

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA SOSTENIBILIDAD Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA FINCA BELLA LUZ EN EL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR



AUTORES

ANGIE CAROLINA VALENCIA FERNÁNDEZ

CRISTIAN ELIECER VILLALOBOS SALAS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA SOSTENIBILIDAD Y
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA FINCA BELLA LUZ EN EL MUNICIPIO DE
SAN DIEGO – CESAR**

AUTOR:

ANGIE CAROLINA VALENCIA FERNÁNDEZ

CRISTIAN ELIECER VILLALOBOS SALAS

DIRECTOR(A)

LUIS FRANCISCO RAMIREZ HERNÁNDEZ

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestras madres, porque son el pilar más importante y por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Dedico esta tesis a Alberto gomez quien ha sido mi motivación de lucha constante para llegar a alcanzar todas mis metas y objetivos.



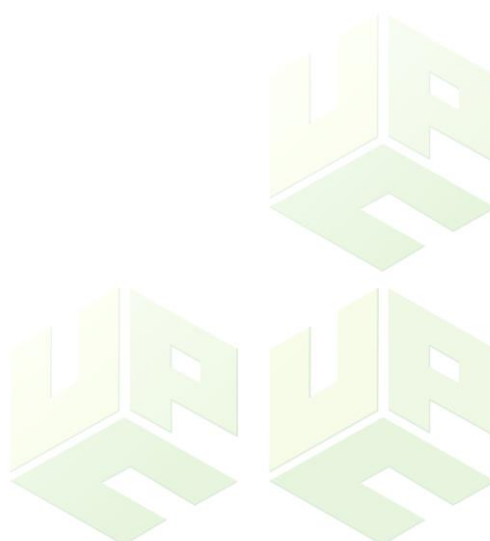
AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi guía espiritual, a mi madre por ser mi apoyo y mi amiga incondicional.

Un profundo y sentido agradecimiento para Alberto Gómez quien me incentivo a formarme como persona, como profesional, como hijo, como amigo, que desde el cielo espero este orgulloso de mi.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, un agradecimiento a mi compañera de tesis, de trabajo con quien he conformado un gran equipo, y una gran amistad durante toda la formación profesional.

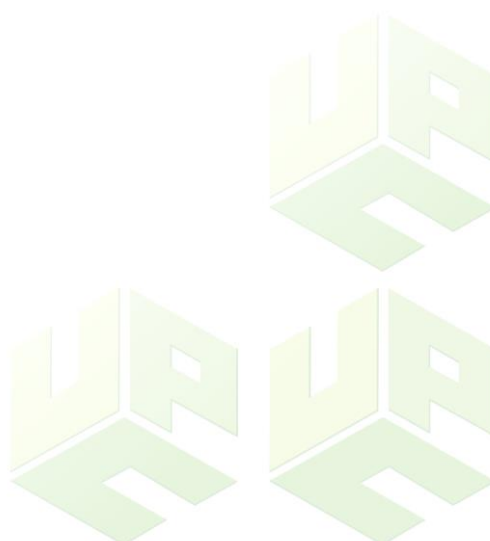


AGRADECIMIENTOS

Primordialmente quiero agradecer a Dios por la oportunidad que me brindo de llegar a este punto de mi vida, quien ha sido mi guía y fortaleza.

Quiero agradecer también a mi madre quien ha sido mi gran apoyo en todo este proceso, en el que ha depositado todas sus esperanzas y esfuerzos para lograr obtener un título profesional, en el cual espero se llegue a sentir muy orgullosa.

Agradezco a todas aquellas personas que aportaron en toda mi formación personal y profesional, a mi familia por todos los consejos y observaciones que me brindaron en todo el camino. Un especial agradecimiento a mi tío José Aníbal por ser un apoyo incondicional, por guiarme y brindarme toda la ayuda que necesite en cada momento.



RESUMEN

El presente trabajo consistió en el diseño de un sistema de riego sostenible para la producción agrícola de Palma de aceite africana, en la Finca Bella Luz, ubicada en la zona rural del Municipio de San Diego, Cesar, esta investigación tiene como objetivo determinar el uso eficiente y ahorrativo del recurso agua para disminuir el déficit de disponibilidad hídrica en esta región, teniendo en cuenta las herramientas de trabajo que conforma un sistema de riego de manera que se pueda potenciar una producción sostenible de cultivo de Palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*). Para cumplir con el objetivo de esta investigación primeramente se realizó un análisis hidrológico de acuerdo a la información solicitada en las estaciones hidrometeorológicas del IDEAM, sobre aquellas que influyen dentro del área de la finca, teniendo en cuenta los datos de mayor influencia para así estimar un diseño agrícola, así mismo, de acuerdo con la información hidrológica obtenida se identificó la unidad hidrográfica de mayor interés para el abastecimiento del cultivo, luego se estableció el marco de siembra de Palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*), donde se realizó un análisis del terreno con el objetivo de establecer y determinar la zona más factible para instaurar el área de cultivo, de acuerdo con el estudio de terreno se procedió a implementar un modelo agronómico e hidráulico para fijar la capacidad de abastecimiento de la fuente hídrica hacia el cultivo, y por último se formularon estrategias para el desarrollo de Buenas Prácticas Agrícolas que se deben considerar para el uso ahorrativo del agua en la siembra de la especie (*Elaeis guineensis*).

Palabras Claves: Sistema De Riego, Disponibilidad Hídrica, Cultivo, Prácticas Agrícolas, Modelo Agronómico E Hidráulico.



ABSTRACT

*The present work consisted in the design of a sustainable irrigation system for the agricultural production of African oil palm, in the Finca Bella Luz, located in the rural area of the Municipality of San Diego, Cesar, this research aims to determine the use efficient and sparing of water resources to reduce the deficit of water availability in this region, taking into account the work tools that make up an irrigation system so that sustainable production of African oil palm (*Elaeis guineensis*) cultivation can be promoted. In order to fulfill the objective of this research, a hydrological analysis was first carried out according to the information requested in the IDEAM hydrometeorological stations, on those that influence within the area of the farm, taking into account the data with the greatest influence in order to estimate a agricultural design, likewise, according to the hydrological information obtained, the hydrographic unit of greatest interest for the supply of the crop was identified, then the planting framework of African oil palm (*Elaeis guineensis*) was established, where an analysis of the land with the objective of establishing and determining the most feasible area to establish the cultivation area, according to the land study, an agronomic and hydraulic model was implemented to establish the supply capacity of the water source to the cultivation, and Finally, strategies were formulated for the development of Good Agricultural Practices that should be considered for the saving use of water in the planting of the species (*Elaeis guineensis*).*

Keywords: Irrigation System, Water Availability, Cultivation, Agricultural Practices, Agronomic And Hydraulic Model.

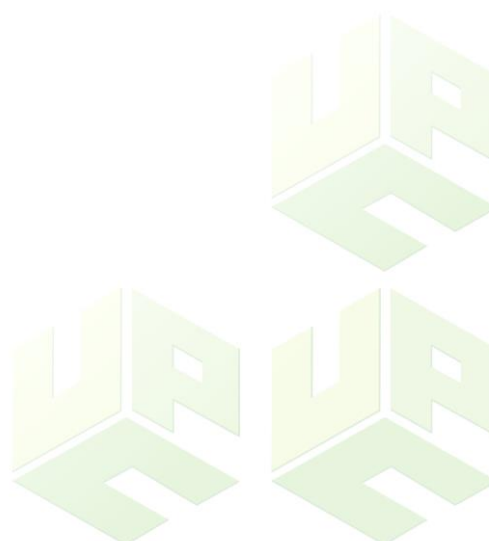


TABLA DE CONTENIDO

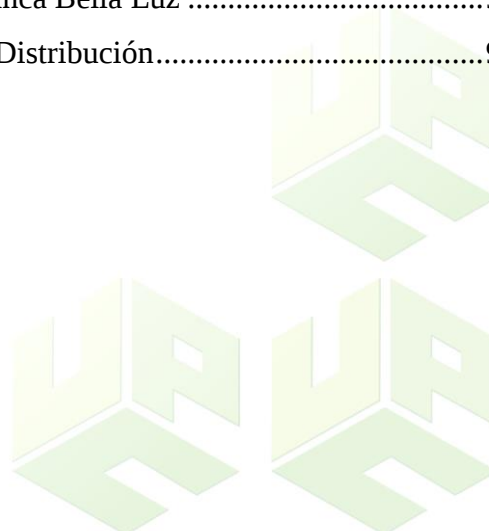
	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
4.2. MARCO TEÓRICO.....	22
4.2.1. Etapas De Diseño Del Riego.....	22
4.2.2. Tipos De Riego	23
4.2.2.1. Riego Superficial.	23
4.2.2.2. Riego Presurizado.	23
4.2.3. Agricultura Sostenible	24
4.3. MARCO CONCEPTUAL	26
4.4. MARCO CONTEXTUAL	28
4.4.1. Descripción General.....	28
4.4.2. Delimitación Geográfica	28
4.5. MARCO LEGAL.....	31
5. MARCO METODOLÓGICO.....	33
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	33
5.2. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	33
5.3. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	33
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	33

5.5. MUESTRA POBLACIONAL	33
5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO	34
Fase 1. Análisis Hidrológico De La Unidad Hidrográfica De Aproveccionamiento Del Recurso Hídrico Para Estimar Las Necesidades Agrícolas En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar	34
Actividad 1.1. Solicitud De Información.	34
Actividad 1.2. Tratamiento De Los Datos.	34
Actividad 1.3. Análisis Morfométrico.	34
Actividad 1.4. Modelo Intensidad-Duración-Frecuencia.	35
Actividad 1.5. Obtención De Caudales.	35
Fase 2. Establecimiento Del Marco De Siembra De La Especie Elaeis guineensis Respecto Al Plan De Ordenamiento De Cultivos Actual Para La Planificación Conforme Al Uso Ahorrativo, Eficiente Y Circular Del Agua En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar.....	35
Actividad 2.1. Identificación Del Terreno.	35
Actividad 2.2. Diseño Agronómico.	35
Actividad 2.3. Diseño Hidráulico.	36
Fase 3. Formulación De Las Estrategias Para El Desarrollo De Buenas Prácticas Agrícolas En La Siembra De La Especie Elaeis guineensis En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar	36
Actividad 3.1. Estrategias Preventivas.	36
Actividad 3.2. Estrategias Correctivas.	36
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	37
6.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA ESTIMAR LAS NECESIDADES AGRÍCOLAS EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR.....	37

6.1.1. Solicitud De Información.....	37
6.1.2. Tratamiento De Los Datos	42
6.1.3. Análisis Morfométrico	50
6.1.4. Modelo Intensidad-Duración-Frecuencia	56
6.1.5. Obtención De Caudales.....	77
6.2. ESTABLECIMIENTO DEL MARCO DE SIEMBRA DE LA ESPECIE ELAEIS GUINEENSIS RESPECTO AL PLAN DE ORDENAMIENTO DE CULTIVOS ACTUAL PARA LA PLANIFICACIÓN CONFORME AL USO AHORRATIVO, EFICIENTE Y CIRCULAR DEL AGUA EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR.....	87
6.2.1. Identificación Del Terreno.....	87
6.2.2. Diseño Agronómico	91
6.2.3. Diseño Hidráulico	95
6.3. FORMULACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA SIEMBRA DE LA ESPECIE ELAEIS GUINEENSIS EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR	100
6.3.1. Estrategias Preventivas	100
6.3.2. Estrategias Correctivas.....	103
7. CONCLUSIONES	106
8. RECOMENDACIONES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS	115
ANEXO 1. ESTIMACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS.....	115
ANEXO 2. ESTIMACIÓN POR MÉTODO NWS	144
ANEXO 3. ESTIMACIÓN POR MÉTODO Q.....	145

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elementos para un diseño agronómico	22
Figura 2. Pasos a cumplir para Diseño de un sistema de riego	23
Figura 3. Tipos de Riego: Superficial y Presurización	24
Figura 4. División político-administrativa correspondiente al municipio de San Diego	29
Figura 5. Localización Geográfica del Predio Bella Luz	30
Figura 6. Distribución Geográfica de las Estaciones de Interés para el Presente Estudio	38
Figura 7. Histograma de Precipitaciones Estación Codazzi DC	43
Figura 8. Histograma de Precipitaciones Estación Leticia	43
Figura 9. Histograma de Precipitaciones Estación San Benito	44
Figura 10. Microcuenca Hidrográfica Arroyo Mulato	52
Figura 11. Curva Hipsométrica Microcuenca Arroyo Mulato	53
Figura 12. Polígono de Thiessen del área de Estudio	56
Figura 13. Curva IDF del área del Proyecto	76
Figura 14. Balance Hídrico de la Estación Leticia	80
Figura 15. Histograma de los Caudales del Modelo Lutz Scholz	84
Figura 16. Hidrograma de los Caudales Mínimos, Medios y Máximos	87
Figura 17. Mapa de Accesibilidad de la Finca Bella Luz	88
Figura 18. Mapa del Área correspondiente a la Finca Bella Luz	89
Figura 19. Definición del Área de Siembra de la Especie <i>Ealeis guineensis</i>	90
Figura 20. Sectorización del Área de Siembra de la Finca Bella Luz	96
Figura 21. Definición de los nodos y de las Áreas de Distribución	97



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco Normativo Aplicable al Contexto del Proyecto	31
Tabla 2. Estaciones de Interés para el presente estudio	37
Tabla 3. Precipitación Total Mensual Estación Codazzi DC.....	39
Tabla 4. Precipitación Total Mensual Estación Leticia	40
Tabla 5. Precipitación Total Mensual Estación San Benito.....	41
Tabla 6. Datos históricos del tiempo climático en Agustín Codazzi	42
Tabla 7. Datos atípicos en los registros de precipitación.....	45
Tabla 8. Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación Codazzi DC	47
Tabla 9. Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación Leticia.....	48
Tabla 10. Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación San Benito	49
Tabla 11. Pendiente de la Microcuenca del Arroyo Mulato	54
Tabla 12. Órdenes y Longitudes de los Tributarios de la microcuenca.....	54
Tabla 13. Relación de Órdenes y Longitudes de la Microcuenca.....	55
Tabla 14. Pendiente del Cauce Principal de la Microcuenca.....	55
Tabla 15. Precipitaciones Máximas Medias Mensuales de las estaciones.....	57
Tabla 16. Desviación Media de las Precipitaciones Máximas Media Mensuales de las Estaciones	58
Tabla 17. Parámetros Probabilísticos de Referencia.....	59
Tabla 18. Distribución de Probabilidades para Estación Codazzi DC.....	59
Tabla 19. Distribución de Probabilidades para Estación Leticia	60
Tabla 20. Distribución de Probabilidades para Estación San Benito.....	60
Tabla 21. Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación Codazzi DC.....	61
Tabla 22. Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación Leticia	62
Tabla 23. Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación San Benito.....	63
Tabla 24. Precipitación Máxima por Tiempos de Duración Consolidada	64
Tabla 25. Intensidad de la Lluvia según los periodos de Retorno	65
Tabla 26. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 2 años.....	66
Tabla 27. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 5 años.....	67
Tabla 28. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 10 años.....	68

Tabla 29. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 25 años.....	69
Tabla 30. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 30 años.....	70
Tabla 31. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 50 años.....	71
Tabla 32. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 100 años.....	72
Tabla 33. Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 500 años.....	73
Tabla 34. Resumen de aplicación de regresión potencial	74
Tabla 35. Cálculos de la Regresión Potencial Constituida	74
Tabla 36. Tabla de Intensidades, Tiempos de Duración y Frecuencia de Precipitación.	75
Tabla 37. Evapotranspiración Potencial (ETP) de la zona del proyecto.....	77
Tabla 38. Radiación Solar Extraterrestre (Ro) para el Hemisferio Norte.....	78
Tabla 39. Cálculo del Balance Hídrico de la Estación Meteorológica Leticia	79
Tabla 40. Parámetros de Entrada del Método Lutz Scholz.....	81
Tabla 41. Precipitación Mensual para las Curvas y Precipitación Efectiva	81
Tabla 42. Contribución de la Retención y Caudales Generados.....	82
Tabla 43. Variables destinadas para la Regresión Múltiple.....	82
Tabla 44. Regresión Lineal Múltiple del Modelo de Caudales y Precipitación Efectiva	83
Tabla 45. Resumen de la Regresión Múltiple	84
Tabla 46. Estimación de Caudales mediante el Modelo Lutz Scholz.....	85
Tabla 47. Datos Inconsistentes en la Serie de Caudales estimados por modelo Lutz Scholz..	86
Tabla 48. Fórmulas para el Diseño Agronómico de Alta Frecuencia.....	92
Tabla 49. Cálculos Preliminares para Alta Frecuencia de Riego.....	94
Tabla 50. Longitudes de los Tramos y su influencia por sector de trazado.....	98
Tabla 51. Cálculo del Diámetro Convencional de las Tuberías para Riego	99
Tabla 52. Estrategia Preventiva: Planeación del Cultivo, Instalaciones, Equipos, Utensilios y Herramientas	100
Tabla 53. Estrategia Preventiva: Manejo de agua y manejo del cultivo	101
Tabla 54. Estrategia Preventiva: Protección del cultivo	102
Tabla 55. Estrategia Correctiva: Técnicas Aplicadas en Cosechas	103
Tabla 56. Estrategia Correctiva: Salud, seguridad y bienestar del trabajador	104
Tabla 57. Estrategia Correctiva: Protección Ambiental	105

INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible es un campo que se ha venido desarrollando porque se debe cumplir el propósito de garantizar los servicios ecosistémicos y en especial de alimentación para las generaciones futuras sin comprometer los recursos naturales que hoy por hoy son escasos. Consecuentemente, esto ha llevado a desarrollar investigaciones en torno a cómo utilizar los recursos naturales generando el mínimo aprovechamiento e impacto ambiental y a su vez potencializando la demanda para el gran consumo que trae en crisis a la disponibilidad anual que provee el planeta.

Considerando esto, el presente documento presenta el diseño de un sistema de riego sostenible para la productividad agrícola en la finca Bella Luz, zona rural del municipio de San Diego Cesar, en el cual se pretende implementar palmas de aceite africana con los estándares mínimos de uso del recurso agua y esta es la principal preocupación ya que este recurso es limitado y por el uso excesivo su disponibilidad se ve reducida.

Debido a la situación planteada se debe planificar con un recurso escaso para satisfacer las necesidades de las plantas durante su ciclo de vida y es necesario utilizar herramientas y técnicas que ayuden a discernir de la necesidad hídrica para el marco de siembra. Siendo así, este proyecto fue planeado en tres fases metodológicas como objetivos de investigación de esta manera: En primera instancia, Realizar análisis hidrológico de la unidad hidrográfica de aprovisionamiento del recurso hídrico para estimar las necesidades agrícolas en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar.

De manera continua, Establecer el marco de siembra de la especie *Elaeis guineensis* respecto al plan de ordenamiento de cultivos actual para la planificación conforme al uso ahorrativo, eficiente y circular del agua en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar.

Por último, Formular las estrategias para el desarrollo de Buenas Prácticas Agrícolas en la siembra de la especie *Elaeis guineensis* en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar. Este documento es un preliminar/propuesta que abarca la grande importancia al desarrollar investigación con la consideración de los cambios que se pronostican para el medio ambiente por consecuencia del cambio climático.

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por consecuencia del cambio climático y la gran demanda existente de recursos naturales para satisfacer las necesidades de los seres humanos y en especial, la explotación incontrolable de los servicios de aprovisionamiento, se espera que para el año 2050 la demanda del agua aumente hasta un 55% de manera desbalanceada beneficiando el sector industrial y no la agricultura o el agro campo. (Fundación Aquae).

La agricultura contribuye en gran parte al cambio climático, pero también se ve afectada por este problema, ya que el cambio climático reduce la eficiencia de los procesos productivos y contribuye al agotamiento de los recursos naturales promoviendo que el crecimiento de la producción agrícola sea insostenible, generando problemáticas como la degradación de la tierra que es utilizada para esta actividad, ha provocado pérdida de fertilidad en el suelo que a su vez causa erosión de este, se ha visto disminución del potencial hídrico, además de la pérdida de biodiversidad por extender la actividad agrícola. La agricultura sostenible debe garantizar seguridad alimentaria y la buena salud, de tal manera que pueda apoyar un manejo sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales. (FAO, 2014)

Complementando, en Colombia existen grandes retos en el sector de la agricultura puesto que las malas prácticas del uso del territorio, la tierra y el suelo como la ganadería extensiva, cultivos improductivos, deforestación acelerada, subsidios insuficientes, dietas no saludables y el aumento de importaciones están deteriorando la capacidad de producción, puesto que se priman actividades por encima de la sociedad y el ambiente, centrándose principalmente en el crecimiento y desarrollo económico y no sostenible. (Katz & GREENPEACE, 2021).

Considerando lo antes mencionado, la improductividad del suelo es un concepto que se ha venido discutiendo en los últimos meses en Colombia, así como el desarrollo de la economía alimentaria y agroindustrial, además se ha promovido actividades de automatizado y monitoreo de variables ambientales para la agricultura inteligente con la metodología IOT, puesto que esta facilitaría a los agricultores a llevar una actividad agrícola de manera eficiente y tecnológica, pero el uso del IOT en zonas aisladas como la Finca Bella Luz no es considerado rentable, lo que ha provisto de motivación a los autores para formular un proyecto sostenible

en esta zona rural del municipio de San Diego, en la cual se tiene la entera necesidad de establecer un modelo agrícola, sin embargo, la principal preocupación más allá de la planificación del suelo es la necesidad hídrica para satisfacer las plantaciones, que si bien se han planeado, sean en palmas africanas. (Sánchez, 2020).

La problemática en torno al recurso hídrico en la Finca Bella Luz es debido al marco futuro de esta en la región, puesto que se prevé la escasez y la sostenibilidad de provisión está en riesgo ya que en la actualidad no se tiene un sistema de riego tecnificado con actividades que cumplan con requisitos de economía circular y técnicas de mínimo impacto ambiental en torno al uso ahorrativo y eficiente del agua, su reciclaje y tratamiento.

Considerando esto, los autores proponen resolver la siguiente interrogante investigativa: ¿cuál será la mejor formulación de un Sistema de Riego para la Sostenibilidad y Producción Agrícola en la Finca Bella Luz en el Municipio de San Diego – Cesar?



2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La importancia de este proyecto se centra en determinar la necesidad hídrica futura necesaria para garantizar el establecimiento de un cultivo de Palmas Africanas en dos modalidades: como monocultivo y en sistema de concesión agroforestal; para durante su ciclo de vida productivo considerando que es un producto esencial para la alimentación que hace parte de un servicio ecosistémico de aprovisionamiento.

En coherencia con lo anterior, los principales beneficiarios internos de esta investigación son los propietarios y vecinos aledaños en donde se prospecta este proyecto de riego sostenible, así mismo y de manera externa, son beneficiarios aquellas otras personas que piensen desarrollar trabajos de la misma índole, lo que favorecería al desarrollo sostenible en la región. De manera sustancial, el recurso hídrico será objeto de beneficio puesto que su uso se verá limitado a lo eficiente, con control y recirculación en los volúmenes de agua dispuestos.

Por otra parte, la necesidad de desarrollar esta investigación radica en que es un proyecto pionero locativo en el uso eficiente y ahorrativo del recurso agua y puede ser ejemplo para crear otros sinónimos locales y disminuir el déficit de disponibilidad hídrica en esta región, por lo que realizarlo significaría establecer un procedimiento claro de estimar a futuro el suministro de agua sin perjudicar abruptamente el medio ambiente y la sociedad, razón por la cual será importante, ya que los cultivos que se implementan en la finca Bella Luz y en especial las Palmas Africanas son necesarias para garantizar el abastecimiento de alimentos a la población y un sostenimiento económico importante que podría también mejorar la inversión en esta zona rural de San Diego.

Además, desarrollar esta investigación implica conocer el recurso hídrico disponible y como planificar sobre lo observado para resolver de la manera más apropiada el abastecimiento mínimo enriquecedor que necesita la especie para su subsistencia y productividad, por lo cual, sería la primera experiencia de análisis de las unidades hidrográficas que puedan proveerle.

Por último, la principal problemática a resolver sería la necesidad de la productividad del suelo y el control sobre los procesos erosivos y de desgaste que sufre este por culpa de las actividades antrópicas sin control y desmedidas, sumando, lo relevante será el trabajo de diseño de riego sostenible que permitirá aplicar principios de economía circular.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema de Riego para la Sostenibilidad y Producción Agrícola en la Finca Bella Luz en el municipio de San Diego – Cesar

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar análisis hidrológico de la unidad hidrográfica de aprovisionamiento del recurso hídrico para estimar las necesidades agrícolas en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar

Establecer el marco de siembra de la especie *Elaeis guineensis* respecto al plan de ordenamiento de cultivos actual para la planificación conforme al uso ahorrativo, eficiente y circular del agua en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar

Formular las estrategias para el desarrollo de Buenas Prácticas Agrícolas en la siembra de la especie *Elaeis guineensis* en la Finca Bella Luz en zona rural del municipio de San Diego – Cesar



4. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se exponen las investigaciones anteriores, sustentos teóricos, conceptos relevantes, contexto y delimitación geográfica-espacial y bases legales que solidifican este trabajo.

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los siguientes son los referentes investigativos relevantes para este trabajo:

Duque C. y Espinosa D. (2021) desarrollaron el trabajo denominado Sistema de Recolección de Agua Lluvia para el Riego Automatizado de las Zonas Verdes del Campus de la Universidad EIA, sede Las Palmas, para la cual hicieron un análisis de viabilidad en la implementación de los sistemas de captación y riego conforme a la oferta de la precipitación, seguidamente hicieron el diseño de las unidades de colección, transporte y aspersión e hicieron un presupuestado de los insumos y salidas-productos obtenidos de los preliminares. Para desarrollar esto se apoyaron en imágenes de diseño CAD para proceder a analizar la mejor localización de provisión a puntos de interés, logrado esto, se estudiaron las necesidades anuales de riego y se dimensionó el volumen del tanque y luego se explicó el mejor lugar para posicionarlo, se diseñaron las mejores alternativas, establecieron las redes de drenaje y accesorio mediante EPANET y, por último, evaluaron los costos asociados a la implementación de este. El aporte a este trabajo es estratégico-metodológico, puesto que es atractiva la forma como abordaron la planificación del sistema y, además, una fuente alternativa que se considerará también para suplir los posibles déficits que se tengan.

Viafara et. Al (2021) desarrollaron la investigación denominada Valoración de la sostenibilidad del sistema de riego localizado de alta frecuencia del minidistrito de riego ASOLABELLA, Municipio de Pereira. Los autores identificaron los factores e indicadores de sostenibilidad del sistema de riego y mediante un análisis multicriterio definieron cinco niveles de valoración señalando que la rentabilidad de acceder al recurso y la calidad del agua son los de mayor importancia, por otra parte, fueron factores limitantes la disponibilidad del agua y la operación del sistema de riego. Finalmente, la oferta y demanda en épocas secas y ausencia de conocimientos técnicos en la operatividad son los factores que deben ser fortalecidos para la sostenibilidad del sistema de riego. Esta investigación presenta un aporte experimental-metodológico.

Cortes y Vargas (2020) elaboraron el Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Automatizado y Monitoreo de Variables Ambientales mediante IOT en los Cultivos Urbanos de la Fundación Mujeres Empresariales Marie Poussepin, el cual fue desarrollado primeramente con identificar las variables ambientales que se tienen en cuenta para el riego, luego diseñando el sistema de control con los requerimientos del terreno y las necesidades para un sistema de monitoreo desde una aplicación móvil, seguidamente, se implementó un prototipo de sistema para la automatización y validar las pruebas de optimización y de mejora en el nivel de productividad. En este proyecto tecnológico se implementaron elementos electrónicos que detectaban de manera automática los cambios en la humedad del suelo para proceder a realizar un riego controlado, sin embargo, en la planificación se tuvieron conceptos de distribución y dispersión del agua de suministro, logrando demostrar mediante la experimentación que el control utilizado fue beneficioso para la producción. Esta investigación hace un aporte experimental-metodológico y práctico, lo que permite tomar acciones diferentes para las alternativas que se planificarán.

Rueda Jojoa (2017) desarrolló el trabajo denominado Diseño de un Sistema de Riego por goteo bajo invernadero, para el Cultivo de Tomate de mesa Municipio de Puerres Departamento de Nariño para el cual identificaron las ventajas de los invernaderos y sistema de riego por goteo, contextualizar los sistemas de riego en el municipio de Puerres y la calidad y cantidad de agua en el sector agropecuario, conocer el valor de la inversión y riesgos del proyecto y, por último, conocer los costos del proyecto y el diseño del sistema de riego por goteo. Este trabajo fue informativo, puesto que se hacen múltiples descripciones de las necesidades del riego conforme al contexto locativo y se establecieron los procedimientos, procesos, actividades y tareas concernientes al sistema de riego, tanto el diseño, implementación, operatividad, mantenimiento y situaciones de emergencia, que le da un valor agregado al trabajo, así como los riesgos inherentes del proyecto, calificados y estimados fase por fase, y especificados para generar nuevas alternativas en el sector agrícola. El aporte de esta investigación es teórico, porque entrega lineamientos que ayudarán a definir los aspectos a considerar para delimitar factores y variables que deben considerarse en el proyecto de diseño e ingeniería.

Erazo (2015) desarrolló el proyecto denominado Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, el cual fue elaborado en tres etapas metodológicas, determinando la necesidad de agua para los cultivos, realizando el diseño del sistema de riego y por último analizando el impacto ambiental generado por el proyecto. Para el desarrollo del primer objetivo se empleó el software CROPWAT 8.0 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO por sus siglas en inglés, suministrándole información como temperatura, altitud y piso térmico, humedad relativa, brillo solar, velocidad del viento, precipitación efectiva en la zona, tipo de cultivo y sus factores de cultivo, fechas de inicio de siembra, tipo de suelo y eficiencia en el sistema de riego. El riego seleccionado fue por goteo constante y fue elaborado también con CROPWAT. La evaluación del impacto ambiental se realizó mediante lista de chequeo y mediante el método de Leopold, evaluando ocho impactos ambientales. Esta investigación realiza un aporte práctico, puesto que entrega información pertinente de cómo llevar a cabo la planificación del trabajo.

Espinosa et. (2016) Al desarrollaron el proyecto denominado Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement: análisis técnico y económico. Este trabajo constó en analizar el distrito de riego 087 en Yurécuaro empleando los métodos por Turnos y Clement, puesto que es imprescindible la existencia de hidrantes en el riego como aspecto fundamental que permite rentabilizar las inversiones en la infraestructura. Con el desarrollo de este trabajo se esclareció que el mes de mayor demanda fue febrero con un coeficiente unitario de riego de 0,73 L/ha/s, sin embargo, con una eficiencia global de 73,5% este valor llegaba al 0,99 L/ha/s. Se determinó la presión en los hidrantes por Bernoulli obteniendo hasta 40 L/s de gasto y presión de operación de 1,5 kg/cm², para el método de turnos fue de hasta 3,1 kg/cm² y con el método de Clement fue de hasta 2,6 kg/cm². Al final se evaluó el beneficio-costos de la implementación de los métodos demostrando en Valor Presente Actual (VNA) y Valor Presente Neto (VNP) que el método de Turnos es 1,24 veces más beneficioso que el Clement que es 1,10 veces para todas las fases de inversión inicial, operación, mantenimiento y reparaciones, sin embargo, el método de Clement solo se maximiza en la inversión inicial y en los procesos iterativos se aminora con el tiempo, por lo cual, es el mejor apresto. Esta investigación hace un aporte práctico-metodológico, ya que desde la planificación se lleva a la acción para la obtención de resultados evaluativos de interés.

