez Rosario, Mariana Decamps Núñez y Dalina Leonardo Santos.

Asesoras: Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación y Ing. Sumara Borromé de Real.

RESUMEN

El presente trabajo de estudio contempla la gestión integral de la cuenca del río Chacuey en cual se encuentra ubicado a ocho kilómetros al Este del municipio cabecera, Cotuí, se encuentra la comunidad de Chacuey Abajo, ubicada estratégicamente cerca de la desembocadura del río Chacuey en Yuna. El río Chacuey inicia su recorrido cerca de la división de la provincia Monte Plata, se caracteriza por sus aguas tranquilas y frescas. Sus coordenadas: 19.01590 -70.11585 19.13561 -70.05648, tiene una Altitud máxima: 471 m, una Altitud media: 79 m y una Altitud mínima: 22 m, sobre el nivel del mar. El río Chacuey tiene una longitud de 44.565 Km.

En esta comunidad hay dos reservorios naturales de agua, uno de los cuales posee crianza de peces y, en ambos casos, son esenciales para irrigar la producción agrícola. En los alrededores del río Chacuey existen producciones de café, cacao, cítricos, arroz, piña, musáceas. Además de la gran importancia que tiene el río para la agricultura es la fuente de agua potable principal para distintas localidades en la zona.

Este proyecto tiene como enfoque mejorar el uso que se le da a las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca hidrográfica del río Chacuey. La modelación hidrográfica que se realizara en este proyecto mejorara la gestión o la utilización de las aguas del río Chacuey de esta forma todos los sectores que se ven afectados por estas tendrán un uso integral que mejorara notablemente.

Este proyecto aporta información actualizada de la calidad del agua del río Chacuey, que sirve como base para la gestión adecuada de la cuenca, además incluye recomendaciones que con la ayuda de las instituciones competentes del municipio de Cotuí y la UTECO se llevarán a cabo. De esta forma tendrán una línea base, la cual es útil para ampliar el conocimiento geocientífico del área, y crear medidas de protección de los recursos que hay en la cuenca de este río.

Este es un estudio de carácter explicativo, en el mismo se han recopilado las informaciones necesarias, entre ellas: parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chacuey, datos pluviométricos, levantamientos de secciones transversales en la planicie de inundación, para la creación de una base de datos con los cuales se alimentaron los softwares utilizados en esta investigación.

Para la simulación hidrológica de crecidas y del comportamiento hidráulico de la cuenca se ha hecho uso de los programas del US Army Corps of Engineers: Hydrologic

Engineering Center - Hydrologic Modeling System y River Analysis System, conocido por sus siglas en inglés HEC- HMS y HEC- RAS, respectivamente.

El HEC-HMS puede ser utilizado en conjunto con otros programas de cómputos para realizar estudios de disponibilidad del agua, drenaje urbano, predicción de caudales, impactos de procesos de urbanización, diseño de vertederos de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de planicies de inundación entre otros.

Para el modelo hidrológico se trabajó con la cuenca del río Chacuey hasta su desembocadura en el río Yuna. El área es de 170.01 km². Se consideró una sola subcuenca ya que no existen datos hidrométricos de los tributarios al cauce principal.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Marco teórico

Cuenca hidrográfica: es el espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las aguas (aguas provenientes de precipitaciones, de deshielos, de acuíferos, etc. que discurren por cursos superficiales o ríos) hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano) (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 2019).

Modelación hidrológica: es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas que se ha extendido por todo el mundo, fundamentalmente en países desarrollados. En la actualidad, con el empleo de estos modelos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio en torno a los ríos o para exigir criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia (Dueñas 1997).

Modelo de gestión de la cuenca: Un modelo de gestión es un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad. Es en este sentido, un Modelo de Gestión en cuencas hidrográficas para funcionar requiere del empoderamiento social lo que permitirá crear condiciones de continuidad y sostenibilidad. Cabe destacar que, en los modelos de gestión de cuencas, el énfasis está en el equilibrio de las interacciones entre los seres humanos y los recursos naturales, pero es importante valorar aspectos como salud, educación, vivienda, uso del suelo. Adicional a esto, las acciones que se realicen en la cuenca es deseable que sean rentables, de forma directa o indirecta, con miras a mejorar la calidad de vida de sus moradores (Quintero 2011).

Caudal: Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (Flores, 2014).

Grupo hidrogeológico: Según Rosario (2013), son los siguientes:

Grupo A. Suelos con un potencial muy bajo para generar escorrentía. Derivado de la alta profundidad “efectiva” (no hay limitaciones físicas para la percolación del agua), con buenas tasas de infiltración (velocidad de transmisión elevada por elevada macroporosidad de marcado carácter litológico).

Grupo B. Suelo con potencial generador de escorrentía bajo. Su capacidad de infiltración es moderada, al presentar una profundidad “efectiva” superior a 1 m, con buena porosidad estructural (resultante de un elevado contenido en materia orgánica de los horizontes superficiales).

Grupo C. Suelos con potencial medio para provocar escorrentía. El reducido contenido en materia orgánica o la presencia de materiales litológicos de texturas finas llevan a unas tasas de infiltración bajas, con independencia de la concurrencia o no de limitaciones físicas para la percolación a partir de los 25 cm.

Grupo D. Suelo con alto potencial para provocar escorrentía. La infiltración está muy dificultada por la reducida macroporosidad que presenta el horizonte superficial o por el escaso valor de profundidad “efectiva” (inferior a 25 cm).

Geología: La geología, del griego geo, «Tierra», y logos, «discurso». Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. (Tarbuk, 2005).

Geomorfología: El termino geomorfología, difundido en los últimos años del siglo pasado por el geógrafo y geólogo norteamericano William Morris Davis, significa etimológicamente: Conocimiento regional de las formas de la tierra y, en la actualidad, designa una disciplina

científica que tiene como objetivo el reconocimiento, la clasificación y la explicación de las diferentes configuraciones que representa la superficie externa de la litosfera, de cuya combinación resulta el relieve terrestre (Jiménez, 1995).

Hidrogeología: Es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación (Mijailov, 1989).

Impacto: Se produce cuando al realizar un proyecto de desarrollo sea urbano, industrial, agropecuario, de infraestructura, transporte o cualquier combinación de estas, se produce una modificación del Ciclo Hidrológico que tenía la zona afectada en su estado natural. (De León, 2014).

Clima: es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en una región de la superficie terrestre (Spinelli, 1987).

Hidrología: es una rama de las ciencias de la tierra que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (Gámez, 2009).

Litología: es la parte de la geología que comprende el estudio de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas (Zorilla, 2015).

Tipos de rocas: las rocas se diferencian de acuerdo a su origen (Zorilla, 2015). En este sentido se clasifican en; ígneas, (resultado del enfriamiento y solidificación del magma), sedimentarias (producto de la acumulación de sedimentos o materiales erosionados) o

metamórficas (cuando han sufrido un proceso de metamorfismo producto del sometimiento a elevadas presiones y temperaturas).

Morfología: estudia las formas y estructuras de todas las dimensiones, desde continentes y cuencas oceánicas a estrías y cavidades (Lugo, 2013). El estudio morfológico incluye la descripción de las formas, su génesis (origen), estructura, historia de desarrollo, dinámica actual, diagnóstico a futuro y su relación con la actividad humana

Permeabilidad: es la capacidad de un material poroso para permitir que los fluidos lo atraviesen, depende del número, la geometría y el tamaño de los poros interconectados, los capilares y las fracturas. (Hoeksema, 2015) La permeabilidad es una propiedad intrínseca de los materiales porosos y rige la facilidad con la cual los fluidos se desplazan a través del subsuelo.

Suelo: es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica) una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural (U.S. Department of Agriculture, 1998).

1.2 Marco contextual

El río Chacuey de encuentra ocho (8) kilómetros al Este del municipio cabecera, Cotuí, se encuentra la comunidad de Chacuey Abajo, ubicada estratégicamente cerca de la desembocadura del río Chacuey en Yuna. El río Chacuey inicia su recorrido cerca de la división de la provincia Monte Plata, se caracteriza por sus aguas tranquilas y frescas. Sus coordenadas: 19.01590 -70.11585 19.13561 -70.05648, tiene una Altitud máxima: 471 m, una Altitud media: 79 m y una Altitud mínima: 22 m, sobre el nivel del mar. El río Chacuey tiene una longitud de 44.565 Km.

En esta comunidad hay dos reservorios naturales de agua, uno de los cuales posee crianza de peces y, en ambos casos, son esenciales para irrigar la producción agrícola. En los alrededores del río Chacuey existen producciones de café, cacao, cítricos, arroz, piña, musáceas. Además de la gran importancia que tiene el río para la agricultura es la fuente de agua potable principal para distintas localidades en la zona.

En la provincia Sánchez Ramírez el recurso agua está presente en cantidades significativa pero su población en un 40% tiene escases de esta para el uso doméstico, aunque en la provincia se encuentre la presa de Hatillo la cual es la más grande del caribe, además por la provincia pasa el río Yuna, este es el que tiene mayor caudal de la República Dominicana. Las autoridades de la provincia debido a la falta de agua que tienen algunos municipios y sectores han tenido en sus planes la elaboración de un acueducto múltiple pensando en el río Chacuey como fuente de abastecimiento de este. La modelación de la cuenca del río Chacuey para una gestión integral puede ser un aporte importante al momento de la realización del acueducto múltiple que tiene en planes las autoridades de la provincia.

La República Dominicana con unos recursos hídricos superficiales de 20.000 millones de m³ (BCM) al año, de los cuales 12 BCM son recarga de agua subterránea, los recursos hídricos se podrían considerar abundantes. Sin embargo, la irregular distribución espacial y estacional, unida a un alto consumo en el riego y el abastecimiento urbano de agua, se traducen en la escasez de agua. El rápido crecimiento económico y el aumento de la urbanización también han afectado a la calidad medioambiental y han originado tensiones sobre la base de recursos hídricos del país. Además, la República Dominicana está expuesta a una serie de riesgos naturales, como huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, terremotos e incendios. Se espera que el cambio climático mundial ocasionará choques climáticos permanentes en la región del

Caribe que probablemente afectarán a la República Dominicana en forma de elevación del nivel del mar, incremento de temperaturas superficiales atmosféricas y del mar, eventos meteorológicos extremos (como los huracanes y las tormentas tropicales), aumento de la intensidad de las precipitaciones (lo cual conducirá a inundaciones más frecuentes y graves) y la incidencia de sucesos como el de "El Niño" con mayor frecuencia y gravedad.

El manejo de los recursos hídricos del país, en especial la calidad y la cantidad de agua, así como el manejo de cuencas hidrográficas, se enfrenta en la actualidad a importantes retos. A pesar de la falta de datos sistemáticos que limitan la realización de una evaluación precisa y detallada del alcance de los problemas, existe un consenso sobre los siguientes aspectos: 1) la baja calidad general de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y costeros es el resultado de una falta de manejo de aguas residuales y escorrentía agrícola, la cual causa problemas de salud que afectan a los pobres de manera desproporcionada; 2) la escasez de agua es un problema regional que provoca la falta de manejo de la demanda en el riego, el abastecimiento urbano de agua y la infraestructura turística de las regiones más secas; 3) el manejo insuficiente de las cuencas conduce a la erosión del suelo y amplifica los daños y la frecuencia de inundaciones; y 4) la falta generalizada de manejo de residuos sólidos hace que se contaminen las fuentes de agua, se propaguen enfermedades y se causen molestias a los habitantes y los visitantes. El Gobierno de la RD está en proceso de reducir su papel como inversor principal de la infraestructura de los recursos hídricos y como proveedor de servicios mediante la delegación de algunas responsabilidades a los gobiernos locales y regionales, las organizaciones de usuarios de agua y las empresas privadas.

1.3 Planteamiento del problema

A ocho kilómetros al Este del municipio cabecera, Cotuí, se encuentra la comunidad de Chacuey Abajo, ubicada estratégicamente cerca de la desembocadura del río Chacuey en Yuna. El río Chacuey inicia su recorrido cerca de la división de la provincia Monte Plata. Sus

coordenadas: 19.01590 -70.11585 19.13561 -70.05648, tiene una Altitud máxima: 471 m, una Altitud media: 79 m y una Altitud mínima: 22 m, sobre el nivel del mar.

Maguaca, Chacuey Abajo, Chacuey Arriba y el Bajo Yuna son comunidades que se abastecen de las aguas del río Chacuey y de los diferentes recursos que se encuentran esta zona, todas estas comunidades pertenecen al municipio de Cotuí.

Las aguas del río Chacuey se ven afectadas debido a algunas actividades antropogénicas como la agricultura y ganadería, la extracción de agregados, las descargas de aguas residuales de las comunidades cercanas, otra de las actividades que afectan al río Chacuey es la pesca, ya que en el 2018 las autoridades de la provincia debieron introducir en las aguas del río miles de alevines para poder mejorar la vida acuática de la cuenca.

La principal problemática que tiene la cuenca del río Chacuey es la contaminación de productos químicos utilizados en las diferentes actividades agrícolas de la zona, las comunidades cercas en el año 2017 hicieron un llamado a los medios de comunicación para reportar brotes de enfermedades que estaban azotando a pobladores de las zonas de Chacuey Abajo y Bajo Yuna, enfocaban que estas dolencias eran fruto del mal uso de los productos agroquímicos. En el año 2018 la cadena de noticia CDN hizo un reportaje en la zona de Chacuey Abajo donde la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID) realizó una introducción de miles de alevines en el río Chacuey ya que a principio de este mismo año los pescadores de la zona pedían ayuda porque supuestamente los peces no se reproducían, según testimonios de moradores de la zona la escases de peces era debido a los productos químicos resultantes de la agricultura que caían en las aguas del río y afectaban el hábitat de los peces.

1.4 Justificación de la investigación

A lo largo de la historia de la humanidad, el agua ha sido y será uno de los mayores bienes y el principal recurso para el mejoramiento de la vida, el control y vigilancia de esta es de gran importancia para su adecuada gestión. En muchas partes del mundo el recurso agua existe, pero a la vez no, ya que no es aprovechado de manera responsable o adecuadamente.

El río Chacuey se caracteriza por su gran caudal, este puede ser una gran fuente de agua potable para abastecer el municipio de Cotuí y parte de la provincia Sánchez Ramírez. Las autoridades del municipio tienen en la mira el río Chacuey como principal fuente de agua para la elaboración de un acueducto múltiple, esta infraestructura podría cambiar la escasez de agua que sufren algunas comunidades de esta ciudad. (Área de Planteamiento Urbano del Ayuntamiento de Cotuí, 2020).

La modelación hidrológica es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas que se ha extendido por todo el mundo, fundamentalmente en países desarrollados. En la actualidad, con el empleo de estos modelos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio en torno a los ríos o para exigir criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia. Incluso, alertar a los servicios de protección civil y establecer protocolos de actuación ante posibles situaciones de peligro por intensas lluvias (Dueñas 1997).

Este proyecto tiene como enfoque mejorar el uso que se le da a las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca hidrográfica del río Chacuey. La modelación hidrográfica que se realizara en este proyecto mejorara la gestión o la utilización de las aguas del río Chacuey de

esta forma todos los sectores que se ven afectados por estas tendrán un uso integral que mejorará notablemente.

Los pobladores de las zonas cercanas del río Chacuey en varios medios de comunicación han expresado su descontento de las contaminaciones que traen consigo las aguas de esta cuenca, muchos señalan que la contaminación viene directamente de los productos agroquímicos que son utilizados en la agricultura de la zona y otros dicen que es por los desagües de aguas negras y vertido de desechos sólidos de las comunidades aguas arriba del río.

Este proyecto aporta información actualizada de la calidad del agua del río Chacuey, que sirve como base para la gestión adecuada de la cuenca, además incluye recomendaciones que con la ayuda de las instituciones competentes del municipio de Cotuí y la UTECO se llevarán a cabo. De esta forma tendrán una línea base, la cual es útil para ampliar el conocimiento geocientífico del área, y crear medidas de protección de los recursos que hay en la cuenca de este río.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Modelar de la cuenca del río Chacuey para determinar impactos de las actividades agrícolas en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, para dar propuesta de medidas adecuadas para una gestión integral.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) Identificar los productos químicos que son utilizados en la agricultura de los alrededores del río Chacuey

- b) Determinar cuáles impactos realiza las actividades agrícolas a las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Chacuey
- c) Presentar cuales medidas son las adecuadas para minimizar el impacto de las actividades agrícolas a las aguas superficiales y subterránea de la cuenca del río Chacuey

1.6 Alcance y límite de la investigación

Campo: Ingeniería Civil

Área: Gestión Integral de Recursos Hídricos

Aspecto: Impacto de las actividades antrópicas en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Personas e instituciones: Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (INAPA), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Estudiantes de la universidad (UTECO), Pobladores de las zonas donde recorre el río Chacuey.

Espacial: Este proyecto esta enfoca en la cuenca del río Chacuey.

Temporal: La presente investigación abarcó un periodo de tiempo desde junio a septiembre del 2020.

1.7 Estudio de factibilidad:

El estudio de factibilidad representa el último y el más detallado estudio que se hace antes de la fase de implementación de un proyecto. En esta fase se identifican todos los detalles (principalmente ingenieriles) que permitirán determinar si un proyecto podrá ser ejecutado y financiado. El grado de certidumbre de un proyecto en la fase de factibilidad es de un 85%

(incertidumbres reducidas a $\pm 15\%$). Esto se logra estudiando y definiendo todas las tareas en gran detalle y en base a la conclusión de todos los ensayos necesarios para ejecutar el proyecto.

A este nivel de estudio muchas veces se le conoce como el Estudio Bancable del Proyecto, lo que a su vez indica que el proyecto posee suficientes detalles y que es factible de ser financiable.

El estudio social: tienen como principal objetivo la búsqueda de una mejor calidad de vida de una población, ya sea creando o mejorando la infraestructura de la región (tales como el transporte, las carreteras, escuelas, facilidades deportivas, electrificación, acueductos, alcantarillados, etc.), o por medio de proyectos que ayuden a al desarrollo social, mejorando la prestación de servicios básicos como la salud (proyectos de salud, proyectos educativos, proyectos de alimentación y ayudas sociales) con el fin de mejorar el bienestar humano. Es por esto que la investigación en la cuenca del río Chacuey tomará en cuenta este estudio.

Económico: se realiza como el paso final en el estudio de factibilidad e ingeniería para proporcionar una medida de la viabilidad económica del proyecto. El análisis económico se realiza utilizando el análisis convencional de flujo de caja. El mismo incorpora lo siguiente:

El tipo de monedas a ser utilizadas por el proyecto es el peso dominicano. Se buscará financiamiento de entidades relacionadas a la temática, como son el Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y para el Medio Ambiente (PNUMA), entre otras entidades.

Durante las fases iniciales del proyecto, el análisis de esta factibilidad equivale a poco más que juzga si los posibles beneficios de solucionar el problema valen la pena o no. La propuesta de investigación en la cuenca del río Chacuey ha considerado varias actividades que desarrollarán de manera consorciada con las instituciones y comunidades involucradas en la

cuenca, donde el presupuesto será participativo, cada actor asumirá el costo de las responsabilidades que le asigne.

Cultural: se plantea si el sistema funcionará en un ambiente organizacional dado. Esta es una parte muy esencial para los estudios de cuencas hidrográficas, por eso esta propuesta de proyecto contempla varias actividades en ese ámbito.

Ambiental: los proyectos de desarrollo que se requieran implementar en una obra específica, desde los procesos iniciales de planeación y selección del sitio, el diseño de la arquitectura e ingenierías y hasta la construcción y operación de un determinado proyecto, es muy importante considerar las características naturales de los predios y de la región e identificar las regulaciones y restricciones ambientales y de uso de suelo, factores que pueden influir en la selección del sitio y en las características del proyecto. En ese sentido, las actividades que se han considerado realizar en la cuenca del río Chacuey han considerado como parte muy importante la protección del medio ambiente y la gestión integral de los recursos que se tienen en el territorio.

Político: Se refiere a que el sistema o proyecto propuesto debe respetar los acuerdos, convenios y reglamentos internos de tipo empresarial, industrial, sindical, religioso, partidista, cultural, deportivo u algún otro relacionado con el ámbito del proyecto. Esta investigación que se ha desarrollado en la cuenca del río Chacuey, y la propuesta de proyecto que está recomendando a largo plazo consideran como parte esencial el cumplimiento de normativas y reglamentos para conservación de los recursos de la cuenca, todas tendentes a preservar la calidad de las aguas superficiales, subterráneas, el suelo, la flora y la fauna que interactúan en el territorio.

Tecnológico: Consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos. Debido a que no se ha proporcionado

1.8.1 Ubicación de la cuenca del río Chacuey

Mapa de Ubicacion Cuenca Rio Chacuey

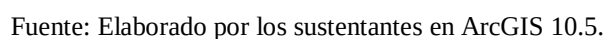


Figura 1.1 Mapa de ubicación de la cuenca río Chacuey.

La disponibilidad de agua potable en Cotuí (45 000 habitantes) está asegurada por tomas de agua instaladas en los aluviones del río Yuna. Las tomas de agua están localizadas en la proximidad de la Presa de Hatillo. Un tratamiento con cloro se realiza directamente en las zonas de bombeo. El agua se envía por canalización y se almacena en tanques situados en las afueras de Cotuí, cerca de Arroyo Capacho, antes de distribuirla a la población local. La población de las localidades de La Mata y Platanal está igualmente alimentada por agua potable a partir de estaciones de extracción implantadas en los aluviones del río Yuna. La estación de bombeo instalada en la ribera del río Chacuey alimenta el pueblo de La Cueva. Las estaciones están mal protegidas y son muy vulnerables a la contaminación.