4.2. MARCO TEÓRICO

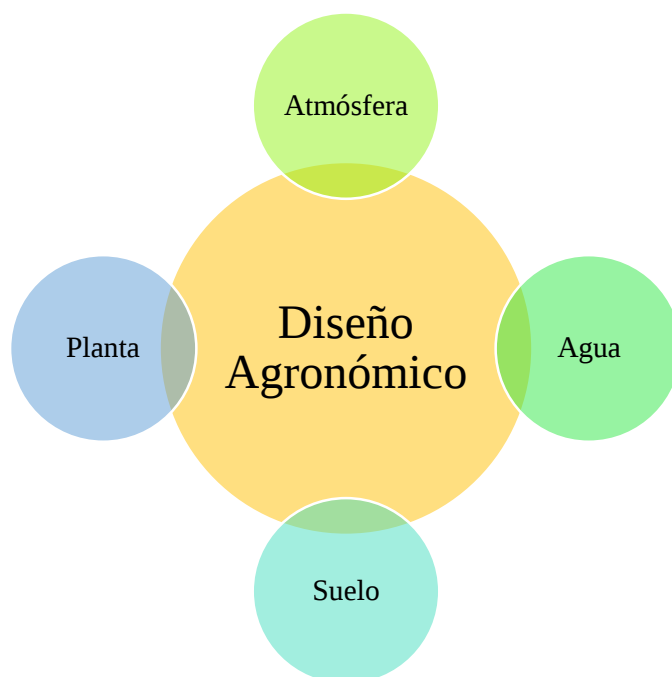
En este apartado se presentan los sustentos teóricos importantes a considerar.

4.2.1. *Etapas De Diseño Del Riego*

De acuerdo con Jiménez S. (2015) los sistemas de riego se dividen en dos etapas: el diseño agronómico y el diseño hidráulico. Para el primero, se entiende por la garantía de suministro de agua para necesidades básicas e hídricas del cultivo con adecuada eficiencia. (Fernández G.).

Figura 1.

Elementos para un diseño agronómico



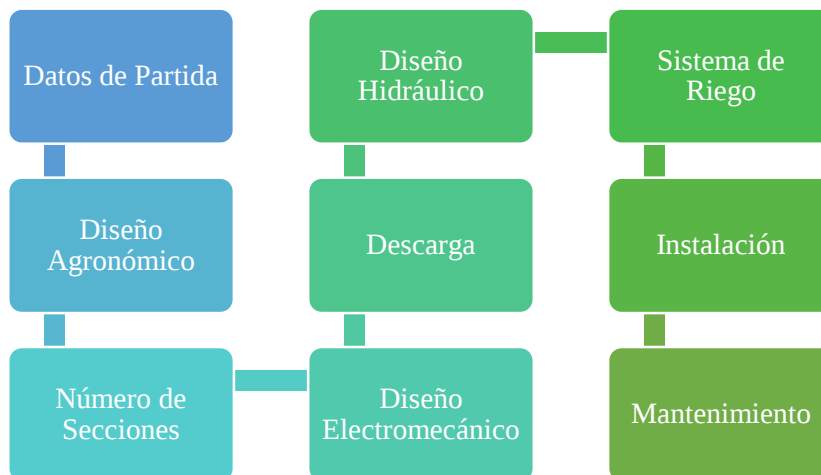
Nota: Tomado por los Autores (2022) de Jiménez S. (2015).

El diseño agronómico abarca el cálculo de las necesidades totales de riego, determinación de la dosis de riego y el número de secciones y turnos de riego. (Jiménez, 2015).

Por otra parte, el diseño hidráulico busca asegurar la eficiencia en la red para cumplir los requerimientos del diseño agronómico. Se consideran datos topográficos y otros parámetros opcionales con base a criterios técnicos-económicos. (FAO, 2007).

Figura 2.

Pasos para cumplir para Diseño de un sistema de riego



Nota: Tomado por los Autores (2022) de Jiménez S. (2015).

El diseño Hidráulico consta de determinar el tiempo y frecuencia del riego, las dimensiones de la red de distribución y su operatividad, accesorios de medición y requerimientos de filtrado y el tamaño y tipo de bomba. (Jiménez, 2015).

4.2.2. Tipos De Riego

Existen dos categorías de riego, el superficial y el presurizado. Estos a su vez se clasifican, los primeros, en riego tendido, riego por surcos, riego por melgas, y el segundo, en riego por aspersión, riego por microaspersión y riego por goteo. (Demin, 2014).

4.2.2.1. Riego Superficial.

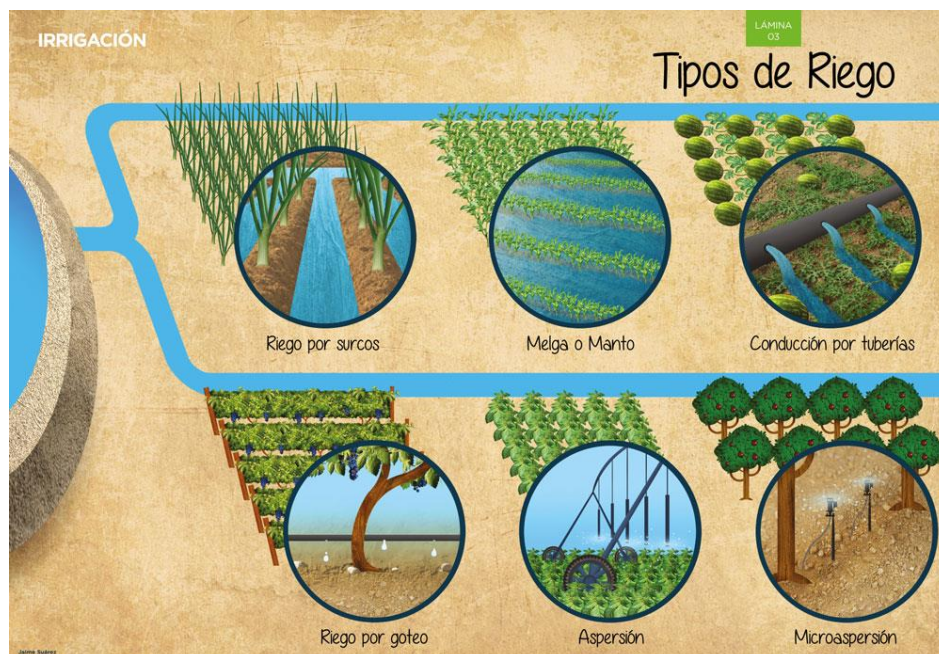
El riego por superficie incluye varios tipos de riego que comúnmente parte de que el agua se aplica en la superficie del suelo y se distribuye por gravedad en el campo, de modo que el caudal de riego disminuye a lo largo de la extensión por la infiltración del terreno. (Faci & Playan, 1994).

4.2.2.2. Riego Presurizado.

En estos sistemas de riego el agua se conduce a presión por tuberías y laterales de riego hasta las plantas, donde es aplicada desde emisores en forma de gotas (Goteo) o de fina lluvia (Microaspersión). También permiten la aplicación de fertilizantes junto con el agua de riego (fertirrigación). (INTA, 2013).

Figura 3.

Tipos de Riego: Superficial y Presurización



Nota: Tomado por los Autores (2022) de AQUABOOK Gobierno de Mendoza. (Gobierno de Mendoza).

4.2.3. Agricultura Sostenible

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) tienen componentes específicos y afines para la agricultura sostenible, principalmente el fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, producción y consumo responsables, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres. (UN).

La FAO menciona a la agricultura sostenible en la agenda 2030, considerando los siguientes criterios que dificultan el proceso de alcanzar los ODS (FAO, 2015):

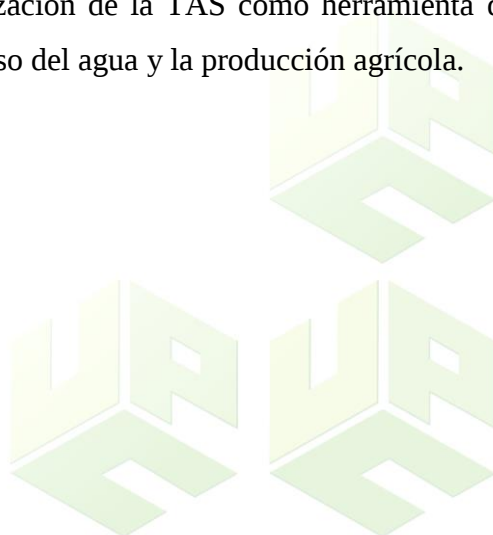
- Los sistemas de producción y las políticas e instituciones que sustentan la seguridad alimentaria mundial son cada vez más insuficientes.
- La agricultura sostenible debe garantizar la seguridad alimentaria mundial y al mismo tiempo promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales.

- Para ser sostenible, la agricultura debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica.
- Para conseguir la transición global a la alimentación y la agricultura sostenibles, es imprescindible mejorar la protección ambiental, la resiliencia de los sistemas, y la eficiencia en el uso de los recursos.
- La agricultura sostenible requiere un sistema de gobernanza mundial que promueva la seguridad alimentaria en los regímenes y políticas comerciales, y que reexamine las políticas agrícolas para promover los mercados agrícolas locales y regionales.

4.2.4. Diseño De Riego Sostenible Por Alta Frecuencia

El Diseño de Riego Sostenible por Alta Frecuencia (DRSAF) es una técnica de riego que consiste en la aplicación de pequeñas cantidades de agua con una frecuencia elevada. Según investigaciones realizadas por Maestre-Valero et al. (2016), este sistema puede ser considerado como una herramienta eficiente para la optimización del uso del agua en la agricultura, debido a que permite una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de las plantas y reduce las pérdidas de agua por escorrentía y evaporación.

El método de diseño del DRSAF se basa en la determinación de la cantidad de agua requerida por las plantas y la disponibilidad de agua en el suelo. Para ello, se utilizan técnicas de medición de la humedad del suelo, como la Tensión de Agua del Suelo (TAS), la cual indica la fuerza con la que el agua está adherida a las partículas del suelo. Según las investigaciones realizadas por Maestre-Valero et al. (2016), la utilización de la TAS como herramienta de control del riego permite mejorar la eficiencia en el uso del agua y la producción agrícola.



4.2.5. Componentes Ambientales En El Riego

Los componentes planta, suelo, agua y atmósfera son fundamentales en el diseño de un riego para la sostenibilidad y producción agrícola. Según Rueda, et al. (2015), la selección de las plantas debe considerar su resistencia a la sequía, su sistema radicular y su demanda de agua. Asimismo, el tipo y textura del suelo influyen en la infiltración y retención del agua, lo que puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Hsiao, Heng, Steduto, Rojas-Lara, & Raes, 2007).

El agua es un recurso crítico en la producción agrícola, y su manejo debe ser cuidadoso para garantizar la sostenibilidad. De acuerdo con Pereira et al. (2012), la eficiencia en el uso del agua puede mejorarse a través de la selección de cultivos adecuados, el uso de prácticas de riego eficientes y la gestión adecuada del suelo y los nutrientes.

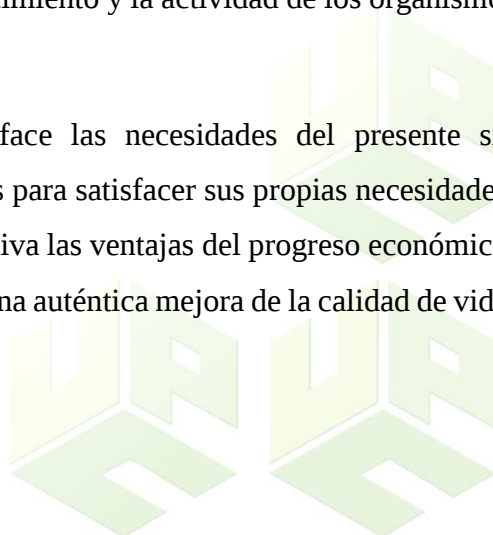
Finalmente, la atmósfera también juega un papel importante en el diseño del riego, ya que la cantidad y distribución de la lluvia pueden variar ampliamente según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. Según Fereres y Soriano (2007), es importante considerar la evapotranspiración y la humedad relativa al diseñar un sistema de riego adecuado.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes son los conceptos, definiciones y términos más relevantes utilizados:

Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (Clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condiciona la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos. (CARDIQUE, 2018).

Desarrollo Sostenible: Es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Al mismo tiempo que distribuye de forma más equitativa las ventajas del progreso económico, preserva el medio ambiente local y global y fomenta una auténtica mejora de la calidad de vida. (Fernández & Gutiérrez, 2013).



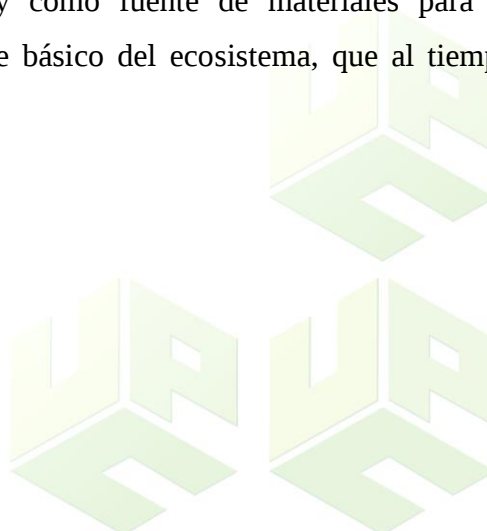
Economía Social: cualquier forma empresarial que integre a todas las novedades organizativas y sus correspondientes figuras jurídicas, surgidas como respuesta a las diversas necesidades que plantea la cohesión social. (Gómez, 2008).

Evapotranspiración: Es un proceso que resulta de la evaporación y transpiración simultáneamente, por la similitud de estos procesos es casi imposible distinguir entre ellos. La evaporación se presenta en las primeras etapas del cultivo, mientras la transpiración es el proceso principal en el desarrollo de la planta (Allen & al., 2006).

Impacto ambiental: Es la repercusión de las modificaciones en los factores del medio ambiente, sobre la salud y bienestar humano. Y es respecto al bienestar donde se evalúa la calidad de vida, bienes y patrimonio cultural, y concepciones estéticas, como elementos de valoración del impacto. (UNIPAMPLONA, 2015).

Producción Agrícola: El proceso de producción agrícola se caracteriza porque en función de los objetivos del agricultor y bajo su control, el conjunto de medios de producción (tierra, agua, plantas, animales, aperos, maquinaria, fertilizantes, etc.). (Parra V., Inzunza, Solano, Guadarrama Z., & Zizumbo, 1986).

Suelo: es la parte superficial de la corteza terrestre entre la roca y la atmósfera que está dotada de una gran complejidad, tanto estructural como funcional. Esto es debido a las mutuas relaciones que se mantienen entre la biocenosis edáfica (seres vivos en el interior del suelo) y el sustrato físico y químico donde se desarrolla. El suelo actúa como aceptor y proveedor de agua y nutrientes para las raíces, como espacio vital para una gran comunidad de organismos y animales, como depurador del medio natural y como fuente de materiales para la construcción. Asimismo, el suelo es un componente básico del ecosistema, que al tiempo condiciona su evolución. (Jaramillo, 2002).



4.4. MARCO CONTEXTUAL

En este apartado se presenta la descripción general de la región donde se encuentra el proyecto y también la delimitación geográfica escalafonada de la Finca Bella Luz.

4.4.1. Descripción General

El municipio de San Diego está localizado en el norte del departamento del Cesar, su cabecera está situada a los 10° 20' 15" de latitud norte y 73° 10' 57" de longitud oeste.

San Diego pertenece a la zona nororiental del Departamento del Cesar y tiene una superficie territorial de 670 Kilómetros cuadrados. Se encuentra localizado a 180 metros de altura sobre el nivel del mar, siendo su temperatura promedio de 27 °C en la cabecera municipal y en las estribaciones de la Serranía del Perijá oscila entre 15 °C y 20 °C. San Diego limita Al norte con la capital Valledupar, al Sur con el municipio de Agustín Codazzi, Al Nororiente con el municipio de la Paz y al occidente con la capital del cesar. (Alcaldía de San Diego, 2016).

Distancia de referencia: Distancia de Valledupar en 20 minutos de recorrido por carretera pavimentada en asfalto, en una longitud de 22 Kilómetros aproximadamente. (Alcaldía de San Diego, 2016).

La principal actividad económica de los habitantes de San Diego está representada en el sector agropecuario, primeramente, por la ganadería extensiva y segunda instancia por la agricultura. (Alcaldía de San Diego, 2016).

Uno de los problemas que más afecta el desarrollo económico del municipio es la violencia social, pues la situación ha ocasionado que los agricultores y ganaderos se alejen de sus fincas, incidiendo esto en la crisis económica que vive el municipio actualmente. (Alcaldía de San Diego, 2016).

4.4.2. Delimitación Geográfica

En la siguiente figura se presenta la delimitación geográfica correspondiente a la división político-administrativa correspondiente al municipio de San Diego, en el departamento del Cesar.

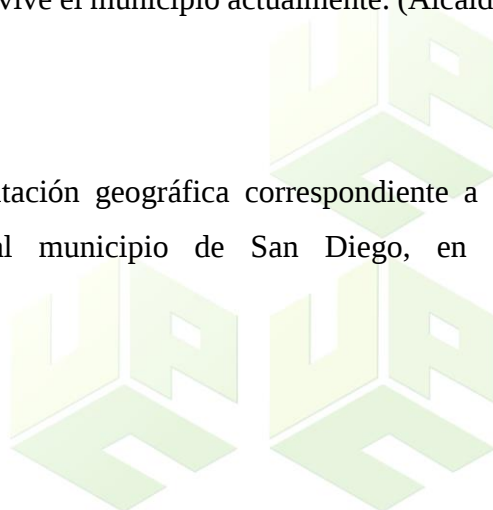


Figura 4.

División político-administrativa correspondiente al municipio de San Diego

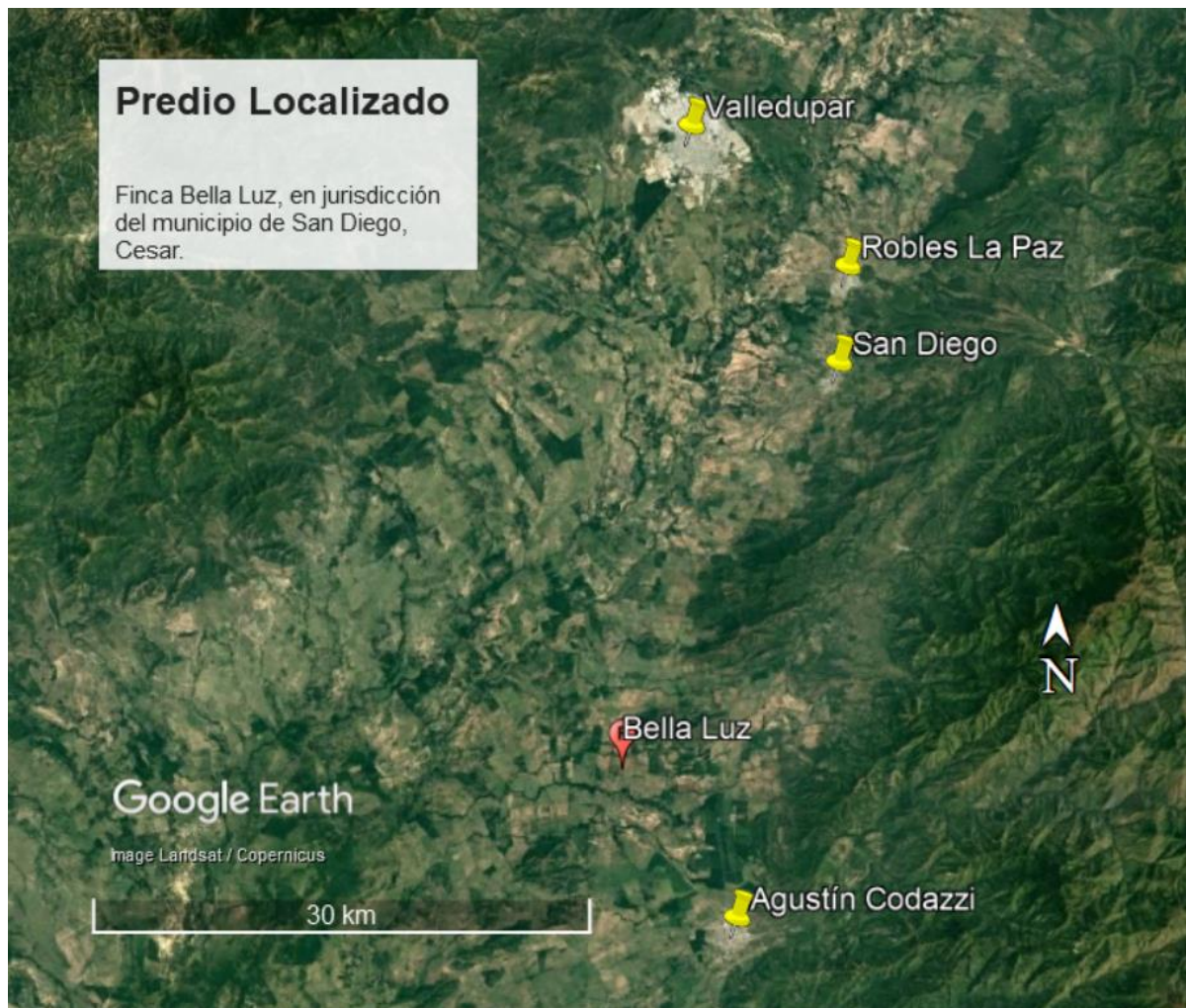


Nota: Tomado por los Autores (2022) de internet.

En la siguiente figura se presenta la localización geográfica de la finca Bella Luz en comparación la ubicación del municipio de San Diego.

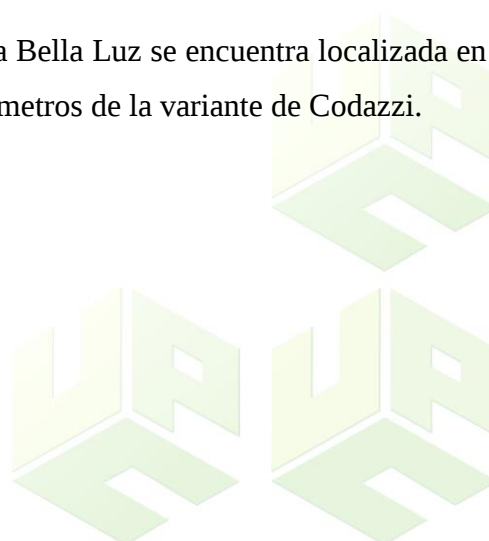
Figura 5.

Localización Geográfica del Predio Bella Luz



Nota: Elaborado por los Autores, 2022.

Como se aprecia en la figura anterior, la Finca Bella Luz se encuentra localizada en la vereda La Palizada zona rural de San Diego a 14 kilómetros de la variante de Codazzi.



4.5. MARCO LEGAL

En este marco se presentan los aspectos legales más relevantes de este proyecto.

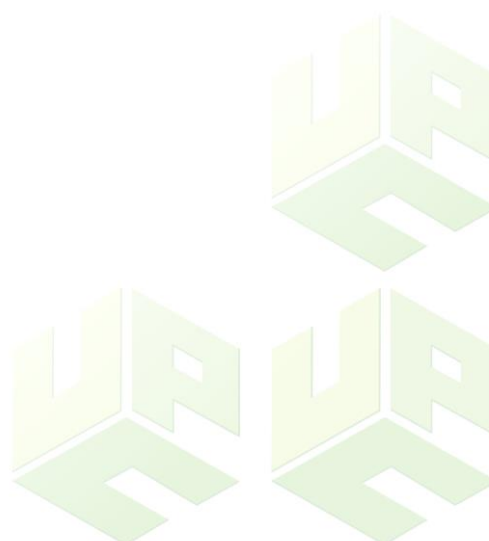
Tabla 1.

Marco Normativo Aplicable al Contexto del Proyecto

Normativa Aplicable	Artículo	Aplicación
Constitución política de Colombia	Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
	Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas
Ley 101 de 1993	Artículo 64	Es deber del Estado promover el acceso progresivo a la propiedad de la tierra de los trabajadores agrarios, en forma individual o asociativa, y a los servicios de educación, salud, vivienda, seguridad social, recreación, crédito, comunicaciones, comercialización de los productos, asistencia técnica y empresarial, con el fin de mejorar el ingreso y calidad de vida de los campesinos.
Ley 99 de 1993.	Artículos 10,11,24	Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.
Decreto 1594 de 1984	Artículos 22-23,29,37-50,60-71,72-97 Y 142	Ordenamiento del recurso del agua. Uso de agua. Criterios de calidad de agua. Norma de vertimientos.
Decreto ley 2811 de 1974	Artículo 34 (b)	La investigación científica y técnica se fomentará para: 4. Perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, depósito, y disposición final de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos no susceptibles de nueva utilización.

Normativa Aplicable	Artículo	Aplicación
		También conocido como código de recurso naturales se toma en cuenta ya que este estudio toma en cuenta el recurso hídrico y dicta lineamiento para su conservación y preservación.
Decreto 1076 del año 2015	Artículo 2.2.1.1.18.1	Protección y aprovechamiento de las aguas. En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios están obligados a: Aprovechar las aguas con eficiencia y economía en el lugar y para el objeto previsto en la resolución de concesión No utilizar mayor cantidad de agua que la otorgada en la concesión Siendo así, el decreto citado se enmarca en este estudio porque por medio de la optimización del recurso agua mediante un sistema de riego eficaz permitirá cumplir con la normatividad y los artículos ya mencionados en este decreto.
Resolución 1257 del año 2018	Artículos 2 y 3	Programa de uso eficiente y ahorrativo del recurso hídrico
Decreto 1090 de 2018	Artículos 2.2.3.2.1.1.2. y 2.2.3.2.1.1.3.	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones

Nota: Tomado por los Autores (2022) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE).



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se sustenta en la línea Sostenibilidad y Gestión Ambiental y en la sublínea Gestión Integral del Recursos Hídrico, pertenecientes al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar. (UNICESAR, 2021).

5.2. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se clasifica de acuerdo con su propósito y finalidad con un enfoque cuantitativo puesto que se obtendrá información numérica con la cual se tratará de explicar cómo abordar una situación tal que permita concluir relaciones entre variables. (Hernández S. & Mendoza T., 2018).

5.3. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se clasifica de acuerdo con su alcance investigativo como descriptivo-longitudinal y explicativo, puesto que se recopilará información de características que permiten definir cuáles son las mejores relaciones entre variables para así poder determinar cual es la mejor forma de implementar el modelo de estudio entre otras conclusiones. (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014).

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio corresponde al número de hectáreas con las que dispone la finca Bella Luz, la cual se encuentra clasificada en zona de vida de Bosque Seco Tropical – BST, por lo cual, posee grandes ventajas sobre todo en la gran variedad de biodiversidad y alto nivel de endemismo. (Holdridge, 1982).

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional es no probabilística y es subjetiva y obtenida a partir de las condiciones del área de estudio, que en este caso corresponde al número de hectáreas que se destinarán para el establecimiento de los cultivos de la especie *Elaeis guineensis*.

5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto es no experimental transeccional puesto que solo se recopilará información en un único momento y se harán descripciones de ella sin correlacionar.

5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO

Fase 1. Análisis Hidrológico De La Unidad Hidrográfica De Aprovechamiento Del Recurso Hídrico Para Estimar Las Necesidades Agrícolas En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar

Actividad 1.1. Solicitud De Información.

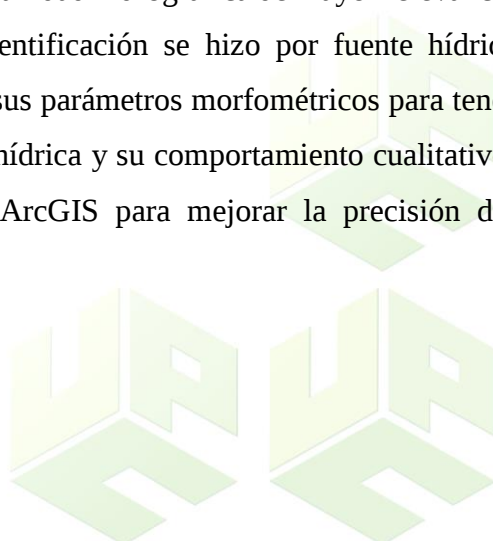
Descripción: se realizó la solicitud de información hidrológica, hidrométrica y meteorológica de las estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cercanas y que tienen influencia con el área de la Finca Bella Luz en San Diego, y se hizo la presentación estadística resumida de los datos como precipitación mensual, brillo solar, temperatura mínima, máxima y media, como únicas necesarias para el diseño agrícola.

Actividad 1.2. Tratamiento De Los Datos.

Descripción: se realizó el análisis de regresión lineal entre estaciones cercanas para completar los datos ausentes esperando valores del coeficiente de autocorrelación cercanos a la unidad y posteriormente se hizo el análisis Z para detectar posibles inconsistencias y dar solución si es requerido.

Actividad 1.3. Análisis Morfométrico.

Descripción: se realizó la identificación de la unidad hidrográfica de mayor relevancia e interés para el abastecimiento del cultivo. Su identificación se hizo por fuente hídrica superficial de influencia en el predio y se evaluaron sus parámetros morfométricos para tener una caracterización entera de la zona de producción hídrica y su comportamiento cualitativo. Se utilizó el Sistema de Información Geográfico ArcGIS para mejorar la precisión del resultado.



Actividad 1.4. Modelo Intensidad-Duración-Frecuencia.

Descripción: Se realizó el modelo de Intensidad-Duración-Frecuencia con el cual se estimaron los eventos de precipitación mínimos, medios y máximos que puedan suceder para el tiempo de vida útil del cultivo de las especies del marco de siembra. El método empleado obedece los lineamientos presentados por Ven Te Chow (1994) basado en las probabilidades de Gumbell, así mismo se obtuvo el hietograma de precipitación de diseño.

Actividad 1.5. Obtención De Caudales.

Descripción: Para la estimación de los Caudales se había planificado el uso del software HEC-HMS, pero por cuestiones de uso de licencias y privacidad actualizada se decidió implementar el método Lutz Scholz para generación de caudales medios mensuales. Se obtuvieron caudales mínimos, medios y máximos de para el diseño agrológico y el diseño hidráulico.

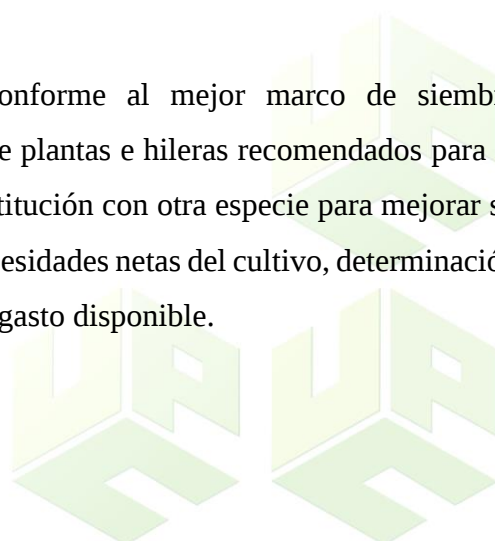
Fase 2. Establecimiento Del Marco De Siembra De La Especie *Elaeis guineensis* Respecto Al Plan De Ordenamiento De Cultivos Actual Para La Planificación Conforme Al Uso Ahorrativo, Eficiente Y Circular Del Agua En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar

Actividad 2.1. Identificación Del Terreno.

Descripción: se realizó el análisis del terreno dentro del predio de la finca Bella Luz, con el objeto de determinar la zona más factible para el establecimiento del cultivo y así determinar el tamaño de la zona destinada para seleccionar el tipo de riego y proceder a su diseño agronómico e hidráulico.

Actividad 2.2. Diseño Agronómico.

Descripción: Se diseñaron las parcelas conforme al mejor marco de siembra considerando la densidad con el distanciamiento entre plantas e hileras recomendados para la especie *Elaeis guineensis* y, además, su factible constitución con otra especie para mejorar su rendimiento. En esta actividad se determinaron las necesidades netas del cultivo, determinación de dosis de riego y la relación del gasto actual con el gasto disponible.



Actividad 2.3. Diseño Hidráulico.

Descripción: habiendo establecido el marco de siembra se procedió al diseño hidráulico de la línea de alimentación y su tecnología aplicada, seguido de la red de distribución del agua de riego con los accesorios necesarios para garantizar el control sobre la red y también para otros de medición y de filtrado. Este diseño se hizo para las condiciones mínimas de suministro para determinar la capacidad de la fuente hídrica para sustentarlo con otra forma de almacenamiento.

Fase 3. Formulación De Las Estrategias Para El Desarrollo De Buenas Prácticas Agrícolas En La Siembra De La Especie Elaeis guineensis En La Finca Bella Luz En Zona Rural Del Municipio De San Diego – Cesar

Actividad 3.1. Estrategias Preventivas.

Descripción: Conforme al manual de Buenas Prácticas en cultivo y siembras del Instituto Colombiano Agropecuario se definieron las estrategias preventivas que se deben considerar para fortalecer el uso ahorrativo y eficiente del recurso agua en el cultivo de la especie *Elaeis guineensis*.

Actividad 3.2. Estrategias Correctivas.

Descripción: Conforme al manual de Buenas Prácticas en cultivo y siembras del Instituto Colombiano Agropecuario se definieron las estrategias correctivas que se deben considerar para aprovechar las oportunidades para el uso ahorrativo y eficiente del recurso agua en el cultivo de la especie *Elaeis guineensis*.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE APROVISIONAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA ESTIMAR LAS NECESIDADES AGRÍCOLAS EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR

6.1.1. Solicitud De Información

Al practicar un análisis en el visor de estaciones hidrometeorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se identificaron un mínimo de tres estaciones de interés para la presente área estudio, estas son:

Tabla 2.

Estaciones de Interés para el presente estudio

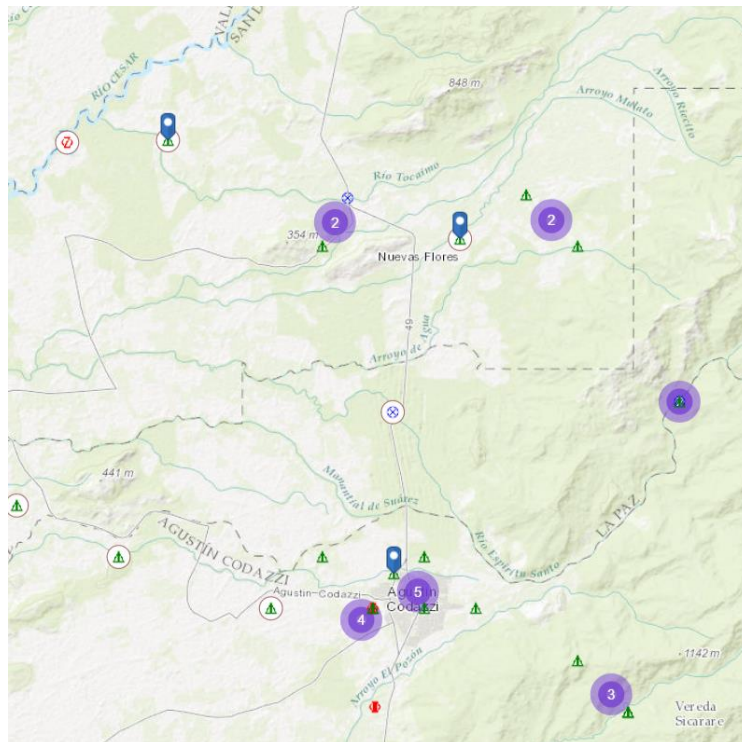
Catalogo Nacional de Estaciones: SAN BENITO [28020410]		Catalogo Nacional de Estaciones: LETICIA [28020590]		Catalogo Nacional de Estaciones: CODAZZI DC [28020460]	
Código	28020410	Código	28020590	Código	28020460
Nombre	SAN BENITO [28020410]	Nombre	LETICIA [28020590]	Nombre	CODAZZI DC [28020460]
Categoría	Pluviométrica	Categoría	Pluviométrica	Categoría	Pluviométrica
Longitud	-73,32	Longitud	-73,22	Longitud	-73,24
Latitud	10,18	Latitud	10,15	Latitud	10,04
Altitud	150,00	Altitud	140,00	Altitud	90,00
Departamento	Cesar	Departamento	Cesar	Departamento	Cesar
Municipio	San Diego	Municipio	San Diego	Municipio	Agustín Codazzi
Estado	Activa	Estado	Activa	Estado	Activa
Tecnología	Convencional	Tecnología	Convencional	Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Septiembre 15, 1972	Fecha de Instalación	Enero 15, 1979	Fecha de Instalación	Noviembre 15, 1979
Estación Pluviométrica San Benito 28020410		Estación Pluviométrica Leticia 28020590		Estación Pluviométrica CODAZZI DC 28020460	

Nota: Tomado y Adaptado por los Autores (2023) a partir del Geovisor del IDEAM y del Catalogo Nacional de Estaciones del Territorio Colombiano. (IDEAM, 2023).

La metodología de obtención de la información y datos en el IDEAM ha cambiado y la descarga de la información es libre para los ciudadanos accediendo a partir del menú Consulta y Descarga Hidrometeorológicos. Por lo tanto, los autores precisaron la descarga directamente del portal (ver la distribución de las estaciones en el espacio territorial en la siguiente figura).

Figura 6.

Distribución Geográfica de las Estaciones de Interés para el Presente Estudio



Nota: Tomado y Adaptado por los Autores (2023) a partir del Geovisor del IDEAM y del Catalogo Nacional de Estaciones del Territorio Colombiano. (IDEAM, 2023). *Icono de color azul. Al extremo superior izquierdo se localiza la estación San Benito. Seguidamente a la parte central derecha se localiza la estación Leticia. Finalmente, dentro del área urbana del municipio de Agustín Codazzi se localiza la estación CODAZZI DC.*

Al momento de realizar la consulta mediante el portal se permite la descarga de datos. Para este caso particular, solamente se pudo acceder a las precipitaciones totales mensuales, puesto que las otras variables como temperatura media, mínima y máxima, así como la radiación solar no son medidas por estas estaciones que son de tipo ordinarias y la más cercana se encuentra en Valledupar que por diferencias de latitudes permitirían un valor muy alejado de la realidad de la zona.

Por otra parte, se decidió por 31 años de registros históricos. La información de precipitación obtenida del IDEAM se presenta a continuación:

Tabla 3.

Precipitación Total Mensual Estación Codazzi DC

Estación Agustín Codazzi												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	0	0	228	174	69	75	92	91	263	342	104
1991	0	40	50	15	122	187	30	146	147	158	55	0
1992	0	0	25	64	168	48	96	110	382	126	233	0
1993	32	75	109	371	229	22	101	64	202	144	1638	159
1994	98	31	41	84	279	86	41	126	123	244	1365	38
1995	12	54	988	129	300	128	272	346	154	263	54	19
1996	30	28	118	47	223	115	440	229	158	260	253	15
1997	25	10	65	130	90	90	35	60	60	55	233	30
1998	17	85	243	130	275	155	255	85	314	192	113	178
1999	27	116	31	182	78	270	125	291	57	205	296	50
2000	55	0	11	365	139	75	110	91	257	285	268	60
2001	0	0	74	0	229	10	85	90	230	305	235	160
2002	0	0	10	268	285	284	1	29	111	114	20	90
2003	0	0	96	138	204	150	193	100	65	558	245	155
2004	0	48	20	124	145	75	151	112	210	301	1345	0
2005	50	87	36	205	160	270	81	301	68	278	291	0
2006	47	75	65	169	299	229	75	252	100	184	149	25
2007	0	1	163	28	179	21	64	235	127	426	10	76
2008	0	7	166	81	274	241	1458	297	1515	126	211	3
2009	54	0	224	137	152	135	127	60	67	183	93	58
2010	20	10	285	152	325	315	126	246	310	236	154	275
2011	0	66	82	242	250	48	268	226	331	494		127
2012	0	0	1	250	246	182	49	209	81	499	94	35
2013	0	53	150	109	560	100	42	185	132	202	150	7
2014	83	0	163	86	170	165	52	185	177	124	329	90
2015	35	54	25	57	131	64	28	123	147	188	313	30
2016	10	5	5	227	138	56	76	207	124	322	102	80
2017	0	65	109	164	207	228	139	180	194	355	234	25
2018	96	0	11	199	235	28	82	192	184	247	69	10
2019	47	0	83	82	88	67	120	127	263	64	109	4
2020	76	0	0	21	105	8	239	183	63	324	192	11

Nota: En amarillo se observan datos atípicos. En rosa los espacios vacíos de datos faltantes. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

Tabla 4.

Precipitación Total Mensual Estación Leticia

Estación Leticia												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	124	279	2405	756	71	75	846	95	203	126	24
1991	20	37	22	43	85	35	13	42	302	669	244	0
1992	0	0	50	102	216	55	172	74	72	98	216	8
1993	25	29	132	232	210	41	62	111	109	156	243	30
1994	105	52	26	137	210	29	836	44	143	128	235	23
1995	40	34	52	99	204	195	169	203	201	260	87	0
1996	118	62	84	160	158	241	147	204	157	284	102	29
1997	17	0	59	83	60	72	17	2	117	132	118	0
1998	18	61	178	109	227	151	190	75	170	315	129	141
1999	19	113	98	232	72	256	105	162	217	186	135	81
2000	11	2	31	153	230	55	77	60	201	145	330	109
2001	0	0	138	80	190	93	150	89	127	2629	217	231
2002	0	0	0	250	200	90	51	266	237	248	5	197
2003	0	0	38	163	197	73	92	86	124	251	105	83
2004	44	74	23	197	1409	419	194	1065	491	306	53	45
2005	26	34	26	119	1243	278	315	89	127	265	542	0
2006	5	8	1064	3183	2893	1257	574	574	6	927	2384	404
2007	0	0	0	78	0	0	5	133	14	169	9	344
2008	0	1	119	130	321	29	135	255	1455	121	135	0
2009	74	0	151	55	168	110	57	162	63	80	131	24
2010	0	230	80	100	266	236	109	34	90	263	123	36
2011	0	26	69	425	939	140						19
2012	0	14	64	85	76	48	0	153	106	123		
2013							117	298	164	91	63	0
2014	0	10	20	45	47						157	37
2015	21	64	24	107	67	25	39	45	156	101	183	14
2016	30	23	0	102	90	81	112	207	72	367	407	60
2017	6	0	70	84	261	230	194	119	232	334	131	8
2018	15	0	52	143	286	42					63	0
2019	56											
2020												

Nota: En amarillo se observan datos atípicos. En rosa los espacios vacíos de datos faltantes. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

Tabla 5.

Precipitación Total Mensual Estación San Benito

Estacion San Benito												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	0	48	143	28	143	50	67	146	#¡VALOR!	223	11
1991	0	23	40	57	89	145	40	40	95	234	130	0
1992	20	12	12	112	141	82	200	55	80	125	166	15
1993	10	10	30	205	125	91	60	60	150	100	170	60
1994	60	10	45	95	95	45	35	415	333	156		
1995			15	130	158	270	89	1311	140	343	1364	67
1996	15	68	80	211	440	340	357	144	282	213	109	24
1997	0	4	0	140	55	110	60	50	110	55	285	6
1998	9	50	26	220	271	90	140	132	2095	179	156	155
1999	0	35	55	239	147	287	117	150	103	147	125	26
2000	20	0	41	81	113	75	89	125	392	1165	4305	88
2001	0	0	86	18	110	29	100	41	141	144	194	182
2002	0	0	3	60	231	79	26	185	59	335	177	95
2003	0	2	72	273	153	68	72	95	76	280	155	71
2004	9	3	15	216	50	29	186	99	205	173	130	0
2005	88	0	15	216	177	207	39	56	203	143	238	8
2006	1	0	22	118	147	82	17	179	60	276	147	70
2007	0	30	66	158	237	64	148	150	15	75	26	23
2008	0	0	43	27	158	55	76	197	137	149	159	0
2009	23	0	107	39	98	34	96	197	131	140	143	0
2010	0	35				258	157	253	155	296	164	43
2011	0	54	51	177	211	1055	175	208	151	414	298	35
2012	0	0	38	159	201	47	156	139	145	319	111	0
2013	0	0	0			58	65	228	146	177	145	0
2014	0	0	45	68	115	0	0	229	115	155	265	80
2015	25	0	130	35	315	8	0	1015	83	198	97	8
2016	8	3	3	79	221	60	73	159	152	260	458	191
2017	50	10	10	136	200	13	102	65	147	339	192	51
2018		0	68	263	174	66	35	232	136	141	157	0
2019	43	40	160	140	390	75	100	265	195	295	336	12
2020	0									111	87	23

Nota: En amarillo se observan datos atípicos. En rosa los espacios vacíos de datos faltantes. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

Por otra parte, como información secundaria se recurrió a la página Climate Date Organization, quienes recopilan datos en tiempo real y mediante modelo del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF, por sus siglas en inglés), cuyo mencionado modelo opera con más de 1800 millones de puntos de datos y una resolución de 0,1 a 0,25 grados. Siendo el municipio Agustín Codazzi muy influyente en las estaciones meteorológicas reseñadas, se tiene la siguiente tabla climática informativa como principal insumo de interés para complemento de trabajo (ECMWF, 2022):

Tabla 6.

Datos históricos del tiempo climático en Agustín Codazzi

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	25.4	26.3	26	25.3	24.8	25	25.4	25.2	24.5	23.9	23.8	24.4
Temperatura mín. (°C)	20.2	20.7	21.1	21.2	21.3	21.3	21.3	21.3	20.9	20.6	20.4	20.1
Temperatura máx. (°C)	31.5	32.6	31.7	30	28.8	29.4	30.1	29.8	28.7	27.8	27.9	29.6
Precipitación (mm)	40	58	155	308	340	212	166	242	294	350	284	109
Humedad(%)	68%	65%	71%	82%	86%	84%	81%	83%	86%	88%	87%	80%
Días lluviosos (días)	5	6	12	18	20	18	18	20	20	20	17	10
Horas de sol (horas)	9.4	9.6	9.3	8.8	8.8	9.6	10.0	9.3	8.4	7.6	7.5	8.8

Nota: Tomado por los Autores (2023) de la página oficial de Climate Date Organization, filtrado para los datos históricos del tiempo climático en Agustín Codazzi.

A partir de esta información se procedió a hacer un análisis para ajustar los datos de la precipitación, puesto que otras actividades consideran estos datos para proceder a la toma de decisiones y cálculos importantes.

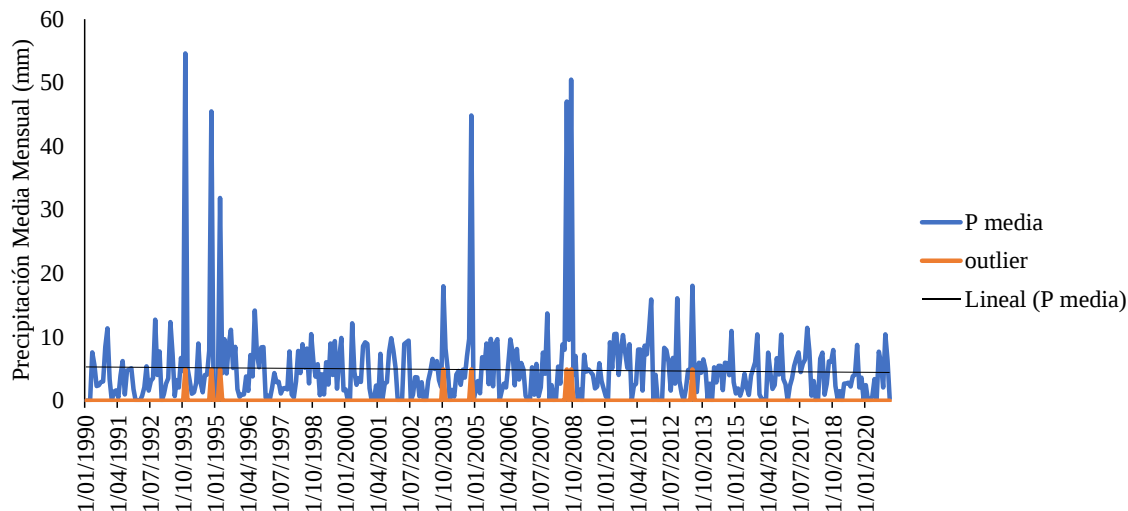
6.1.2. Tratamiento De Los Datos

Primeramente, se hizo un análisis gráfico del histograma de precipitaciones medias mensuales en unidades de litros por metro cuadrado (milímetros), para observar el comportamiento durante los años de registro, identificando que existía alguna información diferencial a los demás que podrían demostrar que el comportamiento bimodal climático tenía inconsistencias, por lo tanto, se procedió a obtener los valores inconsistentes mediante la prueba de normalidad Z, lo que pudo vislumbrar los datos inconsistentes (ya presentados en las Tablas anteriores). El resultado del análisis gráfico para los datos de precipitación fueron los siguientes:

- Para la Estación Codazzi DC.

Figura 7.

Histograma de Precipitaciones Estación Codazzi DC

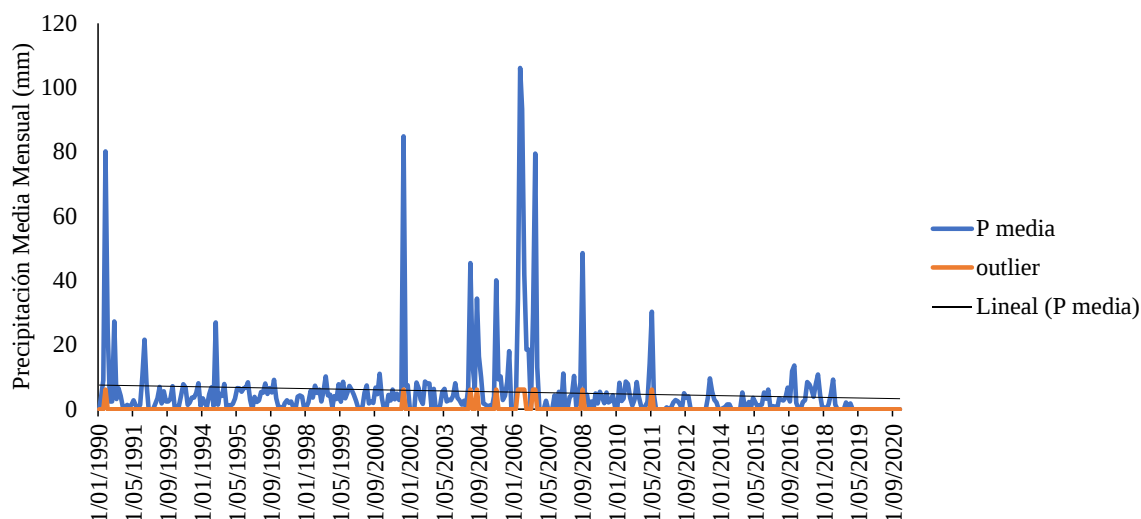


Nota: en azul se observa la distribución de la precipitación. En anaranjado se aprecia saltos en donde se detectan datos inconsistentes. Elaborado por los Autores, 2023.

- Para la Estación Leticia:

Figura 8.

Histograma de Precipitaciones Estación Leticia

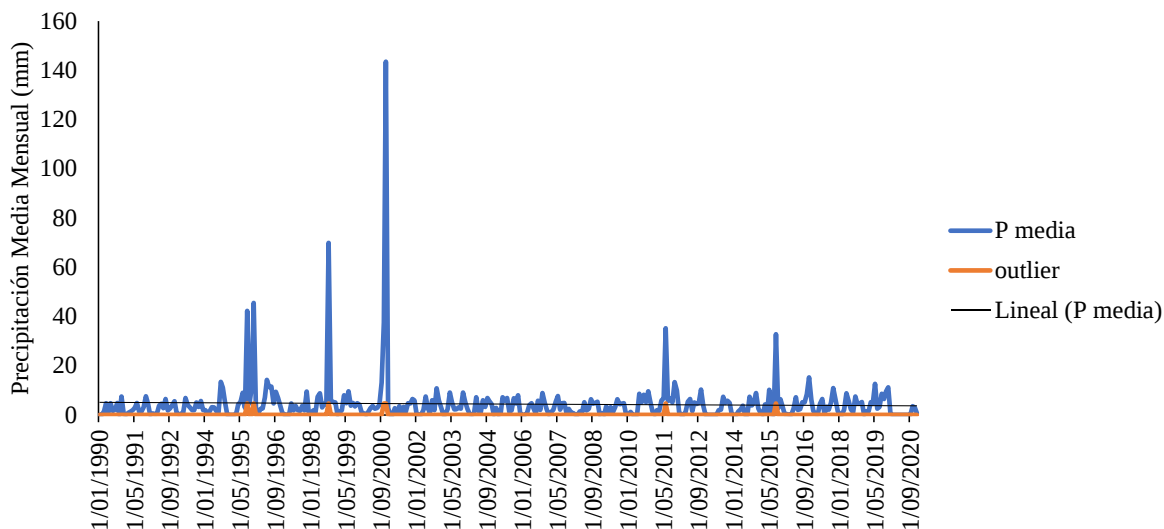


Nota: en azul se observa la distribución de la precipitación. En anaranjado se aprecia saltos en donde se detectan datos inconsistentes. Elaborado por los Autores, 2023.

- Para la Estación San Benito:

Figura 9.

Histograma de Precipitaciones Estación San Benito



Nota: en azul se observa la distribución de la precipitación. En anaranjado se aprecia saltos en donde se detectan datos inconsistentes. Elaborado por los Autores, 2023.

La aplicación de la normalidad del coeficiente Z se obtiene mediante la siguiente formulación matemática (Bencardino M., 2012):

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{S_d}$$

Dónde,

x: precipitación media mensual registrada

X: promedio de las precipitaciones medias mensuales para el registro de 31 años

Sd: desviación estándar de las precipitaciones medias mensuales para el registro de 31 años

Al aplicar esta fórmula, el puntaje de z (z-score) permite obtener valores a 1, 2 y 3 desviaciones, situando el sesgo de esta investigación a un intervalo de confianza de 95%, por lo tanto, todo valor, superior a 2 sería considerado dato atípico. De esta manera, se identificaron los siguientes datos problema:

Tabla 7.

Datos atípicos en los registros de precipitación.

Estación	Fecha	P media	z-score
Codazzi DC	1/11/1993	54,6	7,82726199
Codazzi DC	1/11/1994	45,5	6,39391561
Codazzi DC	1/03/1995	31,8709677	4,24719869
Codazzi DC	1/10/2003	18	2,06237437
Codazzi DC	1/11/2004	44,8333333	6,28890855
Codazzi DC	1/07/2008	47,0322581	6,63526248
Codazzi DC	1/09/2008	50,5	7,18146856
Codazzi DC	1/05/2013	18,0645161	2,07253634
Codazzi DC	1/04/1990	80,1666667	6,27909385
Leticia	1/10/2001	84,8064516	6,67263239
Leticia	1/05/2004	45,4516129	3,33462297
Leticia	1/08/2004	34,3548387	2,39341376
Leticia	1/05/2005	40,0967742	2,88043481
Leticia	1/03/2006	34,3225806	2,39067769
Leticia	1/04/2006	106,1	8,47871437
Leticia	1/05/2006	93,3225806	7,39495574
Leticia	1/06/2006	41,9	3,0333813
Leticia	1/10/2006	29,9032258	2,01583565
Leticia	1/11/2006	79,4666667	6,21972106
Leticia	1/09/2008	48,5	3,5931819
Leticia	1/05/2011	30,2903226	2,04866853
San Benito	1/08/1995	42,2903226	3,95772541
San Benito	1/11/1995	45,4666667	4,2914487
San Benito	1/09/1998	69,8333333	6,85153794
San Benito	1/10/2000	37,5806452	3,4629021
San Benito	1/11/2000	143,5	14,5913426
San Benito	1/06/2011	35,1666667	3,20927692
San Benito	1/08/2015	32,7419355	2,954522

Nota: La detección de datos atípicos mediante el Z-score arroja mayoría de inconsistencias en la estación Leticia, seguido de la estación Codazzi y, por último, San Benito. Elaborado por los Autores (2023) a partir de los datos del IDEAM.

Existen diversidad de soluciones para estos datos. Mediante estadísticos robustos es posible solucionarlo, sin embargo, la principal condición es que estos sean un poco más del 30% de los datos y las inconsistencias son de 2%, 3% y 2% para las estaciones Codazzi DC, Leticia y San Benito respectivamente, por lo cual, es más práctico eliminarlos y completar los datos mediante metodologías de estimación de datos faltantes (mínimos cuadrados ordinarios, método del National Weather Service y el método Q).

El método de mínimo cuadrados ordinarios busca comparar los datos estocásticos entre las tres estaciones sin considerar la existencia de datos faltantes, solo para la estación que se quiere estimar. Además, toma la forma funcional de una recta o función lineal, representado así:

$$y = a + bx$$

Siendo y el dato a estimar, a es el intercepto con el eje de las abscisas, b es la pendiente de la recta y x es el valor de precipitación media mensual de referencia con el cual se realiza la estimación. Además, para poder estimar la precipitación como dato faltante se aplica el test de la t de student (T tabulada $>$ T calculada). En caso dado la hipótesis no se cumpla se debe resolver con otro método.

El método del Servicio Nacional Climático o National Weather Service de los Estados Unidos es una herramienta ampliamente usada y corroborada teórica y empíricamente y toma como base la distancia existente entre estaciones como parámetro principal de estimación, conforme a la distribución de las estaciones:

$$w = (d^2)^{-1}$$

Finalmente, el último método empleado, es el método Q . Este, toma como base la sumatoria de las series estocásticas de precipitación media mensual de los años de comparación y realiza una relación matemática porcentual.

$$p_j = \frac{\sum b_j}{\sum d_i} \times d_i = Q \times d_i$$

El resultado de la aplicación de estos métodos se adiciona como un ANEXO documental, puesto que su extensión es importante y podría dividir de manera importante la conexión de la redacción de los autores con los futuros resultados.

En todo caso, al haber implementado cada uno de ellos se obtiene las precipitaciones medias mensuales de las estaciones corregidas y preparadas para el diseño agronómico y el diseño hidráulico de la plantación.

En las siguientes figuras se observan los datos completados y los datos inconsistentes corregidos:

Tabla 8.

Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación Codazzi DC

Estación Codazzi DC												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	0	0	7,6	5,6129032	2,3	2,4193548	2,9677419	3,0333333	8,483871	11,4	3,3548387
1991	0	1,4285714	1,6129032	0,5	3,9354839	6,2333333	0,9677419	4,7096774	4,9	5,0967742	1,8333333	0
1992	0	0	0,8064516	2,1333333	5,4193548	1,6	3,0967742	3,5483871	12,733333	4,0645161	7,7666667	0
1993	1,0322581	2,6785714	3,516129	12,366667	7,3870968	0,7333333	3,2580645	2,0645161	6,7333333	4,6451613	6,7360875	5,1290323
1994	3,1612903	1,1071429	1,3225806	2,8	9	2,8666667	1,3225806	4,0645161	4,1	7,8709677	7,0732108	1,2258065
1995	0,3870968	1,9285714	2,2386651	4,3	9,6774194	4,2666667	8,7741935	11,16129	5,1333333	8,483871	1,8	0,6129032
1996	0,9677419	1	3,8064516	1,5666667	7,1935484	3,8333333	14,193548	7,3870968	5,2666667	8,3870968	8,4333333	0,483871
1997	0,8064516	0,3571429	2,0967742	4,3333333	2,9032258	3	1,1290323	1,9354839	2	1,7741935	7,7666667	0,9677419
1998	0,5483871	3,0357143	7,8387097	4,3333333	8,8709677	5,1666667	8,2258065	2,7419355	10,466667	6,1935484	3,7666667	5,7419355
1999	0,8709677	4,1428571	1	6,0666667	2,516129	9	4,0322581	9,3870968	1,9	6,6129032	9,8666667	1,6129032
2000	1,7741935	0	0,3548387	12,166667	4,483871	2,5	3,5483871	2,9354839	8,5666667	9,1935484	8,9333333	1,9354839
2001	0	0	2,3870968	0	7,3870968	0,3333333	2,7419355	2,9032258	7,6666667	9,8387097	7,8333333	5,1612903
2002	0	0	0,3225806	8,9333333	9,1935484	9,4666667	0,0322581	0,9354839	3,7	3,6774194	0,6666667	2,9032258
2003	0	0	3,0967742	4,6	6,5806452	5	6,2258065	3,2258065	2,1666667	7,9194305	8,1666667	5
2004	0	1,7142857	0,6451613	4,1333333	4,6774194	2,5	4,8709677	3,6129032	7	9,7096774	5,3757652	0
2005	1,6129032	3,1071429	1,1612903	6,8333333	5,1612903	9	2,6129032	9,7096774	2,2666667	8,9677419	9,7	0
2006	1,516129	2,6785714	2,0967742	5,6333333	9,6451613	7,6333333	2,4193548	8,1290323	3,3333333	5,9354839	4,9666667	0,8064516
2007	0	0,0357143	5,2580645	0,9333333	5,7741935	0,7	2,0645161	7,5806452	4,2333333	13,741935	0,3333333	2,4516129
2008	0	0,25	5,3548387	2,7	8,8387097	8,0333333	3,4089025	9,5806452	50,5	4,0645161	7,0333333	0,0967742
2009	1,7419355	0	7,2258065	4,5666667	4,9032258	4,5	4,0967742	1,9354839	2,2333333	5,9032258	3,1	1,8709677
2010	0,6451613	0,3571429	9,1935484	5,0666667	10,483871	10,5	4,0645161	7,9354839	10,333333	7,6129032	5,1333333	8,8709677
2011	0	2,3571429	2,6451613	8,0666667	8,0645161	1,6	8,6451613	7,2903226	11,033333	15,935484	7,8184308	4,0967742
2012	0	0	0,0322581	8,3333333	7,9354839	6,0666667	1,5806452	6,7419355	2,7	16,096774	3,1333333	1,1290323
2013	0	1,8928571	4,8387097	3,6333333	6,6703671	3,3333333	1,3548387	5,9677419	4,4	6,516129	5	0,2258065
2014	2,6774194	0	5,2580645	2,8666667	5,483871	5,5	1,6774194	5,9677419	5,9	4	10,966667	2,9032258
2015	1,1290323	1,9285714	0,8064516	1,9	4,2258065	2,1333333	0,9032258	3,9677419	4,9	6,0645161	10,433333	0,9677419
2016	0,3225806	0,1785714	0,1612903	7,5666667	4,4516129	1,8666667	2,4516129	6,6774194	4,1333333	10,387097	3,4	2,5806452
2017	0	2,3214286	3,516129	5,4666667	6,6774194	7,6	4,483871	5,8064516	6,4666667	11,451613	7,8	0,8064516
2018	3,0967742	0	0,3548387	6,6333333	7,5806452	0,9333333	2,6451613	6,1935484	6,1333333	7,9677419	2,3	0,3225806
2019	1,516129	0	2,6774194	2,7333333	2,8387097	2,2333333	3,8709677	4,0967742	8,7666667	2,0645161	3,6333333	0,1290323
2020	2,4516129	0	0	0,7	3,3870968	0,2666667	7,7096774	5,9032258	2,1	10,451613	6,4	0,3548387

Nota: En amarillo se observan datos inconsistentes solucionados. En cuadro con contorno negro y fondo blanco se observan datos faltantes solucionados. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

Tabla 9.

Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación Leticia

Estación Leticia												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	4,4285714	9	5,5766784	24,387097	2,3666667	2,4193548	27,290323	3,1666667	6,5483871	4,2	0,7741935
1991	0,6451613	1,3214286	0,7096774	1,4333333	2,7419355	1,1666667	0,4193548	1,3548387	10,066667	21,580645	8,1333333	0
1992	0	0	1,6129032	3,4	6,9677419	1,8333333	5,5483871	2,3870968	2,4	3,1612903	7,2	0,2580645
1993	0,8064516	1,0357143	4,2580645	7,7333333	6,7741935	1,3666667	2	3,5806452	3,6333333	5,0322581	8,1	0,9677419
1994	3,3870968	1,8571429	0,8387097	4,5666667	6,7741935	0,9666667	26,967742	1,4193548	4,7666667	4,1290323	7,8333333	0,7419355
1995	1,2903226	1,2142857	1,6774194	3,3	6,5806452	6,5	5,4516129	6,5483871	6,7	8,3870968	2,9	0
1996	3,8064516	2,2142857	2,7096774	5,3333333	5,0967742	8,0333333	4,7419355	6,5806452	5,2333333	9,1612903	3,4	0,9354839
1997	0,5483871	0	1,9032258	2,7666667	1,9354839	2,4	0,5483871	0,0645161	3,9	4,2580645	3,9333333	0
1998	0,5806452	2,1785714	5,7419355	3,6333333	7,3225806	5,0333333	6,1290323	2,4193548	5,6666667	10,16129	4,3	4,5483871
1999	0,6129032	4,0357143	3,1612903	7,7333333	2,3225806	8,5333333	3,3870968	5,2258065	7,2333333	6	4,5	2,6129032
2000	0,3548387	0,0714286	1	5,1	7,4193548	1,8333333	2,483871	1,9354839	6,7	4,6774194	11	3,516129
2001	0	0	4,4516129	2,6666667	6,1290323	3,1	4,8387097	2,8709677	4,2333333	7,3677742	7,2333333	7,4516129
2002	0	0	0	8,3333333	6,4516129	3	1,6451613	8,5806452	7,9	8	0,1666667	6,3548387
2003	0	0	1,2258065	5,4333333	6,3548387	2,4333333	2,9677419	2,7741935	4,1333333	8,0967742	3,5	2,6774194
2004	1,4193548	2,6428571	0,7419355	6,5666667	6,692206	13,966667	6,2580645	5,2464544	16,366667	9,8709677	1,7666667	1,4516129
2005	0,8387097	1,2142857	0,8387097	3,9666667	5,9826043	9,2666667	10,16129	2,8709677	4,2333333	8,5483871	18,066667	0
2006	0,1612903	0,2857143	1,9719865	4,4193403	5,43791	4,1341771	18,516129	18,516129	0,2	7,4462491	5,1530886	13,032258
2007	0	0	0	2,6	0	0	0,1612903	4,2903226	0,4666667	5,4516129	0,3	11,096774
2008	0	0,0357143	3,8387097	4,3333333	10,354839	0,9666667	4,3548387	8,2258065	10,027164	3,9032258	4,5	0
2009	2,3870968	0	4,8709677	1,8333333	5,4193548	3,6666667	1,8387097	5,2258065	2,1	2,5806452	4,3666667	0,7741935
2010	0	8,2142857	2,5806452	3,3333333	8,5806452	7,8666667	3,516129	1,0967742	3	8,483871	4,1	1,1612903
2011	0	0,9285714	2,2258065	14,166667	5,3629521	4,6666667	4,2862812	6,1783622	2,9256011	10,642316	7,7512177	0,6129032
2012	0	0,5	2,0645161	2,8333333	2,4516129	1,6	0	4,9354839	3,5333333	3,9677419	4,5530255	1,9718944
2013	0	1,559995	1,704519	4,0654074	7,6666591	2,3335744	3,7741935	9,6129032	5,4666667	2,9354839	2,1	0
2014	0	0,3571429	0,6451613	1,5	1,516129	1,5723756	5,4187098	6,094783	1,7723559	6,1549809	5,2333333	1,1935484
2015	0,6774194	2,2857143	0,7741935	3,5666667	2,1612903	0,8333333	1,2580645	1,4516129	5,2	3,2580645	6,1	0,4516129
2016	0,9677419	0,8214286	0	3,4	2,9032258	2,7	3,6129032	6,6774194	2,4	11,83871	13,566667	1,9354839
2017	0,1935484	0	2,2580645	2,8	8,4193548	7,6666667	6,2580645	3,8387097	7,7333333	10,774194	4,3666667	0,2580645
2018	0,483871	0	1,6774194	4,7666667	9,2258065	1,4	5,2304544	6,1365726	1,9423078	6,9325955	2,1	0
2019	1,8064516	0,910889	3,6497375	4,1139528	5,2779998	2,4237636	4,932142	6,0028459	2,7799281	6,7257072	4,716679	1,661424
2020	1,2595707	0,910889	0,5319756	2,0290791	6,6172481	1,9069492	4,1849129	5,894193	0,7647837	7,2678971	5,6222289	1,7315302

Nota: En amarillo se observan datos inconsistentes solucionados. En cuadro con contorno negro y fondo blanco se observan datos faltantes solucionados. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

Tabla 10.

Precipitación Media Mensual Corregida de la Estación San Benito

Estacion San Benito												
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	0	0	1,5483871	4,7666667	0,9032258	4,7666667	1,6129032	2,1612903	4,8666667	6,7015458	7,4333333	0,3548387
1991	0	0,8214286	1,2903226	1,9	2,8709677	4,8333333	1,2903226	1,2903226	3,1666667	7,5483871	4,3333333	0
1992	0,6451613	0,4285714	0,3870968	3,7333333	4,5483871	2,7333333	6,4516129	1,7741935	2,6666667	4,0322581	5,5333333	0,483871
1993	0,3225806	0,3571429	0,9677419	6,8333333	4,0322581	3,0333333	1,9354839	1,9354839	5	3,2258065	5,6666667	1,9354839
1994	1,9354839	0,3571429	1,4516129	3,1666667	3,0645161	1,5	1,1290323	13,387097	11,1	5,0322581	5,0617721	0,8802677
1995	1,0321025	1,4184903	0,483871	4,3333333	5,0967742	9	2,8709677	4,6921947	4,6666667	11,064516	5,3086833	2,1612903
1996	0,483871	2,4285714	2,5806452	7,0333333	14,193548	11,333333	11,516129	4,6451613	9,4	6,8709677	3,6333333	0,7741935
1997	0	0,1428571	0	4,6666667	1,7741935	3,6666667	1,9354839	1,6129032	3,6666667	1,7741935	9,5	0,1935484
1998	0,2903226	1,7857143	0,8387097	7,3333333	8,7419355	3	4,516129	4,2580645	5,086104	5,7741935	5,2	5
1999	0	1,25	1,7741935	7,9666667	4,7419355	9,5666667	3,7741935	4,8387097	3,4333333	4,7419355	4,1666667	0,8387097
2000	0,6451613	0	1,3225806	2,7	3,6451613	2,5	2,8709677	4,0322581	13,066667	6,7990327	6,2871834	2,8387097
2001	0	0	2,7741935	0,6	3,5483871	0,9666667	3,2258065	1,3225806	4,7	4,6451613	6,4666667	5,8709677
2002	0	0	0,0967742	2	7,4516129	2,6333333	0,8387097	5,9677419	1,9666667	10,806452	5,9	3,0645161
2003	0	0,0714286	2,3225806	9,1	4,9354839	2,2666667	2,3225806	3,0645161	2,5333333	9,0322581	5,1666667	2,2903226
2004	0,2903226	0,1071429	0,483871	7,2	1,6129032	0,9666667	6	3,1935484	6,8333333	5,5806452	4,3333333	0
2005	2,8387097	0	0,483871	7,2	5,7096774	6,9	1,2580645	1,8064516	6,7666667	4,6129032	7,9333333	0,2580645
2006	0,0322581	0	0,7096774	3,9333333	4,7419355	2,7333333	0,5483871	5,7741935	2	8,9032258	4,9	2,2580645
2007	0	1,0714286	2,1290323	5,2666667	7,6451613	2,1333333	4,7741935	4,8387097	0,5	2,4193548	0,8666667	0,7419355
2008	0	0	1,3870968	0,9	5,0967742	1,8333333	2,4516129	6,3548387	4,5666667	4,8064516	5,3	0
2009	0,7419355	0	3,4516129	1,3	3,1612903	1,1333333	3,0967742	6,3548387	4,3666667	4,516129	4,7666667	0
2010	0	1,25	2,0416601	4,5329772	4,9376872	8,6	5,0645161	8,1612903	5,1666667	9,5483871	5,4666667	1,3870968
2011	0	1,9285714	1,6451613	5,9	6,8064516	2,5806119	5,6451613	6,7096774	5,0333333	13,354839	9,9333333	1,1290323
2012	0	0	1,2258065	5,3	6,483871	1,5666667	5,0322581	4,483871	4,8333333	10,290323	3,7	0
2013	0	0	0	4,238383	5,936417	1,9333333	2,0967742	7,3548387	4,8666667	5,7096774	4,8333333	0
2014	0	0	1,4516129	2,2666667	3,7096774	0	0	7,3870968	3,8333333	5	8,8333333	2,5806452
2015	0,8064516	0	4,1935484	1,1666667	10,16129	0,2666667	0	4,2046843	2,7666667	6,3870968	3,2333333	0,2580645
2016	0,2580645	0,1071429	0,0967742	2,6333333	7,1290323	2	2,3548387	5,1290323	5,0666667	8,3870968	15,266667	6,1612903
2017	1,6129032	0,3571429	0,3225806	4,5333333	6,4516129	0,4333333	3,2903226	2,0967742	4,9	10,935484	6,4	1,6451613
2018	1,2308647	0	2,1935484	8,7666667	5,6129032	2,2	1,1290323	7,483871	4,5333333	4,5483871	5,2333333	0
2019	1,3870968	1,4285714	5,1612903	4,6666667	12,580645	2,5	3,2258065	8,5483871	6,5	9,516129	11,2	0,3870968
2020	0	0,1949949	0,9950168	3,6354925	5,5815384	3,6152685	3,6152685	4,4580362	4,6301265	3,5806452	2,9	0,7419355

Nota: En amarillo se observan datos inconsistentes solucionados. En cuadro con contorno negro y fondo blanco se observan datos faltantes solucionados. Adaptado por los Autores (2023) a partir del IDEAM.

6.1.3. Análisis Morfométrico

El análisis morfométrico había sido objetado al arroyo Mulato, el cual desciende desde la serranía del Perijá, sin embargo, este es intermitente y subsuperficial. Solo conserva agua en época de lluvia y se debe a que aguas arriba se encuentra el corregimiento de Nuevas Flores y predios que usan la poca agua superficial que transporta. Por lo cual, no sería una opción importante para el suministro de agua. Sin embargo, esto requiere una solución de construcción de reservorio de agua que ayude a sustentar el riego. Esto se verá a continuación, en donde se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de procedimiento con sistema de información geográfico (SIG) siguiendo la Guía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. (Canchari, 2014).

Al desarrollar la práctica mediante el SIG se obtuvieron los siguientes parámetros informativos de la geometría de la cuenca y algunas características principales del área de influencia hidrográfica del arroyo El Mulato:

- Tiene un área de 300,047 km² pudiendo clasificarse como una microcuenca.
- Una altitud promedio de 1420,69 metros sobre el nivel del mar (msnm)
- Un perímetro 107.991 metros
- Cota mínima de 100 msnm
- Cota Máxima de 3100 msnm
- Longitud del Río Principal de 33.213,10 metros
- Es un arroyo en equilibrio en fase de madurez.
- La cuenca tiene una pendiente promedio de 32,38% clasificada como un relieve accidentado y significando una erosión medio-baja del lecho geológico de la microcuenca
- La red hídrica posee un total de 167.219,98 metros de longitud de los cuales, el 19,9% corresponde a la longitud del río Principal
- Posee cuatro órdenes de tributarios.

- El cauce principal tiene una pendiente promedio de 19,9%.
- La red hídrica posee una pendiente promedio de 3,12% insinuando profundos cañones considerando la comparación conforme a la pendiente promedio de la cuenca, habiendo una relación aproximada de 1/10.

Para obtener las conclusiones anteriores se elaboraron mapas con archivos Ráster de información del Earth Data Search de la plataforma ASF vertex y del satélite ALOS PALSAR. Como modelos digitales de elevación denominados:

- AP_26637_FBS_F0180_RT1
- AP_26637_FBS_F0190_RT1
- AP_26885_FBS_F0180_RT1
- AP_26885_FBS_F0190_RT1

Estos archivos fueron tratados combinándolos, primeramente, procediendo a hacer un recorte rectangular del área de estudio, seguidamente fue rellenado, determinada la dirección de flujo, determinada la acumulación del flujo, establecido el punto de referencia del tributario de la cuenca y obtenido el polígono de la cuenca.

Por otra parte, con el DEM se obtuvieron las curvas de nivel y se elaboró el archivo TIN o red de triangulación que ayuda a tener un modelo digital del cambio del relieve detectado en tres dimensiones, con ello se elaboraron las curvas de nivel a 50 metros y seguidamente se construyó el modelo digital de elevación con la tercera dimensión, este es ajustado al área de la microcuenca y procede a repetir los pasos de relleno, dirección de flujo, acumulación del flujo, red hídrica y órdenes de la red hídrica.

Este procedimiento toma aproximadamente veinticuatro horas de trabajo intensivo, puesto que la información de insumo (DEM) son archivos pesados. Finalmente, la cuenca de estudio se presenta en la siguiente figura:

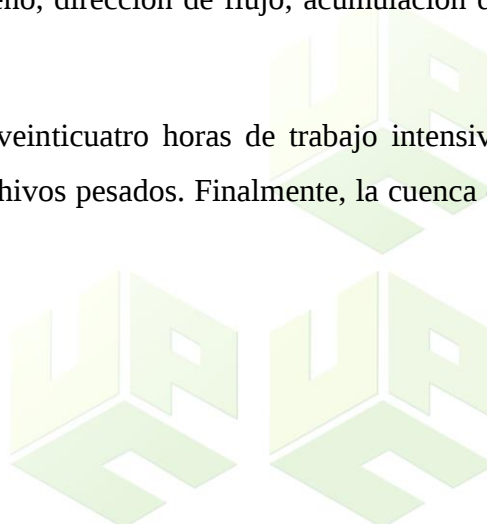
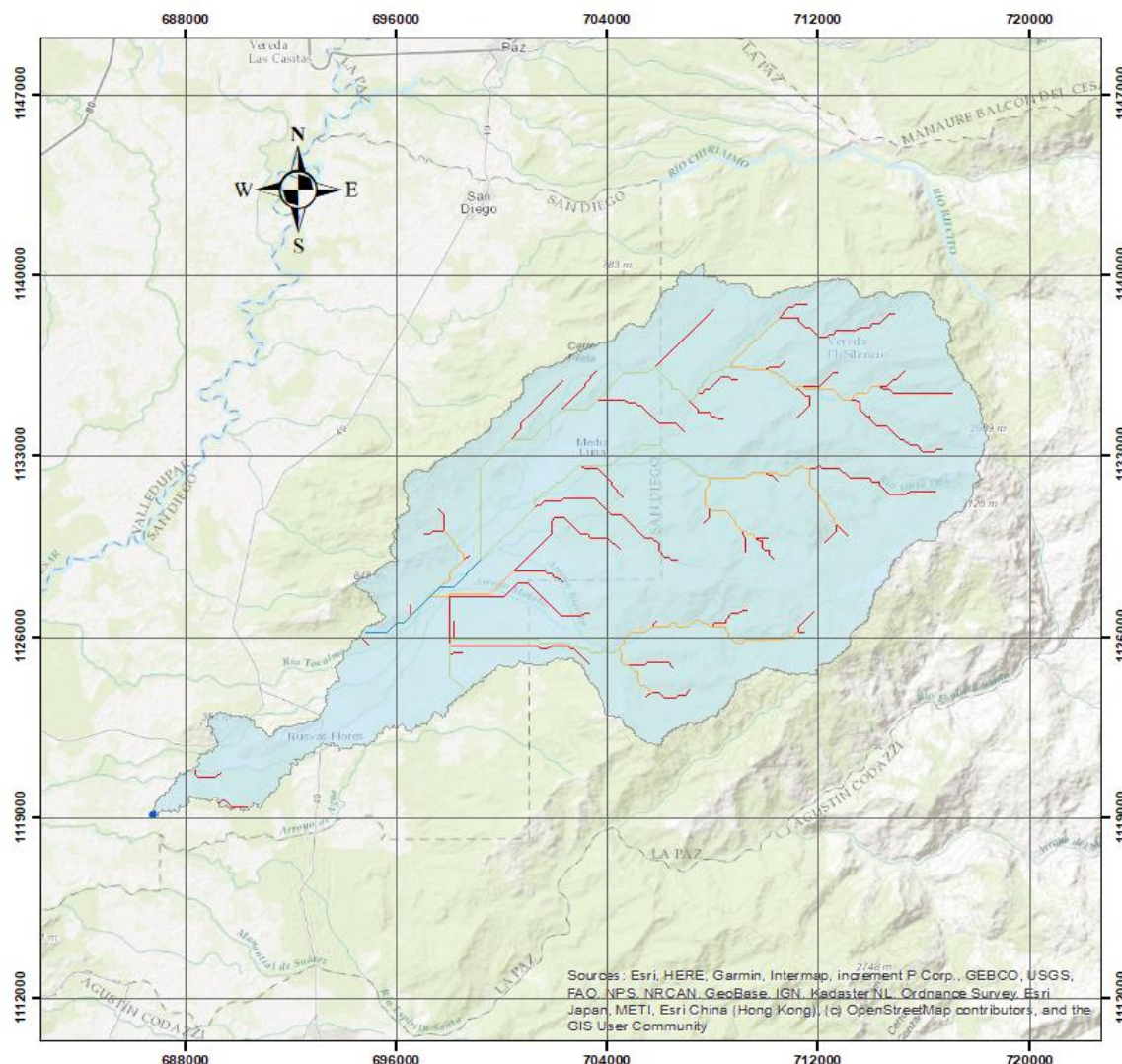


Figura 10.

Microcuenca Hidrográfica Arroyo Mulato



Microcuenca Arroyo Mulato

1 centimeter = 2.000 meters

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500 000,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: -75,0000
Scale Factor: 0,9996
Latitude Of Origin: 0,0000
Units: Meter

Leyenda

Órdenes Red Hídrica

- Tributario Orden 1
— Tributario Orden 2
— Tributario Orden 3
— Tributario Orden 4
 Cca. Arroyo Mulato

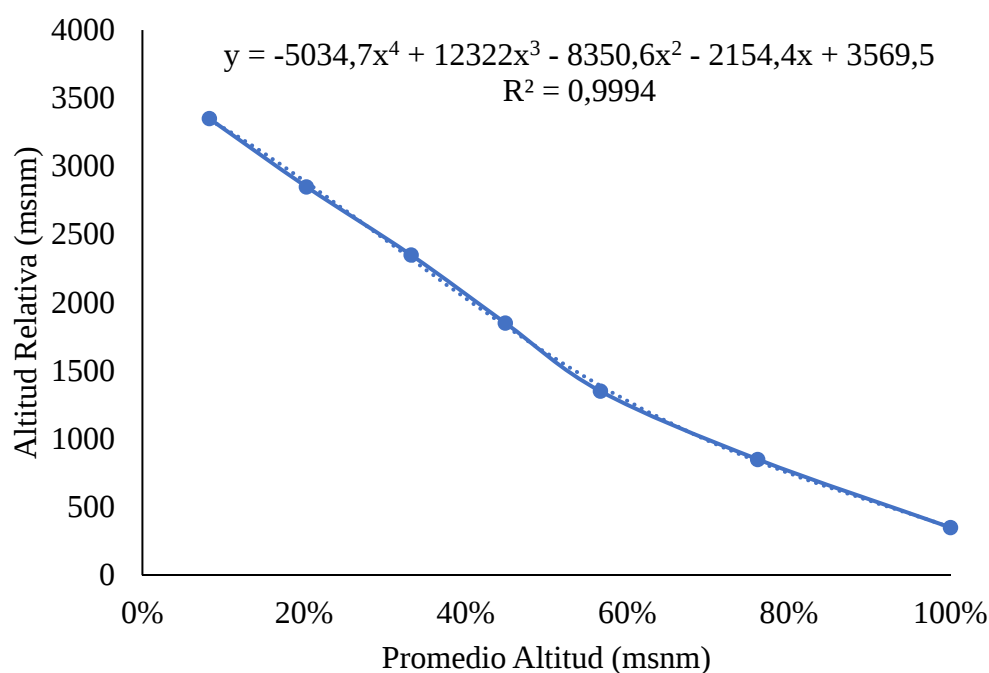
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Mediante el análisis de la información obtenida con el Sistema de Información Geográfico – SIG, se pudieron elaborar los siguientes:

- Curva hipsométrica

Figura 11.

Curva Hipsométrica Microcuenca Arroyo Mulato



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Se puede inferir que la cuenca hidrogeológicamente se encuentra en una fase de equilibrio y en un estado de madurez, conforme al perfil mostrado, que tiene una tendencia bastante lineal, sin embargo, obedece más a una función polinómica, por ende, si se aplicase una integral definida desde el límite inferior de 8,29% hasta el límite superior 100% se obtuviese el área desgastada. Entonces el área no desgastada se determina como la integral debajo de la curva.

$$A = \int_{0,0829}^1 (-5034,7x^4 + 12322x^3 - 8350,6x^2 - 2154,4x + 3569,5) dx$$

$$A = 1495,26$$

- Pendiente de la Microcuenca

Así mismo, también se determinó la pendiente de la microcuenca, para ello, se elabora la siguiente tabla, a partir de datos obtenidos del SIG:

Tabla 11.

Pendiente de la Microcuenca del Arroyo Mulato

No	Rango Pendiente (%)			Numero de ocurrencias (2)	(1)x(2)
	Inferior	Superior	Promedio (1)		
1	0	11,111111	5,5555556	4948	27488,889
2	11,111111	22,222222	16,666667	2762	46033,333
3	22,222222	33,333333	27,777778	2484	69000
4	33,333333	44,444444	38,888889	2751	106983,33
5	44,444444	55,555556	50	2122	106100
6	55,555556	66,666667	61,111111	1551	94783,333
7	66,666667	77,777778	72,222222	1108	80022,222
8	77,777778	88,888889	83,333333	570	47500
9	88,888889	100	94,444444	234	22100
Suma				18530	600011,11
Pdte (%)				32,38052408	

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Como se aprecia en la tabla anterior, la pendiente de la microcuenca es de 32,38%.

- Tributarios, órdenes y Longitudes.

Tabla 12.

Órdenes y Longitudes de los Tributarios de la microcuenca

Orden	Longitud (m)
1	88913,19
2	36550,23
3	36184,17
4	5572,39
Suma	167219,98
Cauce Ppal.	33213,1
% Cauce ppal.	19,9%

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Haciendo la relación de longitudes y órdenes se tiene lo siguiente:

Tabla 13.

Relación de Órdenes y Longitudes de la Microcuenca

Relación	% Long.	% Orden
2-1	0,4110777	2,0
3-2	0,9899847	1,5
4-3	0,1540008	1,3

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Como se aprecia, los cambios porcentuales de tributarios de orden 2 son relativamente un 41,10% de los tributarios de orden 1, así mismo, los tributarios de orden 3 son relativamente un 98,89% de los tributarios de orden 2, y, por otra parte, los tributarios de orden 4 son relativamente un 15,50% de los tributarios de orden 3.

- Pendiente del Cauce Principal

Tabla 14.

Pendiente del Cauce Principal de la Microcuenca

Orden	Numero de ocurrencias (1)	Pendiente Promedio % (2)	(1)x(2)
1	832	3,449519	2869,9998
2	339	3,917404	1328
3	342	1,885965	645,00003
4	56	1	56
Suma	1569		4898,9998
Pdte (%)			3,1223708

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

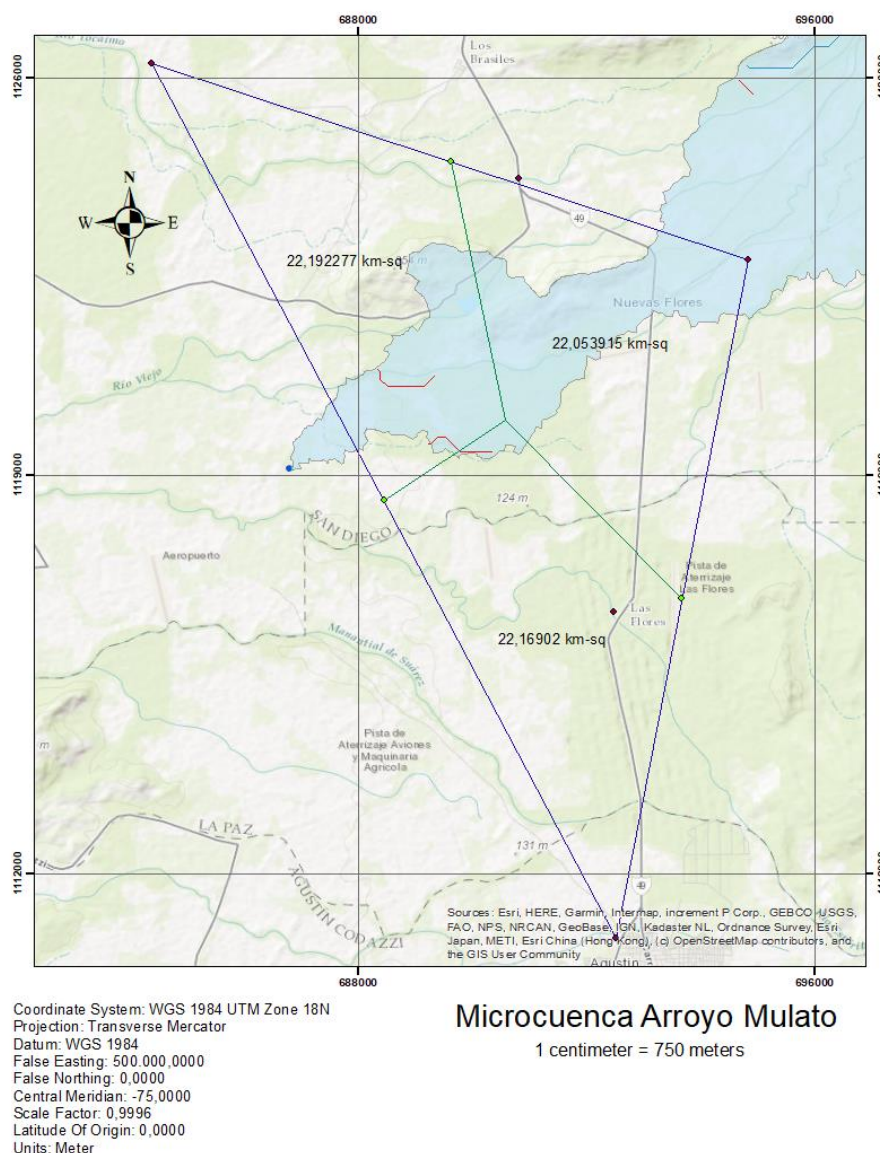
Como se aprecia, la pendiente del cauce es de 3,12% que conforme a la comparación con la pendiente de la microcuenca se puede denotar que hay una gran meteorización y erosión hídrica, puesto que esta conserva un relieve llano y rústico, que conforma un paisaje medio de cañones y otro de valles.

6.1.4. Modelo Intensidad-Duración-Frecuencia

Para proceder al Modelo IDF, primeramente, se elabora el polígono de Thiessen, con el objeto de determinar el área de influencia de las estaciones. Para esto, también se recurrió al SIG, trazando líneas rectas y perpendiculares del punto y zona objeto de captación de agua superficial que se destinaría a irrigación.

Figura 12.

Polígono de Thiessen del área de Estudio



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Considerando esto, la estación que tiene mayor influencia en el área de la cuenca es la estación Leticia, sin embargo, para la proyección de los eventos conforme a los periodos de retorno se tomará en cuenta las tres estaciones. El procedimiento presentado a continuación obedece a la determinación de la ecuación IDF para el área de influencia presentada anteriormente. Primero se obtienen las precipitaciones máximas de las tres estaciones:

Tabla 15.

Precipitaciones Máximas Medias Mensuales de las estaciones.

Año	Codazzi DC	Leticia	San Benito
	Mes (max P)	Mes (max P)	Mes (max P)
1990	11,4	27,290323	7,4333333
1991	6,2333333	21,580645	7,5483871
1992	12,733333	7,2	6,4516129
1993	12,366667	8,1	6,8333333
1994	9	26,967742	13,387097
1995	11,16129	8,3870968	11,064516
1996	14,193548	9,1612903	14,193548
1997	7,7666667	4,2580645	9,5
1998	10,466667	10,16129	8,7419355
1999	9,8666667	8,5333333	9,5666667
2000	12,166667	11	13,066667
2001	9,8387097	7,4516129	6,4666667
2002	9,4666667	8,5806452	10,806452
2003	8,1666667	8,0967742	9,1
2004	9,7096774	16,366667	7,2
2005	9,7096774	18,066667	7,9333333
2006	9,6451613	18,516129	8,9032258
2007	13,741935	11,096774	7,6451613
2008	50,5	10,354839	6,3548387
2009	7,2258065	5,4193548	6,3548387
2010	10,5	8,5806452	9,5483871
2011	15,935484	14,166667	13,354839
2012	16,096774	4,9354839	10,290323
2013	6,6703671	9,6129032	7,3548387
2014	10,966667	6,1549809	8,8333333
2015	10,433333	6,1	10,16129
2016	10,387097	13,566667	15,266667
2017	11,451613	10,774194	10,935484
2018	7,9677419	9,2258065	8,7666667
2019	8,7666667	6,7257072	12,580645
2020	10,451613	7,2678971	5,5815384

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

A cada uno de los datos se le extrae la desviación media.