1.8.2 Geología

Dos ríos más modestos son el Maguaca y Chacuey, incrementan el caudal del río Yuna. Ambos nacen en los terrenos volcánico-sedimentaria del Cretácico Inferior de la Hoja de Hatillo, y discurren de Sur a Norte, cerca de la interface con la cobertera margo-calcárea de Los Haitises. En Cruce de Vásquez, el caudal del río Chacuey se estima en 2,5 m³ /s.

Los valles de los ríos Maguaca y Chacuey tienen un relleno aluvial notable, compuesto por arenas con cantos y gravas de rocas volcánicas y granitoides. Los aluviones recientes de los ríos Yuna y Camú son muy abundantes, y de composición similar. Su extensión es la misma que la de los cauces de los ríos.

1.8.3 Geomorfología del área de estudio

La mayor parte de la cuenca está dentro de la región geomorfológica valle occidental del Cibao (68.49%), conformada mayormente por cauces fluviales recientes, limolita calcárea, arenisca, conglomerado, caliza detrítica, así como marisma y depósitos cuaternarios indiferenciados. Al sur de la cuenca tenemos la región geomorfológica de la Cordillera Central, formada por limolita calcárea, arenisca, conglomerado, caliza dendrítica, tonalita rocas volcano

sedimentarias y gabro, complejo gabroico, que representan el 31.51% restante del total de la cuenca.

La parte Norte del área de la cuenca está dentro de la región geomorfológica de la Cordillera Septentrional, Delta del Yuna y valle oriental del Cibao, conformada por zonas montañosas y rocosas, que representa un 26.22%, del área total, cuya geología dominante incluye Conglomerado Poligénico, Arena, etc, Molasa Continental, Arenisca y Margas Arenosas con intercalaciones de Conglomerados; Olistolitos, Aluviones Cuaternarios y Cauces Fluviales Recientes (Cuaternario).

La parte media de la cuenca abarca territorio de las regiones geomorfológicas de la Sierra de Yamasá, Valle oriental del Cibao y Los Haitises que constituye el 38.47%, conformada por zonas de Caliza Arrecifal, Arena, Conglomerado (tipo Santo Domingo, La Romana), de Aluviones Cuaternarios, Esquistos (Tipo Amina-Maimón), Rocas Ultramáficas, y Aluviones Cuaternarios.

La parte Alta tiene las regiones geomorfológicas de cordillera central y la de valles intramontanos de la cordillera central, son zonas rocosas definitivamente montañosas, conformada en casi su totalidad por Rocas Magmáticas y Volcanosedimentarias, Gabro-Noritay tonalita.

1.8.4 Condiciones climáticas

El clima tropical es cálido y muy húmedo, con abundantes precipitaciones de mayo a noviembre y un corto periodo seco en febrero-marzo. En Cotuí, las precipitaciones medias anuales son de 1800 mm. La temperatura media es de 25° C con mínimas de 18° C en las zonas más altas y máximas de 28° C en las llanuras. Este clima es el responsable de una vegetación particularmente exuberante y de una importante alteración arcillosa del substrato rocoso. Los

afloramientos son escasos y es, cuando se remonta el lecho de los ríos encontramos las mejores condiciones para observar las rocas.

Los datos climáticos registrados en Cotuí entre 1938 y 1980 indican una pluviometría media anual de 1,745 mm/año, con un máximo de precipitación en mayo. La temperatura media alcanza los 33°C de día, y los 19 °C en la noche, con variaciones medias mensuales comprendidas entre los 24°C y 28°C. La región se beneficia de un clima tropical húmedo en el cual existen temporadas secas.

1.8.5 Aspecto sociodemográfico

La provincia Sánchez Ramírez está compuesta en un 52% (78,310) por hombres, mientras que el 48% (73,082) de su población es femenina. Asimismo, los territorios más poblados son los municipios Cotuí, Fantino y Villa la Mata, los cuales concentran un 65.6% de la población total de la provincia, sobre todo en las áreas urbanas. El municipio de La Mata es el más urbanizado, concentrando un 77.5% de su población en áreas de características urbanas. Este es seguido por el municipio cabecera de Cotuí, con un 70.9% de su población establecida en el área urbana. El distrito municipal de Caballero es prácticamente rural, ya que un 86.6% de sus habitantes residen en las zonas rurales, ubicándose en el último puesto de las unidades urbanizadas. (PUCMM y PNUD, 2015).

1.9 Análisis de involucrados

Este proyecto es una propuesta consorciada entre la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) y otras instituciones como son el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y el Ayuntamiento Municipal de Chacuey.

Con el involucramiento de estas instituciones se logrará realizar de manera más efectiva la investigación, se desea llegar a una gestión integral de la cuenca, donde todos asuman responsabilidades en los diferentes ámbitos de sus competencias, que están relacionadas al manejo de los recursos naturales y protección del medio ambiente. Se trabajará en busca de una mejor calidad del agua del río Chacuey, mejor calidad de vida de la población y aumento del desarrollo local.

1.10 Análisis de alternativas:

Elaborar un proceso de concientización a los pobladores de la zona con respecto a la tira de basura.

Crear una campaña de concientización sobre la protección de los recursos naturales para dar charlas a los moradores cercanos a la cuenca Chacuey.

Crear una campaña de concientización sobre el uso de productos agrícolas: Como usarlo correctamente y cuales son lo más recomendable usar en las zonas que tengan mayor permeabilidad.

Realizar monitoreo en la zona de la cuenca del rio Chacuey; analizando factores químicos en las aguas.

Realizar estudios en la agricultura de la zona para determinar que productos químicos utilizan y determinar cuáles son lo más dañinos al entrar en contacto con las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del rio Chacuey.

Crear un plan de saneamiento de las aguas superficiales de la cuenca del rio Chacuey, eliminando los desechos sólidos ya existentes.

1.11 Pertinencia de la propuesta a los objetivos de desarrollo sostenibles, la estrategia nacional de desarrollo y los criterios de desarrollo humano

Esta propuesta de investigación utilizará los resultados de la modelación hidrológica e hidráulica de la cuenca del río Chacuey para determinar los impactos de las actividades agrícolas en la calidad de las aguas, que se puedan identificar los productos químicos que son utilizados en la agricultura y poder presentar cuales medidas son las adecuadas para minimizar el impacto de dichas actividades.

Esta investigación se encuentra en contexto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) siguientes:

Objetivo 3: Salud y Bienestar, busca garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades es esencial para el desarrollo sostenible.

Objetivo 4: Educación de Calidad, la educación permite la movilidad socioeconómica ascendente y es clave para salir de la pobreza. Durante la última década, se consiguieron grandes avances a la hora de ampliar el acceso a la educación y las tasas de matriculación en las escuelas en todos los niveles, especialmente para las niñas.

Objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento, busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, abarca la higiene, la gestión de las cuencas fluviales con especial énfasis en la gestión integrada de los recursos hídricos, y las preocupaciones ambientales.

Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles, La rápida urbanización está dando como resultado un número creciente de habitantes en barrios pobres, infraestructuras y servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), lo cual está empeorando la contaminación del aire y el crecimiento urbano incontrolado

Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres, n Trabajar con el medio ambiente para proteger a las personas, el PNUMA detalla cómo «reconstruir mejor», mediante una base científica más sólida, políticas que contribuyan a un planeta más sano y más inversiones verdes.

La respuesta del PNUMA se ocupa de cuatro áreas:

- 1 Ayudar a las naciones a gestionar los desechos médicos de la COVID-19.
- 2 Producir un cambio transformativo para la naturaleza y las personas.
- 3 Trabajar para garantizar que los paquetes de recuperación económica creen resiliencia para crisis futuras.
- 4 Modernizar la gobernanza ambiental a nivel mundial.

Para prevenir, detener y revertir la degradación de los ecosistemas de todo el mundo, las Naciones Unidas han declarado la Década para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). Esta respuesta coordinada a nivel mundial ante la pérdida y degradación de los hábitats se centrará en desarrollar la voluntad y la capacidad políticas para restaurar la relación de los seres humanos con la naturaleza. Asimismo, se trata de una respuesta directa al aviso de la ciencia, tal y como se expresa en el Informe especial sobre cambio climático y tierra del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, a las decisiones adoptadas por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en las convenciones de Río sobre cambio climático y biodiversidad y a la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación.

Objetivo 17: Alianzas para lograr los Objetivos, Para que un programa de desarrollo se cumpla satisfactoriamente, es necesario establecer asociaciones inclusivas (a nivel mundial, regional, nacional y local) sobre principios y valores, así como sobre una visión y unos objetivos compartidos que se centren primero en las personas y el planeta.

La investigación de la cuenca del río Chacuey también está vinculada a la estrategia nacional de desarrollo 2030, en su 4to eje estratégico que propone: “Una sociedad con cultura de producción y consumo sostenibles, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada adaptación al cambio climático. El proyecto busca un cambio de cultura en la población que habita en la cuenca, el usos adecuado y sostenible de las aguas superficiales y subterráneas, así como el ordenamiento territorial y la protección del medio ambiente. La línea de investigación se articula con las prioridades del gobierno según los siguientes objetivos:

- Proteger y usar de forma sostenible los bienes y servicios de los ecosistemas, la biodiversidad y el patrimonio natural de la nación, incluidos los recursos marinos.
- Desarrollar sistemas de monitoreo, evaluación y valoración del estado del medio ambiente y los recursos naturales a nivel nacional, regional, y local.
- Promover la educación ambiental y el involucramiento de la población en la valoración, protección y defensa del medio ambiente y el manejo sostenible de los recursos naturales.
- Gestionar el recurso agua de manera eficiente y sostenible, para garantizar la seguridad hídrica.
- Conservar y gestionar de manera sostenible los recursos hídricos superficiales y subterráneos, con el propósito de atenuar los efectos del cambio climático.

Así mismo, mediante los lineamientos trazados en el Decreto 256-16 ordenando la creación de la mesa de coordinación del recurso agua, como instancia de coordinación intersectorial encargada de la elaboración y la aprobación de una estrategia integral de

manejo del agua en el país, a los fines de preservar la calidad y la cantidad de los recursos hídricos que requiere el desarrollo sostenible de la nación, cabe resaltar lo siguiente:

- El país es signatario de los convenios relacionados con el cumplimiento de los términos establecidos por Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, cuyo Sexto Objetivo establece: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos;
- Que el Eje Cuarto de la Ley de Estrategia Nacional de Desarrollo, en su Objetivo 4.1.4., estable que: El Estado dominicano es responsable de garantizar la seguridad hídrica por medio del establecimiento del marco legal e institucional adecuado; la planificación y gestión del recurso hídrico con la cuenca hidrográfica como elemento central; la instauración de un modelo de gestión que enfatice el control de la demanda y el aumento de la eficiencia en el uso del agua, en vez de la simple expansión de la oferta hídrica: la inversión en infraestructura para regular los volúmenes de agua; así como, el fortalecimiento de la corresponsabilidad de los usuarios de los sistemas de riego, para hacerlos ambiental y financieramente sostenibles;
- Que actualmente existe un ordenamiento institucional caracterizado por la indefinición, incompatibilidad y coincidencia de roles en varios organismos, que dificultan la aplicación de políticas coherentes, lo cual amerita el establecimiento de mecanismo efectivo de gobernabilidad del sector agua que permita la estructuración y fijación de políticas integrales y alineadas al interés común del Estado;
- Que es prioritario para el gobierno conciliar los múltiples usos estratégicos del agua, la eficientización del manejo de la cobertura forestal, los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas, la gestión integral de las cuencas hidrográficas y la articulación de políticas y acciones para garantizar la seguridad hídrica.

- Que para lograr los objetivos estratégicos que garanticen una respuesta adecuada y oportuna del sector de agua, saneamiento e higiene es fundamental la coordinación para el control de los factores de riesgo y la generación de capacidades locales que contribuyan a la creación de valor público;
- Que el Cambio Climático amenaza con empeorar más las condiciones de acceso de la población que disponga de adecuados servicios de agua para consumo humano y para riego, y con dificultar más la satisfacción para aquellos que todavía no disfrutan del servicio;
- Que se hace perentorio la necesidad de gestionar y aportar más recursos para inversiones en el sector agua y saneamiento, incluyendo la regeneración y la conservación de los suelos.

En lo que respecta con los criterios de Desarrollo Humano o Índice de Desarrollo Humano (IDH), esta propuesta de proyecto es aplicable a las tres principales variables que son Salud, Educación y Riquezas, ya que al mejorar la calidad del agua del río Chacuey, va a mejorar la salud de los habitantes de la cuenca, habrá un aumento de conocimiento en la población con los diferentes talleres de capacitación, charlas y conferencias que se piensan impartir sobre temas como gestión de recursos hídricos, calidad del agua, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por las actividades agrícolas, entre otros. El proyecto permitirá identificar las fuentes y tipos de contaminación que hay en la cuenca. El objetivo 6 establece garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, una de sus metas es de aquí a 2030 aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Introducción

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos de la investigación, relacionados a la problemática identificada en la cuenca del río Chacuey. De acuerdo al Plan Hidrológico Nacional (INDRHI, 2012), los ríos más grandes de la República Dominicana tienen su origen en la región de la Cordillera Central. El Yaque del Norte fluye inicialmente hacia el norte en dirección al Valle del Cibao, y una vez dentro de él dobla hacia el oeste para desembocar en el Atlántico. El sistema de los ríos Yuna-Camú corre inicialmente en dirección este, luego tuerce al norte hacia el valle y siguiendo por él desemboca en el Atlántico.

Muchas de las reservas de agua superficial están siendo afectadas, especialmente en lo que se refiere a su calidad (aportes excesivos de sedimentos, descarga de aguas residuales no tratadas, aportes de nutrientes que resultan de una agricultura extensiva y el uso intensivo de agroquímicos, etc.).

Por estos motivos, se hace necesario recurrir en numerosas ocasiones, a las reservas de aguas subterráneas que, en muchos países, se hace de manera muy significativa, haciendo un uso del recurso agua de manera intensiva, particularmente para usos en la agricultura, hasta representar, como se ha indicado, un 70% del recurso hídrico utilizado.

Las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas más significativas son las descargas municipales y domésticas no tratadas, efluentes industriales y actividades relacionadas con la actividad agrícola, motivo por el cual los problemas más grandes se ubican alrededor de grandes ciudades y en las zonas rurales. En los escenarios de contaminación de las grandes ciudades el principal problema son las fugas en las redes de alcantarillado, y en otros casos la falta de redes de saneamiento básico.

2.2 Antecedentes

En la República Dominicana existen numerosos estudios e informes relacionados con la hidrología, hidrogeología, evaluación ambiental, contaminación de acuíferos, entre otros, que aportan información útil para conocer el contexto del Distrito Minero Cibao Oriental, con información de carácter nacional o de recopilación y síntesis, estudios de ámbito regional, estudios de detalle y específicos, estudios de redes de control periódico y bases de datos, cartografías geológicas e hidrogeológicas a diferentes escalas y estudios de infraestructuras. Estos son detallados a continuación:

Estudios de carácter general o de recopilación de síntesis:

- SEA/IICA/INDRHI (1982). Intensidades Máximas y Erosividad de lluvias en la República Dominicana.

- Tahal Consulting Engineers Ltd y el INDRHI (1983). Plan Nacional de Investigación, Aprovechamiento y Control de las Aguas Subterráneas de la República Dominicana (PLANIACAS)

- INDRHI y GTZ (1988). Información sobre el Inventario de las Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas a Nivel Nacional.

- INDRHI/Departamento de Hidrología (1990). Anuario Hidrológico.

- INDRHI y GTZ (1990). Planificación de la red Pluviométrica de la República Dominicana.

- INDRHI y GTZ (1990). Proyecto de Código de Agua para la República Dominicana.

- INDRHI (1990). Inventario Nacional de los Recursos Hidráulicos Nacionales.

- INDRHI (1992). Situación Hídrica de los Sistemas Cerrados en la República Dominicana

- INDRHI y GTZ (1993). Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Aguas para la República Dominicana.

- OEA/INDRHI (1994). Plan Nacional de Ordenamiento de recursos Hidráulicos (DIAGNOSTICO)

- Rodríguez Morillo/CODIA (1994). Evolución del Conocimiento de las Aguas Subterráneas en la República Dominicana).

- INDRHI (1995). Distritos de Riego de la República Dominicana.

Estudios de ámbito regional:

- INDRHI/ITAL CONSULT (1972). Proyecto Yaque del Sur-Neyba (UU.HH Sierras de Neyba y Bahoruco).

- INDRHI/OIEA (1985). Investigación Ambiental con isótopos de la Región Sudoeste y el río Sonador, Yásica (UU.HH Sierras de Neyba y Bahoruco).

- Secretaría General de la OEA. Departamento de Desarrollo Regional (1987). Plan de Desarrollo de la Zona Fronteriza (Provincias de Monte Cristi, Dabajón, Elías Piña, Independencia, Santiago Rodríguez, Bahoruco y Pedernales). (UU.HH. Cordillera Septentrional, Valle del Cibao, Cordillera Central, Sierra de Neyba y Sierra de Bahoruco).

- PNUD/OMM-Proyecto DOM/87/004 (1990). Optimización de los Recursos Hídricos de

- la Cuenca del Río Yaque del Sur y Mejoramiento de la Red Hidrométrica Nacional.

- INAPA/JICA (1992). The Estudy on Groundwater Development Proyect in the Western Región, Dominican Republic.

- Saint-Hilare/INDRHI (1993). Aguas Subterráneas en la Provincia de Salcedo (U.H. Valle del Cibao).

- INDRHI y AQUATER (2000). Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana, Fase I, llevado a cabo por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y AQUATER. En el mismo se estudiaron las unidades hidrogeológicas de la Planicie Costera Oriental, Valle de San Juan, Valle de Neiba, Planicie de Azua, Península Sur de Barahona y Planicie de Baní, con el objetivo estimar la lluvia efectiva y sus componentes, superficial y subterránea (recarga), disgregadas en el espacio y en el tiempo (años húmedos y de sequía), para evaluar el potencial aprovechable de los recursos hídricos.}

- INDRHI y EPTISA (2004). El Estudio Hidrogeológico Nacional de la República Dominicana, Fase II, llevado a cabo por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y EPTISA. En el mismo se estudiaron las unidades hidrogeológicas de La Cordillera Central, Cordillera Oriental, Cordillera Septentrional, Los Haitises, Península de Samaná, Sierra de Bahoruco y Península Sur de Barahona, Sierra de Neiba y el Valle del Cibao, con el objetivo principal de conocer la potencialidad de las aguas subterráneas del país, para su explotación y utilización en abastecimiento a núcleos de población y agricultura, así como para la evaluación para su posible clasificación como aguas minerales y minero medicinales.-

- Rodríguez y Febrillet (2006). En 1982 el INDRHI dividió el país en 14 zonas hidrogeológicas, algunas constituyen unidades morfotectónicas evidentes, en tanto que las otras son zonas geomorfológicas definidas. En ambos casos, la definición de las regiones tiene un significado hidrogeológico claro, donde las sierras representan las principales regiones de recarga, en tanto que los valles, tectónicos y geomorfológicos, constituyen las vías de drenaje. El 42% del territorio de la República Dominicana está constituido por roca caliza, lo que lo convierte en un verdadero laboratorio hidrogeológico. La recarga anual equivale a unos 4.161 hm³, de los cuales el 77% proceden de la recarga directa de la lluvia o infiltración desde los cauces fluviales, 15% corresponde a retornos o infiltraciones desde las zonas de regadío y canales y el 8% restante a conexiones laterales con zonas o unidades contiguas.

- INDRHI (2012). Plan Hidrológico Nacional. Ese estudio es el ejercicio de planificación hídrica más amplio que se haya realizado en el país, en términos de alcance geográfico y de integralidad de las temáticas hídricas analizadas. El propósito del estudio fue desarrollar una propuesta para la optimización del uso y gerenciamiento de los recursos hídricos nacionales, revelando cuál es la situación del agua en la República Dominicana, identificando acciones prioritarias y definiendo un plan de acción para solucionar los problemas vigentes en torno a la cantidad y la calidad del agua, así como prevenir futuras complicaciones en este sector, procurando realizar un aprovechamiento racional y sostenible de los recursos hídricos del país. En este Plan se plantean acciones para un desarrollo de largo alcance, definiendo los indicadores y medios necesarios un seguimiento permanente y una revisión de sus objetivos en el mediano término.

- OIEA y SGN (2015). RLA7016 Empleo de Isótopos para la Evaluación Hidrogeológica de los Acuíferos excesivamente explotados en América Latina (ARCAL CXXVII). Caso de estudio acuífero del Valle de Azua. El objetivo principal del estudio fue obtener indicadores de gestión sostenible para preservar la cantidad y calidad de las aguas subterráneas; desarrollar normas para la protección del sistema acuífero, dirigido a los productores rurales, y difundir resultados y medidas prácticas para preservar la cantidad y la calidad del agua entre los usuarios, con el fin de incorporar una cultura de protección de los recursos hídricos en los 15 países de América Latina que fueron participantes.