Tabla 16.

Desviación Media de las Precipitaciones Máximas Media Mensuales de las Estaciones

Codazzi DC	Leticia	San Benito
Precipitación (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación (mm)
$(xi-x)^2$	$(xi-x)^2$	$(xi-x)^2$
0,14	262,54	3,85
30,70	110,11	3,41
0,92	15,11	8,66
0,35	8,92	6,56
7,69	252,19	15,94
0,38	7,29	2,79
5,86	3,71	23,03
16,06	46,64	0,01
1,71	0,86	0,43
3,64	6,52	0,03
0,15	0,01	13,49
3,74	13,22	8,57
5,32	6,28	1,99
13,01	8,94	0,09
4,26	27,87	4,82
4,26	48,71	2,13
4,53	55,19	0,24
3,87	0,00	3,06
1499,72	0,54	9,24
20,68	32,12	9,24
1,62	6,28	0,02
17,32	9,48	15,69
18,69	37,84	0,80
26,04	2,17	4,16
0,65	24,33	0,31
1,80	24,87	0,59
1,92	6,15	34,48
0,10	0,10	2,38
14,49	3,46	0,39
9,04	19,02	10,15
1,75	14,59	14,54
138,62	122,92	88,25
138,62	122,92	88,25

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Posteriormente, se determinan los coeficientes Alpha y Mniu, así como la desvitiación estándar y promedio de las estaciones:

Tabla 17.

Parámetros Probabilísticos de Referencia

Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito
Suma	1997,668	1300,9313	377,594
Sx (dv. Std.)	8,1602042	6,5851635	3,5477411
alpha (a)	6,3624851	5,1344309	2,7661624
Mniu (u)	8,3361072	8,3129702	7,8998175

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Posteriormente a esto, se hacen las distribuciones de las probabilidades para los periodos de retorno de estudio que de manera recomendable se establece para un T = 2, 5, 10, 25, 30, 50, 100 y 500 años. Entonces se tiene, para la estación Codazzi DC:

Tabla 18.

Distribución de Probabilidades para Estación Codazzi DC

Estación:	Codazzi DC			
Periodo de Retorno (años)	Variable Reducida YT	Precipitación XT' (mm)	Prob. De Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
2	0,36651	10,6680	0,5000	11,0122
5	1,49994	17,8795	0,8000	18,4562
10	2,25037	22,6540	0,9000	23,3848
25	3,19853	28,6867	0,9600	29,6121
30	3,38429	29,8686	0,9667	30,8321
50	3,90194	33,1621	0,9800	34,2319
100	4,60015	37,6045	0,9900	38,8175
500	6,21361	47,8701	0,9980	49,4143

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para la estación Leticia se tiene:

Tabla 19.

Distribución de Probabilidades para Estación Leticia

Estación:	Leticia			
Periodo de Retorno (años)	Variable Reducida YT	Precipitación XT (mm)	Prob. De Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
2	0,36651	10,1948	0,5000	10,5237
5	1,49994	16,0143	0,8000	16,5309
10	2,25037	19,8673	0,9000	20,5082
25	3,19853	24,7356	0,9600	25,5335
30	3,38429	25,6894	0,9667	26,5181
50	3,90194	28,3472	0,9800	29,2616
100	4,60015	31,9321	0,9900	32,9622
500	6,21361	40,2163	0,9980	41,5136

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para la estación San Benito se tiene:

Tabla 20.

Distribución de Probabilidades para Estación San Benito

Estación:	San Benito			
Periodo de Retorno (años)	Variable Reducida YT	Precipitación XT (mm)	Prob. De Ocurrencia	Corrección Intervalo Fijo
2	0,36651	8,9137	0,5000	9,2012
5	1,49994	12,0489	0,8000	12,4376
10	2,25037	14,1247	0,9000	14,5803
25	3,19853	16,7475	0,9600	17,2877
30	3,38429	17,2613	0,9667	17,8181
50	3,90194	18,6932	0,9800	19,2962
100	4,60015	20,6246	0,9900	21,2899
500	6,21361	25,0877	0,9980	25,8969

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

También se obtuvieron las precipitaciones máximas por tiempos de duración e por probabilidades de precipitación en horas definidas. El resultado es el siguiente:

Para la estación Codazzi DC:

Tabla 21.

Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación Codazzi DC

Estación:			Codazzi DC					
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
	2	5	10	25	30	50	100	500
24	11,012171	18,45621	23,384811	29,612112	30,832135	34,23188	38,817536	49,414288
18	10,021075	16,795151	21,280178	26,947022	28,057243	31,151011	35,323958	44,967002
12	8,8097364	14,764968	18,707849	23,68969	24,665708	27,385504	31,054029	39,53143
8	7,488276	12,550223	15,901672	20,136236	20,965852	23,277679	26,395925	33,601716
6	6,717424	11,258288	14,264735	18,063389	18,807602	20,881447	23,678697	30,142715
5	6,2769372	10,520039	13,329342	16,878904	17,574317	19,512172	22,125996	28,166144
4	5,7263287	9,597229	12,160102	15,398298	16,03271	17,800578	20,185119	25,69543
3	5,0655985	8,4898564	10,757013	13,621572	14,182782	15,746665	17,856067	22,730572
2	4,2947465	7,1979218	9,1200764	11,548724	12,024533	13,350433	15,138839	19,271572
1	3,3036512	5,5368629	7,0154434	8,8836337	9,2496404	10,269564	11,645261	14,824286

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para la Estación Leticia:

Tabla 22.

Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación Leticia

Estación:	Leticia							
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
	2	5	10	25	30	50	100	500
24	10,52367	16,530899	20,508207	29,612112	26,518087	29,261631	32,962187	41,513608
18	9,5765398	15,043118	18,662469	26,947022	24,131459	26,628084	29,99559	37,777383
12	8,4189361	13,224719	16,406566	23,68969	21,214469	23,409304	26,369749	33,210886
8	7,1560957	11,241011	13,945581	20,136236	18,032299	19,897909	22,414287	28,229253
6	6,4194388	10,083848	12,510006	18,063389	16,176033	17,849595	20,106934	25,323301
5	5,998492	9,4226124	11,689678	16,878904	15,115309	16,679129	18,788446	23,662756
4	5,4723085	8,5960675	10,664268	15,398298	13,789405	15,216048	17,140337	21,587076
3	4,8408882	7,6042135	9,4337753	13,621572	12,19832	13,46035	15,162606	19,096259
2	4,1042313	6,4470506	7,9982008	11,548724	10,342054	11,412036	12,855253	16,190307
1	3,157101	4,9592697	6,1524622	8,8836337	7,955426	8,7784892	9,888656	12,454082

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para la Estación San Benito:

Tabla 23.

Precipitación Máxima por Tiempos de Duración para la Estación San Benito

Estación:	San Benito							
Tiempo de Duración	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
	2	5	10	25	30	50	100	500
24	9,2011889	12,437569	14,580334	17,287724	17,818142	19,29622	21,289886	25,896943
18	8,3730819	11,318188	13,268104	15,731829	16,21451	17,55956	19,373796	23,566219
12	7,3609511	9,9500552	11,664267	13,830179	14,254514	15,436976	17,031909	20,717555
8	6,2568084	8,4575469	9,9146273	11,755652	12,116337	13,12143	14,477122	17,609922
6	5,6127252	7,5869171	8,8940039	10,545512	10,869067	11,770694	12,98683	15,797136
5	5,2446776	7,0894143	8,3107905	9,8540026	10,156341	10,998845	12,135235	14,761258
4	4,7846182	6,4675359	7,5817738	8,9896164	9,2654341	10,034034	11,070741	13,466411
3	4,2325469	5,7212817	6,7069538	7,952353	8,1963455	8,8762613	9,7933476	11,912594
2	3,5884637	4,8506519	5,6863304	6,7422123	6,9490756	7,5255259	8,3030555	10,099808
1	2,7603567	3,7312707	4,3741003	5,1863172	5,3454427	5,7888661	6,3869658	7,769083

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

De manera consolidada, se hace un promedio ponderado entre las Precipitaciones Máximas por Tiempos de Duración de todas las estaciones presentadas y se obtiene la siguiente consolidación:

Tabla 24.

Precipitación Máxima por Tiempos de Duración Consolidada

Tiempo de Duración (h)	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración							
	2	5	10	25	30	50	100	500
24	10,244829	15,805793	19,487635	25,493986	25,051053	27,590785	31,016434	38,932587
18	9,3227944	14,383272	17,733748	23,199527	22,796458	25,107614	28,224955	35,428654
12	8,1958632	12,644634	15,590108	20,395189	20,040842	22,072628	24,813147	31,14607
8	6,9664837	10,747939	13,251592	17,33591	17,034716	18,761734	21,091175	26,474159
6	6,2493457	9,6415338	11,887457	15,551331	15,281142	16,830379	18,920025	23,748878
5	5,8395525	9,009302	11,107952	14,531572	14,2791	15,726747	17,679367	22,191575
4	5,3273111	8,2190124	10,13357	13,256873	13,026548	14,347208	16,128546	20,244945
3	4,7126213	7,2706648	8,9643122	11,727234	11,523484	12,691761	14,26756	17,90899
2	3,9954833	6,1642593	7,6001777	9,9426545	9,7699106	10,760406	12,096409	15,183709
1	3,0734487	4,7417379	5,8462906	7,6481958	7,5153159	8,2772354	9,3049302	11,679776

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Finalmente, de manera consolidada, se hace un promedio ponderado entre las Precipitaciones Máximas por Tiempos de Duración de todas las estaciones presentadas para intensidades de lluvia (mm/hr) y se obtiene la siguiente consolidación:

Tabla 25.

Intensidad de la Lluvia según los periodos de Retorno

Tiempo de duración (h)	Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
	2	5	10	25	30	50	100	500
24	0,4268679	0,6585747	0,8119848	1,0622494	1,0437939	1,149616	1,2923514	1,6221911
18	0,517933	0,7990706	0,9852082	1,2888626	1,2664699	1,3948674	1,5680531	1,9682586
12	0,6829886	1,0537195	1,2991757	1,6995991	1,6700702	1,8393856	2,0677623	2,5955058
8	0,8708105	1,3434924	1,656449	2,1669888	2,1293395	2,3452167	2,6363969	3,3092699
6	1,0415576	1,6069223	1,9812429	2,5918886	2,546857	2,8050631	3,1533375	3,9581464
5	1,1679105	1,8018604	2,2215904	2,9063144	2,85582	3,1453494	3,5358735	4,438315
4	1,3318278	2,0547531	2,5333926	3,3142182	3,2566369	3,586802	4,0321364	5,0612364
3	1,5708738	2,4235549	2,9881041	3,9090778	3,8411615	4,230587	4,7558532	5,9696634
2	1,9977416	3,0821296	3,8000889	4,9713273	4,8849553	5,380203	6,0482047	7,5918545
1	3,0734487	4,7417379	5,8462906	7,6481958	7,5153159	8,2772354	9,3049302	11,679776

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

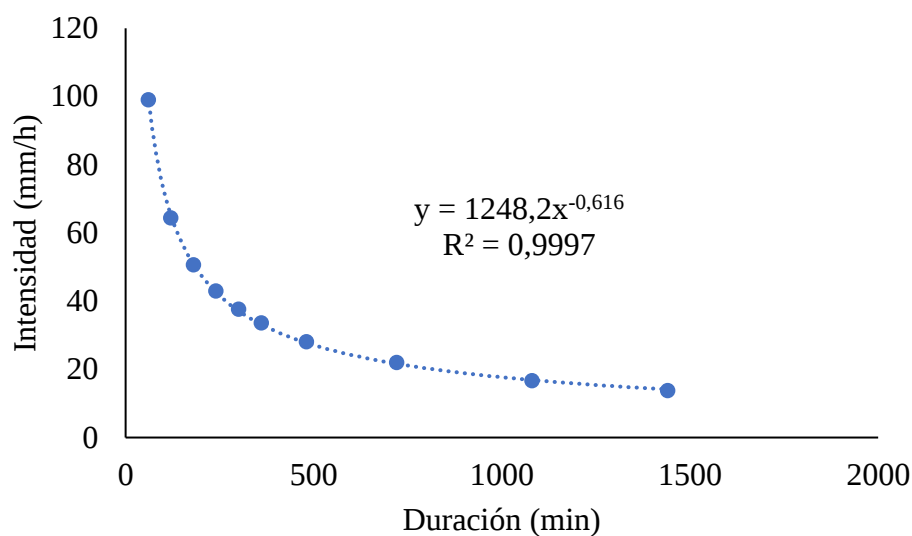
Antes de definir las IDF, se hacen regresiones potenciales para conocer el comportamiento de cada uno de los tiempos de retorno. Las siguientes tablas y gráficos son la ejemplificación de los resultados:

- Para un T = 2 años

Tabla 26.

Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 2 años

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	0,4268679	7,2723984	-0,8512807	-6,1908527	52,887778
2	1080	0,517933	6,9847163	-0,6579094	-4,5953102	48,786262
3	720	0,6829886	6,5792512	-0,3812771	-2,5085179	43,286547
4	480	0,8708105	6,1737861	-0,1383309	-0,8540256	38,115635
5	360	1,0415576	5,886104	0,0407173	0,2396662	34,646221
6	300	1,1679105	5,7037825	0,1552163	0,8853198	32,533135
7	240	1,3318278	5,4806389	0,2865523	1,5704895	30,037403
8	180	1,5708738	5,1929569	0,451632	2,3453055	26,966801
9	120	1,9977416	4,7874917	0,6920174	3,3130274	22,920077
10	60	3,0734487	4,0943446	1,1228003	4,5971312	16,763657
n = 10	4980	12,68196	58,155471	0,7201373	-1,1977668	346,94352
Ln (d) =	3,656636	d =	38,730834	n =	-0,6163861	



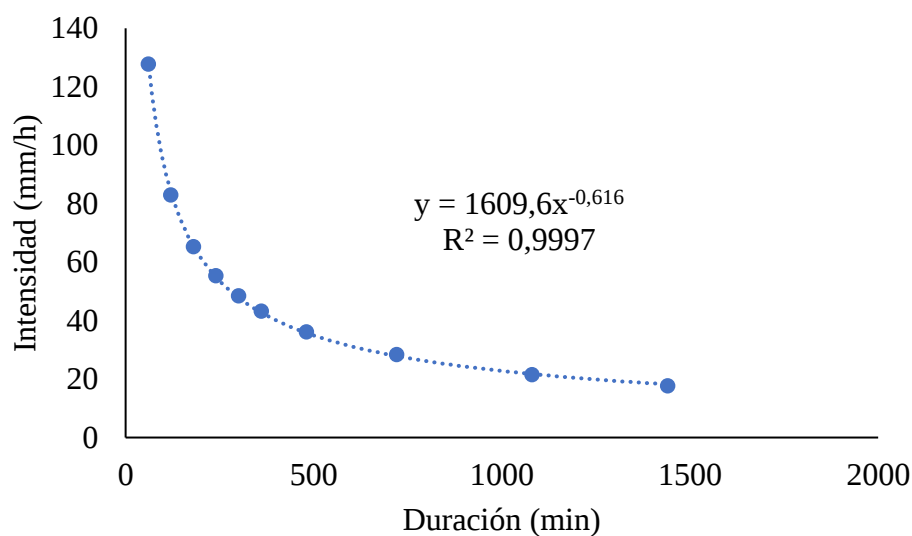
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 5$ años

Tabla 27.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 5$ años

Periodo de retorno para $T = 5$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	0,6585747	7,2723984	-0,4176773	-3,0375158	52,887778
2	1080	0,7990706	6,9847163	-0,2243059	-1,5667132	48,786262
3	720	1,0537195	6,5792512	0,0523263	0,344268	43,286547
4	480	1,3434924	6,1737861	0,2952725	1,8229493	38,115635
5	360	1,6069223	5,886104	0,4743207	2,7919012	34,646221
6	300	1,8018604	5,7037825	0,5888197	3,3584994	32,533135
7	240	2,0547531	5,4806389	0,7201557	3,9469133	30,037403
8	180	2,4235549	5,1929569	0,8852354	4,5969895	26,966801
9	120	3,0821296	4,7874917	1,1256208	5,3889003	22,920077
10	60	4,7417379	4,0943446	1,5564037	6,3724531	16,763657
n = 10	4980	19,565816	58,155471	5,0561717	24,018645	346,94352
Ln (d) =	4,0902395	d =	59,754199	n =	-0,6163861	



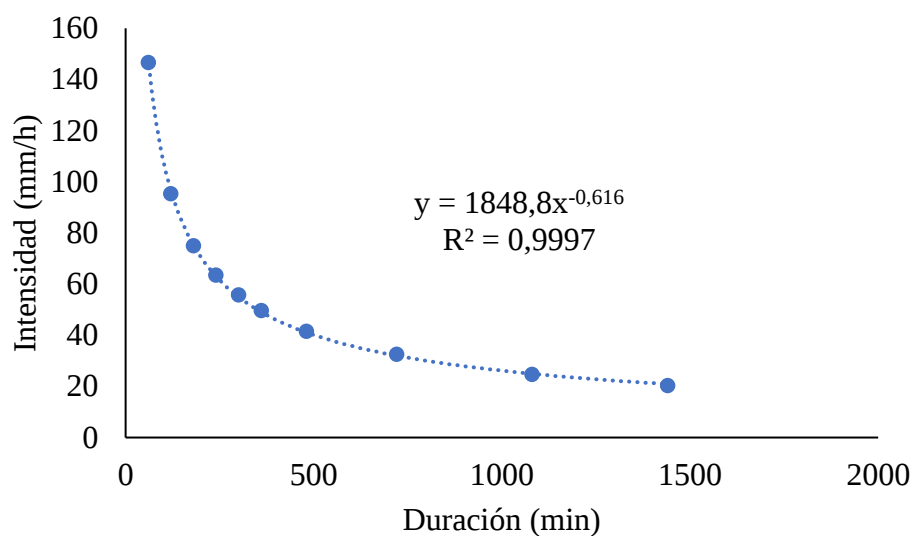
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 10$ años

Tabla 28.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 10$ años

Periodo de retorno para $T = 10$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	0,8119848	7,2723984	-0,2082737	-1,514649	52,887778
2	1080	0,9852082	6,9847163	-0,0149023	-0,1040881	48,786262
3	720	1,2991757	6,5792512	0,26173	1,7219872	43,286547
4	480	1,656449	6,1737861	0,5046761	3,1157626	38,115635
5	360	1,9812429	5,886104	0,6837244	4,0244728	34,646221
6	300	2,2215904	5,7037825	0,7982233	4,5528923	32,533135
7	240	2,5333926	5,4806389	0,9295593	5,0945791	30,037403
8	180	2,9881041	5,1929569	1,0946391	5,6844136	26,966801
9	120	3,8000889	4,7874917	1,3350245	6,3914185	22,920077
10	60	5,8462906	4,0943446	1,7658074	7,2298238	16,763657
n = 10	4980	24,123527	58,155471	7,1502082	36,196613	346,94352
Ln (d) =	4,2996431	d =	73,673496	n =	-0,6163861	



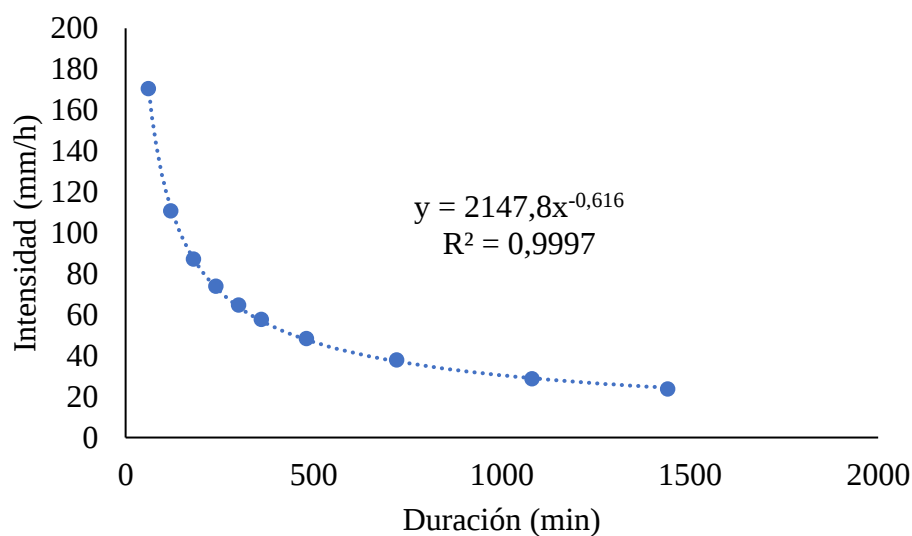
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un T = 25 años

Tabla 29.

Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para T = 25 años

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,0622494	7,2723984	0,0603887	0,439171	52,887778
2	1080	1,2888626	6,9847163	0,2537601	1,7724426	48,786262
3	720	1,6995991	6,5792512	0,5303924	3,4895847	43,286547
4	480	2,1669888	6,1737861	0,7733386	4,7744268	38,115635
5	360	2,5918886	5,886104	0,9523868	5,6058477	34,646221
6	300	2,9063144	5,7037825	1,0668857	6,0852842	32,533135
7	240	3,3142182	5,4806389	1,1982217	6,5670208	30,037403
8	180	3,9090778	5,1929569	1,3633015	7,0795659	26,966801
9	120	4,9713273	4,7874917	1,6036869	7,6776376	22,920077
10	60	7,6481958	4,0943446	2,0344698	8,3298203	16,763657
n = 10	4980	31,558722	58,155471	9,8368322	51,820802	346,94352
Ln (d) =	4,5683055	d =	96,380657	n =	-0,6163861	



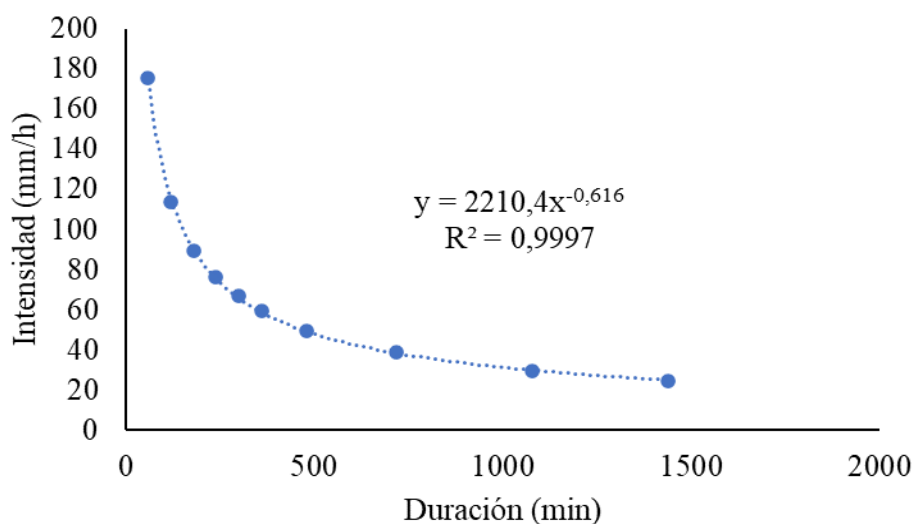
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 30$ años

Tabla 30.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 30$ años

Periodo de retorno para $T = 30$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,0437939	7,2723984	0,042862	0,3117098	52,887778
2	1080	1,2664699	6,9847163	0,2362334	1,6500234	48,786262
3	720	1,6700702	6,5792512	0,5128657	3,374272	43,286547
4	480	2,1293395	6,1737861	0,7558118	4,6662206	38,115635
5	360	2,546857	5,886104	0,9348601	5,5026836	34,646221
6	300	2,85582	5,7037825	1,049359	5,9853156	32,533135
7	240	3,2566369	5,4806389	1,180695	6,4709631	30,037403
8	180	3,8411615	5,1929569	1,3457748	6,9885504	26,966801
9	120	4,8849553	4,7874917	1,5861601	7,5937286	22,920077
10	60	7,5153159	4,0943446	2,0169431	8,2580598	16,763657
n = 10	4980	31,01042	58,155471	9,6615651	50,801527	346,94352
Ln (d) =	4,5507788	d =	94,706138	n =	-0,6163861	



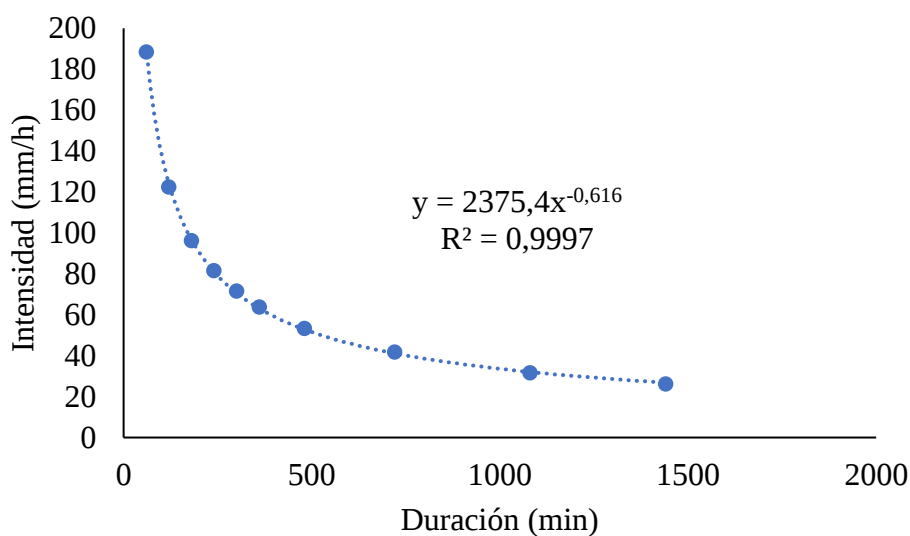
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 50$ años

Tabla 31.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 50$ años

Periodo de retorno para $T = 50$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,149616	7,2723984	0,139428	1,0139759	52,887778
2	1080	1,3948674	6,9847163	0,3327994	2,3245093	48,786262
3	720	1,8393856	6,5792512	0,6094316	4,0096038	43,286547
4	480	2,3452167	6,1737861	0,8523778	5,2623982	38,115635
5	360	2,8050631	5,886104	1,031426	6,0710809	34,646221
6	300	3,1453494	5,7037825	1,145925	6,5361069	32,533135
7	240	3,586802	5,4806389	1,277261	7,0002063	30,037403
8	180	4,230587	5,1929569	1,4423407	7,4900133	26,966801
9	120	5,380203	4,7874917	1,6827261	8,0560373	22,920077
10	60	8,2772354	4,0943446	2,113509	8,6534342	16,763657
n = 10	4980	34,154326	58,155471	10,627225	56,417366	346,94352
Ln (d) =	4,6473448	d =	104,30766	n =	-0,6163861	



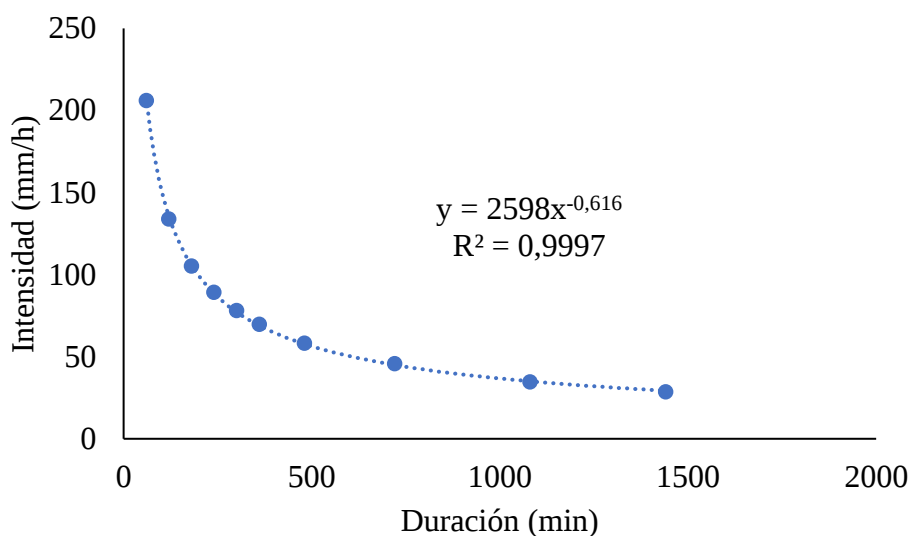
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 100$ años

Tabla 32.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 100$ años

Periodo de retorno para $T = 100$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,2923514	7,2723984	0,2564634	1,8651038	52,887778
2	1080	1,5680531	6,9847163	0,4498348	3,1419682	48,786262
3	720	2,0677623	6,5792512	0,726467	4,7796089	43,286547
4	480	2,6363969	6,1737861	0,9694132	5,9849496	38,115635
5	360	3,1533375	5,886104	1,1484614	6,7599633	34,646221
6	300	3,5358735	5,7037825	1,2629604	7,2036512	32,533135
7	240	4,0321364	5,4806389	1,3942964	7,641635	30,037403
8	180	4,7558532	5,1929569	1,5593761	8,0977729	26,966801
9	120	6,0482047	4,7874917	1,7997615	8,6163432	22,920077
10	60	9,3049302	4,0943446	2,2305444	9,1326173	16,763657
n = 10	4980	38,394899	58,155471	11,797578	63,223613	346,94352
Ln (d) =	4,7643801	d =	117,25841	n =	-0,6163861	



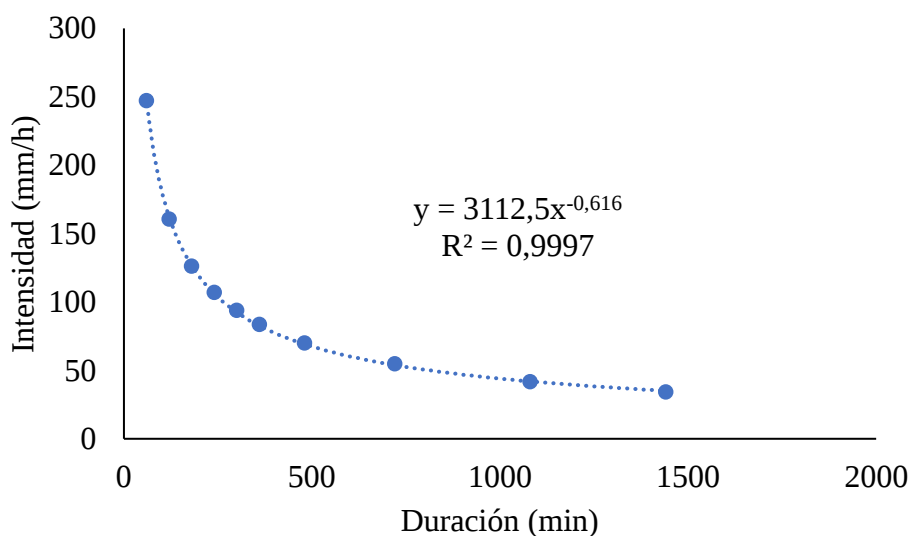
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Para un $T = 500$ años

Tabla 33.

 Cálculos y Gráfica de la Regresión Potencial para $T = 500$ años

Periodo de retorno para $T = 500$ años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,6221911	7,2723984	0,4837778	3,5182248	52,887778
2	1080	1,9682586	6,9847163	0,6771492	4,7296949	48,786262
3	720	2,5955058	6,5792512	0,9537814	6,2751676	43,286547
4	480	3,3092699	6,1737861	1,1967276	7,3883402	38,115635
5	360	3,9581464	5,886104	1,3757758	8,0979597	34,646221
6	300	4,438315	5,7037825	1,4902748	8,5002032	32,533135
7	240	5,0612364	5,4806389	1,6216108	8,8874632	30,037403
8	180	5,9696634	5,1929569	1,7866905	9,2782069	26,966801
9	120	7,5918545	4,7874917	2,0270759	9,7046091	22,920077
10	60	11,679776	4,0943446	2,4578588	10,063321	16,763657
n = 10	4980	48,194217	58,155471	14,070723	76,443191	346,94352
Ln (d) =	4,9916946	d =	147,18563	n =	-0,6163861	



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para proceder a constituir la regresión potencial se hace un resumen de los términos constantes de la regresión y coeficientes de regresión:

Tabla 34.

Resumen de aplicación de regresión potencial

Periodo de Retorno (años)	Término cte. De regresión (d)	Coef. De regresión [n]
2	38,730834	-0,6163861
5	59,754199	-0,6163861
10	73,673496	-0,6163861
25	96,380657	-0,6163861
30	94,706138	-0,6163861
50	104,30766	-0,6163861
100	117,25841	-0,6163861
500	147,18563	-0,6163861
Promedio	91,499628	-0,6163861

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La regresión potencial de los tiempos de retorno para las intensidades dadas y la constitución está dada por la siguiente tabla:

Tabla 35.

Cálculos de la Regresión Potencial Constituida

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	2	38,730834	0,6931472	3,656636	2,534587	0,480453
2	5	59,754199	1,6094379	4,0902395	6,5829865	2,5902904
3	10	73,673496	2,3025851	4,2996431	9,9002942	5,3018981
4	25	96,380657	3,2188758	4,5683055	14,704808	10,361162
5	30	94,706138	3,4011974	4,5507788	15,478097	11,568144
6	50	104,30766	3,912023	4,6473448	18,18052	15,303924
7	100	117,25841	4,6051702	4,7643801	21,940781	21,207592
8	500	147,18563	6,2146081	4,9916946	31,021425	38,621354
n = 8	722	731,99702	25,957045	35,569022	120,3435	105,43482
Ln (K) =	3,6912994	K =	40,096916	m =	0,2326392	

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Conforme a esto, se pudo constituir la ecuación IDF:

$$I = \frac{40,096916 \times F^{0,2326392}}{D^{0,6163861}}$$

De la cual, se crea la siguiente tabla:

Tabla 36.

Tabla de Intensidades, Tiempos de Duración y Frecuencia de Precipitación.

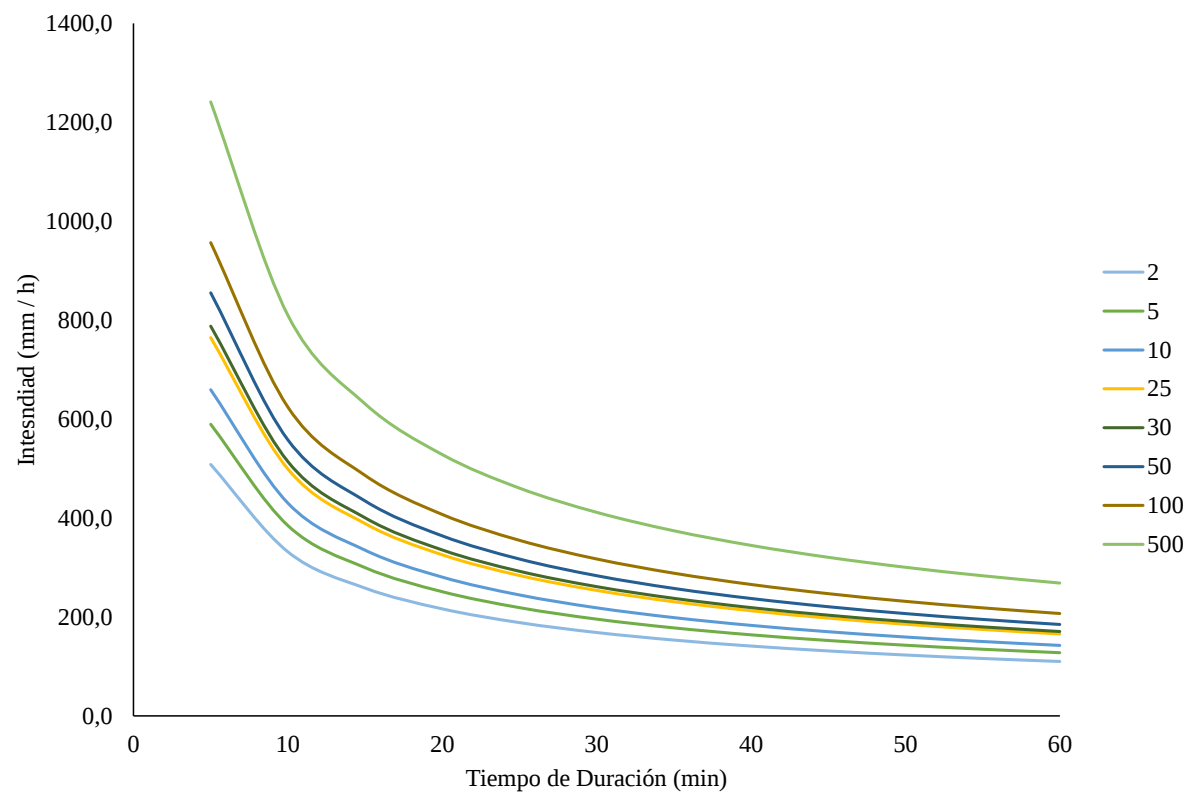
Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
	Duración en minutos (D)											
Frecuencia en años (F)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	17,4706	11,3961	8,8760	7,4337	6,4785	5,7898	5,2650	4,8490	4,5095	4,2259	3,9848	3,7767
5	21,6214	14,1037	10,9848	9,1999	8,0177	7,1654	6,5159	6,0011	5,5809	5,2299	4,9316	4,6740
10	25,4047	16,5716	12,9070	10,8097	9,4206	8,4192	7,6561	7,0512	6,5574	6,1451	5,7945	5,4919
25	31,4406	20,5088	15,9735	13,3780	11,6589	10,4196	9,4751	8,7265	8,1154	7,6051	7,1712	6,7967
30	32,8029	21,3974	16,6656	13,9576	12,1640	10,8710	9,8857	9,1046	8,4670	7,9346	7,4819	7,0912
50	36,9422	24,0975	18,7686	15,7189	13,6990	12,2428	11,1331	10,2535	9,5354	8,9359	8,4260	7,9860
100	43,4064	28,3141	22,0528	18,4694	16,0960	14,3851	13,0812	12,0476	11,2040	10,4995	9,9004	9,3834
500	63,1193	41,1729	32,0679	26,8572	23,4060	20,9180	19,0220	17,5190	16,2922	15,2678	14,3967	13,6449

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La curva IDF se representa a continuación:

Figura 13.

Curva IDF del área del Proyecto



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

6.1.5. Obtención De Caudales

Continuando, se procedió a determinar los caudales mediante el modelo de Lutz Scholz, para ello, se trabaja con las precipitaciones totales mensuales y en especial de la que tiene más influencia en producción del caudal, que, para este caso en particular, es la estación Leticia. Para esto, se creará un modelo de regresión que permitirá estimar, mediante números aleatorios, la prolongación de los caudales para años futuros. Primeramente, se calculó la Evapotranspiración Potencial mediante el método de Hargreaves, que considera la temperatura mínima, media, máxima y la radiación solar extraterrestre como principales parámetros y se evalúa mediante la siguiente formulación:

$$ETP = 0,0135(T_{med} + 17,78) \times [Ro * Kt * (T_{max} - T_{min})^{0,5}]$$

Ro, o radiación solar extraterrestre, es un valor que indirectamente se puede obtener de tabla que se adiciona en la Tabla 38.

Radiación Solar Extraterrestre (Ro) para el Hemisferio Norte. Por ahora, la ETP de las estaciones es la siguiente:

Tabla 37.

Evapotranspiración Potencial (ETP) de la zona del proyecto

Parámetros	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Kt	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Ro (mm/día)	13	14,1	15,1	15,5	15,3	15,1	15,1	15,3	15,1	14,3	13,2	12,7
Tmin (°C)	20,2	20,7	21,1	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	20,9	20,6	20,4	20,1
Tmed (°C)	25,4	26,3	26	25,3	24,8	25	25,4	25,2	24,5	23,9	23,8	24,4
Tmax (°C)	31,5	32,6	31,7	30	28,8	29,4	30,1	29,8	28,7	27,8	27,9	29,6
Rs (mm/día)	6,9920183	7,7823826	7,8659261	7,3568689	6,7041241	6,8760565	7,1670142	7,1370851	6,7475208	6,1393482	5,7839502	6,2630446
ETP (mm/día)	4,0758572	4,6311402	4,6489983	4,2786078	3,8537317	3,9711289	4,1778676	4,1411509	3,8513499	3,4544885	3,2467048	3,5663655
ETP (mm/mes)	126,35157	129,67193	144,11895	128,35823	119,46568	119,13387	129,5139	128,37568	115,5405	107,08914	97,401143	110,55733

Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Tabla 38.

Radiación Solar Extraterrestre (Ro) para el Hemisferio Norte

HEMISFERIO NORTE												
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1
48	4.1	6.4	9.5	13.1	13.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6
46	46.1	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Nota: Tomado por los Autores (2023) a partir de información de material de estudio de Hidrología e Hidrografía de la Universidad de Salamanca (2016).

Realizado esto, se elabora el Balance Hídrico considerando los valores de la estación meteorológica Leticia, teniendo en cuenta Precipitación Total Mensual Promedio y la Evapotranspiración Potencial como parámetros de entrada. El método realizado fue por diferencias porcentuales de déficit y almacenamiento, el resultado es el siguiente:

Tabla 39.

Cálculo del Balance Hídrico de la Estación Meteorológica Leticia

Estación Leticia												
Parámetros	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
P media	22,2273126	35,2480531	68,6646703	132,875282	191,327902	111,81049	153,310565	175,327405	141,914975	223,343972	165,254425	68,1713002
ETP	126,351574	129,671926	144,118948	128,358234	119,465681	119,133868	129,513896	128,375678	115,540497	107,089142	97,4011431	110,557331
rAlmacén	0	0	0	4,51704752	71,8622207	0	23,7966694	46,9517267	0	0	0	0
Almacén	0	0	0	4,51704752	76,3792682	69,0558903	92,8525597	100	100	100	100	57,6139696
ETR	126,351574	129,671926	144,118948	132,875282	191,327902	119,133868	153,310565	175,327405	141,914975	223,343972	165,254425	110,557331
Déficit	104,124262	94,423873	75,4542773	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	39,8042864	26,3744773	116,254829	67,8532824	0

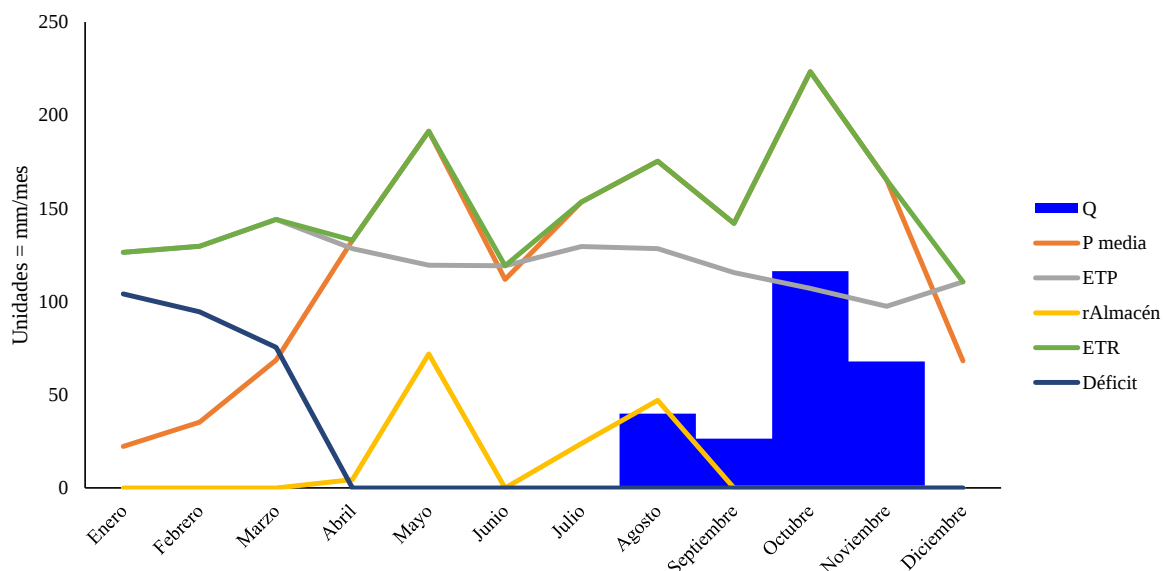
Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Como se aprecia, los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre producen escorrentías puesto que las precipitaciones registradas permiten que se produzca el superávit de almacenamiento, manteniendo el déficit en cero. De este último parámetro se tiene que los meses de Enero, Febrero y Marzo son los que no registran volúmenes suficientes de precipitaciones para que haya almacenamiento, por lo tanto, la pérdida se da por la evapotranspiración real.

En la siguiente figura se representa gráficamente el suceso antes descrito, mes a mes, se observa el cambio y como el almacenamiento suple para garantizar el abastecimiento en la cuenca, cubriendo los meses secos (considerando que el caudal tiene un valor de retraso)

Figura 14.

Balance Hídrico de la Estación Leticia



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Octubre es el mes en el cual más se genera escorrentía y la proyección del hidrograma que se observa en azul en la figura anterior tendría la capacidad de mediante el tránsito, cubrir las necesidades que se presentan en los meses de déficit. Por lo tanto, el diseño de este riego se centra en los meses de menos y más necesidades, el Balance Hídrico es necesario para identificarlos. Concerniente a esto, se procede a determinar cuál es el caudal que se proyecta.

Primeramente, se definen como parámetros de entrada los siguientes:

Área de la Cuenca (A), Altitud Media de la Cuenca (Hm), Pendiente del Cauce (Pdte Cauce), Precipitación Media Anual (Pm Anual), Evapotranspiración Potencial Anual (ETPm Anual), Temperatura Media Anual (Tmedia Anual), Coeficiente de Escorrentía Teórico (CE), Coeficiente de Temperatura de Turc (L), Déficit de Escurrimiento (DE), Coeficiente de Escorrentía Corregido (CE2), Almacenamiento Lagunas (LL), Área de las Lagunas (AL), Almacenamiento Nevados (LN), Área Nevados (AN), Almacenamiento Acuíferos (LA), Área Máximo Acuíferos (A Max), Retención del Agua (R), Coeficiente de Almacenamiento (a) y Relación de Caudales a 30 días (bo).

Tabla 40.

Parámetros de Entrada del Método Lutz Scholz

<i>A (km²)</i>	300,047	<i>LA (mm/año)</i>	291,57219
<i>Hm (msnm)</i>	1420,69	<i>A Max (km²)</i>	29,638077
<i>Pdte Cauce (%)</i>	3,12%	<i>LL (mm/año)</i>	0
<i>Pm Anual</i>	1489,4764	<i>AL (km²)</i>	0
<i>ETPm Anual</i>	1455,5779	<i>LN (mm/año)</i>	0
<i>T media Anual</i>	25	<i>AN (km²)</i>	0
CE	0,1068898	R (mm)	28,800951
L	1706,25	a	0,0116261
DE	1155,3456	bo	0,7055468
CE2	0,2243276		

Nota: Elaborado por los Autores, 2023. En cursiva aparecen los parámetros anteriormente obtenidos.

Las variables CE, L, DE, CE2, A Max, R, a y bo, son parámetros que se calculan siguiendo el procedimiento del Modelo de Lutz Scholz que es un Determinístico y Estocástico.

Considerando los coeficientes del método del USBR (Precipitación efectiva hidrológica para los cultivos), se procede a calcular la precipitación efectiva para las curvas I, II y III, considerando primeramente que esta microcuenca de influencia posee un agotamiento mediano con retención de 80 mm/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).

Los resultados se ven representados en la siguiente tabla:

Tabla 41.

Precipitación Mensual para las Curvas y Precipitación Efectiva

Mes	No. Días	Precipitación Mensual				
		P Total (mm/mes)	Curva I PE I (mm/mes)	Curva II PE II (mm/mes)	Curva III PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)
Enero	31	22,227313	0,273143942	2,458060468	5,009667059	0,16543928
Febrero	28	35,248053	1,592291814	3,601415603	7,83420654	0,487313422
Marzo	31	68,66467	34,17458269	8,621722222	24,28890956	7,276324639
Abril	30	132,87528	852,171261	31,76994792	101,7546428	170,7638555
Mayo	31	191,3279	70,72790209	70,72790209	70,72790209	15,86622315
Junio	30	111,81049	364,4336499	22,49376748	72,12419174	73,62158048
Julio	31	153,31056	1728,041102	41,21034686	128,5540528	344,6700897
Agosto	31	175,3274	3360,256574	50,48138779	148,7862033	668,1415977
Septiembre	30	141,91497	1179,395537	35,95888065	114,1661212	235,7841942
Octubre	31	223,34397	102,7439719	102,7439719	102,7439719	23,04831245
Noviembre	30	165,25443	2505,742125	46,45748134	141,1020009	498,8541691
Diciembre	31	68,1713	33,01563518	8,513808258	23,91263035	7,039225311

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Posteriormente y considerando el Balance Hídrico, se hace la relación del Gasto y el Abastecimiento, para determinar la Contribución a la Retención y Posteriormente, para determinar los Caudales Generados:

Tabla 42.

Contribución de la Retención y Caudales Generados

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Contribución de la Retención				Caudales Generados		
Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi	Qi
bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m ³ /s	L/s
0,6973915	4,073353221		0	4,2387925	0,472389	472,38897
0,7221445	4,217931186		0	4,7052446	0,5805551	580,55512
0,6973915	4,073353221		0	11,349678	1,2648561	1264,8561
	0	0,030701551	0,8842339	169,87962	19,563174	19563,174
	0	0,488434456	14,067377	1,7988464	0,2004711	200,47105
0,7055468	4,120986683		0	77,742567	8,9527593	8952,7593
	0	0,161741638	4,658313	340,01178	37,892351	37892,351
	0	0,319122355	9,1910273	658,95057	73,43624	73436,24
0,7055468	4,120986683		0	239,90518	27,62725	27627,25
0,6973915	4,073353221		0	27,121666	3,0225532	3022,5532
0,7055468	4,120986683		0	502,97516	57,922135	57922,135
	0			7,0392253	0,7844811	784,48105

Considerando esto, se procede a realizar una regresión lineal múltiple entre el Caudal como variable dependiente, la diferencia del Caudal en tránsito anterior y la Precipitación Efectiva. Para ello, se elabora la siguiente tabla:

Tabla 43.

Variables destinadas para la Regresión Múltiple

Qt	Qt - 1	PE
4,238792501	7,039225311	0,16543928
4,705244609	4,238792501	0,487313422
11,34967786	4,705244609	7,276324639
169,8796217	11,34967786	170,7638555
1,798846368	169,8796217	15,86622315
77,74256716	1,798846368	73,62158048
340,0117767	77,74256716	344,6700897
658,9505704	340,0117767	668,1415977
239,9051809	658,9505704	235,7841942
27,12166567	239,9051809	23,04831245
502,9751558	27,12166567	498,8541691
7,039225311	502,9751558	7,039225311

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

El resultado de la regresión es el siguiente

Tabla 44.

Regresión Lineal Múltiple del Modelo de Caudales y Precipitación Efectiva

Resumen

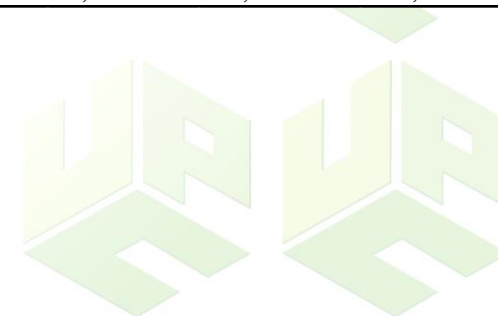
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,999651758
Coeficiente de determinación R ²	0,999303638
R ² ajustado	0,999148891
Error típico	6,508466148
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	547094,4549	273547,2275	6457,657641	6,20522E-15
Residuos	9	381,2411843	42,36013159		
Total	11	547475,6961			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	1,771013056	2,716218511	0,652014206	0,530688962	-4,373500105	7,915526217	-4,373500105	7,915526217
Qt - 1	-0,002383541	0,008910209	-0,267506737	0,795108368	-0,022539835	0,017772753	-0,022539835	0,017772753
PE	0,991994937	0,008838626	112,2340683	1,79672E-15	0,972000577	1,011989298	0,972000577	1,011989298

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.



En resumen, los resultados son los siguientes:

Tabla 45.

Resumen de la Regresión Múltiple

Resumen	Abreviatura	Valor
Intercepción	B0	1,771013056
Qt - 1	B1	-0,00238354
PE	B2	0,991994937
R^2 ajustado	R^2 ajustado	0,999148891
S	S	6,508466148

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

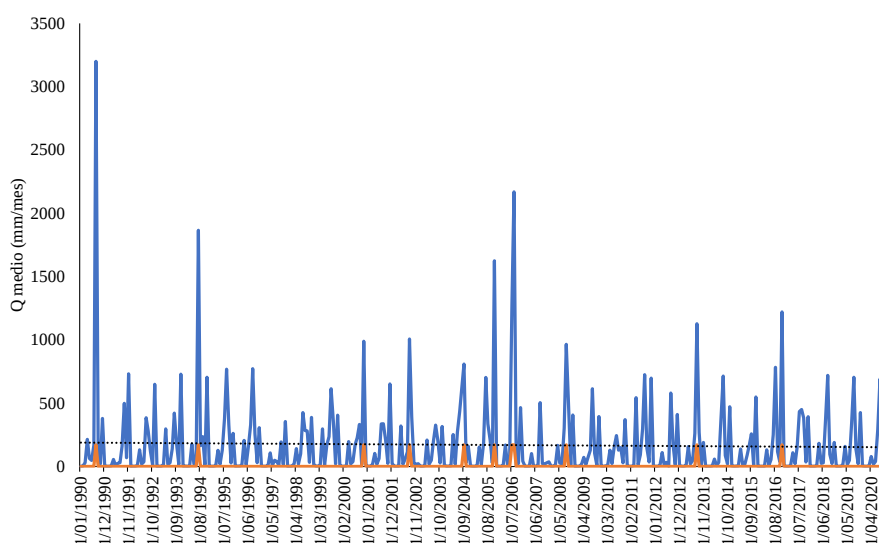
La construcción del Modelo de Lutz Scholz se realiza mediante la siguiente formulación matemática:

$$Q = B0 + B1 * (Qt - 1) + B2 * PE + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

Donde z, es la definición de números aleatorios que permitan ayudar a la simulación de los caudales. Al aplicar el modelo se obtuvo la Tabla 46. Sin embargo, es inherente hacer el análisis de consistencia de los datos, donde se detectan datos atípicos

Figura 15.

Histograma de los Caudales del Modelo Lutz Scholz



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Tabla 46.

Estimación de Caudales mediante el Modelo Lutz Scholz

Estación Leticia (mm/mes)													Prom
Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
PE	0,1654393	0,4873134	7,2763246	170,76386	15,866223	73,62158	344,67009	668,1416	235,78419	23,048312	498,85417	7,0392253	170,47653
1990	1,7655487	3,622357	30,915966	214,99708	63,527717	47,892955	168,9171	3199,5203	150,77413	21,924704	379,09824	3,3788011	357,19457
1991	1,8318443	2,4214465	4,1780075	56,590224	8,6424026	24,583748	30,622622	160,60088	499,14581	69,140288	732,44544	0,1463765	132,52909
1992	1,7729539	1,7048295	6,6146016	131,89354	19,496126	37,519033	385,08988	280,66235	119,50982	11,720216	648,85011	0,977509	137,15091
1993	2,1778901	2,2231552	15,238407	297,13675	18,242776	28,367779	139,74851	421,10485	180,22541	17,287897	729,50714	2,8902028	154,51256
1994	2,9022756	2,221489	4,402127	176,54419	18,754215	20,729187	1865,9433	163,78564	236,70459	14,544322	705,37544	2,3319484	267,85323
1995	1,7717547	1,9540682	7,1340569	127,80555	17,915179	129,13818	378,30979	768,35112	331,10327	27,786358	262,25498	1,2510599	171,23128
1996	2,766845	2,764386	10,670273	205,88399	14,278077	159,40483	329,3664	772,17361	258,48244	30,277326	307,08839	4,0393118	174,76632
1997	1,9387971	1,7710578	8,0197275	107,78477	6,2322907	48,824691	39,41404	9,3118808	194,32142	15,026369	355,07771	0,7947794	65,709795
1998	1,7786323	2,8094282	20,15214	140,73329	19,998286	100,17677	425,25389	284,44485	280,81377	33,263547	388,16935	15,207833	142,73348
1999	1,6577305	3,4008361	12,180814	297,53809	6,7786714	169,07336	235,50602	613,49121	357,75466	20,123684	405,8017	9,180217	177,70725
2000	1,8264125	1,4252971	5,1035652	197,03473	20,233836	37,831338	173,43009	228,295	332,37334	15,766903	989,91716	10,404115	167,80348
2001	1,8515562	1,9837857	16,385497	103,85586	16,948177	62,775502	336,48556	337,50123	210,12493	24,745116	651,57448	23,689292	148,99342
2002	1,7415652	1,7550635	1,8551689	320,32744	17,710727	60,67962	115,48805	1007,0875	390,20776	26,185825	16,687215	21,795538	165,12679
2003	1,6716817	1,692221	5,7262545	209,41895	17,637075	49,22669	207,10893	326,36652	205,64879	26,99717	316,20079	9,3857714	114,75674
2004	2,0184613	2,7017305	4,0287329	252,39806	18,13579	275,09806	433,82969	615,36505	809,73268	31,212595	160,55025	5,679818	217,56258
2005	1,8271933	1,966282	4,2371344	153,69212	17,021146	183,27245	703,75373	336,78611	210,08039	28,217373	1624,7664	0	271,95412
2006	1,7504832	2,291774	8,2986058	170,21428	15,304048	82,489124	1281,8598	2168,7275	6,4910076	25,22989	464,83392	42,063992	355,7962
2007	1,5566836	1,584251	2,0623058	101,45412	1,6341084	1,5952895	12,761894	504,50028	23,736716	18,920678	28,716883	37,189855	61,309422
2008	1,5288163	1,6436993	14,214136	167,32796	27,611527	20,443487	302,79781	965,07545	495,01238	12,762182	406,22801	1,0244282	201,30582
2009	2,2613877	1,5961503	17,423063	71,899666	15,555976	73,457156	128,62261	613,82343	104,37746	9,8986031	394,32644	3,5156005	119,7298
2010	1,5859487	5,1817442	10,348629	129,2142	23,488135	155,90713	244,38987	129,70692	149,90494	28,433933	369,89892	4,5190841	104,38162
2011	1,504584	1,673805	8,9440866	543,48069	14,211144	93,17141	297,63	724,90253	144,58785	35,41824	698,1057	1,9501911	213,79835
2012	1,7772187	1,9766324	8,4325284	110,23891	7,9750845	33,060603	1,6527374	580,47614	175,49572	14,174216	410,58551	7,2412115	112,75721
2013	1,9638293	2,3671005	7,5556484	157,00741	21,038898	47,175811	262,23756	1127,6742	269,44768	10,304498	190,68408	0,9846151	174,87011
2014	1,6353828	2,2203196	3,9504738	59,093339	5,4681467	32,568766	376,30884	714,85075	87,592758	21,053035	471,94786	4,4279873	148,42647
2015	2,1575149	2,6934398	3,8549363	138,19194	7,2071235	18,025909	88,977089	171,62032	258,33807	11,285536	549,51003	1,7397065	104,4668
2016	2,1267418	2,0613663	1,7269263	131,70295	8,7720957	54,563849	251,50105	783,93811	118,39528	38,964406	1220,501	5,0415002	218,27461
2017	1,6505894	1,7695852	9,2230484	109,10871	22,775137	151,82736	434,10142	450,44813	383,43093	35,214224	393,70675	1,7813756	166,25311
2018	1,6367829	1,730406	7,0882811	183,82675	25,204924	29,170223	363,69499	719,92868	96,155678	23,510671	190,24911	1,3633228	136,96332
2019	1,9229989	1,7666206	13,402367	159,15508	14,329013	49,175979	342,49292	704,62568	137,74856	22,636626	425,3435	6,1121518	156,55929
2020	2,0486171	2,2632206	3,2253219	79,305824	18,594108	39,236671	291,08529	691,83193	38,089957	24,994719	506,54714	6,0727476	141,9413

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Con el análisis de consistencia se detectaron como atípicos los siguientes datos:

Tabla 47.

Datos Inconsistentes en la Serie de Caudales estimados por modelo Lutz Scholz

Fecha	Q medio	z-score	outlier
1/08/1990	3199,5203	9,5746365	1
1/07/1994	1865,9433	5,3592826	1
1/11/2000	989,91716	2,5902184	1
1/08/2002	1007,0875	2,6444928	1
1/09/2004	809,73268	2,0206665	1
1/11/2005	1624,7664	4,5969373	1
1/07/2006	1281,8598	3,513031	1
1/08/2006	2168,7275	6,3163645	1
1/08/2008	965,07545	2,5116953	1
1/08/2013	1127,6742	3,02566	1
1/11/2016	1220,501	3,3190797	1

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Nuevamente, los datos equivalen a aproximadamente un 2,95% a 3% de información que puede descartarse. Considerando esto y que no se tienen estaciones de referencia para poder completar los datos faltantes, entonces se procede a descartar los años que tienen datos inconsistentes. Estos son año 1990, 1994, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, 2013 y 2016.