- OIEA y SGN (2017). RLA7021 Utilización de isótopos ambientales e instrumentos hidrogeoquímicos convencionales para evaluar los efectos de la contaminación causada por las actividades agrícolas y domésticas en la calidad de las aguas subterráneas (ARCAL CXLIX). Caso de estudio acuífero del Valle de Azua. En el mismo se evaluaron los efectos de la contaminación causada por actividades agrícolas y domésticas en la calidad de las aguas

subterráneas, utilizando isótopos ambientales e instrumentos hidrogeoquímicos convencionales.

- MESCyT y SGN (Actual) Hidrogeología y Servicios Ambientales de los Humedales del Ozama, República Dominicana. Los objetivos principales de esta investigación son: conocer el origen y funcionamiento hidrogeológico de los humedales del PNHO, conocer la relación entre el agua subterránea y el funcionamiento hidrológico de los humedales, evaluar los servicios ecosistémicos de los humedales del PNHO y analizar el papel del agua subterránea en dichos servicios.

Estudios de detalle y específicos:

- Rodríguez et al. INDRHI (1990). Síntesis Hidrogeológica del Valle de La Isabela, cuenca del río Masacre (Dajabón).

- INDRHI (1992). Hidrogeología del Valle de Constanza (U.H. Cordillera Central).

- Rodríguez y George INAPA (1995). Estudio de las Aguas Subterráneas entre el Sector de Avedaño y Boca de Gamboa Río Haina.

- Rodríguez Morillo INDRHI (2002). Síntesis Hidrogeológica del Valle de La Isabela, cuenca del río Bajabonico (U.H. Cordillera Septentrional).

- PROINTEC/PROGRAMA SYSMIN. U.E (2003). Estudios Ambientales de Base de las Instalaciones Mineras de Rosario Dominicana.

- EPTISA y PROINTEC (2008). Estudio de la contaminación de las aguas subterráneas de las calizas de Hatillo. El objetivo principal del estudio fue proporcionar un modelo de funcionamiento hidrogeológico del acuífero de las Calizas de Hatillo, como soporte para el estudio de su grado de contaminación, protección frente a futuras y potenciales contaminaciones y remediación de los impactos ya producidos.

- BRGM (2008). Estudio de las cuencas hidrográficas de los ríos Margajita, Maguaca y embalse de Hatillo. Los objetivos del estudio fueron adquirir datos hidrológicos y químicos sobre las cuencas hidrográficas de los ríos Margajita y Maguaca y embalse de Hatillo, que permitieran caracterizar y cuantificar la contaminación producida por las pasadas explotaciones de la mina; estudiar el entorno del embalse de Hatillo y su interacción con el río Margajita, caracterizando el aporte de sólidos y la zona de deposición de fangos contaminados con metales pesados, estudio restringido a la parte aguas arriba del embalse sobre una superficie de 2 km²; evaluar los riesgos humanos y ambientales en la cuenca del río Margajita y en el embalse de Hatillo y definir un Plan de Monitoreo Ambiental.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

Este proyecto se fundamentó en los principios del Reglamento de Trabajo de Grado de la UTECO, aquí se detallan el proceso metodológico que se aplicó en la recopilación y análisis de datos, por tanto, incluye: diseño, tipo y enfoque del proyecto, población de estudio, métodos, técnicas y procedimientos de recolección y métodos y técnicas de análisis de datos.

La metodología de este estudio consideró las siguientes variables: características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de la cuenca del río Chacuey, e impacto de la disposición final en la naturaleza del acuífero.

3.2 Diseño y tipo de investigación

El diseño es no experimental, puesto que la investigación se realizó sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de estudios donde no se hicieron variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, solo es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural del objeto de estudio, para posteriormente analizarlos. (Hernández, 2010 modificado 2015).

3.3 Procedimientos

3.3.1 Características geomorfológicas de la cuenca hidrográfica

Para el desarrollo del ciclo hidrológico en una cuenca, como unidad básica de estudio, ocurren varios fenómenos condicionantes entre sí, los cuales son controlados por las

características geomorfológicas de la misma. Dichas características pueden ser de dos tipos, dependiendo de la manera en que se controlen los fenómenos:

A. Las que condicionan el volumen de escurrimiento, como son el área de la cuenca y el tipo de suelo.

B. Las que condicionan la velocidad de respuesta, como son el orden d corrientes, pendiente de la cuenca y de los cauces, densidad de drenaje, densidad de corrientes, etc.

Para el estudio y determinación de los parámetros geomorfológicos se precisó de la información cartográfica, de la topografía, del uso de suelo y de la permeabilidad de la región estudiada. Los planos usados para estos análisis son de escala 1:50,000.

Este es un estudio de carácter explicativo, en el mismo se han recopilado las informaciones necesarias, entre ellas: parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chacuey, datos pluviométricos, levantamientos de secciones transversales en la planicie de inundación, para la creación de una base de datos con los cuales se alimentaron los softwares utilizados en esta investigación.

Para la simulación hidrológica de crecidas y del comportamiento hidráulico de la cuenca se ha hecho uso de los programas del US Army Corps of Engineers: Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System y River Analysis System, conocido por sus siglas en inglés HEC- HMS y HEC- RAS, respectivamente.

El HEC-HMS puede ser utilizado en conjunto con otros programas de cómputos para realizar estudios de disponibilidad del agua, drenaje urbano, predicción de caudales, impactos de procesos de urbanización, diseño de vertederos de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de planicies de inundación entre otros.

El HEC-HMS se utiliza para la obtención de los hidrogramas de crecida para diferentes periodos de retorno. Este capítulo también abarca el modelamiento hidráulico, en el cual se utilizó el caudal máximo generado con el HMS con la finalidad de conocer o producir la mancha de inundación en la planicie de la cuenca, al considerar el aporte de precipitaciones de la tormenta Noel ocurrida en el periodo octubre-noviembre del 2007.

El HEC-RAS es un programa diseñado para llevar a cabo cálculos hidráulicos en una dimensión para una red completa de canales naturales y artificiales. Para el funcionamiento de HEC-RAS debemos aportar datos geométricos y de caudales. Los datos geométricos fundamentales son diversas secciones transversales a lo largo del cauce. Dichas secciones se introducen mediante la cota de varios puntos; de este modo, mediante la cota de las secciones contiguas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente de ese tramo. Las secciones transversales fueron generadas utilizando ArcGis 10.5 y el Modelo de Elevación Digital 30 m X 30m.

El caudal puede ser un solo valor constante o bien un caudal variable en el tiempo. La sección que ocuparán los caudales generados y las áreas del valle que serán inundadas dependen de la geometría del cauce, de la pendiente y de otros factores. La sección correspondiente a dichos caudales son evaluadas mediante la fórmula de Manning, a partir de la sección se evalúa la altura del agua y a partir de ésta se hace una estimación de las áreas que serán inundadas.

Para la creación de los mapas temáticos presentados en este estudio, se utilizó el programa de sistema de información geográfica ArcGis 10.5.

3.3.2 Riesgos geológicos

La identificación de los riesgos geológicos de la cuenca del río Chacuey se determinaron utilizando como medio, el proyecto de colaboración Cuba–Noruega “Centro de

creación de capacidades para la reducción de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático”, 2016.

La Metodología para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial fue desarrollada por el Grupo de Evaluación de Riesgos de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, 2014, que comprendió la determinación de las zonas susceptibles a inundarse o escenario de peligro y Cálculo de la intensidad y del período de retorno del peligro. En el caso de este proyecto solo se tuvo que georreferenciar la cuenca de estudio en el mapa generado por el grupo antes mencionado.

Para la evaluación de los peligros por deslizamiento se utilizó la Guía metodológica para el estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos de terreno a nivel regional. Elaborada por colectivo de autores del Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA). Para este proyecto solo se procedió a georreferenciar la cuenca del Maguaca en el mapa suministrado por el Grupo Nacional de Evaluación de Riesgo perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA).

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Haciendo uso de los sistemas de información geográfica, a continuación, se describen las características correspondientes a la cuenca del río Chacuey.

4.1 Características geométricas de la cuenca del río Chacuey

Cuadro 1 Características geométricas de la cuenca del río Chacuey

Área de cuenca	170.01 km ²
Perímetro	71.99 km
Longitud cauce principal	44.56 km
Cota de nacimiento cauce principal	240 msnm
Cota desembocadura cauce principal	35 msnm

4.2 Características geomorfológicas de la cuenca del río Chacuey

Número de orden de la cuenca

El mismo se determinó buscando el número de orden de las corrientes tributarias pertenecientes al cauce principal, se utilizó el número de orden mayor para la identificación de la cuenca, el cual es 3.

Coeficiente de compacidad o de Gravelius (Cg)

Indica la forma de la cuenca. Relaciona el perímetro y el área de la cuenca objeto de estudio y viene expresado mediante la fórmula:

$$C_g = 0.28 (P/\sqrt{A_c})$$

El rango de variación de dicho coeficiente es el mostrado en la tabla 2.

Cuadro 2 Clasificación de las formas de cuenca según coeficiente de Gravelius.

C_g	Forma
1.00-1.25	Redonda
1.25-1.50	Ovalada
1.50-1.75	Oblonga

En el caso analizado, el resultado fue de 1.56, por lo que la cuenca tiene una forma Oblonga.

Razón de bifurcación (R_b)

Es la relación por cociente entre el número de cauces de un orden dado y el número de cauces del orden próximo mayor. Viene dada por la siguiente expresión:

$$R_b = N_c / N+1 = 3/3+1 = 0.75$$

Densidad de drenaje (D_d)

Es la relación por cociente de la longitud total de corrientes entre el área de la cuenca. Su expresión de cálculo es:

$$D_d = L_c/A_c$$

Densidad de corrientes (D_c)

Es el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área. Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Dc = Nc/Ac = 9/170.01 = 0.05$$

Pendiente del cauce principal (Si)

Se expresa por el desnivel entre los extremos de la corriente dividida entre su longitud medida en planta:

$$Si = \Delta H/Lt = 240 \text{ m} - 35 \text{ m} / 44,565 \text{ m} = 0.0046$$

La siguiente tabla presenta los valores de los parámetros más importantes indicadores del grado de respuesta de la cuenca en estudio.

Cuadro 3. Valores de características geomorfológicas de la cuenca del Chacuey

Orden de corriente	3
Coefficiente de compacidad o de Gravelius	1.56
Densidad de corriente	0.05
Pendiente del cauce principal	0.46%

Los resultados anteriormente expuestos indican que la cuenca responde rápidamente a una tormenta.

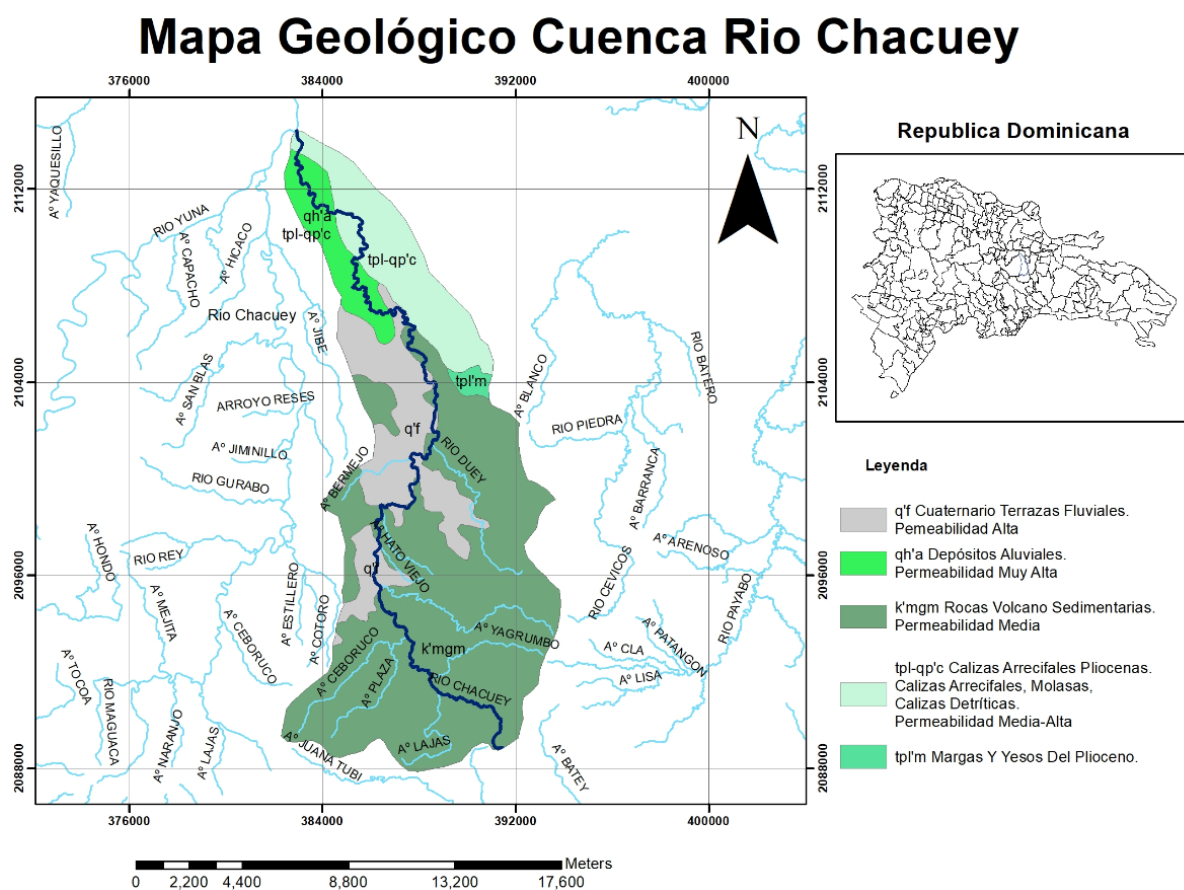
4.3 Determinación del CN

Para la obtención de los valores de CN se clasificó el área de cada segmento de acuerdo con el tipo de suelo y la cobertura vegetal existente en la misma.

El área de estudio presenta una alta variabilidad en el uso de los suelos presentando áreas cubiertas de agricultura, pasto, bosque latifoliado húmedo, cacao, cítrico, matorral latifoliado, piña. En la tabla se presentan los valores de CN para la cuenca con las diferentes

condiciones de cobertura vegetal y tipos de suelos. En tabla 4 se muestran las diversas clases de suelos con sus respectivas áreas de uso.

Para este cálculo fue necesario realizar el mapa geológico para determinar las diferentes litologías en la cuenca y las permeabilidades (figura 4.1).

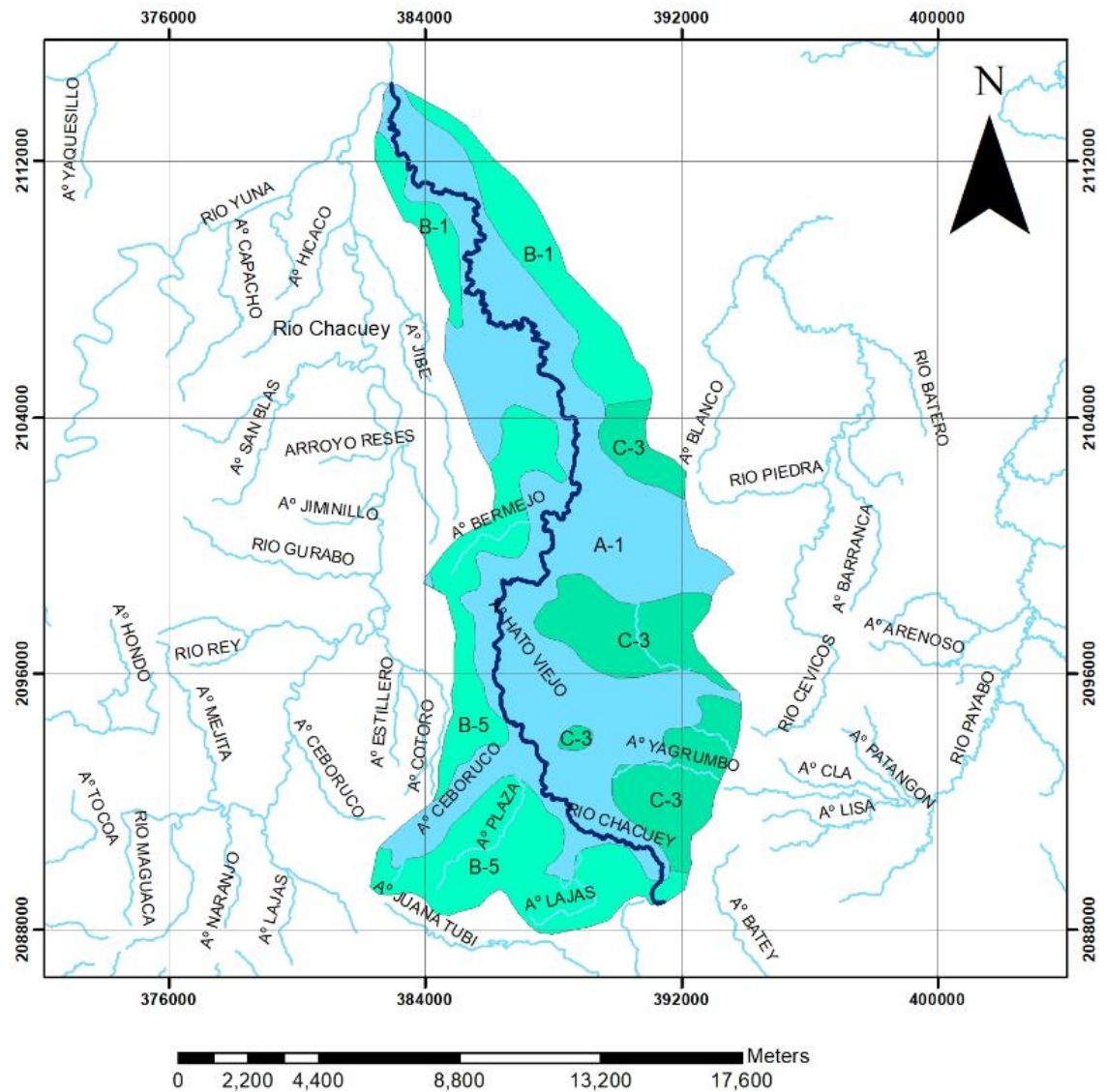


Fuente: Elaborado por los sustentantes en ArcGIS 10.5.

Figura 4.1 Mapa geológico de la cuenca río Chacuey.

El mapa hidrogeológico se elaboró para determinar los tipos de suelo en la cuenca, como son el A, B y C (figura 4.2).

Mapa Hidro-geológico Cuenca Rio Chacuey



Fuente: Elaborado por los sustentantes en ArcGIS 10.5.

Figura 4.2 Mapa hidrogeológico de la cuenca río Chacuey.

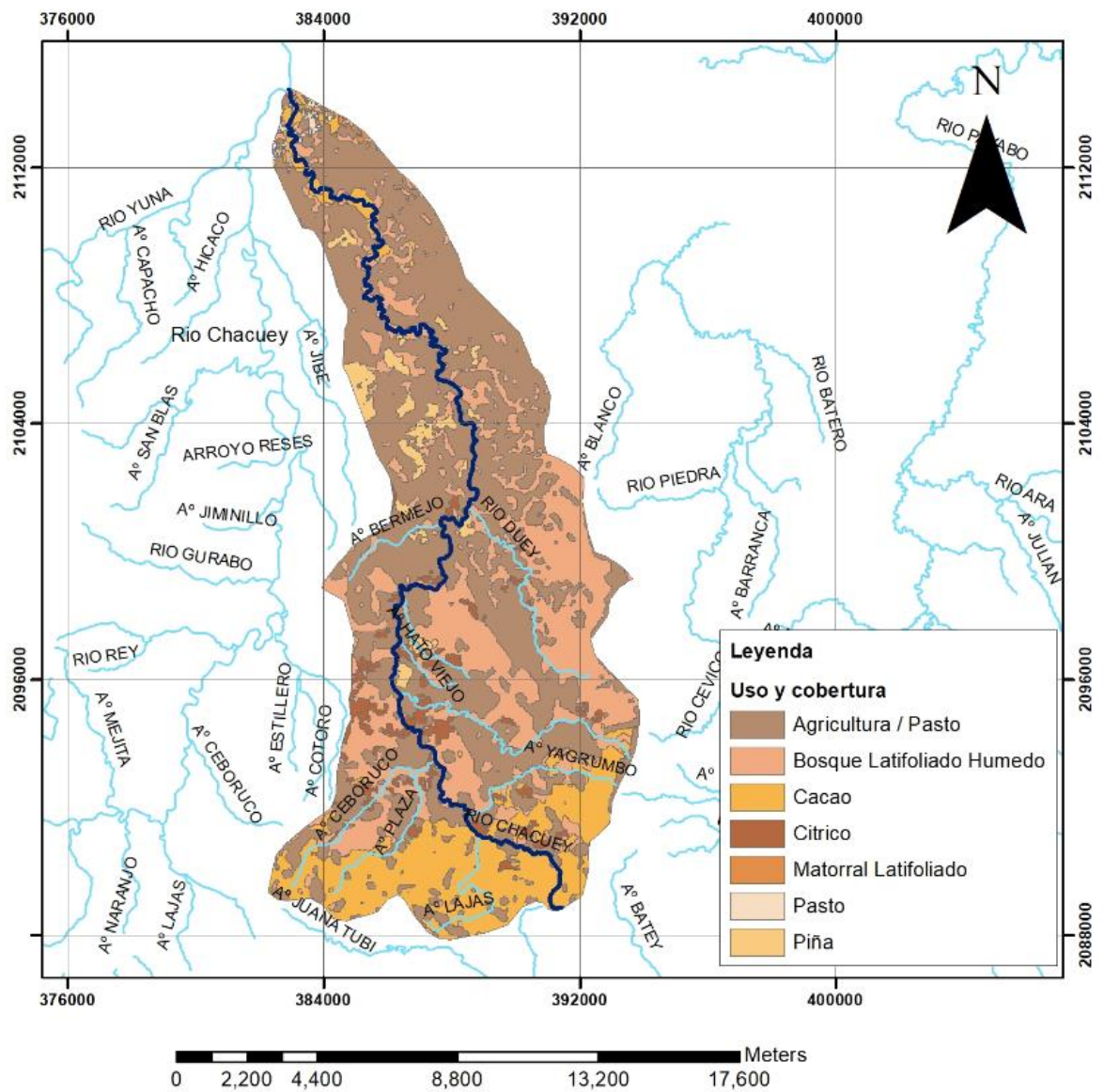
Suelos tipo A, corresponde al tipo de suelo que ofrece menor escorrentía. Los suelos tienen mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprende los terrenos profundos, sueltos, con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla.

Suelos tipo B, de la clasificación hidrológica de los suelos, de moderada permeabilidad cuando están saturados, comprendiendo los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, aquellos otros de textura francoarenosa de mediana profundidad y los francos profundos.

Suelos tipo C, Suelos que tienen capacidades de infiltración bajas cuando están completamente húmedas principalmente de suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo del agua o suelos con textura fina o moderadamente fina, estos suelos tienen baja transmisión de agua.

El mapa de usos y cobertura del suelo se elaboró para determinar los tipos de cultivos que hay en la cuenca (figura 4.3).

Mapa de uso y cobertura Cuenca Rio Chacuey



Fuente: Elaborado por los sustentantes en ArcGIS 10.5.

Figura 4.3 Mapa de uso y cobertura de la cuenca río Chacuey.

Con el cruce de los tres mapas finalmente se calculó el CN en la cuenca del río Chacuey, cuyo resultado fue 76.44.

CN en la cuenca del río	
Chacuey	76.44

4.4 Modelación hidrológica (HEC-HMS 4.5)

Para el modelo hidrológico se trabajó con la cuenca del río Chacuey hasta su desembocadura en el río Yuna. El área es de 170.01 km². Se consideró una sola subcuenca ya que no existen datos hidrométricos de los tributarios al cauce principal.

Análisis de Crecida

El caudal máximo o de diseño se obtuvo mediante la aplicación del programa del HEC-HMS, por sus siglas en ingles. El HEC-HMS es un programa complejo que calcula el Hidrograma producido por una cuenca si se le facilitan los datos físicos de la misma, además de los datos hidroclimáticos como son los de precipitación, caudales, etc.

El software realiza la separación de lluvia neta, calcula la escorrentía directa producida por dicha precipitación, suma a la escorrentía directa la escorrentía básica, si existía previamente; además que calcula la evolución del hidrograma a medida que discurre a lo largo de un cauce o a través de un depósito o embalse, es decir, el tránsito de hidrogramas.

El programa HEC-HMS incluye en su formulación modelos de eventos y modelos continuos, que permiten abordar el tratamiento de ambos tipos de situaciones. Además, incluye diferentes alternativas consideradas en la modelación de la cuenca y en la modelación de los diferentes componentes específicos que intervienen en el proceso general de transformación de precipitaciones en caudales.

Los datos de entrada utilizados por el software son los siguientes:

Para el modelo de cuenca:

- Área de la subcuenca
- Número de curva CN
- Tiempo de respuesta de la cuenca (Tlag)

El tiempo de respuesta de una cuenca corresponde aproximadamente al 60% del tiempo de concentración de la misma, gráficamente coincide con la distancia desde el centro de gravedad del hietograma y el pico del hidrograma.

Para el modelo meteorológico

Para la elección del tipo de precipitación a utilizar en el programa, en este caso SCS Storm, en el modelo meteorológico, se hizo la simulación para una tormenta ocurrida en 24 horas, en este análisis se consideró la tormenta Noel ocurrida en el año 2007.

Elección del tipo de tormenta que aplica a la zona del caribe, según el histograma de lluvia de 24 horas del Soil Conservation Service (SCS), es el tipo II.

Para las especificaciones de control

Fecha y hora de inicio y final del evento simulado

Tiempo de concentración del cauce principal

Es el tiempo requerido por una partícula de agua ubicada en el punto hidráulicamente más distante de la cuenca para fluir hasta el punto de salida de interés o de salida de la cuenca. Está en función de la longitud y la velocidad del flujo. Este tiempo se ha estimado utilizando la fórmula de **Kirpich** = $T_c = 0.000323 \times (L^{0.77} / S^{0.385})$.

Donde:

Tc = tiempo de concentración en horas

L = longitud del río Principal en metros

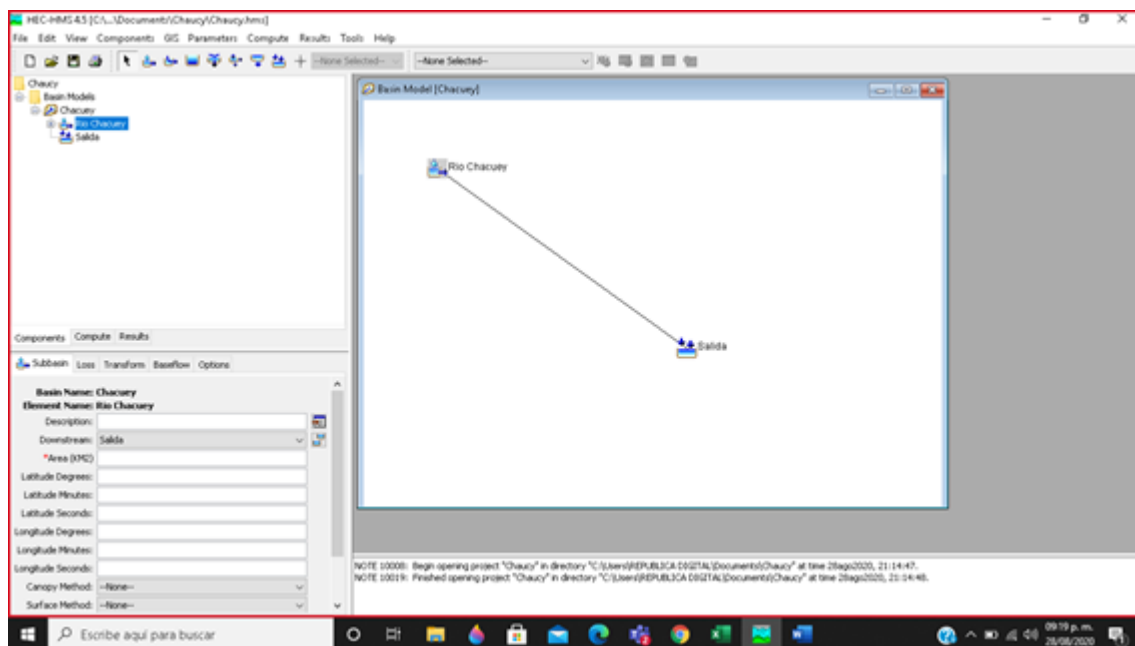
S = pendiente del río principal (m/m)

El tiempo de respuesta o Tlag es considerado como el 60% del T_c

El resultado del tiempo de concentración T_c fue de 9.74 horas, equivalente a 584.68 minutos, mientras que el tiempo de respuesta Tlag fue de 350.81 minutos.

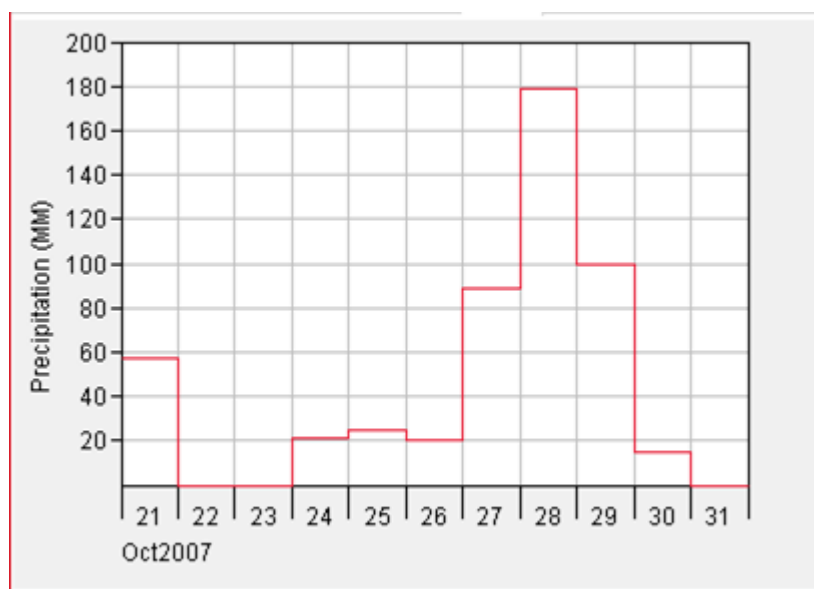
Resultados de la simulación hidrológica realizada para la cuenca del río Chacuey:

Modelo de cuenca del río Chacuey.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HEC-HMS.

Figura 4.4 Aquí podemos observar el modelo de la Cuenca Rio Chacuey.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HEC-HMS.

Figura 4.5 Histograma (lluvia en mm Vs tiempo en horas) producido por la tormenta Noel en el periodo analizado.

Global Summary Results for Run "Run 2"

Project: Chaucy Simulation Run: Run 2

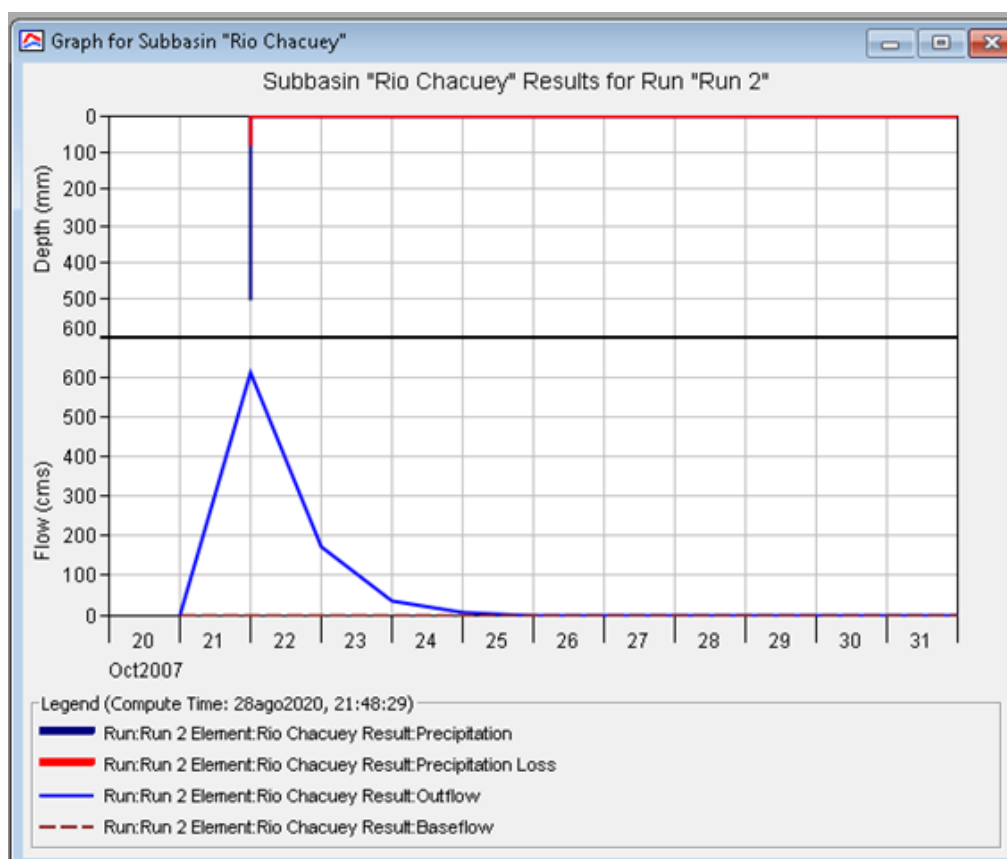
Start of Run: 21oct2007, 00:00 Basin Model: Chacuey
 End of Run: 01nov2007, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 28ago2020, 21:48:29 Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/5)	Time of Peak	Volume (MM)
Rio Chacuey	170	612.6	22oct2007, 00:00	419.07

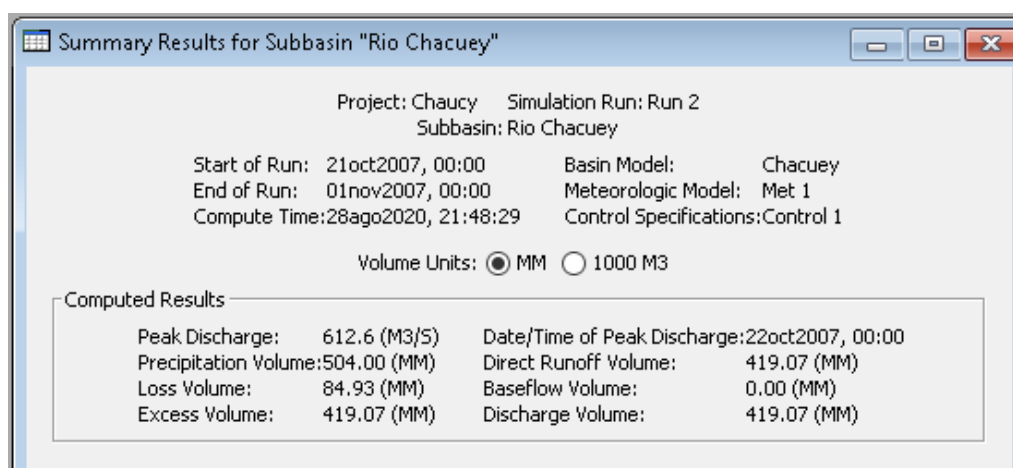
Fuente: Elaborado por los sustentantes en HEC-HMS.

Figura 4.6 Tabla resumen de los resultados de la simulación. Cuenca Rio Chacuey



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HEC-HMS.

Figura 4.7 Gráfico cuenca río Chacuey que muestra la profundidad de precipitaciones en mm y el hidrograma de la crecida producida por la tormenta Noel, para un caudal pico de 612.60 m³/s



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HEC-HMS.

Figura 4.8 Tabla resumen de los resultados de la cuenca del río Chacuey, tales como, descarga pico, volumen de precipitación, volumen de pérdidas, volumen de excesos, escorrentía directa y volumen de descarga.

4.5 Modelación Hidráulica (HEC-RAS 5.0.7)

El efecto producido por el caudal máximo generado por el programa HMS para la tormenta Noel, la sección que ocuparán dicho caudal y la estimación de las áreas del valle que serán inundadas se evaluaron mediante la aplicación del HEC-RAS.

Los datos de entrada utilizados por el software fueron los siguientes:

Para la geometría del cauce:

- Esquema del cauce (nombre del río y del tramo)
- Secciones transversales (estación y elevación)
- Distancia hasta la sección siguiente
- Distancia entre las márgenes izquierda, derecha y a lo largo del centro del canal
- Acotación del canal principal
- Valores de Manning y coeficientes de contracción/expansión

Para los caudales:

- Número de perfiles a calcular (hipótesis de cálculo para varios caudales)
- Caudal en m³/s para cada perfil
- Condiciones de contorno

Para la ejecución del modelo:

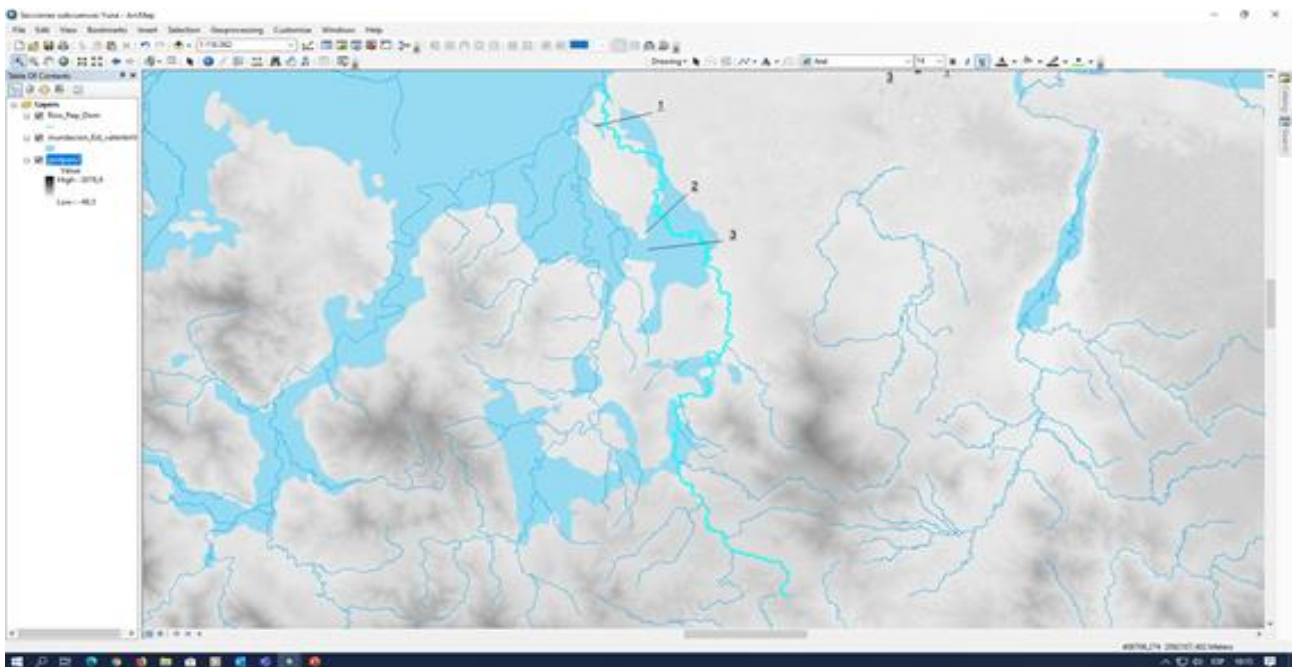
- Tipo de caudal (constante o variable)
- Régimen del flujo (sub-crítico o super-crítico)
- Plan o conjunto condiciones elegidas (geometría, caudal y régimen)

Análisis de los resultados obtenidos en la modelación

El modelamiento hidráulico realizado en este estudio, analiza el comportamiento de río Chacuey para el caudal generado por la tormenta Noel en el año 2007.

El valor apropiado de rugosidad de Manning utilizado fue de 0.040 elegido de la tabla disponible en el programa Hec-Ras para canales principales.

Los coeficientes de contracción y expansión utilizados fueron los valores típicos recomendados por Hec-Ras 0.1 y 0.3 para flujos subcrítico con transición gradual.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en ArcGIS 10.5.

Figura 4.9 En esta figura se puede observar una vista en planta de la geometría de las secciones que analizamos de la cuenca del río Chacuey.

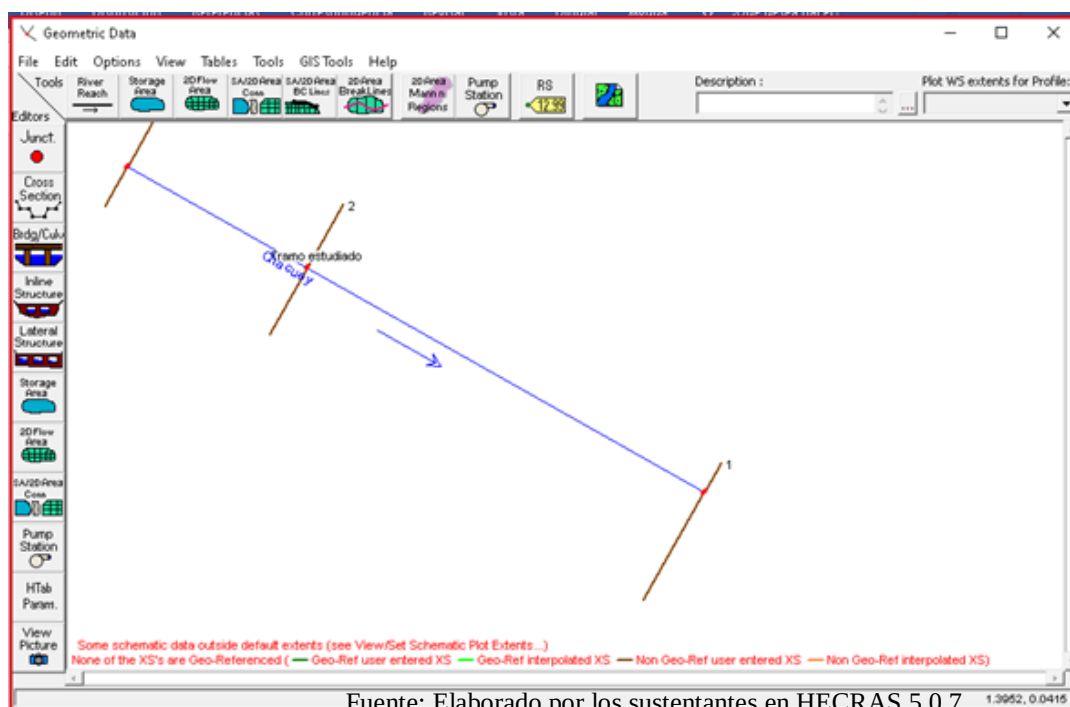
Secciones río Chacuey	Distancia (m)	Elevación (msnm)
3	0	60
	2451	79
	3227	95
2	0	78
	1259	92
	2574	95
1	0	74
	574	81
	2694	93

Fuente: Elaborado por los sustentantes en Microsoft Excel.