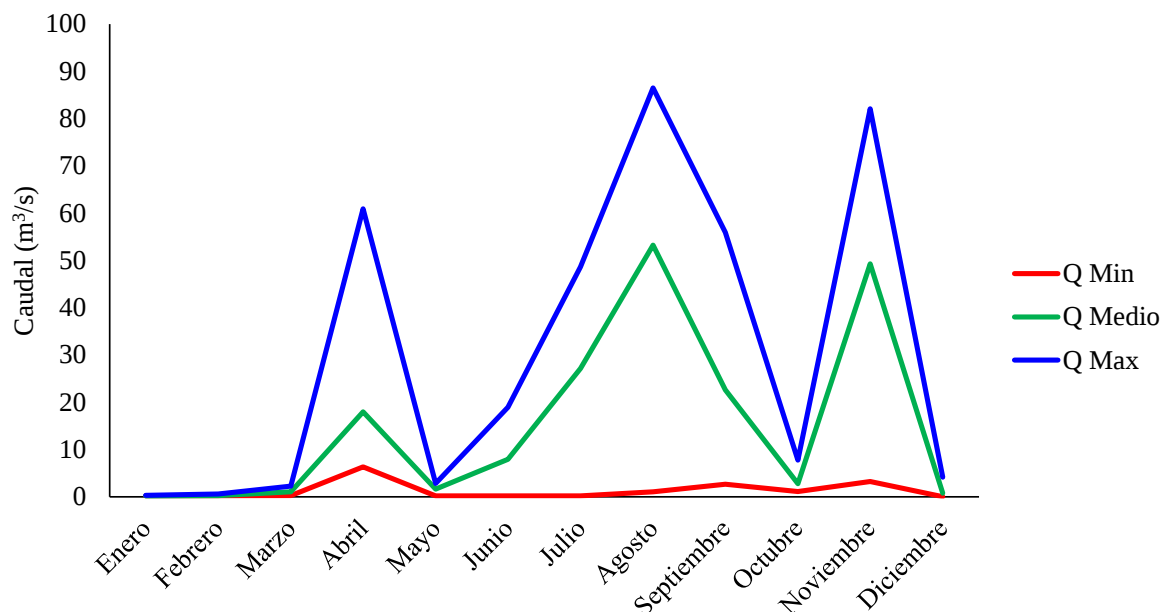
Finalmente, se completa la estimación mediante el modelo Lutz Scholz, se obtienen picos de caudales para los meses de Abril, Agosto y Noviembre, alcanzo máximo hasta los 86 m³/s en crecientes súbitas y mínimo los 0,16 m³/s en cárcavas leves.

Este análisis de series estocásticas y determinísticas facilitan el proceso para la toma de información de campo y la validación estadística es un paso relevante, sin embargo, puesto que solo se cuenta con una serie de precipitaciones se opta por descartar los valores atípicos, así como se había mencionado, siempre y cuando prevalezca más de 20 años de serie de análisis.

A continuación, se presenta el gráfico de los Caudales estimados por el Modelo Lutz Scholz, considerando las variables estudiadas, así como el balance hídrico para la estación de referencia:

Figura 16.

Hidrograma de los Caudales Mínimos, Medios y Máximos



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Considerando esta información, entonces, para el establecimiento del Marco de Siembra de la especie *Ealeis guineensis*.

6.2. ESTABLECIMIENTO DEL MARCO DE SIEMBRA DE LA ESPECIE ELAEIS GUINEENSIS RESPECTO AL PLAN DE ORDENAMIENTO DE CULTIVOS ACTUAL PARA LA PLANIFICACIÓN CONFORME AL USO AHORRATIVO, EFICIENTE Y CIRCULAR DEL AGUA EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR

6.2.1. Identificación Del Terreno

Primeramente, se procede a definir con exactitud la localización del predio denominado Bella Luz, puesto que para llegar hasta este se debe partir desde el municipio de Agustín Codazzi en el departamento del Cesar, con dirección noroccidente en un recorrido de 13017 metros (13,017 kilómetros).

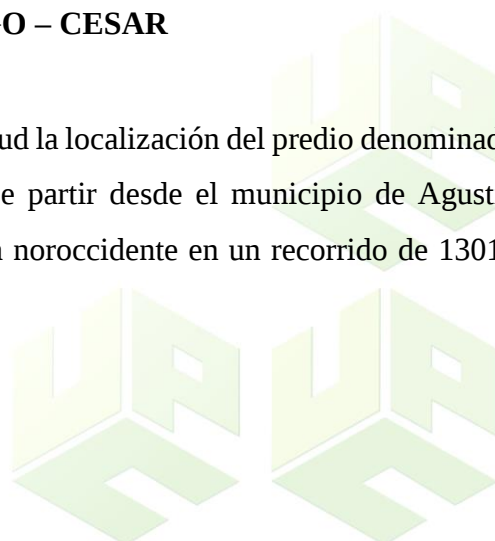
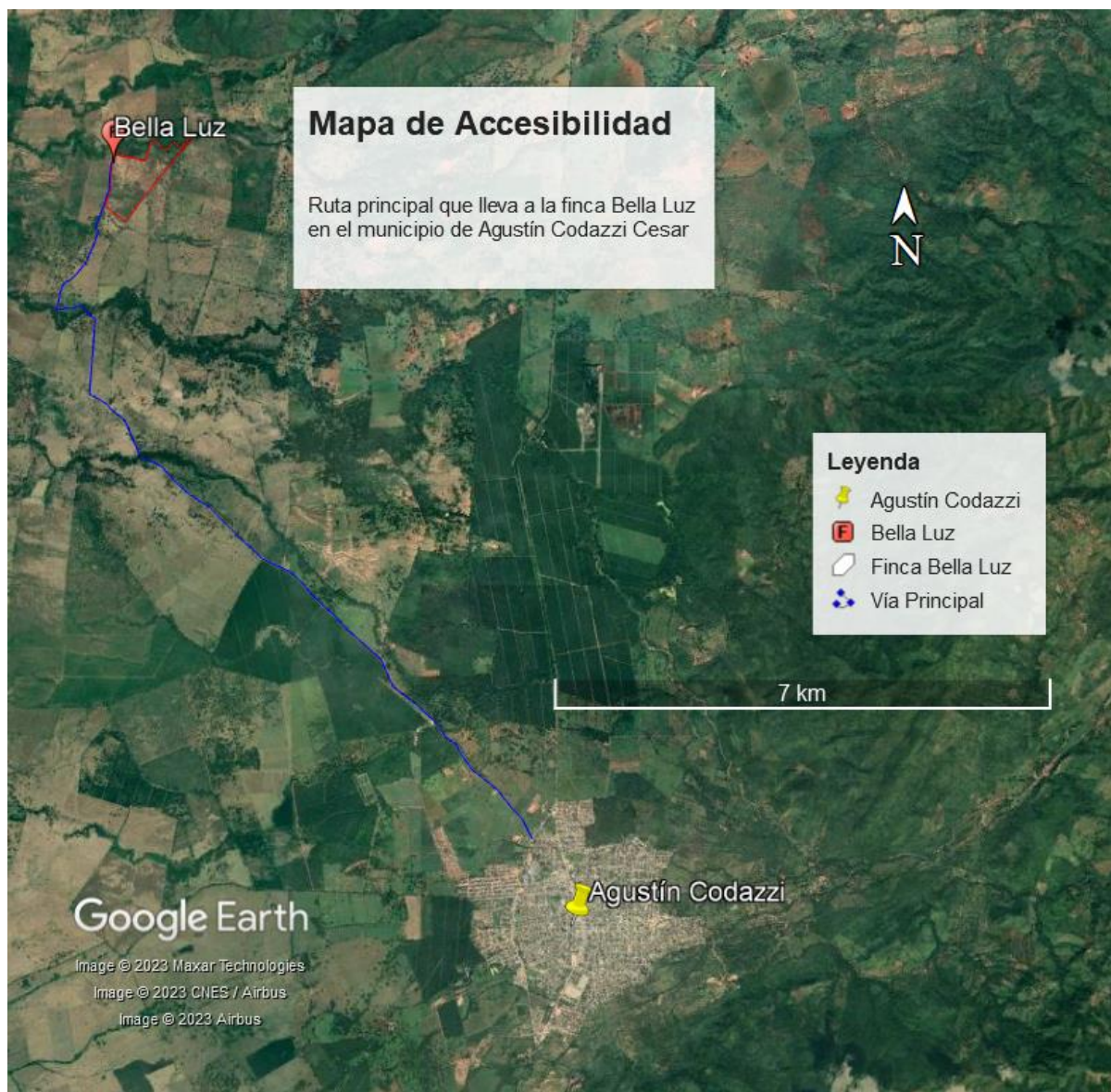


Figura 17.

Mapa de Accesibilidad de la Finca Bella Luz

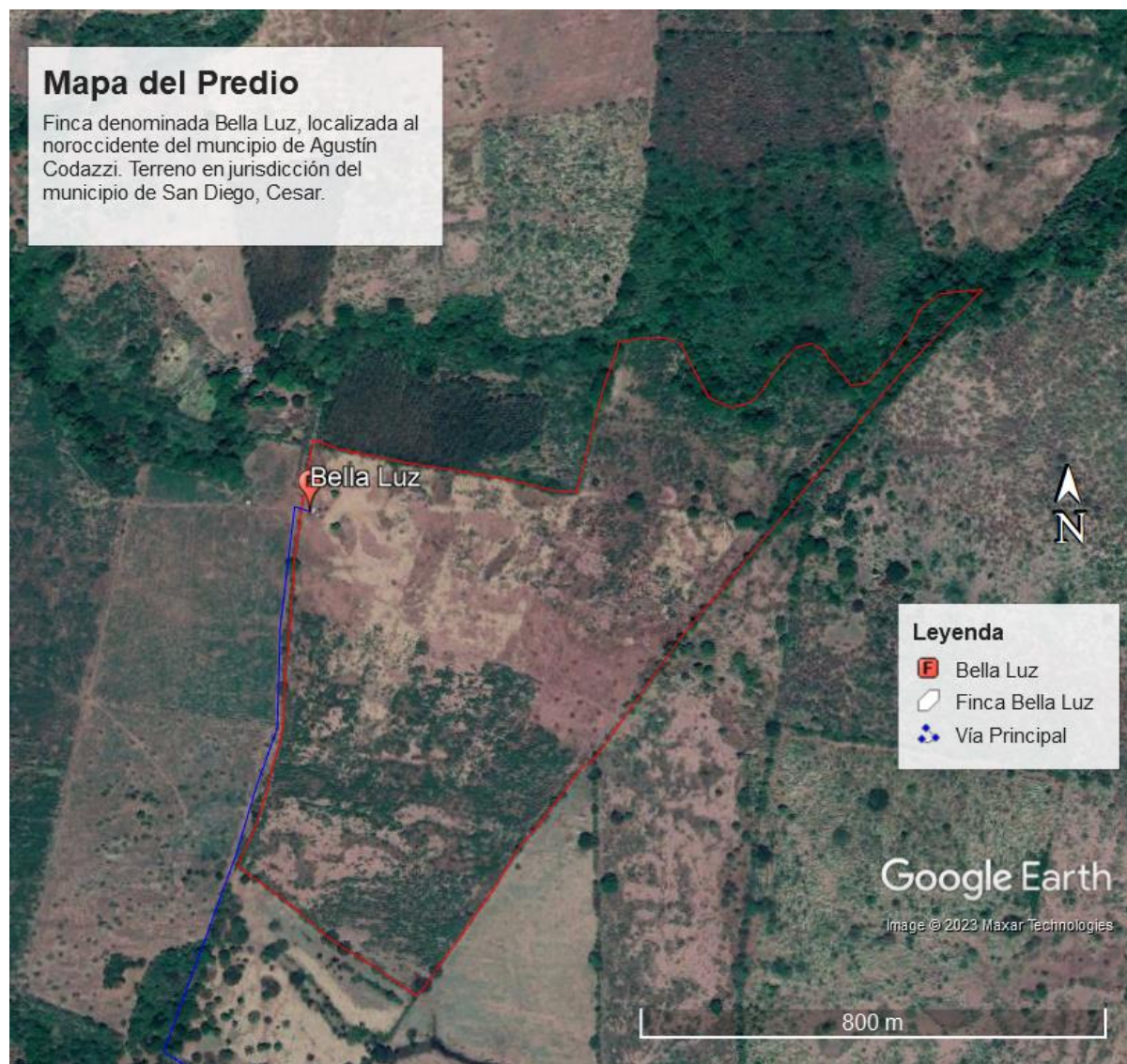


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La finca Bella Luz tiene una extensión equivalente a un área de 581.152 metros cuadrados (58,1 hectáreas) y actualmente no se tiene una producción agrícola puesto que recientemente hubo una exclusión de área de siembra destinada a empresa. En la siguiente figura se presenta el área de interés de la finca Bella Luz.

Figura 18.

Mapa del Área correspondiente a la Finca Bella Luz



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Conforme a lo relacionado por los autores, en la parte norte de la finca pasa el arroyo Mulato, el cual, de acuerdo con las proyecciones de caudales con el modelo presenta un flujo mínimo de $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ (160 litros por segundo) en cárcavas leves.

Considerando esto, se pretende destinar 167.000 metros cuadrados de la finca para la siembra de la especie *Ealeis guineensis*. Su distribución, será así:

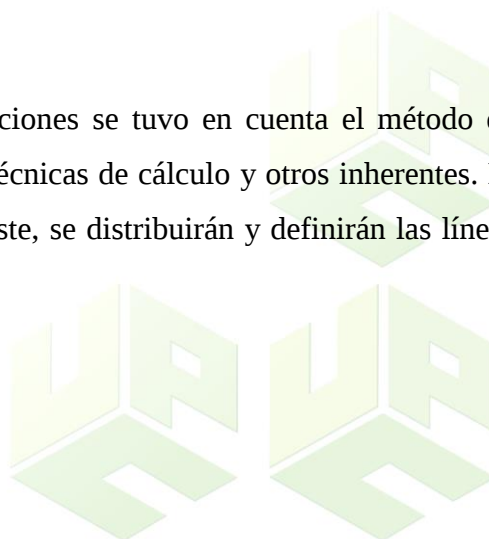
Figura 19.

Definición del Área de Siembra de la Especie *Ealeis guineensis*



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Para la definición de las unidades y parcelaciones se tuvo en cuenta el método de distribución del ICA, así como las especificaciones técnicas de cálculo y otros inherentes. El polígono verde corresponde al área de siembra, en este, se distribuirán y definirán las líneas primarias, secundarias y terciarias de riego.



6.2.2. Diseño Agronómico

La especie *Ealeis guineensis* tiene un marco de siembra recomendado de 9 metros en distancia entre plantas y 7,80 metros entre hileras, con orientación norte. Considerando esto, se tiene en cuenta que la Evapotranspiración de Referencia o Potencial para las condiciones de más necesidades hídrica se sitúa en el mes de Enero, con un valor de 126,35 mm/mes.

Además, se tiene que la superficie máxima de riego equivalente a 1,67 hectáreas y conforme al anexo 2 de la resolución 865 de 2004, tiene un coeficiente de cultivo (K_c) equivalente a 1,2 como máximo valor considerando investigaciones del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Considerando esto se procede a calcular la Fracción de Área Sombreada, los Coeficientes de corrección por Sombreado (K_a), de Variabilidad climática (K_b) y de Advección (K_c), con los cuales, finalmente se obtiene las Necesidades Netas del Riego (NNR), considerando la siguiente formulación:

$$NNR \cong ETR$$

$$ET_c - P - \Delta H_s - W_c \cong K_a * K_b * K_c * ETP$$

Donde ET_c es la Evapotranspiración del Cultivo, P es la precipitación, ΔH_s es el incremento de humedad entre dos riegos y W_c es el ascenso capilar del agua.

Posteriormente se procede a estudiar el movimiento del agua en el suelo, iniciando por calcular la Fracción de Lavado (FL), la eficiencia considerando las pérdidas por percolación (E), el coeficiente de uniformidad (C_u), el diámetro del bulbo Húmedo (D_m) para distintos caudales de suministro (q), los números de emisores (n_e), la superficie mojada por emisor (S_{me}), el porcentaje de suelo húmedo (Ph), solape de los bulbos húmedos (Se), el intervalo de riego (I), la dosis de riego (D), el tiempo de riego (Tr), determinar el Caudal para el Total de la Parcela (Q_n), considerar el caudal afluente (Q_a), definir el número de Sectores (ns), definir la Jornada Efectiva de Riego (JER) y definir el Caudal Instantáneo (Q_i), caudal punta (Q_p) y Caudal Continuo (Q_c).

En la siguiente tabla se hace la presentación de las fórmulas implicadas en el cálculo, con el objeto de resumir el tamaño del documento.

Tabla 48.

Fórmulas para el Diseño Agronómico de Alta Frecuencia

Parámetro	Descripción
Coeficientes de Corrección por Sombra (Ka) – Factor Presente para la Planta	$K_a = 1,34 * FAS$ $K_a = FAS + 0,1$ $K_a = 0,5 * FAS + 0,5$ $K_a = 0,75 * FAS + 0,15$ Este resultado se promedia.
Coeficiente de Corrección Climático (Kb) - Factor Presente para la Planta	El coeficiente climático (Kb) se encuentra determinado en el siguiente rango, donde siempre se decide por el de mayor límite: $1,15 \leq K_b \leq 1,2$
Coeficiente de Corrección por Advección (Kc) - Factor Presente para la Planta	El coeficiente de advección (Kc) es igual a la unidad, puesto que su alto consumo produce estrés importante y un microclima con una condición extrema, con altos requerimientos de agua.
Fracción de Lavado (FL)	$FL = \frac{A}{NNr'}$ $FL = \frac{CE}{2CE_{\text{saturado máximo}}}$ Donde NNr' son las necesidades netas del riego corregidas por necesidad de agua y CE corresponde a la conductividad eléctrica del agua de riego.
Eficiencia de Pérdidas por Percolación (E)	$E = \frac{\text{Agua Aprovechada Planta}}{\text{Agua Total Aplicada}}$
Coeficiente de Uniformidad (Cu)	$Cu = \left[1 - \frac{1,27Cv}{ne} \right] * \frac{q_{\min}}{\bar{q}}$ Dónde $q_{\min}$ es el caudal mínimo de un emisor y q (gorro) es el caudal medio de todos los emisores.
Diámetro del bulbo Húmedo (Dm) - Factor Presente para el suelo	Para suelos arenosos con textura gruesa: $Dm = 0,30 + 0,12q$

Parámetro	Descripción
	Para suelos medios con textura franca: $Dm = 0,7 + 0,11q$ Para suelos finos con textura arcillosa: $Dm = 1,2 + 0,1q$ Siendo q el caudal.
Números de emisores (ne)	$ne \geq \frac{\% \text{ suelo húmedo}}{100} * \frac{Spt}{Sme}$ Donde Spt es la superficie por planta y Sme es la superficie mojada por emisor.
Superficie mojada por emisor (Sme)	$Sme = \frac{\pi Dm^4}{4}$
Porcentaje de suelo húmedo (Ph)	$Ph = \frac{\text{Superficie mojada planta}}{\text{Superficie que ocupa la planta}} \times 100$
Solape de los Bulbos (Se) - Factor Presente para el suelo	$Se = rm \left(2 - \frac{sp}{100} \right)$ Rm es el radio medio del bulbo húmedo.
Intervalo de Riego (I)	$I = \frac{ne * q * Tr}{NNr'}$
Dosis de riego (D)	$D = NNr' * I$ $D = ne * q * Tr$
Tiempo de riego (Tr)	$Tr = \frac{NNr' * I}{ne * q}$
Caudal para el Total de la Parcela (Qn)	$Qn = \frac{ne * q * S}{Sp} = \frac{NNr' * S}{Tr}$ S es la superficie disponible de la parcela.
Número de Sectores (ns)	$N \text{ sectores} = \frac{Qn}{Qa}$ Qa es el caudal afluente.
Jornada Efectiva de Riego (JER)	$JER = Tr * N \text{ sectores}$
Caudal Instantáneo (Qi)	$Qi = \frac{\text{No. Plantas}}{\text{Sectores}} * ne * q$
Caudal Punta (Qp)	$Qp = \frac{Qi}{3600 * S}$

Parámetro	Descripción
Caudal Continuo (Qc).	$Qc = Qpunta * \frac{JER}{24}$

Nota: Tomado por los Autores (2023) de curso intensivo MOOC del Sistema de Riego Agronómico de Alta Frecuencia.

Considerando esto, entonces se procede a la aplicación de las fórmulas antes presentadas, los resultados se ven presentados en la siguiente tabla, además, se adjuntan otras consideraciones tomadas en cuenta por los diseñadores, con el objeto de dar claridad su procedencia.

Tabla 49.

Cálculos Preliminares para Alta Frecuencia de Riego

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidades
Superficie	S	167000	m ²
Distancia entre Plantas	Dp	9	m
Distancia entre Hileras	Dh	7,8	m
Evapotranspiración Potencial	ETo	4,07585723	mm/día
Coefficiente del Cultivo	Kc	1,2	mm/mm
Evapotranspiración del Cultivo	ETc	4,89102868	mm/día
Diámetro de Copa	Dc	6	m
Fracción del Área Sombreada	FAS	40,28%	%
Coeficiente de Corrección por Sombra	Ka_1	0,54	-
	Ka_2	0,50	-
	Ka_3	0,70	-
	Ka_4	0,49	-
	Ka	0,56	-
Coeficiente de Corrección por Clima	Kb	1,2	-
Coeficiente de Corrección por Advección	Kc	1	-
Necesidades Netas de Riego	NNr	3,281	mm/día
Conductividad del Agua de Aducción	CE	1	μS/cm
Conductividad del Agua de Riego	CE	8	μS/cm
Factor de Lavado	FL	0,0625	%
Eficiencia del Riego	E	95%	%
Coeficiente de Uniformidad	Cu	0,9	-
Necesidades Netas de Riego por Cu	NNr'Cu	3,46350735	mm/día
Necesidades Netas de Riego por FL	NNr'FL	3,49996532	mm/día
Caudal para Cada Planta en Litros por hora	q	17,55	L/h

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidades
Diámetro Medio del Bulbo Mojado	Dm	2,955	m
Superficie Mojada del emisor	Sme	2,76	m ²
Porcentaje del Suelo Húmedo	Ph	25%	%
Número de emisores	ne	8	emisores/planta
Solape (10%)	Se (10%)	2,80725	m
Solape (80%)	Se (50%)	2,21625	m
Posible Separación (m) - Solape (10%)	Sp (10%)	0,2955	m
Posible Separación (m) - Solape (80%)	Sp (80%)	1,4775	m
Tiempo de Riego (I) - 0,5 días	Tr (0,5 días)	0,29914234	h
Tiempo de Riego (I) - 1,5 días	Tr (1,5 días)	0,89742701	h
Tiempo de Riego (I) - 2 días	Tr (2,0 días)	1,19656934	h
Caudal por Parcela	Qn	75700	L/h
No. De Sectores	Nº Sectores	8	Sectores
Jornada Efectiva de Riego	JER	15,44	h/día-sector
Caudal Instantáneo	Qi	9462,5	L/h
Caudal Punta	Qp	0,5257	L/s-Ha
Caudal Continuo	Qc	0,3382	L/s-Ha (en 24 hr)

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Habiendo definido estas variables, entonces se procede a realizar el diseño hidráulico. En donde se presentará la distribución por el número de sectores.

6.2.3. Diseño Hidráulico

Para el diseño hidráulico se tendrá en cuenta que se debe garantizar el flujo homogéneo en cada parcela. Para proceder a esto se deben definir la distribución de las tuberías con sus emisores primarios y secundarios, así mismo, establecer los nodos y los tramos en el plano, las presiones de servicio para el tipo de propósito y material de tubería, así como la hipótesis de distribución del flujo.

Considerando esto, entonces, en la siguiente figura se tiene el siguiente diseño de la distribución de los sectores.

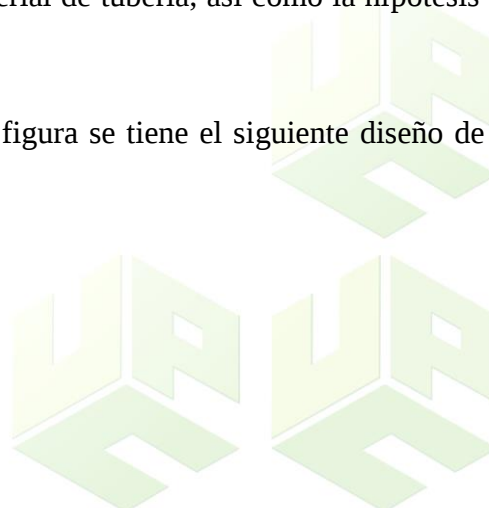
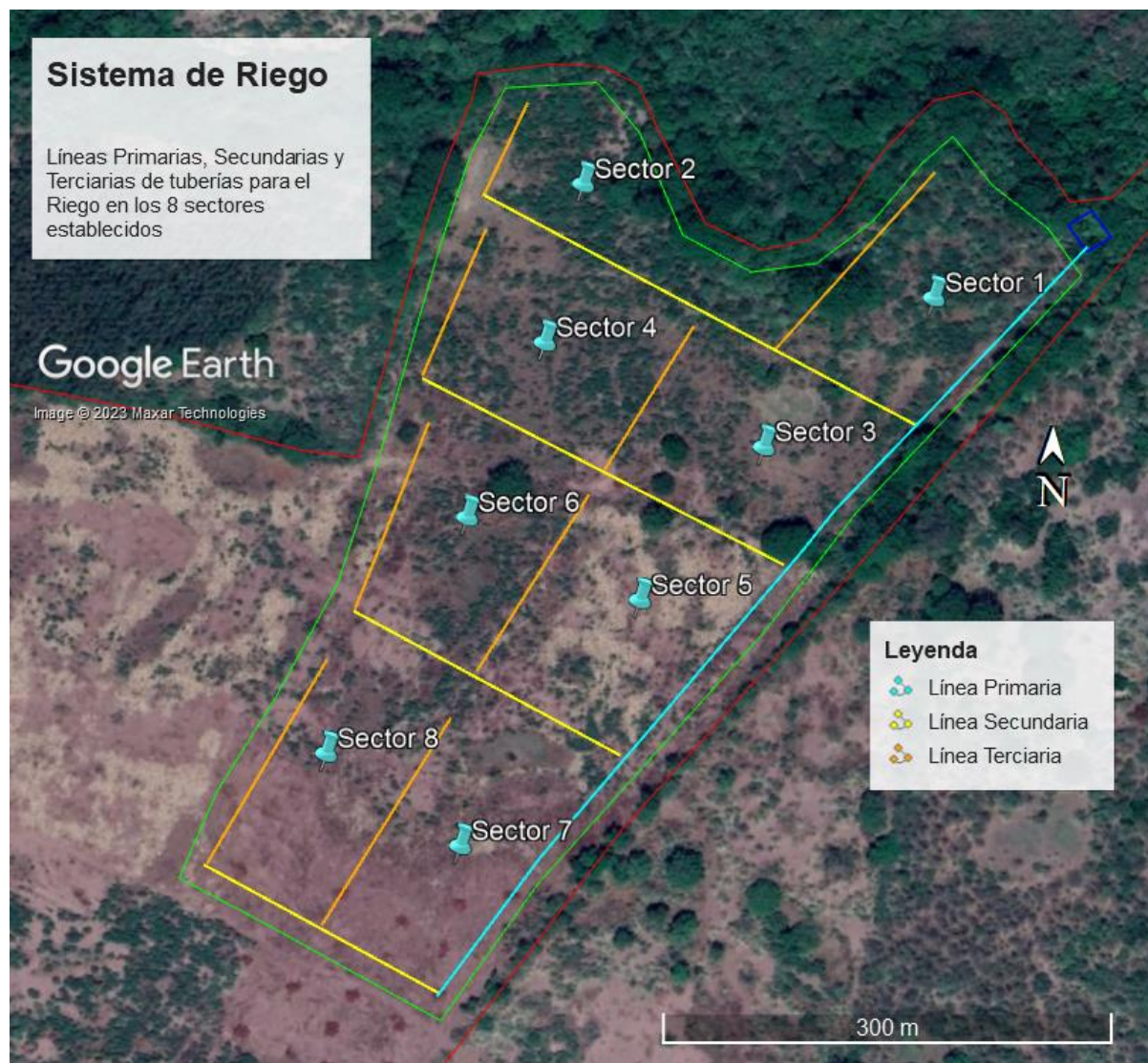


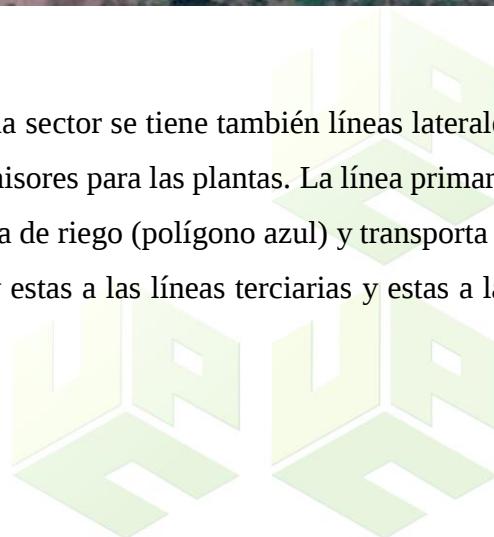
Figura 20.

Sectorización del Área de Siembra de la Finca Bella Luz



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

En complemento a la figura anterior, para cada sector se tiene también líneas laterales o cuaternarias, las cuales llegan directamente a los emisores para las plantas. La línea primaria es la más importante, puesto que parte desde la cabeza de riego (polígono azul) y transporta el agua que se debe distribuir a las líneas secundarias y estas a las líneas terciarias y estas a las laterales.



Garantizar la presión de servicio en la línea terciaria permite las laterales. En la siguiente figura se presenta una caracterización más amplia de lo que integra la hidráulica del riego:

Figura 21.

Definición de los nodos y de las Áreas de Distribución



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Como se observa, sobre la imagen se define el momento de la distribución con sentido horario positivo, además, se establecen los nodos de trabajo.

Por otra parte, se tiene como parámetros de entrada un caudal de 2,6284 litros por segundo, que para los 8 sectores se multiplica a 21,0272 litros por segundo. Además, se maneja una presión de servicio de 10 metros columna agua (MCA).

Para el riego la cota clave será igual a la cota rasante, por lo tanto, no hay profundidad mínima para la tubería, la cual será en Polietileno por su capacidad para resistir la irradiación solar. El primer paso es determinar las longitudes de la red. La siguiente tabla lo presenta:

Tabla 50.

Longitudes de los Tramos y su influencia por sector de trazado

Sector	Tramo	Longitud (m)
1	1 - 4	163,52
	4 - 5	105,86
	5 - 2	156,07
2	5 - 6	218,99
	6 - 3	67,2
3	4 - 7	123,79
	7 - 8	136,18
	8 - 4	111,68
4	8 - 9	136,62
	9 - 6	106,23
5	7 - 10	167,68
	10 - 11	112,64
	11 - 6	139,68
6	11 - 12	92,29
	12 - 9	133,35
7	10 - 13	201,12
	13 - 14	88,67
	14 - 11	163,03
8	14 - 15	88,68
	15 - 12	155,65

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Se hace un cálculo sencillo de las líneas o tramos primarios, secundarios y terciarios, teniendo longitudes de 656,11 metros para primarios, 979,93 metros para secundarios y 1032,89 metros para terciarios. En total, la red tiene una extensión de 2668,93 metros.