Figura 4.10 En esta tabla podemos observar las secciones del río y resultado de Distancia (m) y elevación (msnm).

Resultados de la simulación hidráulica realizada para la cuenca del río Chacuey

Vista en planta del tramo del río Chacuey estudiado y las secciones transversales elegidas.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

Figura 4.11 En esta figura se puede observar una vista en planta de las secciones que se analizaron de la cuenca del río Chacuey.

Secciones transversales del cauce, estación, elevación, distancia entre las márgenes izquierdas, derechas y centro del canal, acotación del canal principal, valores de Manning y coeficientes de contracción/expansión para 3 secciones típicas elegidas.

Cross Section Data

Exit Edit Options Plot Help

River: Chacuey Apply Data Plot Options Keep Prev XS Plots Clear Prev Plot Terrain (if available)

Reach: Tramo estudiado River Sta.: 1

Description

Del Row Ins Row

Cross Section Coordinates	
Station	Elevation
1 0	74
2 554	80.756
3 574	81
4 594	81.113
5 2694	93
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
0	0	0

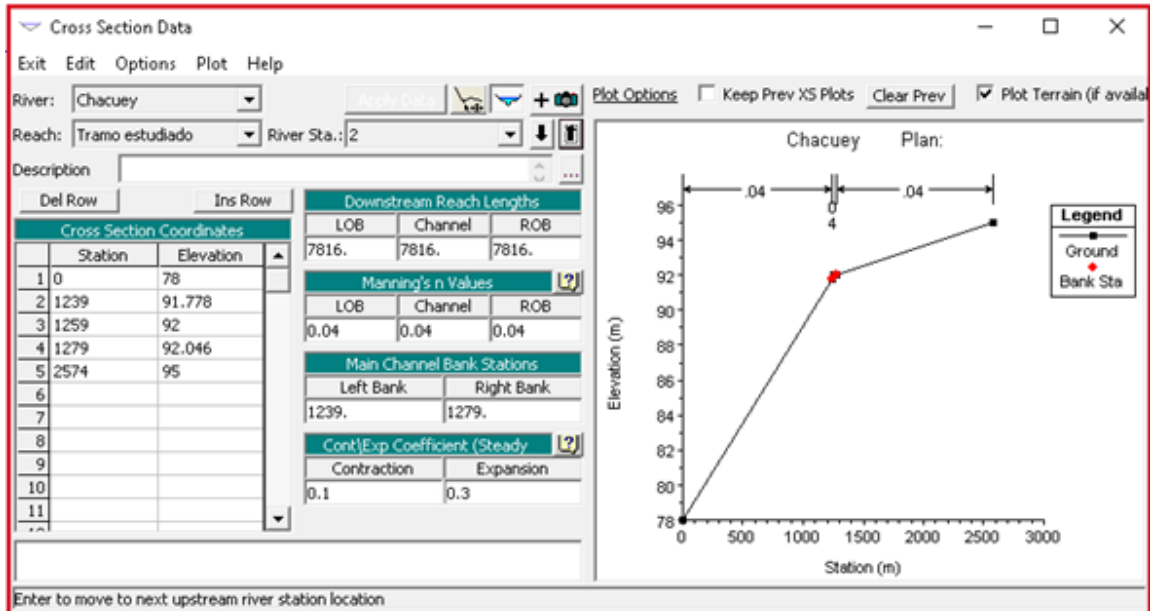
Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.04	0.04	0.04

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
554	594

Cont Exp Coefficient (Steady)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

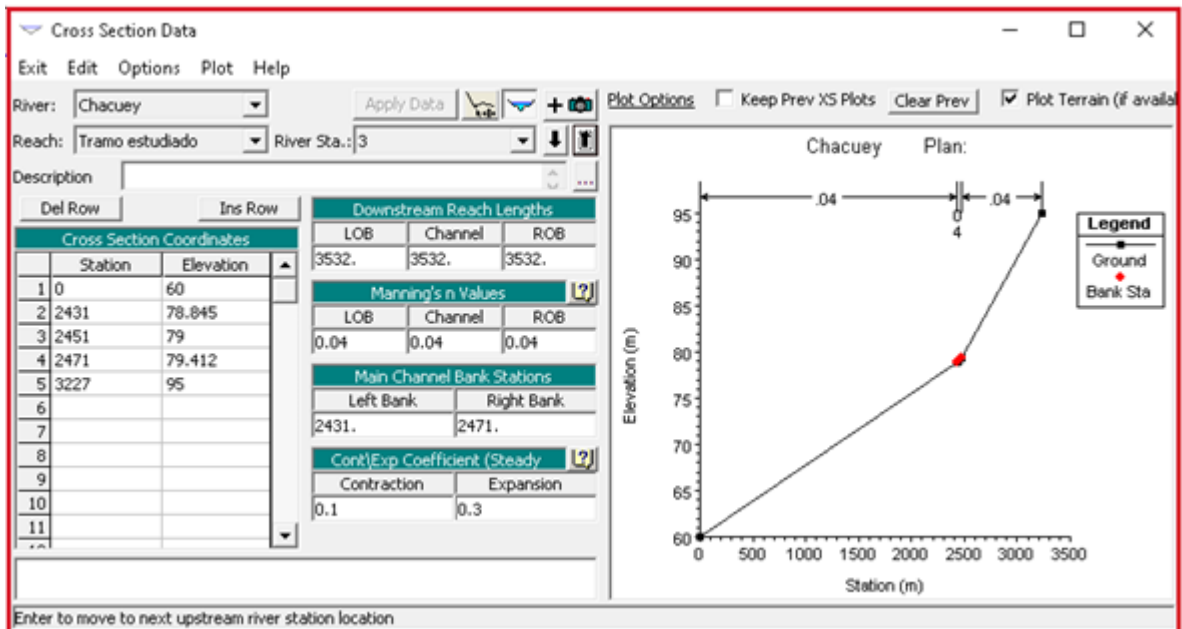
Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

Figura 4.12 En esta figura se pueden observar los datos geométricos de la sección No.1.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

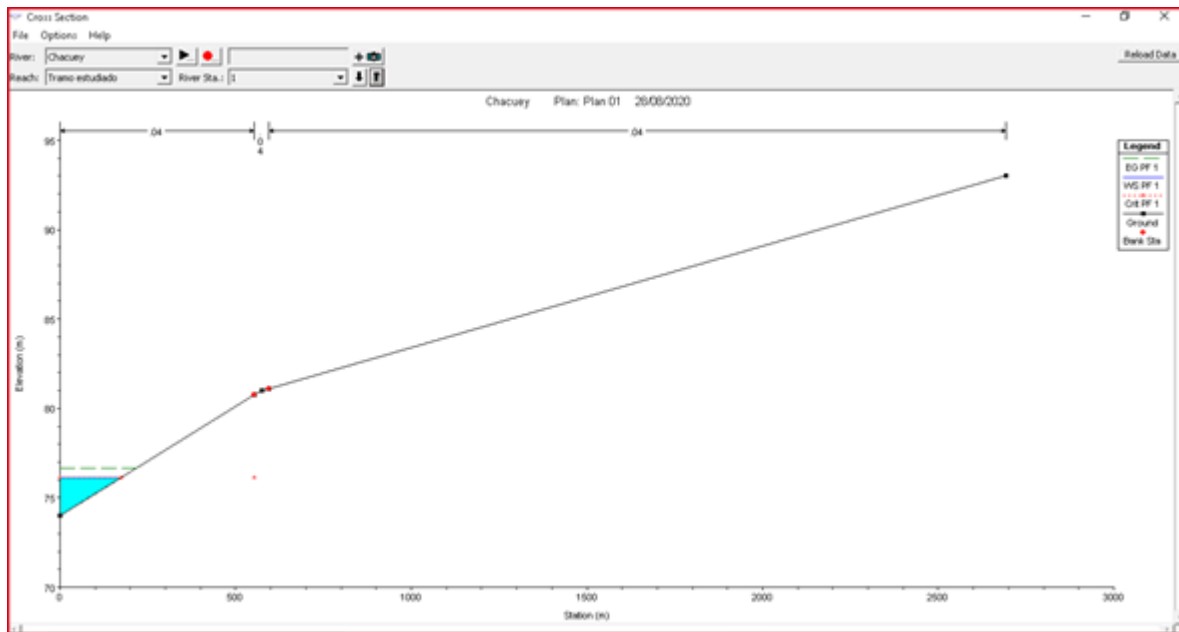
Figura 4.13 En esta figura se pueden observar los datos geométricos de la sección No.2.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

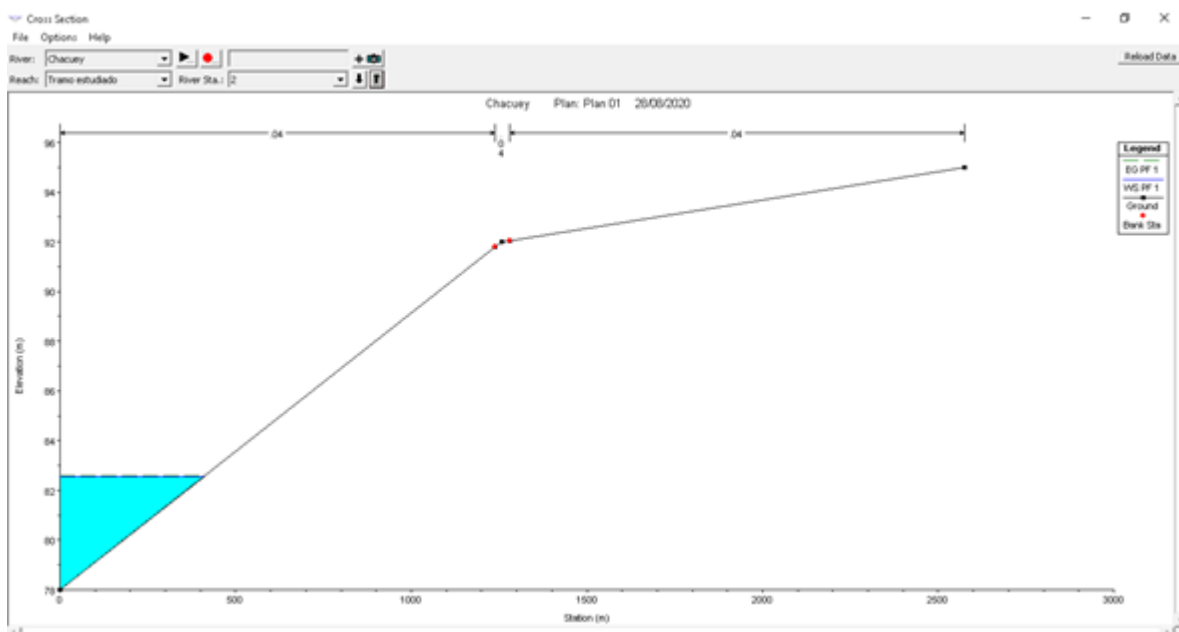
Figura 4.14 En esta figura se pueden observar los datos geométricos de la sección No.3.

Secciones transversales con lámina de agua en la planicie del río Chacuey. Al evaluar la altura del agua en las diferentes secciones se puede hacer una estimación de las áreas que serán inundadas.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

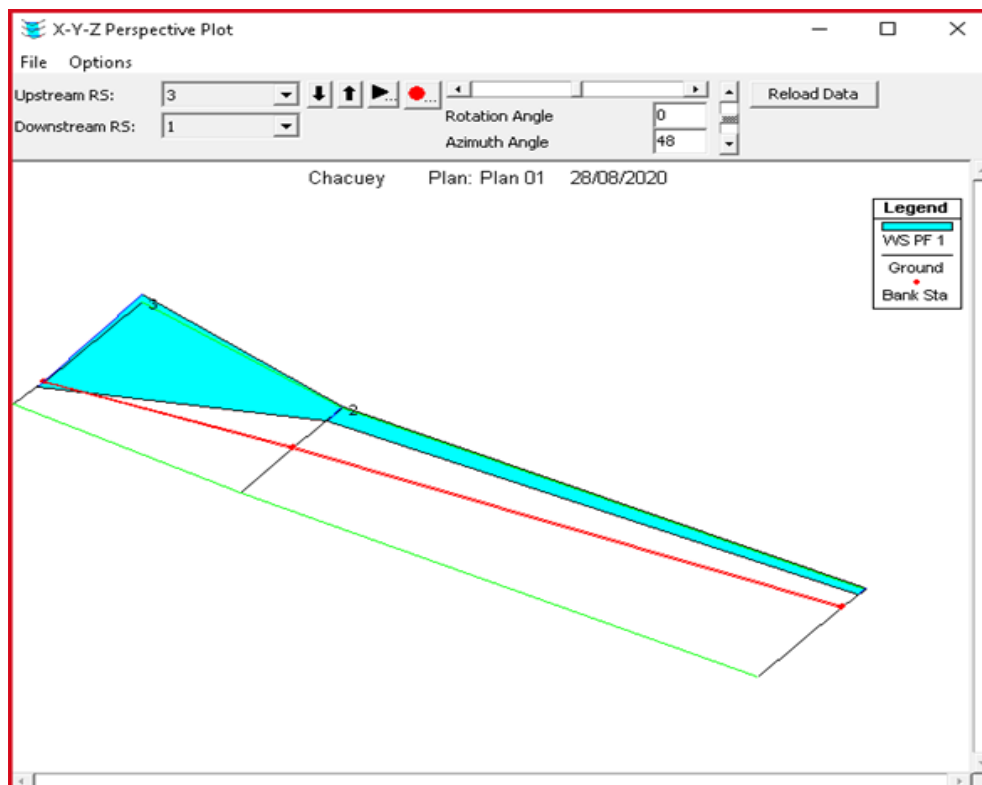
Figura 4.15 En esta figura se puede observar la lámina de agua de la sección No.1.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

Figura 4.16 En esta figura se puede observar la lámina de agua de la sección No.2.

Vista en perspectiva de las secciones transversales. Perfil hidráulico calculado por el modelo HEC-RAS para la tormenta Noel.



Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

Figura 4.17 En esta figura se puede observar el perfil hidráulico de las secciones 1, 2 y 3.

Tabla resumen en la que se observan las variables hidráulicas de las tres secciones transversales elegidas en la planicie de inundación de la cuenca del río Chacuey.

Tabla 4 Resumen en la que se observan las variables hidráulicas

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Chacuey Reach: Tramo estudiado Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Tramo estudiado 3	3	PF 1	613.00	78.85	82.58	61.79	82.58	0.000000	0.01	32358.00	2624.42	0.00
Tramo estudiado 2	2	PF 1	613.00	91.78	82.55		82.57	0.000235		931.16	409.23	0.00
Tramo estudiado 1	1	PF 1	613.00	80.76	76.14	76.14	76.68	0.015753		188.14	175.66	0.00

Fuente: Elaborado por los sustentantes en HECRAS 5.0.7.

4.6 Riesgos geológicos

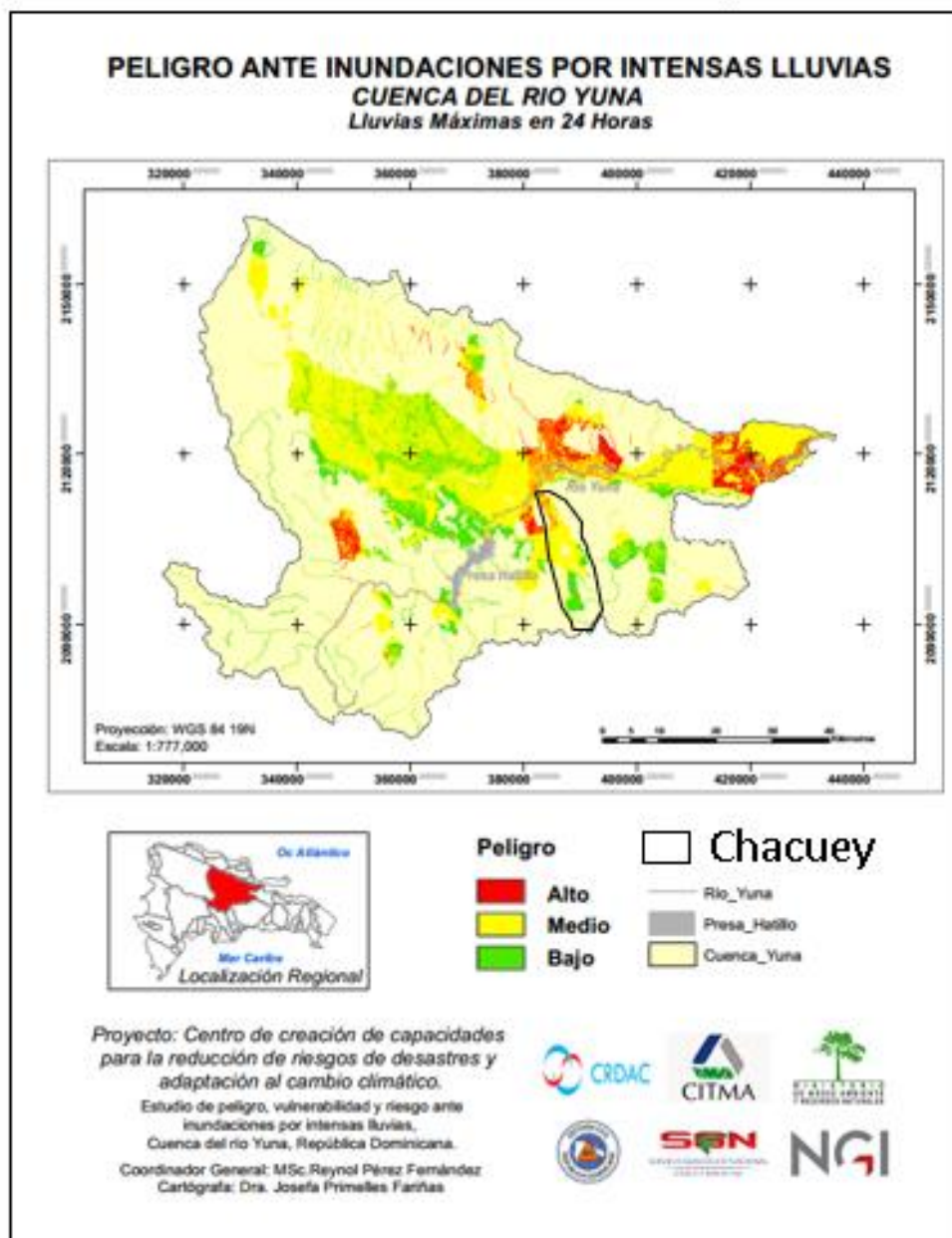
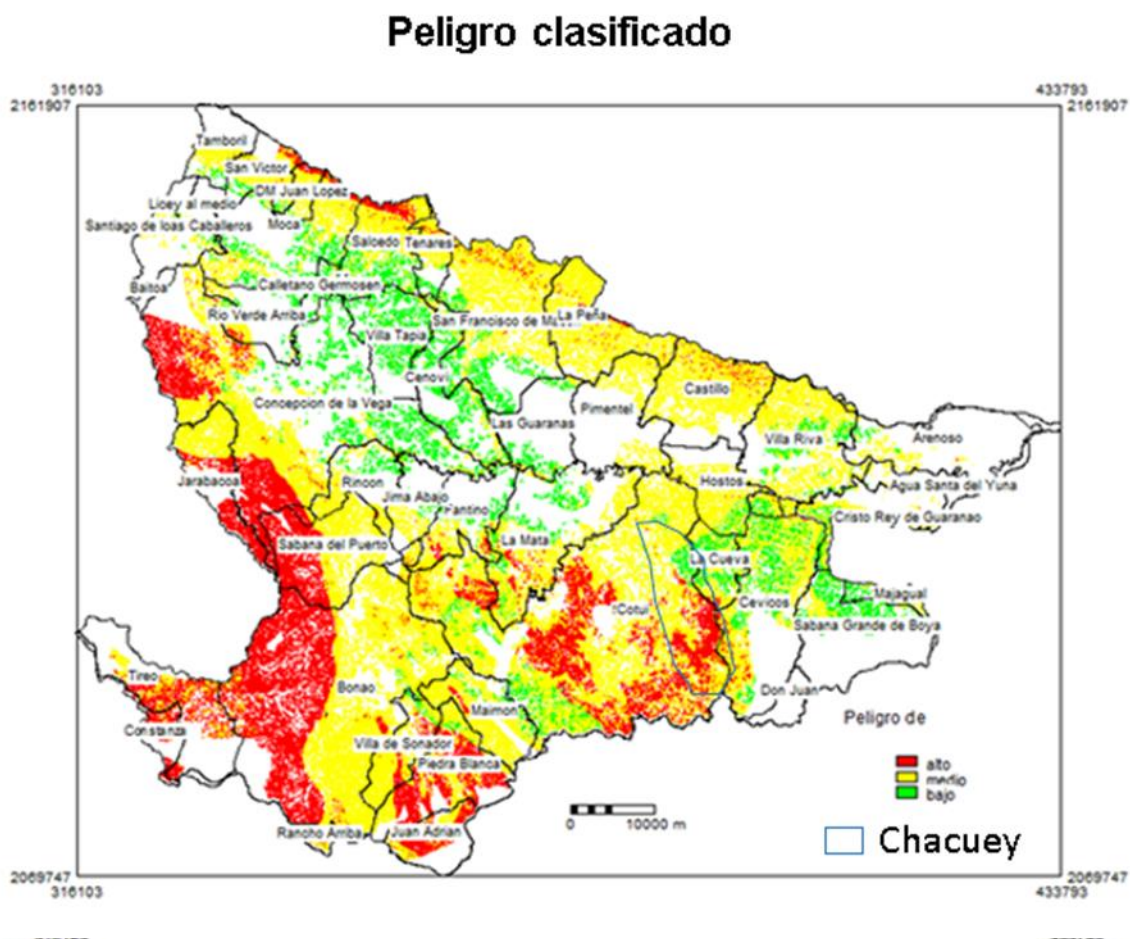


Figura 4.18 Aquí podemos observar mapa de peligro de inundaciones por intensas lluvias, el color rojo representa el nivel alto, el amarillo medio y el verde bajo.

De acuerdo al mapa de Peligro ante Inundaciones por Intensas lluvias, en la cuenca del río Chacuey, el peligro es alto en la parte baja, próximo a la desembocadura en el río Yuna, es medio en la cuenca media y es bajo en la cuenca alta.



Fuente: Elaborado por instituto cartográfico dominicano.

Figura 4.19 Mapa de Peligro Clasificado ante deslizamientos.

De acuerdo al mapa de Peligro Clasificado ante deslizamientos, en la cuenca del río Chacuey, el peligro es alto en la parte alta, desde el nacimiento del río hasta la cuenca media, es medio en la cuenca media y baja, es bajo solo en el límite noreste de la divisoria que coincide con la cuenca del río Cevicos.

4.7 “Gestión y organización del proyecto”

4.7.1 Identidad y estructura organizacional de la UTECO

Naturaleza

El Instituto Tecnológico del Cibao Oriental (ITECO) es una institución pública de educación superior, siendo la única universidad ubicada en la provincia Sánchez Ramírez. Fundado por el Patronato Pro Desarrollo de la Prov. Sánchez Ramírez el 10 de febrero del 1982, con fondos provenientes de la explotación minera de Pueblo Viejo, para coadyuvar al progreso económico y social del Cibao Oriental y el país, al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y a la preservación de su patrimonio espiritual y material, a través de la educación superior, el desarrollo de la cultura y la investigación científica y tecnológica. Es reconocido por el Poder Ejecutivo de la Nación mediante decreto no.820 del 25 de febrero del 1983. (Plan Estratégico, 2011)

Es reconocida mediante ley 236-14 que declara al Instituto Tecnológico del Cibao Oriental (ITECO) como universidad estatal, adscrita al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología. En lo adelante esta institución se denominará Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), con idénticos atributos a cualquier institución de educación superior oficial de carácter público, para facilitar su continuo crecimiento y consolidar su contribución al desarrollo sostenido de la nación dominicana, mediante servicios de docencia, investigación y extensión. (Ley no.236-14, artículo 1).

Misión

La Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) es una institución de servicio público sin fines de lucro, creada para coadyuvar al progreso económico, social y cultural del

país, al mejoramiento de la calidad de vida de la población dominicana, y a la conservación del patrimonio espiritual, cultural, material e histórico de la nación, a través de la educación superior, la investigación, la creación y difusión del conocimiento científico y tecnológico.

Visión

Ser una institución de educación superior con proyección nacional e internacional en búsqueda permanente de la excelencia.

De oferta académica actualizada y pertinente que incorpora nuevos programas y modalidades educativas y pedagógicas. De gestión eficiente y propulsora del talento humano. Promotora de la investigación, la innovación tecnológica, la responsabilidad social y ambiental. Estrecha vinculación con el Estado, el sector productivo y la comunidad. Lugar de concertación, análisis y búsqueda de soluciones a los problemas comunitarios y nacionales.

Valores

La Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) se define como una comunidad académica cuyas actividades se fundamentan en un conjunto de principios y valores indispensables para el trabajo científico, tecnológico y el desarrollo humano. Estos principios y valores son:

- a) Objetividad en el trabajo, el rigor y la sistematización en el quehacer científico;
- b) La excelencia en el trabajo académico y la generosidad en el servicio a la sociedad;
- c) La pluralidad en el campo ideológico, político y creencias religiosas, dentro de un marco estrictamente apartidista y pluralista;
- d) La solidaridad, la tolerancia y el respeto a los derechos humanos;
- e) La justicia, la libertad y la fraternidad;
- f) La inserción crítica del trabajo académico en la realidad social.

Objetivos

La Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), como institución de educación superior comprometida con el pueblo dominicano, la comunidad local e internacional, postula los siguientes objetivos:

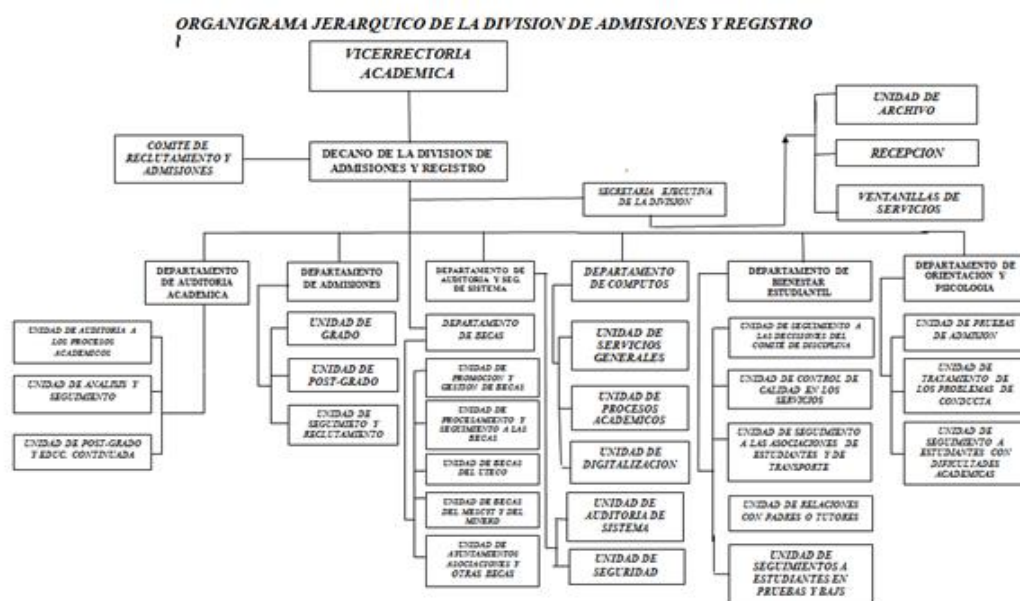
- a) Mantener su fidelidad a los ideales de una sociedad integralmente democrática, para lo cual es consustancial a la más amplia libertad de cátedra y de investigación científica y tecnológica;
- b) Procurar la formación integral de sus miembros, inculcando en ellos un sentido de responsabilidad, rigor científico, objetividad en todas las acciones, el valor, de la ética, la honestidad, la verdad, el amor al trabajo en equipo, el respeto al diálogo creador y un espíritu innovador y constructivo;
- c) Transmitir e incrementar el conocimiento por medio de la ciencia y de las artes, poniendo al servicio de la comunidad las acciones realizadas por sus profesores, investigadores, estudiantes y egresados;
- d) Conservar, enriquecer y difundir los valores culturales del pueblo dominicano y fortalecer la conciencia de su unidad territorial y espiritual con el fin de resolver democráticamente sus problemas;
- e) Procurar la formación plena del estudiante, haciendo énfasis en su responsabilidad como servidor de la comunidad local, nacional e internacional y en función de los requerimientos y demandas de los procesos de desarrollo integral de la sociedad dominicana.

Eslogan: UTECO patrimonio de la comunidad

Símbolos distintivos



Organigrama



4.7.2 Influencia de la organización y ciclo de vida del Proyecto

En la UTECO en materia de investigación se asumen las siguientes políticas: Se declara como de alta prioridad las investigaciones vinculadas con: ambiente, recursos naturales, cambio climático y gestión ambiental, desarrollo y seguridad alimentarias y nutricional, tecnologías, innovación y energías renovables, salud pública, enfermedades crónicas e infecciosas, territorialidad, riesgo y desarrollo local, población, educación, inclusión social e interculturalidad, democracia, gobernabilidad y seguridad ciudadana.

Este proyecto es una propuesta consorciada entre la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental UTECO y otras instituciones: Instituto Nacional de Aguas, Potables y Alcantarillados (INAPA), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Ayuntamiento Municipal de Chacuey.

La duración de este proyecto está prevista para 12 meses. Fecha de inicio 10 de septiembre 2020 y fecha final 20 de septiembre 2021.

4.7.3 Descripción de la estructura del equipo de proyecto

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): es la institución líder y responsable del proyecto.

Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales de la UTECO: es quien tendrá a cargo la coordinación técnica del proyecto.

El departamento de Administración de la UTECO: maneja los fondos del proyecto, el financiamiento que se consiga.

Investigadores del proyecto

Investigador Principal

Greydy Jhaniel Suarez R.: es estudiante de término de Ingeniería en Geología en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), nacido el 28 de noviembre del año 1996, vive en República Dominicana, provincia Sánchez Ramírez, Cotui. Cursos Realizados: Técnico en Manejo de Programas de oficinas (2011), Intensivo English Program en (UTECO) (2016), Software aplicado a la geología (2017), Rocas Metamórficas (2017), Control de Calidad de aguas superficiales y subterránea.

Co-Investigadores

Lourdes Eliana Domínguez Rondón: es una estudiante de término de la carrera de Geología en Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO). Técnico en Contabilidad egresada del Politécnico Juan Sánchez Ramírez (2015). Realizó el Programa de Inglés por Inmersión en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) en el 2015. Diplomado en Prevención de Riesgos Laborales, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (2020). Curso realizado en Hidrogeología Aplicada y Control de Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).

Dalina Leonardo Santos: estudiante de término en ingeniería en Geología de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Técnica en Informática en el Liceo Técnico Pedro Francisco Bonó (2012), Técnica en Diseño de Pagina Web (2012), Técnica de manejadora de Power Point (2012), Técnica de Manejadora de Programas de Ofices (2011), Técnica de Manejadora de Programas Oficina e Internet (2012), Programa de Ingles por Inmersión en la UTECO (2016), Especialidad en Minería Subterránea en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (México 2018), Curso en Software Aplicado a la Geología en la UTECO, Curso en Petrografía de Rocas Metamórficas en la UTECO, Curso en Deposito Volcánico en la UTECO, Curso en Hidrogeología Aplicada y Control de Calidad de las Aguas

Superficiales y Subterráneas en la UTECO, y un curso en Ordenamiento Territorial Ambiental, Peligro, Riesgos Geológicos y Ambientales en la UTECO.

Mariana Decamps Núñez: es una estudiante de término de la carrera de geología en la Universidad tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), pendiente para la presentación final (cursando actualmente) y graduación (propuesta para realizar en febrero 2020). Técnica en minería egresado del politécnico Juan Sánchez Ramírez (2013). Programa de inglés por inmersión en la universidad Tecnológica del Cibao oriental (UTECO).

Yanneyry González Rosario: es una estudiante de término de la carrera de geología en la Universidad tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), técnico en digitador operador en el politécnico Juan Sánchez Ramírez, Programa de Ingles por Inmersión en la UTECO, Curso en Software Aplicado a la Geología en la UTECO, Curso en Petrografía de Rocas Metamórficas en la UTECO, Curso en Deposito Volcánico en la UTECO, Curso en Hidrogeología Aplicada y Control de Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas en la UTECO, y un curso en Ordenamiento Territorial Ambiental, Peligro, Riesgos Geológicos y Ambientales en la UTECO.

Las accesorias para la realización del proyecto se recibirán de parte de:

Juan Antonio Graciano: quien es el decano de la faculta de Ingeniería de Recursos Naturales de la UTECO.

Yenny A. Rodríguez Encarnación: es ingeniero Civil y MSc en Evaluación Ambiental por la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD, 2013), Profesora investigadora en la Universidad Nacional de Ciencias Exacta (INCE) desde 2013, y Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) desde abril 2015.

Sumará Borromé: es Ing. Civil por la Universidad Central del Este y MSc. En Ingeniería del Agua y del Terreno por la Universidad Politécnica de Cartagena (España; año 2014). Es especialista en la evaluación de servicios ecosistémicos de humedales vinculados a aguas subterráneas, tema en el que desarrolló su Trabajo Fin de Máster (Borromé, 2014; Borromé et al., 2015).

Otras Instituciones

INDRHI: llevará el control de los recursos hídricos, velando que se cumplan con los estándares de calidad.

4.7.4 Descripción del proceso de dirección del proyecto

Cuadro 5 Descripción del proceso de dirección del proyecto

Actividades	Institución encargada	Responsabilidad	Objetivos	Política de calidad
Visitas y encuestar a los agricultores, preguntando cantidad y tipo de los productos químicos que ellos usan ¿Cuál es el que más utilizan?	UTECO	Proporcionará los encargados de realizar estos levantamientos de datos y a su vez su capacitación para realizar esta labor.	Determinar los productos químicos que se utilizan en la actividad agrícola en la cuenca de Chacuey	Transmitir e incrementar el conocimiento por medio de la ciencia y de las artes, poniendo al servicio de la comunidad las acciones realizadas por sus profesores, investigadores, estudiantes y egresados;
Visitar los comercios encargados de	UTECO	Proporcionará los encargados de	Determinar los productos	Transmitir e incrementar el

distribuir los productos químicos, preguntarles, ¿Cuáles son sus productos más vendidos?		realizar estos levantamientos de datos y a su vez su capacitación para realizar esta labor.	químicos que se utilizan en la actividad agrícola en la cuenca de Chacuey	conocimiento por medio de la ciencia y de las artes, poniendo al servicio de la comunidad las acciones realizadas por sus profesores, investigadores, estudiantes y egresados;
Visitar la comunidad y socializar con ellos sobre temas agrícolas, productos utilizados para la agricultura	UTECO	Proporcionará los encargados de realizar estos levantamientos de datos y a su vez su capacitación para realizar esta labor.	Determinar los productos químicos que se utilizan en la actividad agrícola en la cuenca de Chacuey	Transmitir e incrementar el conocimiento por medio de la ciencia y de las artes, poniendo al servicio de la comunidad las acciones realizadas por sus profesores, investigadores, estudiantes y egresados;
Caracterización de las unidades hidrogeológicas, ubicación y límites de los acuíferos; inventario de puntos de agua, nivel piezométrico, zonas	INDHRI	Caracterización de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del río Chacuey	Determinar el impacto de los productos químicos usados en la actividad agrícola en la calidad de las aguas subterráneas y	Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y alveolos de aguas nacionales, tanto

de recarga y descarga.			superficiales en la cuenca del río Chacuey.	superficiales como subterráneas
Análisis físico- químicos de aguas superficiales y Subterráneas.			Determinar el impacto de los productos químicos usados en la actividad agrícola en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del río Chacuey.	
Análisis isotópicos aguas superficiales y Subterráneas.			Determinar el impacto de los productos químicos usados en la actividad agrícola en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del río Chacuey.	
Análisis de metales pesados			Determinar el impacto de los	

			productos químicos usados en la actividad agrícola en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del río Chacuey.	
Envío de muestras al laboratorio	INAPA	Se encargará de llevar las muestras al laboratorio correspondiente	Determinar el impacto de los productos químicos usados en la actividad agrícola en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del río Chacuey.	Proveer los servicios de agua potable y saneamiento conforme a los parámetros de calidad establecidos, a la población dominicana en su ámbito de competencia territorial, contribuyendo a mejorar la salud y calidad de vida de los usuarios, en armonía y respeto al medio ambiente.
Interpretación de los datos arrojados por el análisis mandado a hacer a las muestras	INDRHI	Interpretar los datos arrojados por los	Determinar el impacto de los productos químicos usados en la actividad agrícola en la	Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y alveolos de aguas nacionales, tanto

		diferentes análisis hechos a las aguas de la cuenca del Chacuey	calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del río Chacuey.	superficiales como subterráneas, con la cooperación de la Secretaría de Agricultura y del Instituto Agrario Dominicano, cuando se trate de irrigación;
Realización de campañas para la capacitación de los agricultores para el adecuado uso de los productos agrícolas	Ministerio De Medio ambiente y Recursos Naturales	Capacitar la comunidad de Chacuey para el adecuado uso de los productos agrícolas.	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Regir la gestión del medio ambiente, los ecosistemas y los recursos naturales, para contribuir al desarrollo sostenible
Determinar un sistema de evaluación y monitoreo del recurso hídrico de la zona.	INDRHI	Cuando se tengan los datos ya interpretados proponer ideas para la evaluación y monitoreo de las aguas de Chacuey	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Estudiar, proyectar y programar todas las obras hidráulicas y energéticas necesarias para el desarrollo integral de las cuencas hidrográficas de la República, con sujeción a los planes nacionales

				de desarrollo y en coordinación con los organismos encargados de los demás tipos de obras de desarrollo.
Realización de talleres informativos con la comunidad	Ministerio de agricultura	Compartir información a la comunidad sobre los daños producidos por los productos agrícola a las aguas de los ríos	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Preservar los recursos naturales renovables, reglamentar su uso, incrementarlos y fomentar su racional aprovechamiento.
Procesar los datos obtenidos para la elaboración de un informe	UTECO	Elaboración de informe final	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Coadyuvar al progreso económico, social y cultural del país, al mejoramiento de la calidad de vida de la población dominicana, y a la conservación del patrimonio espiritual, cultural, material e histórico de la nación, a través de la educación superior, la investigación, la creación y difusión del

				conocimiento científico y tecnológico.
Gestión de una junta de regantes que proporciona el INDRHI	UTECO	Gestionar la junta de regantes	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Coadyuvar al progreso económico, social y cultural del país, al mejoramiento de la calidad de vida de la población dominicana, y a la conservación del patrimonio espiritual, cultural, material e histórico de la nación, a través de la educación superior, la investigación, la creación y difusión del conocimiento científico y tecnológico.
Divulgación del conocimiento de los casos de estudio tratados en el proyecto	Servicio Geológico Nacional	Ampliación de las capacidades del SGN para generar y difundir, mediante publicaciones especiales, conocimiento científico sólido sobre la zona	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	El SGN tiene una gran capacidad profesional para realizar estudios técnicos y científicos y generar conocimientos de su ámbito de competencias. Con esta publicación se

				potenciará la capacidad de transferir esos conocimientos a la sociedad en general.
Realizar una presentación de los resultados del proyecto a las autoridades gestoras y administrativas del recurso hídrico, donde se expongan los principales logros obtenidos durante el proyecto.	UTECO	Presentar los resultados de la investigación a las autoridades gestoras y a administrativas del recurso hídrico, donde se expongan los principales logros obtenidos durante el proyecto.	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Transmitir e incrementar el conocimiento por medio de la ciencia y de las artes, poniendo al servicio de la comunidad las acciones realizadas por sus profesores, investigadores, estudiantes y egresados
Realizar charlas para la motivación de la comunidad para que se involucren y se preocupen por preservar y emplear de forma sostenible los recursos naturales de Chacuey	INAPA	Ayudar mediante charlas a la comunidad la importancia de la gestión integral del recurso hídrico	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agrícola en la cuenca del río Chacuey	Dirigir y vigilar la provisión de un servicio de agua potable, disposición y tratamiento de aguas residuales, determinando la prioridad de la construcción, ampliación, explotación y administración de los sistemas de aguas potables y alcantarillados.

Objetivos/Actividades	Presupuesto	Duración											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

expongan los principales logros obtenidos durante el proyecto.														
3.8 Realizar charlas para la motivación de la comunidad para que se involucren y se preocupen por preservar y emplear de forma sostenible los recursos naturales de Chacuey	180,000													

4.7.7 Gestión de los costos del proyecto

Cuadro 7: Presupuesto del proyecto

PARTIDA PRESUPUESTARIA		UNIDAD	CANTIDAD (EN MESES)	COSTO UNITARIO (RD)	COSTO TOTAL (RDS)
CÓDIGO	DETALLE				
1.0 Gastos Corrientes					
1.2	Material gastable de oficina	1.0	12.0	40,000.0	480,000.0
1.4	Viáticos	1.0	12.0	9,000.0	108,000.0
Total gastos Corriente 1.0					588,000.00
2.0 Gastos de capital					
2.1	Material bibliográfico	8.0	2.0	16,000.0	128,000.0
2.2	Software especializados	1.0	1.0	500,000.0	500,000.0
2.3	Equipo de campo (vestuario y equipamiento portátil) necesarios para el proyecto	15.0	2.0	85,000.0	1,275,000.0
2.4	Acondicionamiento básico de las facilidades de investigación	3.0	12.0	20,000.0	720,000.0
2.5	Equipamiento informático básico	6.0	1.0	50,000.0	300,000.0
2.6	Determinar los productos quimicos que se utilizan en la actividad agricola en la cuenca de Chacuey				310,000.0
2.7	Determinar el impacto de los productos quimicos usado en la actividad agricola en la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del rio C.				1,850,000.0
2.8	Proponer las medidas adecuadas para minimizar el impacto de la actividad agricola en la cuenca del rio Chacuey				1,090,000.0
	Total gastos de capital 2.0				6,173,000.00
	Sub-total General (1.0+2.0)				6,761,000.00
3.1	Imprevistos (≤10%) del sub- total general				500,000.0
3.2	Over Head (≤10%) del sub- total general				300,000.0
	Total 3.0				800,000.00
	Total presupuesto				7,561,000.00

4.7.8 Gestión de la calidad del proyecto

La calidad del proyecto se centra en garantizar el análisis de las aguas de la cuenca del Chacuey para una gestión integral de las misma, optimizando cualquier fallo en dicho estudio y que este asegure el éxito del mismo.

Se garantiza la ejecución de la correcta de todos los objetivos del proyecto seleccionando los métodos de estudios más adecuados, personal preparado y capacitado en las áreas necesarias, gestión de permisos y licencias necesaria para el desarrollo del proyecto en el tiempo planificado.

4.7.9 Sostenibilidad financiera, institucional, políticas de apoyo y sostenibilidad ambiental

La institución va a establecer consorcios con diferentes instituciones para garantizar que las actividades se realicen y las recomendaciones de lleven a cabo, las instituciones son: Instituto Nacional de Aguas, Potables y Alcantarillados (INAPA), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Ayuntamiento Municipal de Chacuey, Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

4.7.10 Análisis de riesgo a una situación específica identificada dentro de su área de estudio

La resistencia de los agricultores y también de la comunidad, su negación a colaborar con informaciones requerida para la realización del proyecto. Uno de nuestros objetivos es conocer los productos químicos utilizados en la agricultura de Chacuey, para eso necesitamos entrevistar tanto los agricultores como la comunidad.

Una solución sería la concientización y educación de que se puede trabajar la tierra siendo amigable con el medio ambiente es decir hacerlo una forma responsable cuidando los recursos naturales; mostrándole también que el daño hecho por esos productos es a nosotros mismo que nos afecta.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos en la elaboración de este proyecto pudimos llegar a diferentes conclusiones, luego de evaluar las características geomorfológicas de la cuenca del río Chacuey se determinó que la misma es de orden 3, lo que indica que posee una cantidad considerable de afluentes. El mismo se determinó buscando el número de orden de las corrientes tributarias pertenecientes al cauce principal, se utilizó el número de orden mayor para la identificación de la cuenca, el cual es 3.

El coeficiente de gravelius obtenido igual a 1.56, indica que la forma de la cuenca es oblonga.

Las pendientes observadas tanto para el cauce principal como para los tributarios tienen semejante comportamiento, la mayoría coincide con una pendiente fuerte al inicio y luego es casi igual al momento de la desembocadura.

- Orden de corriente 3
- Coeficiente de compacidad o de Gravelius 1.56
- Densidad de corriente 0.05
- Pendiente del cauce principal 0.46%

Los resultados anteriormente expuestos indican que la cuenca responde rápidamente a una tormenta, es muy probable que existan inundaciones con precipitaciones continuas, como lo es el tiempo de las temporadas ciclónicas.

Para la obtención de los valores de CN se clasificó el área de cada segmento de acuerdo con el tipo de suelo y la cobertura vegetal existente en la misma. El área de estudio presenta una alta variabilidad en el uso de los suelos presentando áreas cubiertas de agricultura, pasto, bosque latifoliado húmedo, cacao, cítrico, matorral latifoliado, piña, esto lo determinamos en la elaboración del mapa de uso y cobertura. El resultado calculado de CN fue de 76.44 arrojando una precipitación efectiva de 41.6 mm. Lo cual pudiera ser un indicativo de que los suelos que componen la cuenca son permeables.

Los tipos de suelos presentes en la cuenca del río Chacuey son suelos tipo A, corresponde al tipo de suelo que ofrece menor escorrentía, tipo B, de la clasificación hidrológica de los suelos, de moderada permeabilidad cuando están saturados, comprendiendo los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo A, tipo C, Suelos que tienen capacidades de infiltración bajas cuando están completamente húmedas principalmente de suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo del agua o suelos con textura fina o moderadamente fina, estos suelos tienen baja transmisión de agua.

Las aguas subterráneas presentes en la cuenca del río Chacuey se encuentran asociadas en la cuenca baja, al tipo de suelo A, en la parte alta y media encontramos los suelos tipo B y C.

En cuanto a la modelación hidrológica, se realizó el análisis de crecida, los caudales máximos o de diseños generados se obtuvieron mediante la aplicación del programa HEC-HMS, se calculó el tiempo de concentración al cauce principal y su resultado fue de 9.74 horas, equivalente a 584.68 minutos, mientras que el tiempo de respuesta Tlag fue de 350.81 minutos.

Para la elección del tipo de precipitación a utilizar en el programa, en este caso SCS Storm, en el modelo meteorológico, se hizo la simulación para una tormenta ocurrida en 24 horas, en este análisis se consideró la tormenta Noel ocurrida en el año 2007.

Elección del tipo de tormenta que aplica a la zona del caribe, según el histograma de lluvia de 24 horas del Soil Conservation Service (SCS), es el tipo II. El río Chacuey muestra una profundidad de precipitaciones en mm y el hidrograma de la crecida producida por la tormenta Noel, muestra un caudal pico de $612.60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para el modelamiento hidráulico realizado a la cuenca del río Chacuey se utilizaron los programas, HEC-RAS. La modelación con HEC-RAS, es una herramienta muy valiosa, con la utilización de fórmulas tradicionales de la hidráulica, permite calcular los perfiles hidráulicos de un río o canal, útiles para el prediseño de obras hidráulicas. El modelamiento de un río permite comprender los peligros que el mismo puede ocasionar a las comunidades en el caso de presentarse un fenómeno natural. El modelamiento hidráulico realizado en este estudio, analiza el comportamiento de río Chacuey para el caudal generado por la tormenta Noel en el año 2007.

El valor apropiado de rugosidad de Manning utilizado fue de 0.040 elegido de la tabla disponible en el programa Hec-Ras para canales principales. Los coeficientes de contracción y expansión utilizados fueron los valores típicos recomendados por Hec-Ras 0.1 y 0.3 para flujos subcrítico con transición gradual. Se analizaron 3 secciones transversales

El análisis del riesgo (cualitativo) de la cuenca se realizó para la comunidad de Chacuey y parte del Bajo Yuna, arrojando áreas sin o muy bajo riesgo, con bajo riesgo, con moderado riesgo, con alto riesgo y muy alto riesgo. El área de Chacuey Abajo es de muy alto riesgo de inundación.

5.2 Recomendaciones

Después de realizar este proyecto e investigaciones de lugar y analizar la cuenca en los aspectos hidrológicos e hidráulicos, se hacen las siguientes recomendaciones:

- a) Realizar campaña de concientización de usos de productos químicos para la agricultura.
- b) Promover la educación ambiental y el involucramiento de la población en la valoración, protección y defensa del medio ambiente y el manejo sostenible de los recursos naturales.
- c) Desarrollar sistemas de monitoreo, evaluación y valoración del estado del medio del agua subterráneas y superficiales de la cuenca del río Chacuey.
- d) Desarrollar las capacidades de análisis del riesgo a nivel de todas instituciones involucradas en la cuenca del río Chacuey, para el ordenamiento de la misma.
- e) Establecer instructivos con datos generales y procedimientos (mapa de inundación, carreteras, caminos utilizables para evacuación antes de la inundación, censo de las zonas de refugio, procedimientos para difusión de información de alerta de la cuenca del río Chacuey, equipo de comunicación, etc.).
- f) Realizar un estudio hidráulico más profundo, empleando fotografías aéreas, visitas de campo y levantamiento obras hidráulicas para validar y corroborar la información existente de dicha cuenca.
- g) Evaluar la degradación de los suelos y sedimentación en la cuenca producto de posibles malas prácticas de uso de suelo y las intensidades de lluvia ocurridas en ella.
- h) Generación de base de datos dinámica y divulgación del conocimiento del proyecto, a la población en general, para que sirva de modelo para futuras investigaciones de este tipo.

5.3 Bibliografía

1. Aldana Valverde, Ángel Luis (2006). El problema de las inundaciones, vulnerabilidad, peligrosidad y riesgo.
2. Al-Shaibani, A. (2008). Hydrogeology and hydrochemistry of a shallow alluvial aquifer.
3. Alvargonzález, A. N. (2015). Conceptos básicos de hidrogeología. España.
4. Ambiente, S. d. (2004). Norma ambiental sobre calidad de aguas subterráneas y descargas al subsuelo.
5. Barra, L. (2013). Hidráulica de pozos. Chile: Universidad Católica De Chile. Bautista, D. (2018, abril 6). Alcalde del Ayuntamiento Municipal de Fantino, Disposición Final de Residuos Sólidos en Fantino. (Sustentantes, Interviewer).
6. Barros, Vicente, (2004) Vulnerabilidad a Cambios Climáticos e Hidrológicos, Buenos Aires.
7. CEPAL, (2003) Evaluación de los daños ocasionados por las inundaciones en cuencas Yaque del Norte y Yuna, República Dominicana.
8. Chow, V. T., Hidrología Aplicada, 1994.
9. Condado de Boulder, Manual de Protección Contra Inundaciones, USA, 2002.
10. Edward J. Tarbuck Frederick K. Lutgens. (2005). CIENCIAS DE LA TIERRA. España.
11. INDRHI, Control de Inundaciones en la cuenca del río Yaque del Sur, 2001.
12. INDRHI, Estudio de Inundación zona río Bacuí y arroyo Palmar, La Vega, 2003.
13. INDRHI, Estudio Hidrogeológico Nacional Sysmin I, Fase II. Cordillera Septentrional, 2004.
14. INDRHI, Inundaciones en Jimaní, río Soliette, junio 2004.
15. INDRHI, Inundaciones en Río Yaque del Norte y Río Yuna, noviembre 2003.
16. Julio Muñoz Jimenez. (1995). Geomorfología General. Madrid: SINSTESIS, S.A.

17. López, Sergio D., Rodríguez, Analía y Rodríguez, Miriam Modelado Hidrológico de la Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina, 2005.
18. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ley 64-00.
19. Ragan, D. (2009). Structural Geology. New York: Cambridge.
20. Rodríguez Aquilera, Patricio, Control de inundaciones en el área de afectación del Canal cacique Guaymallén, Argentina, 2005.
21. Rosario, R. (2013). Asignación de grupo hidrológico del suelo a partir de clasificaciones edáficas de base morfométrica. Madrid: Sociedad española de ciencias forestales.
22. Sánchez, M. y Tejada, S., Comportamiento Hidráulico e Hidrológico del río
23. Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET, Análisis de riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del Arenal de Montserrat, noviembre 2003.
24. Westen, Cees Van, Estudio preliminar de amenazas naturales en la cuenca del río Turrialba, Cantón Turrialba, Costa Rica, julio 2010.
25. Yuna hasta el embalse de Hatillo, 2006.

5.4 Anexos

CÁLCULO DE ÁREAS DE USO Y COBERTURA DE TIERRA DE LA CUENCA HASTA EL SITIO DE INTERÉS							
Tipo de uso y cobertura de la tierra	Área	Unidad	%	Grupo Hidrológico del Suelo	CN	CN Ponderado	
Tierra Cultivada:							
Sin Tratamiento De Conservación							
Agricultura Mixta	87.83	Km²	51.5470582	A	77	39.69123629	
Arroz		Km²	0		87	0	
Café		Km²	0		70	0	
Cacao		Km²	0		72	0	
Café		Km²	0		66	0	
Coco		Km²	0		63	0	
Cultivos Intensivos		Km²	0		61	0	
Con Tratamiento de Conservación							
Agricultura Mixta		Km²	0		63	0	
Arroz		Km²	0		58	0	
Café		Km²	0		61	0	
Cacao		Km²	0		66	0	
Café		Km²	0		62	0	
Coco		Km²	0		60	0	
Cultivos Intensivos	4.28	Km²	2.517647059		59	1.435411755	
Pastizales:							
Condiciones Pobres							
Pasto	0.60	Km²	0.352941176		68	0.24	
Condiciones Óptimas							
Pasto		Km²	0		39	0	
Bosques:							
Troncos Delgados, Cubierta Pobre, Sin Herbas							
Bosque Seco		Km²	0		45	0	
Bosques: Cubierta Buena							
Bosque Confers Abierto		Km²	0.00		56	0	
Bosque Confers Densos		Km²	0		46	0	
Bosque Lantado Humedo		Km²	0		15	0	
Bosque Lantado Nuboso		Km²	0		36	0	
Bosque Lantado Semi-Humedo		Km²	0		26	0	
Áreas Abiertas, Césped, Parques, Campos De Golf, Cementerios, Etc.							
Condiciones Óptimas: Cubierta Del Pasto En El 75%o Máx.							
Escasa Vegetación		Km²	0.00		55	0	
Mangles		Km²	0		45	0	
Marais Lantado	0.21	Km²	0.123829412		60	0.051764706	
Marais Seco		Km²	0		51	0	
Condiciones Aceptables: Cubierta Del Pasto En El 60%o/ 75%							
Escasa Vegetación		Km²	0.00		64	0	
Mangles		Km²	0		59	0	
Marais Lantado		Km²	0		62	0	
Marais Seco		Km²	0		63	0	
Área Comerciales De Negocios (85% Imperviables)		Km²	0		87	0	
Totales	92.72	Km²	—				41.47841176

Anexo 1: En esta tabla se realizó el cálculo del CN para el tipo de suelo A, con las áreas de usos y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.

Tipo de uso y cobertura de la tierra	Área	Unidad	%	Grupo Hidrológico del Suelo	CN	CN Ponderado	
Tierra Cultivada:							
Sin Tratamiento De Conservación							
Agricultura Mixta	13.28	Km²	7.511764706	B	66	6.718117647	
Arroz		Km²	0		78	0	
Café		Km²	0		61	0	
Cacao	25.99	Km²	15.2823829		61	12.38247059	
Café		Km²	0		78	0	
Coco		Km²	0		78	0	
Cultivos Intensivos	10.06	Km²	5.917647059		72	4.260705882	
Con Tratamiento de Conservación							
Agricultura Mixta		Km²	0		75	0	
Arroz		Km²	0		72	0	
Café		Km²	0		73	0	
Cacao		Km²	0		77	0	
Café		Km²	0		71	0	
Coco		Km²	0		71	0	
Cultivos Intensivos		Km²	0		70	0	
Pantanos:							
Condiciones Pobres							
Pasto		Km²	0		79	0	
Condiciones Óptimas							
Pasto		Km²	0		61	0	
Bosques:							
Troncos Delgados, Cubierta Pobre, Sin Herbas							
Bosque Seco		Km²	0	66	0		
Bosques: Cubierta Buena							
Bosque Confers Abierto		Km²	0.00	75	0		
Bosque Confers Densos		Km²	0	68	0		
Bosque Lantado Humedo		Km²	0	44	0		
Bosque Lantado Nuboso		Km²	0	60	0		
Bosque Lantado Semi-Humedo		Km²	0	62	0		
Áreas Abiertas, Césped, Parques, Campos De Golf, Cementerios, Etc.							
Condiciones Óptimas: Cubierta Del Pasto En El 75%o Máx.							
Escasa Vegetación		Km²	0.00	69	0		
Mangles		Km²	0	63	0		
Marais Lantado		Km²	0	66	0		
Marais Seco		Km²	0	67	0		
Condiciones Aceptables: Cubierta Del Pasto En El 60%o/ 75%							
Escasa Vegetación		Km²	0.00	75	0		
Mangles		Km²	0	64	0		
Marais Lantado		Km²	0	71	0		
Marais Seco		Km²	0	73	0		
Área Comercial De Negocios (85% Imperviables)		Km²	0	87	0		
Totales	49.33	Km²	—	—	23.38229412		

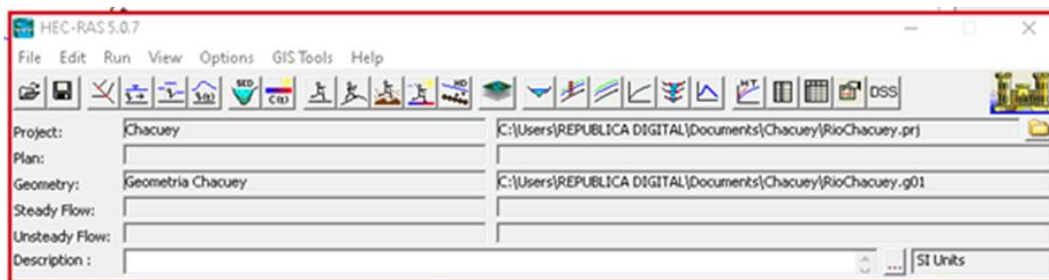
Anexo 2: En esta tabla se realizó el cálculo del CN para el tipo de suelo B, con las áreas de usos y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.

Tipo de uso y cobertura de la Tierra	Área	Unidad	%	Grupo Hidrológico del Suelo	CN	CN Ponderado	
Tierra Cultivada:							
Sin Tratamiento De Conservación							
Agricultura Mixta	11.89	Km²	7.017647059	C	91	6.398053824	
Arroz		Km²	0		85	0	
Café		Km²	0		87	0	
Cacao	0.64	Km²	0.376470588		88	0.331294118	
Café		Km²	0		84	0	
Copa		Km²	0		83	0	
Cultivos Intensivos		Km²	0		79	0	
Con Tratamiento De Conservación							
Agricultura Mixta		Km²	0		83	0	
Arroz		Km²	0		81	0	
Café		Km²	0		80	0	
Cacao		Km²	0		85	0	
Café		Km²	0		78	0	
Copa		Km²	0		77	0	
Cultivos Intensivos		Km²	0		75	0	
Pastizales:							
Condiciones Pobres							
Pasto		Km²	0		86	0	
Condiciones Óptimas							
Pasto		Km²	0		74	0	
Bosques:							
Tirroncos Delgados, Cubierta Pobre, Sin Hierbas							
Bosque Seco		Km²	0		77	0	
Bosques: Cubierta Buena							
Bosque Conifera Aberto		Km²	0.00		86	0	
Bosque Conifera Densos		Km²	0		78	0	
Bosque Latifolado Humedo	15.38	Km²	9.047058824		84	4.885411768	
Bosque Latifolado Nubado		Km²	0		70	0	
Bosque Latifolado Semi Humedo		Km²	0		62	0	
Áreas Abiertas, Césped, Parques, Campos De Golf, Cementerios, Etc.							
Condiciones Óptimas: Cubierta Del Pasto En El 75%o Mas.							
Escasa Vegetación		Km²	0.00		78	0	
Mangles		Km²	0		70	0	
Marais Latifolado		Km²	0		75	0	
Marais Seco		Km²	0		76	0	
Condiciones Aceptables: Cubierta Del Pasto En El 60%o A 75%o							
Escasa Vegetación		Km²	0.00		83	0	
Mangles		Km²	0		72	0	
Marais Latifolado		Km²	0		77	0	
Marais Seco		Km²	0		80	0	
Area Comercial De Negocios (85% Imperviables)		Km²	0		87	0	
Totales							
	27.96	Km²		—		11.60276471	

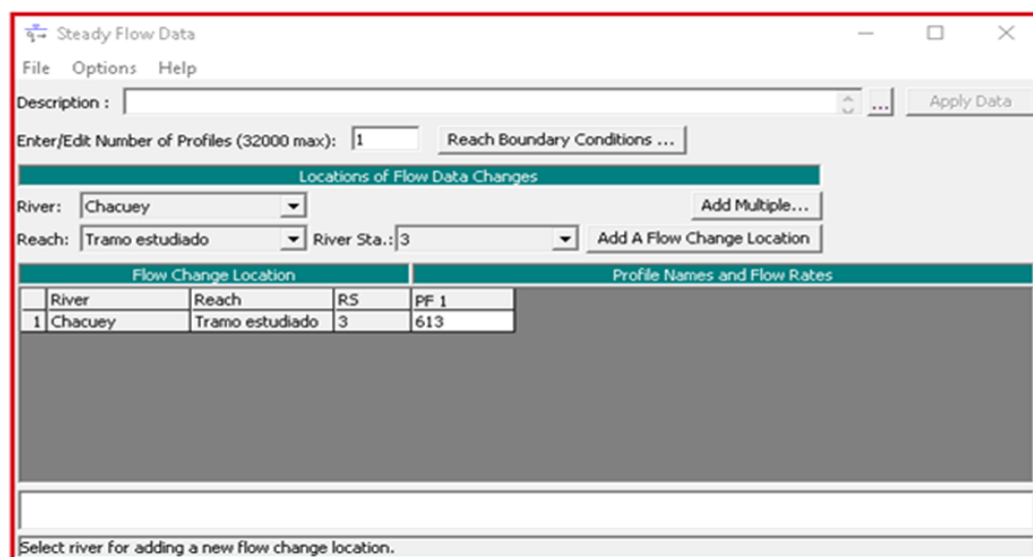
Anexo 3. En esta tabla se utilizó para calcular el CN para el tipo de suelo C, con las áreas de usos y cobertura de tierra de la cuenca hasta el sitio de interés.

Time-Series Results for Subbasin "Rio Chacuey"							
Project: Chaucy Simulation Run: Run 2 Subbasin: Rio Chacuey							
Start of Run: 21oct2007, 00:00 Basin Model: Chacuey End of Run: 01nov2007, 00:00 Meteorologic Model: Met 1 Compute Time: 28ago2020, 21:48:29 Control Specifications: Control 1							
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
21oct2007	00:00				0.0	0.0	0.0
22oct2007	00:00	504.00	84.93	419.07	612.6	0.0	612.6
23oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	171.5	0.0	171.5
24oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	33.7	0.0	33.7
25oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	6.7	0.0	6.7
26oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
27oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
28oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
29oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
30oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
31oct2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01nov2007	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

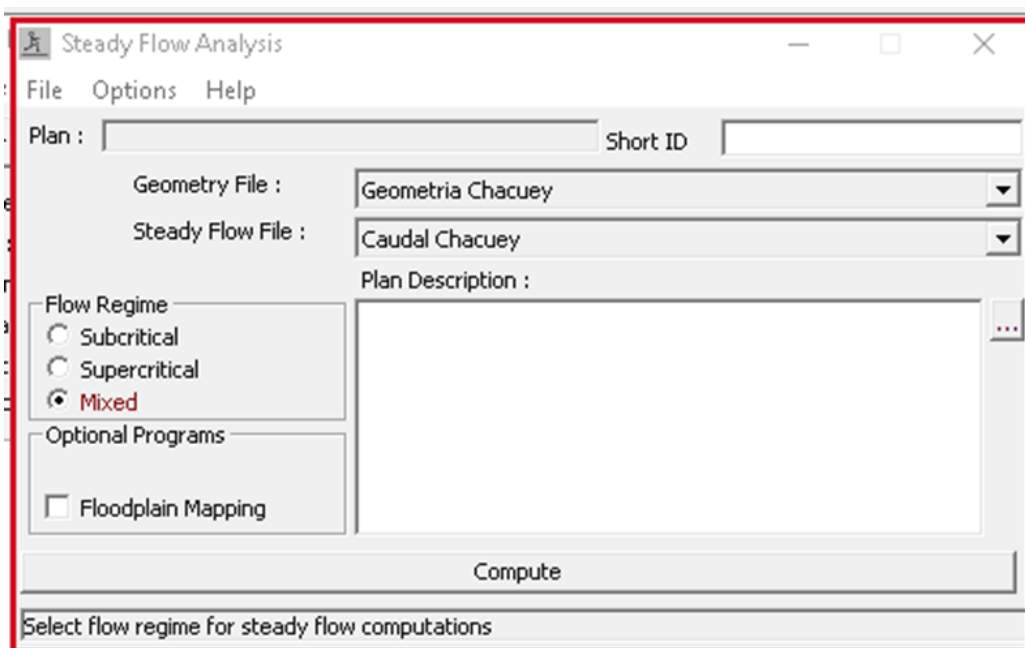
Anexo 4: Resultados de la serie temporal para la cuenca del río Chacuey.



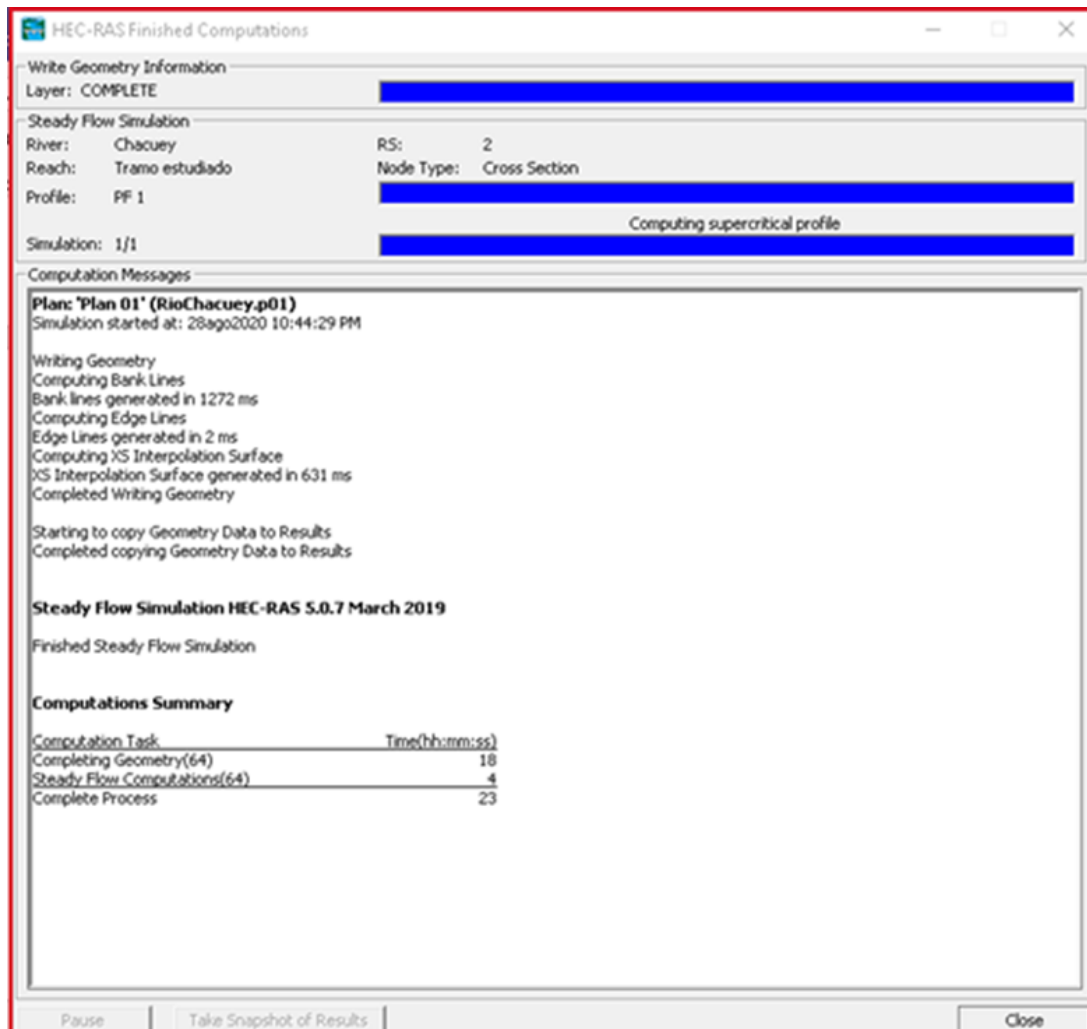
Anexo 5: Aquí podemos observar Resultados de la simulación hidráulica realizada para la cuenca del río Chacuey:



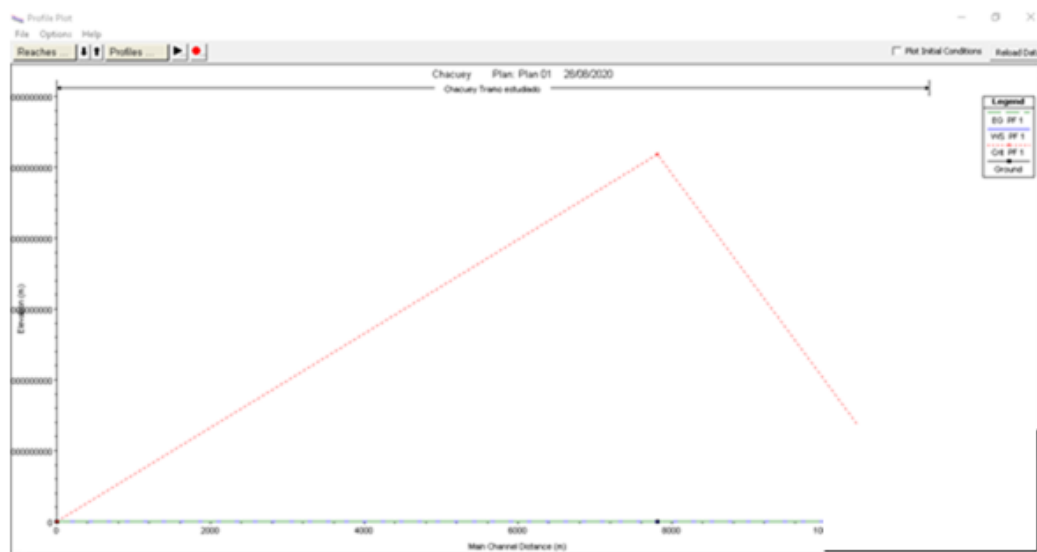
Anexo 6: Entrada de datos de caudal constantes para la simulación de la cuenca.



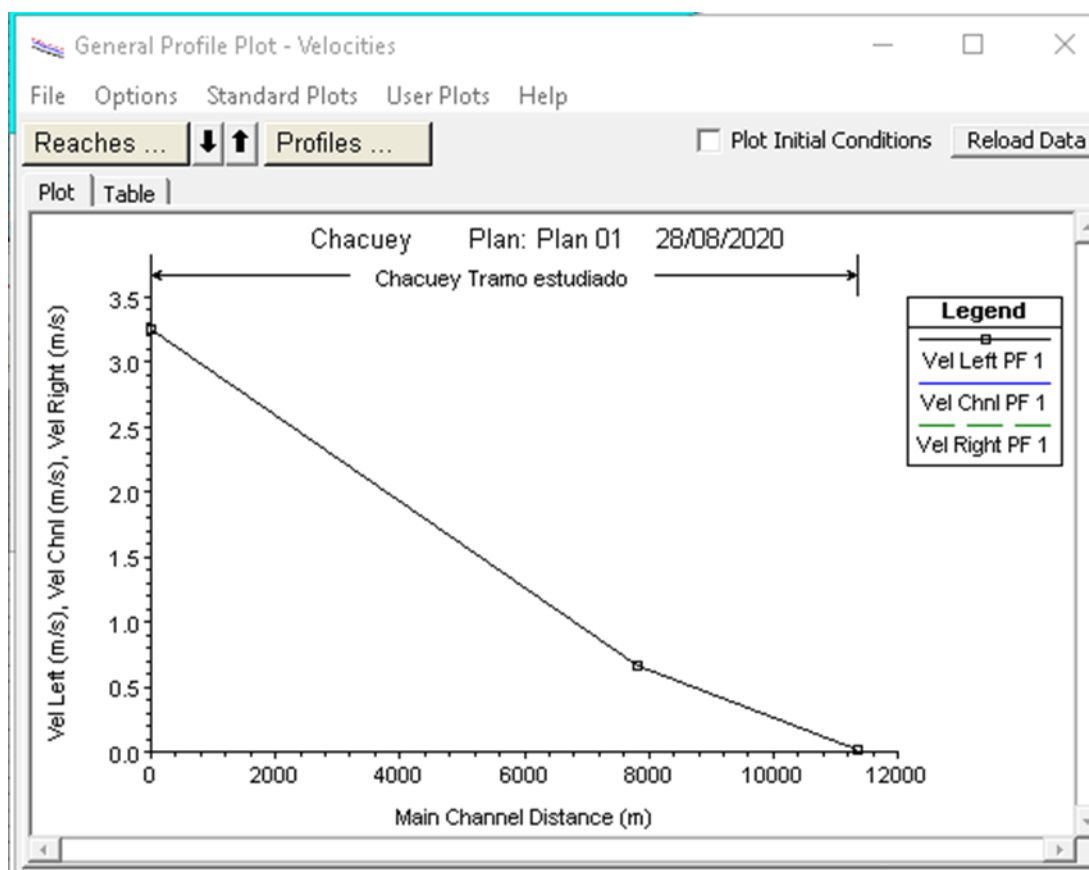
Anexo 7: Análisis de flujo constante para régimen de flujo mixto.



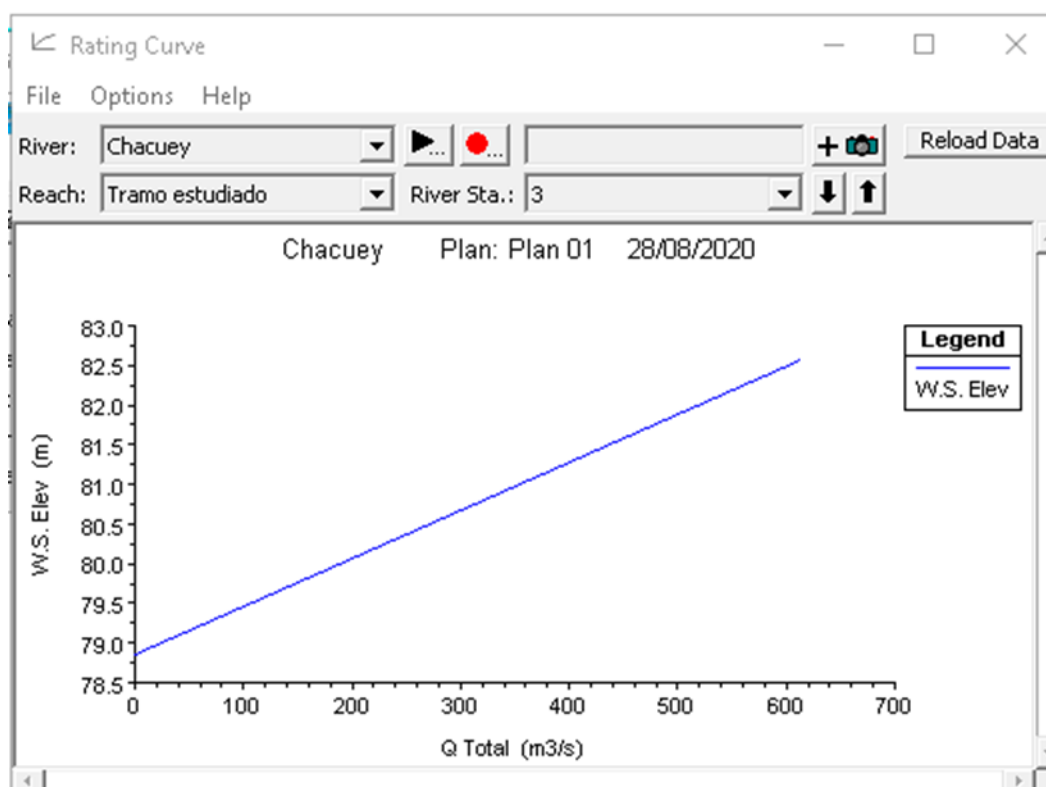
Anexo 8: Simulación satisfactoria.



Anexo 9: Aquí se observamos el Perfil de las secciones transversales.



Anexo 10: Aquí se observa el Gráfico de velocidades del tapo estudiado de la cuenca rio Chacuey.



Anexo 11: Aquí tenemos la Curva de gasto de la cuenca rio Chacuey.

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Chacuey Profile: PF 1

Reach: Tramo estudiado RS: 1 Plan: Plan 01

Plan: Plan 01 Chacuey Tramo estudiado RS: 1 Profile: PF 1					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	76.68	Wt. n-Val.	0.040		
Vel Head (m)	0.54	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	76.14	Flow Area (m2)	188.14		
Crit W.S. (m)	76.14	Area (m2)	188.14		
E.G. Slope (m/m)	0.015753	Flow (m3/s)	613.00		
Q Total (m3/s)	613.00	Top Width (m)	175.66		
Top Width (m)	175.66	Avg. Vel. (m/s)	3.26		
Vel Total (m/s)	3.26	Hydr. Depth (m)	1.07		
Max Chl Dpth (m)	2.14	Conv. (m3/s)	4884.1		
Conv. Total (m3/s)	4884.1	Wetted Per. (m)	177.81		
Length Wtd. (m)		Shear (N/m2)	163.45		
Min Ch El (m)	80.76	Stream Power (N/m s)	532.56		
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)			
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)					

Errors, Warnings and Notes

Warning: There is no flow in the channel. Check that the channel stations are correctly coded. To force flow into the channel, a levee or ineffective flow may have to be added or the Manning's n of the overbank could be increased.

Enter to move to next upstream river station location

Anexo 12: Salida hidráulica detallada de la sección 1 en la planicie del río Chacuey.

Cross Section Output

File Type Options Help

River: Chacuey Profile: PF 1

Reach: Tramo estudiado RS: 2 Plan: Plan 01

Plan: Plan 01 Chacuey Tramo estudiado RS: 2 Profile: PF 1					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	82.57	Wt. n-Val.	0.040		
Vel Head (m)	0.02	Reach Len. (m)	7816.00	7816.00	7816.00
W.S. Elev (m)	82.55	Flow Area (m2)	931.16		
Crit W.S. (m)		Area (m2)	931.16		
E.G. Slope (m/m)	0.000235	Flow (m3/s)	613.00		
Q Total (m3/s)	613.00	Top Width (m)	409.23		
Top Width (m)	409.23	Avg. Vel. (m/s)	0.66		
Vel Total (m/s)	0.66	Hydr. Depth (m)	2.28		
Max Chl Dpth (m)	4.55	Conv. (m3/s)	39974.0		
Conv. Total (m3/s)	39974.0	Wetted Per. (m)	413.81		
Length Wtd. (m)	7816.00	Shear (N/m2)	5.19		
Min Ch El (m)	91.78	Stream Power (N/m s)	3.42		
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	4374.22		
Frctn Loss (m)	5.84	Cum SA (1000 m2)	2285.75		
C & E Loss (m)	0.05				

Errors, Warnings and Notes

Warning: The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.

Warning: The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.

Warning: The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.

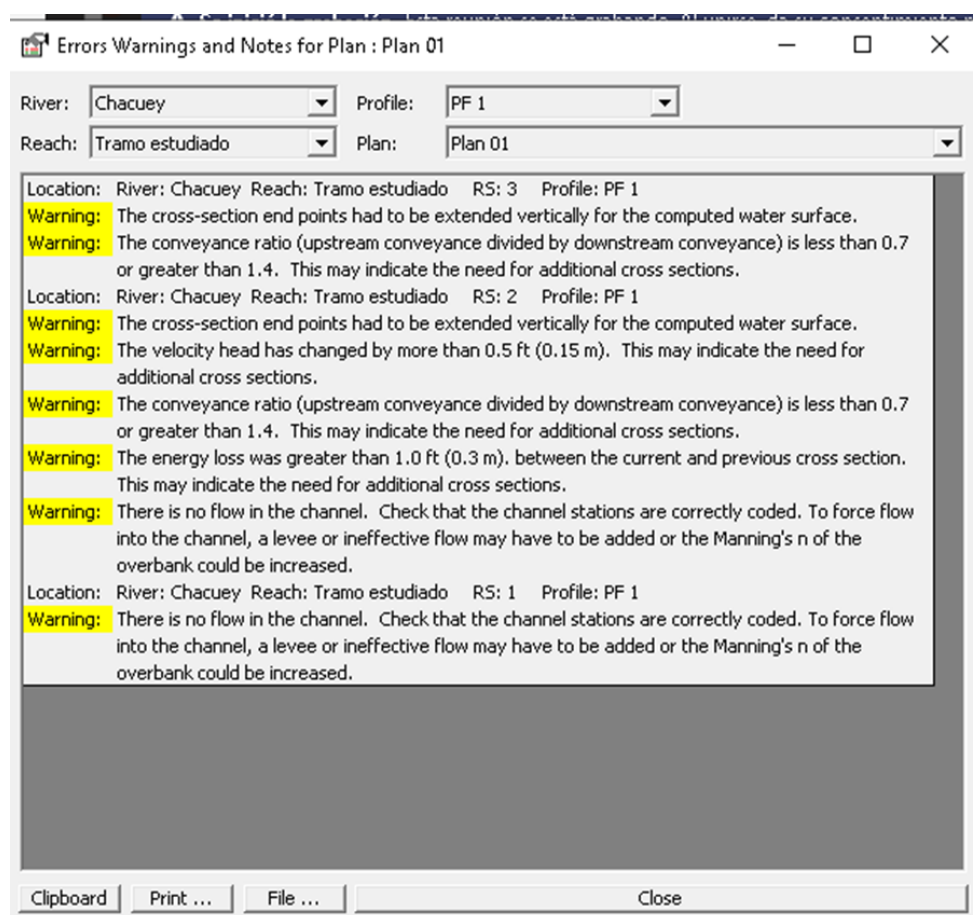
Warning: The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate

Enter to move to next upstream river station location

Anexo 13: Salida hidráulica detallada de la sección 2 en la planicie del río Chacuey.

Cross Section Output					
File Type Options Help					
Chacuey		Profile: PF 1			
Tramo estudiado		3		Plan 01	
E.G. Elev (m)	82.58	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.00	Wt. n-Val.	0.040	0.040	0.040
W.S. Elev (m)	82.58	Reach Len. (m)	3532.00	3532.00	3532.00
Crit W.S. (m)	61.79	Flow Area (m2)	31974.88	140.45	242.67
E.G. Slope (m/m)	0.000000	Area (m2)	31974.88	140.45	242.67
Q Total (m3/s)	613.00	Flow (m3/s)	610.74	1.12	1.14
Top Width (m)	2624.42	Top Width (m)	2431.00	40.00	153.42
Vel Total (m/s)	0.02	Avg. Vel. (m/s)	0.02	0.01	0.00
Max Ch Dpth (m)	22.58	Hydr. Depth (m)	13.15	3.51	1.58
Conv. Total (m3/s)	4443049.0	Conv. (m3/s)	4426703.0	8110.8	8234.9
Length Wtd. (m)	3532.00	Wetted Per. (m)	2453.65	40.00	153.46
Min Ch El (m)	78.85	Shear (N/m2)	0.00	0.00	0.00
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	0.00	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	62486.30	248.03	428.56
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	7301.60	70.64	270.95
Errors, Warnings and Notes					
Warning: The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.					
Warning: The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.					

Anexo 14: Salida hidráulica detallada de la sección 3 en la planicie del río Chacuey.



Anexo 15: Resumen de las advertencias sobre la simulación de la cuenca río Chacuey.