Posteriormente, se determinan los caudales por tramos, al dividir el Caudal respecto a estas longitudes, seguidamente a esto, se establecen las hipótesis de distribución y se procede a determinar el diámetro de las tuberías, considerando además un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de $C = 150$. La siguiente tabla presenta los resultados:

Tabla 51.

Cálculo del Diámetro Convencional de las Tuberías para Riego

Sector	Tramo	Qt (L/s)	Hipótesis de Distribución	Qt (L/s)	Q (m ³ /s)	J (m)	D (m)	D (pulg)	Dc (pulg)
1	1 - 4	1,2883299	100% del Q	21,027778	0,0210278	0,0183464	0,1266176	4,9849462	6
	4 - 5	0,8340423	25% del Q	5,2569444	0,0052569	0,0094464	0,0856574	3,37234	4
	5 - 2	1,2296333	50% del Q(4-5)	2,6284722	0,0026285	0,0192221	0,0568795	2,2393509	4
2	5 - 6	1,725363	50% del Q(4-5)	2,6284722	0,0026285	0,0091328	0,0662698	2,6090465	4
	6 - 3	0,5294506	Igual al Q(5-6)	2,6284722	0,0026285	0,0446429	0,0478429	1,8835801	4
3	4 - 7	0,9753079	75% del Q	15,770833	0,0157708	0,0242346	0,1071935	4,2202161	6
	7 - 8	1,0729254	33,33% del Q(4-7)	5,2569444	0,0052569	0,0293729	0,0678589	2,6716098	4
	8 - 4	0,8798965	50% del Q(7-8)	2,6284722	0,0026285	0,0089542	0,0665392	2,6196527	4
4	8 - 9	1,076392	50% del Q(7-8)	2,6284722	0,0026285	0,0365979	0,0498352	1,9620168	4
	9 - 6	0,8369574	Igual al Q(7-8)	2,6284722	0,0026285	0,0470677	0,0473262	1,8632351	4
5	7 - 10	1,3211054	66,66% del Q(4-7)	10,513889	0,0105139	0,0178912	0,0977855	3,8498211	4
	10 - 11	0,8874601	50% del Q(7-10)	5,2569444	0,0052569	0,0443892	0,0623428	2,4544392	4
	11 - 6	1,1005009	50% del Q(10-11)	2,6284722	0,0026285	0,0286369	0,0524094	2,0633638	4
6	11 - 12	0,727128	50% del Q(10-11)	2,6284722	0,0026285	0,0108354	0,0639842	2,5190611	4
	12 - 9	1,0506286	Igual al Q(11-12)	2,6284722	0,0026285	0,0149981	0,0598525	2,3563987	4
7	10 - 13	1,5845701	50% del Q(7-10)	5,2569444	0,0052569	0,0099443	0,0847588	3,3369622	4
	13 - 14	0,698607	Igual al Q(10-13)	5,2569444	0,0052569	0,0225555	0,0716401	2,8204749	4
	14 - 11	1,2844693	50% del Q(13-14)	2,6284722	0,0026285	0,0306692	0,0516768	2,0345199	4
8	14 - 15	0,6986857	50% del Q(13-14)	2,6284722	0,0026285	0,022553	0,0550435	2,1670664	4
	15 - 12	1,2263243	Igual al Q(14-15)	2,6284722	0,0026285	0,0128493	0,0617833	2,432414	4

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

6.3. FORMULACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA SIEMBRA DE LA ESPECIE ELAEIS GUINEENSIS EN LA FINCA BELLA LUZ EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO – CESAR

6.3.1. Estrategias Preventivas

Conforme a las recomendaciones del Instituto Colombiano de Agricultura – ICA, se establecen las siguientes estrategias preventivas:

- Planeación del cultivo, instalaciones, equipos, utensilios y herramientas

Tabla 52.

Estrategia Preventiva: Planeación del Cultivo, Instalaciones, Equipos, Utensilios y Herramientas

Estrategia	:	Planeación del cultivo, instalaciones, equipos, utensilios y herramientas.
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

Para implementar esta estrategia es importante considerar la planificación de cultivos para determinar las condiciones agroecológicas y así establecer una producción sostenible, además de identificar las áreas o instalaciones que facilitarán la implementación de las BPA de acuerdo a la normatividad vigente del ICA, y por último, los elementos y las herramientas deben permanecer en condiciones higiénicas adecuadas, y deben almacenarse en un lugar adecuado para evitar contaminación y garantizar la seguridad de los productos fabricados. Es necesario cumplir con lo dicho anteriormente para lograr una agricultura más productiva y sostenible para que así se pueda cumplir con el segundo objetivo de desarrollo sostenible que es llegar al hambre cero.

Objetivo	Metas
Realizar trámite de legalización del proyecto de siembra ante planeación municipal de Agustín Codazzi	100%
Realiza zonificación y cartografía de los elementos que integran el paisaje agrícola de la finca Bella Luz	100%
Realiza la evaluación de los riesgos laborales y ambientales por el desarrollo del proyecto de siembra de la Finca Bella Luz	100%

Recomendaciones

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro

Estrategia	:	Planeación del cultivo, instalaciones, equipos, utensilios y herramientas.
-------------------	---	--

de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Manejo de agua y manejo del cultivo

Tabla 53.

Estrategia Preventiva: Manejo de agua y manejo del cultivo

Estrategia	:	Manejo de agua y manejo del cultivo
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

El agua es un recurso escaso y de origen natural, por lo que su uso al interior de una unidad productiva debe ser eficiente y racional, lo que contribuye a la preservación del recurso hídrico, por lo que es necesario planificar el uso de esta agua, así mismo, la tierra debe gestionarse de manera sostenible para mantener y mejorar sus características naturales, utilizando métodos que aseguren que se mantenga la fertilidad, se reduzca la contaminación y se evite la erosión.

Objetivo	Metas
Realizar tramite de concesión de agua para riego	100%
Realizar análisis periódicos para la determinación microbiológica, química y física del agua para sistemas de riego.	100%
Realizar análisis para la conservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, para mejorar su estructura y fertilidad.	100%
Tener en cuenta de donde proviene las semillas, que sean centros de propagación públicos o privados, nacionales o internacionales certificados y acreditados.	100%
Realizar el plan de fertilización bajo la asesoría de un técnico profesional y responsable	100%
Realizar una ficha técnica de los productos utilizados para la fertilización	100%

Estrategia	:	Manejo de agua y manejo del cultivo
-------------------	---	-------------------------------------

Recomendaciones

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Protección del cultivo

Tabla 54.

Estrategia Preventiva: Protección del cultivo

Estrategia	:	Protección del cultivo
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

La protección de los cultivos parte desde el cuidado de las plántulas en el vivero, las protege de las fuertes lluvias, los choques térmicos y la humedad insuficiente o excesiva, se debe hacer la siembra y el trasplante al sitio definitivo en la época adecuada, además de la aplicación de fertilizantes en la cantidad y momento pertinente y construir un programa de control fitosanitario que promueva el manejo integrado de plagas fundamentado en los conceptos de prevención, observación e intervención.

Objetivo	Metas
Realizar monitoreos y evaluación para la detección y control de plagas	100%
Revisar que los productos cuenten con el registro de ICA	100%
Establecer planes de manejo de acuerdo con el tipo de plaga	100%

Recomendaciones

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el

Estrategia	:	Protección del cultivo
establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.		

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

6.3.2. Estrategias Correctivas

Conforme a las recomendaciones del Instituto Colombiano de Agricultura – ICA, se establecen las siguientes estrategias correctivas:

- Técnica Aplicada en Cosechas

Tabla 55.

Estrategia Correctiva: Técnicas Aplicadas en Cosechas

Estrategia	:	Técnica Aplicada en Cosechas
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

La cosecha es el proceso que inicia desde el momento del corte de racimos hasta su transporte a la extractora de aceite e incluye varios procedimientos destinados a mantener las características esenciales de calidad e inocuidad de la fruta.

Objetivo	Metas
Planificar la operación teniendo en cuenta la mano de obra, materiales y equipos, transportes y puntos de acopio	100%
Mantener un plan de limpieza y desinfección de las instalaciones y herramientas utilizadas para cosecha	100%
Contar con un personal que mantenga un excelente estado de salud y una buena higiene personal	100%
Adecuar sitios de recolección	100%

Recomendaciones

Estrategia	:	Técnica Aplicada en Cosechas
-------------------	---	------------------------------

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Salud, seguridad y bienestar del trabajador

Tabla 56.

Estrategia Correctiva: Salud, seguridad y bienestar del trabajador

Estrategia	:	Salud, seguridad y bienestar del trabajador
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

Se debe contar con un plan de seguridad y salud en el trabajo que considere los riesgos laborales asociados a la actividad, como enfermedades provocadas por agentes químicos, biológicos, físicos, entre otros.

Objetivo	Metas
Capacitar a los trabajadores en temáticas asociadas con la seguridad laboral	100%
Diseñar y divulgar los procedimientos de emergencias	100%
Poseer botiquines de primeros auxilios completos y accesibles en todas las zonas de trabajo	100%
Establecer, documentar e implementar un procedimiento para atención en caso de emergencias y accidentes	100%

Recomendaciones

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las

Estrategia	:	Salud, seguridad y bienestar del trabajador
especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.		

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

- Protección ambiental

Tabla 57.

Estrategia Correctiva: Protección Ambiental

Estrategia	:	Protección ambiental
Responsable	:	Administrador Finca Bella Luz

Descripción

Cumplir con las normas establecidas en la legislación ambiental vigente para prevenir, reducir y minimizar los posibles impactos negativos en el medio ambiente causados por las actividades agrícolas y recibir asesoramiento de personal competente.

Objetivo	Metas
Evitar la contaminación del agua, por escorrentía, filtración en el suelo o arrastre hacia cuerpos de agua superficial o subterráneos	100%
Realizar un plan de manejo y de disposición de desechos de conformidad a la normatividad ambiental vigente	100%
Aplicar medidas preventivas, de control y mitigación de impactos ambientales negativos	100%

Recomendaciones

Es necesario que la actividad se lleve a cabo con todos los lineamientos planteados en el presente proyecto y además se acoja al punto de vista de los profesionales de la materia en estudio y las ordenanzas de la ley colombiana, debido a que Colombia, como país miembro de la OCDE debe garantizar que todo acto político, económico y social aminore el impacto ambiental comprometido con el uso sostenible de los recursos naturales y la protección, conservación y restauración de las condiciones de los ecosistemas. Por lo cual, el establecimiento de toda actividad encaminada a cambios abruptos debe acogerse a las especificaciones que indique el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme a la entidad ICA y también lo indicado por MINAMBIENTE.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.



7. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto parte del análisis hidrológico, puesto que se piensa que la mejor fuente para el sostenimiento de los cultivos es mediante la descarga superficial de agua, por lo tanto, se llevó a cabo la solicitud de información ante el IDEAM, sin embargo, las estaciones no contaban con información preliminar como registros de temperatura, sin embargo, sí se contó con 31 años de precipitaciones. Otros datos necesarios fueron obtenidos de forma secundaria.

Se realizaron con éxito los procedimientos de tratamiento de los datos al detectar datos inconsistentes y completamiento de los datos, empleando de manera ordenada el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), luego del método del Servicio Nacional Climatológico de los Estados Unidos (NWS, por sus siglas en inglés) y finalmente el método Q de proporciones, obteniendo los datos completos, lo que permitió construir el modelo intensidad-duración-frecuencia y así proceder a crear el Modelo Lutz-Scholz para estimar los caudales mínimos necesarios para el establecimiento del riego, lo que permitió llevar a cabalidad la primera fase de esta investigación.

Seguidamente se realizó la identificación del terreno, definiendo los límites del predio Bella Luz y el área de siembra, para entonces proceder con el diseño agronómico, que conforme a lo establecido por el MOOC se considera adecuado para climas tropicales con riego de alta frecuencia por aspersor, lo que permitió definir 8 sectores para un área de 167000 metros cuadrados (16,7 hectáreas). Considerando que el caudal afluente fuese de 17,55 litros por hora. Con ello se continuó al diseño hidráulico, que tomó como base la metodología de mallas de Hardy Cross. Considerando cuatro áreas útiles de riego, por ende, se procedió a definir el momento de riego en forma horaria positiva, con presión de servicio de 10 MCA, una longitud de tuberías de PE de 2669 metros y un coeficiente de Hazen-Williams de $C = 150$.

Con ello, se procedió a hacer la hipótesis de riego para los 15 nodos, distribuyendo efectivamente caudales de riego por sectores de 1,22 litros por segundo, lo que indicó que el aumento de caudal de entrada fuese de 2,15 veces. Además, se determinaron los diámetros de las tuberías que de manera convencional presentan 4 y 6 pulgadas de diámetro convencional

De esta etapa se puede concluir que, siendo el caudal requerido 2,15 veces mayor al requerido, entonces, el diseño debe soportarse con otro medio que ayude a regularlo, como algún otro flujo superficial o, por lo contrario, sustentarse de un riego subsuperficial y subterráneo, lo que permite concluir que la fuente superficial no está en la capacidad de abastecer las necesidades netas del riego.

Finalmente, conforme a las recomendaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) se procedió a establecer como estrategias preventivas mejorar condiciones en torno a la planeación del cultivo, instalaciones, equipos, utensilios y herramientas; manejo de agua y manejo del cultivo y protección del cultivo. Así mismo, las estrategias correctivas para mejorar las condiciones en la siembra son: Técnicas Aplicadas en Cosechas, Salud, seguridad y bienestar del trabajador y Protección Ambiental. Por lo tanto, se consigue completar la formulación de las estrategias, lo que da cumplimiento a la tercera etapa.



8. RECOMENDACIONES

Considerando lo desarrollado en el proyecto se procede a realizar las siguientes recomendaciones, aptas, para mejorar continuamente al proyecto de riego de alta frecuencia y también para futuras investigaciones:

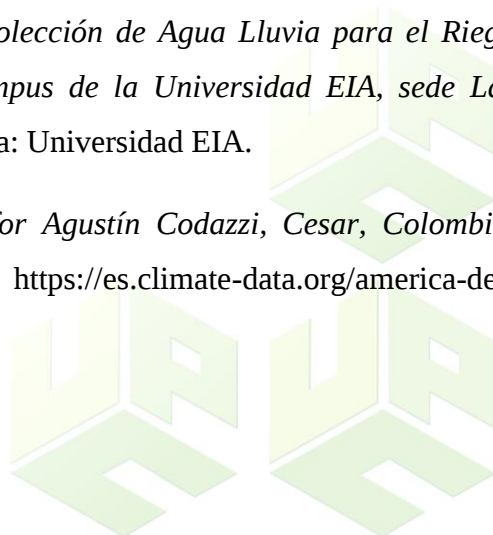
- Realizar un análisis estadístico más complejo, empleando la sustitución de los métodos de detección de inconsistencias y datos atípicos con estadísticos robustos que ayuden a mejorar la distribución de la normalidad, reduzcan la varianza de los datos y mejoren la comparación de medias y desviaciones estándar.
- Que para el análisis morfométrico se tenga en cuenta modelos digitales de elevación de menor resolución, puesto que el tamaño del pixel seleccionado es de 30 metros y existen imágenes de 12,5 metros. Además, también este trabajo se puede emular con aerofotos, obteniendo resultados más precisos para el manejo y tratamiento de los datos en la predicción de la dirección del flujo, acumulación y distribución de la red hídrica.
- Conforme a la mejora de la resolución de la imagen también se tendría mayor precisión en el ancho de los canales naturales, además, se pueda observar la variabilidad hídrica y la disponibilidad de esta, haciendo iteraciones que puedan ayudar a alimentar el modelo de estimación de caudales y el modelo de intensidad-duración-frecuencia IDF de las precipitaciones a periodos de retorno avanzados.
- Conforme a las recomendaciones del MOOC y del ICA, además, de los lineamientos de agricultura sostenible del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el diseño agronómico fue planteado desde el riego de alta frecuencia para difusores estáticos, sin embargo, para mejorar la eficiencia en el uso del agua se puede tratar de variar el diseño empleando aspersores, microgoteo o infiltración por manguera, lo que variaría, de manera importante la eficiencia de riego y además su hidráulica.
- De la misma forma, la posible variación de los métodos hidrológicos y de diseño agronómico podrían cambiar las condiciones hidráulicas en el riego, para este caso en particular se consideró el método de Mallas de Hardy-Cross, sin embargo, es posible emplear el Método de Longitudes de Mallas, que también es eficiente.

- Si se variase las condiciones hidrológicas entonces los caudales cambiarían y por ende, la hipótesis de riego estaría expuesta a cambios, lo que implicaría a la redistribución de la misma, así también, el sentido opuesto al horario puede ser favorable en términos de ahorrar y tener un uso sostenible, es algo que debería ponerse a prueba.
- La variación del diseño agronómico puede afectar la relación de la distribución de los conductos de agua de riego, así como la distribución de los nodos en su posible aumento o reducción, lo que significaría cambios en los patrones de riego y también, dependiendo de manera importante, para satisfacer las Necesidades Netas de Riego.
- Por otra parte, los cambios en las condiciones terminarían por replantear las estrategias, sin embargo, desde las conceptualizaciones teóricas del ICA se mantendrían similares. Pero la idealización correctiva, mucho más que las preventivas, serían las que más causas y singularidades presentarían en la alteración.
- Considerando lo expuesto en este proyecto, se pide a los lectores comuniquen los resultados y permitan replicar la experiencia en otras situaciones con otro tipo de cultivo y concesiones de cultivos. Así, se puedan desarrollar e implicar otros usos de la sostenibilidad y el medio ambiente para mejorar el uso del componente agua y también considerando estudios en la calidad del suelo y de los otros componentes vegetales.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de San Diego. (2016). *REVISIÓN Y AJUSTE GENERAL DEL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE SAN DIEGO*. San Diego: Gobierno Municipal de San Diego.
- Allen, R., & al., e. (2006). *Evapotranspiración del Cultivo*. Roma, Italia: FAO.
- Bencardino M., C. (2012). *Estadística y muestreo (13 edición)*. Bogotá D.C.: ECOE Ediciones.
- Canchari, E. (2014). *Guías de Clase de Asignatura Hidrología Computacional: Delimitación de Cuencas Hidrográficas y sus Propiedades Morfométricas*. Ayacucho, Ecuador: UNSCH.
- CARDIQUE. (2018). *Corporación Autónoma Regional del Canal de Dique*. Obtenido de Glosario Ambiental Corporación Autónoma Regional del Canal de Dique: <https://cardique.gov.co/contacto/glosario/>
- Cortes, V., & Vargas, M. (2020). *Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Automatizado y Monitoreo de Variables Ambientales mediante IOT en los Cultivos Urbanos de la Fundación Mujeres Empresariales Marie Poussepin*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. Catamarca, Argentina: INTA.
- Duque, C., & Espinosa, D. (2021). *Sistema de Recolección de Agua Lluvia para el Riego Automatizado de las Zonas Verdes del Campus de la Universidad EIA, sede Las Palmas*. Envigado, Valle de Aburrá, Antioquia: Universidad EIA.
- ECMWF. (02 de Enero de 2022). *Climate Data for Agustín Codazzi, Cesar, Colombia*. Obtenido de Climate Date Organization: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/cesar/agustin-codazzi-50149/>



- Erazo, L. (2015). *Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Espinosa, B., Flores, H., Ascencio, R., & Carrillo, G. (2016). Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement: análisis técnico y económico. *Terra Latinoamericana*, 431-440.
- Faci, J., & Playan, E. (1994). *Principios Básicos del Riego por Superficie*. Zaragoza, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- FAO. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2014). *Agricultura Sostenible. Organización de las Naciones Unidas para La Alimentación y la Agricultura*.
- FAO. (2015). *Agricultura Sostenible*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 147-159.
- Fernández G., F. J. (s.f.). Diseño Agronómico. En U. d. Almería, *Diseño de un parque periurbano "Las Salinas"* (págs. 1-30). Almería, España: Universidad de Almería.
- Fernández, L., & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información Tecnológica*, 121-130.
- Fundación Aquae. (s.f.). *¿Cuál será la situación del agua en 2050?* Recuperado el 15 de Septiembre de 2022, de Sitio Oficial Fundación Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/el-agua-en-2050/>

- Gobierno de Mendoza. (s.f.). *Uso del agua en agricultura. Sistemas de riego*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022, de Usos y calidad del agua, la eficiencia que mantiene los oasis mendocinos: https://aquabook.irrigacion.gov.ar/296_0
- Gómez, J. (2008). Economía social y atención a la dependencia: efectos económicos y repercusiones sobre el empleo. *Ciencias del Trabajo*, 227-251.
- Hernández S., R., & Mendoza T., C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.
- Holdridge, L. (1982). *Ecología Basas en Zonas de Vida*. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Hsiao, T. C., Heng, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., & Raes, D. (2007). Deficit irrigation: concepts and practices. *Agricultural Water Management*, 267-280.
- IDEAM. (01 de Enero de 2023). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- INTA. (2013). *Capacitación técnica: Riego por goteo en Olivo*. San Juan, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, S. (20 de agosto de 2015). *Etapas para el diseño e instalación de los sistemas de riego*. Recuperado el 11 de septiembre de 2022, de Hidráulica Fácil: <https://www.hidraulicafacil.com/2015/08/DisenoRiego.html>
- Katz, M., & GREENPEACE. (13 de Mayo de 2021). *Los Retos de la Agricultura Colombiana frente al Cambio Climático*. Obtenido de Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina: <https://cods.uniandes.edu.co/los-retos-de-la-agricultura-colombiana-frente-al-cambio->

climatico/#:~:text=Ganader%C3%ADa%20extensiva%2C%20cultivos%20improductivos%2C%20deforestaci%C3%B3n,sobre%20agricultura%20y%20cambio%20clim%C3%A1tico.

Maestre-Valero, J. F., Llorens, J., & Ruiz-Canales, A. (2016). Drip irrigation scheduling in a citrus orchard using the Tensiometer Irrigation Management (TIM) system. *Agricultural Water Management*, 20-29.

MINAMBIENTE. (s.f.). *Normativa*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/normativa/>

Parra V., M., Inzunza, F., Solano, C., Guadarrama Z., C., & Zizumbo, D. (1986). El Proceso de Producción Agrícola. *Boletín E.C.A.U.D.Y.*, 3-14.

Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, 39-51.

Rueda Jojoa, M. d. (2017). *Diseñar un Sistema de Riego por goteo bajo invernadero, para el Cultivo de Tomate de mesa Municipio de Puerres Departamento de Nariño*. Pasto, Nariño, Colombia: Universidad Abierta y a Distancia.

Rueda, M. M., Hernandez, R. J., & Romero, L. A. (2015). Selección de plantas para la rehabilitación de áreas degradadas por minería en el trópico seco de México. *Terra Latinoamericana*, 341-354.

Sánchez, J. C. (2020). *Riego en el cultivo de palma de aceite: consideraciones técnicas para alcanzar el potencial productivo*. GREPALMA. Obtenido de https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2020/08/BOLETIN-16_ANO-5_-AGOSTO-2020-VF.pdf

UN. (s.f.). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

UNICESAR. (2021). *Por Medio Del Cual Se Adoptan Las Líneas De Investigación De Los Programas De Pregrado De La Facultad De Ingeniería Y Tecnológicas Sede*

Valledupar, Y Se Dictan Otras Disposiciones. Valledupar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.

UNIPAMPLONA. (03 de Febrero de 2015). *por el cual se adopta la Política Ambiental de la Universidad de Pamplona.* Obtenido de Universidad de Pamplona: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_9/recursos/2018/documentos/05022018/acuerdo_004_2015.pdf

Ven Te Chow. (1994). *Hidrología Aplicada.* Bogotá D.C.: McGraw Hills.

Viafara, C., Sánchez, L., & Echeverri, A. (2021). Valoración de la sostenibilidad del sistema de riego localizado de alta frecuencia del minidistrito de riego ASOLABELLA, Municipio de Pereira. *Revista EIA*, 2-17.



ANEXOS

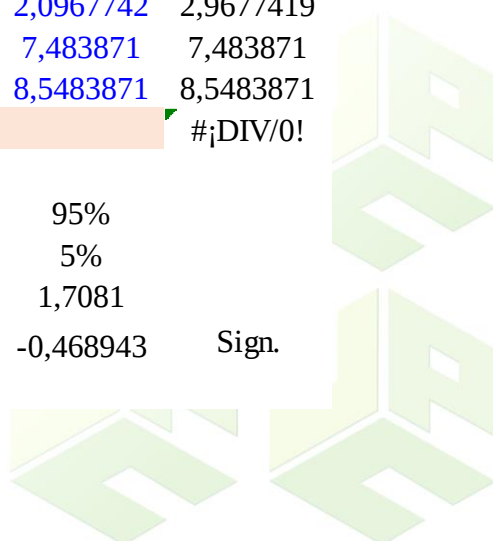
ANEXO 1. ESTIMACIÓN POR MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS

Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito	Promedio
Año	Marzo	Marzo	Marzo	
1990	0	9	1,5483871	9
1991	1,6129032	0,7096774	1,2903226	0,7096774
1992	0,8064516	1,6129032	0,3870968	1,6129032
1993	3,516129	4,2580645	0,9677419	4,2580645
1994	1,3225806	0,8387097	1,4516129	0,8387097
1995		1,6774194	0,483871	1,6774194
1996	3,8064516	2,7096774	2,5806452	2,7096774
1997	2,0967742	1,9032258	0	1,9032258
1998	7,8387097	5,7419355	0,8387097	5,7419355
1999	1	3,1612903	1,7741935	3,1612903
2000	0,3548387	1	1,3225806	1
2001	2,3870968	4,4516129	2,7741935	4,4516129
2002	0,3225806	0	0,0967742	0
2003	3,0967742	1,2258065	2,3225806	1,2258065
2004	0,6451613	0,7419355	0,483871	0,7419355
2005	1,1612903	0,8387097	0,483871	0,8387097
2006	2,0967742		0,7096774	#¡DIV/0!
2007	5,2580645	0	2,1290323	0
2008	5,3548387	3,8387097	1,3870968	3,8387097
2009	7,2258065	4,8709677	3,4516129	4,8709677
2010	9,1935484	2,5806452		2,5806452
2011	2,6451613	2,2258065	1,6451613	2,2258065
2012	0,0322581	2,0645161	1,2258065	2,0645161
2013	4,8387097		0	#¡DIV/0!
2014	5,2580645	0,6451613	1,4516129	0,6451613
2015	0,8064516	0,7741935	4,1935484	0,7741935
2016	0,1612903	0	0,0967742	0
2017	3,516129	2,2580645	0,3225806	2,2580645
2018	0,3548387	1,6774194	2,1935484	1,6774194
2019	2,6774194		5,1612903	#¡DIV/0!
2020	0			#¡DIV/0!
a	1,7090208	IC	95%	
b	0,3157495	alpha	5%	
r	0,2944238	Tc	1,7081	
r ²	0,0866853	Tt	1,5403969	Sign.
n-2	25			

Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito	Promedio
Año	Mayo	Mayo	Mayo	
1990	5,6129032	2,3666667	4,7666667	3,5666667
1991	3,9354839	1,1666667	4,8333333	3
1992	5,4193548	1,8333333	2,7333333	2,2833333
1993	7,3870968	1,3666667	3,0333333	2,2
1994	9	0,9666667	1,5	1,2333333
1995	9,6774194	6,5	9	7,75
1996	7,1935484	8,0333333	11,333333	9,6833333
1997	2,9032258	2,4	3,6666667	3,0333333
1998	8,8709677	5,0333333	3	4,0166667
1999	2,516129	8,5333333	9,5666667	9,05
2000	4,483871	1,8333333	2,5	2,1666667
2001	7,3870968	3,1	0,9666667	2,0333333
2002	9,1935484	3	2,6333333	2,8166667
2003	6,5806452	2,4333333	2,2666667	2,35
2004	4,6774194	13,966667	0,9666667	7,4666667
2005	5,1612903	9,2666667	6,9	8,0833333
2006	9,6451613	0	2,7333333	1,3666667
2007	5,7741935	0	2,1333333	1,0666667
2008	8,8387097	0,9666667	1,8333333	1,4
2009	4,9032258	3,6666667	1,1333333	2,4
2010	10,483871	7,8666667	8,6	8,2333333
2011	8,0645161	4,6666667	0	2,3333333
2012	7,9354839	1,6	1,5666667	1,5833333
2013			1,9333333	1,9333333
2014	5,483871		0	0
2015	4,2258065	0,8333333	0,2666667	0,55
2016	4,4516129	2,7	2	2,35
2017	6,6774194	7,6666667	0,4333333	4,05
2018	7,5806452	1,4	2,2	1,8
2019	2,8387097		2,5	2,5
2020	3,3870968			#¡DIV/0!
a	6,7346864	IC	95%	
b	-0,0332686	alpha	5%	
r	-0,0412438	Tc	1,7033	
r ²	0,0017011	Tt	-0,2144916	Sign.
n-2	27			

Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito	Promedio
Año	Julio	Julio	Julio	
1990	2,4193548	27,290323	2,1612903	14,725806
1991	0,9677419	1,3548387	1,2903226	1,3225806
1992	3,0967742	2,3870968	1,7741935	2,0806452
1993	3,2580645	3,5806452	1,9354839	2,7580645
1994	1,3225806	1,4193548	13,387097	7,4032258
1995	8,7741935	6,5483871	0	3,2741935
1996	14,193548	6,5806452	4,6451613	5,6129032
1997	1,1290323	0,0645161	1,6129032	0,8387097
1998	8,2258065	2,4193548	4,2580645	3,3387097
1999	4,0322581	5,2258065	4,8387097	5,0322581
2000	3,5483871	1,9354839	4,0322581	2,983871
2001	2,7419355	2,8709677	1,3225806	2,0967742
2002	0,0322581	8,5806452	5,9677419	7,2741935
2003	6,2258065	2,7741935	3,0645161	2,9193548
2004	4,8709677	0	3,1935484	1,5967742
2005	2,6129032	2,8709677	1,8064516	2,3387097
2006	2,4193548	18,516129	5,7741935	12,145161
2007	2,0645161	4,2903226	4,8387097	4,5645161
2008		8,2258065	6,3548387	7,2903226
2009	4,0967742	5,2258065	6,3548387	5,7903226
2010	4,0645161	1,0967742	8,1612903	4,6290323
2011	8,6451613		6,7096774	6,7096774
2012	1,5806452	4,9354839	4,483871	4,7096774
2013	1,3548387	9,6129032	7,3548387	8,483871
2014	1,6774194		7,3870968	7,3870968
2015	0,9032258	1,4516129	0	0,7258065
2016	2,4516129	6,6774194	5,1290323	5,9032258
2017	4,483871	3,8387097	2,0967742	2,9677419
2018	2,6451613		7,483871	7,483871
2019	3,8709677		8,5483871	8,5483871
2020	7,7096774			#¡DIV/0!

a	4,0258864	IC	95%	
b	-0,0846305	alpha	5%	
r	-0,0933788	Tc	1,7081	
²	0,0087196	Tt	-0,468943	Sign.
n-2	25			

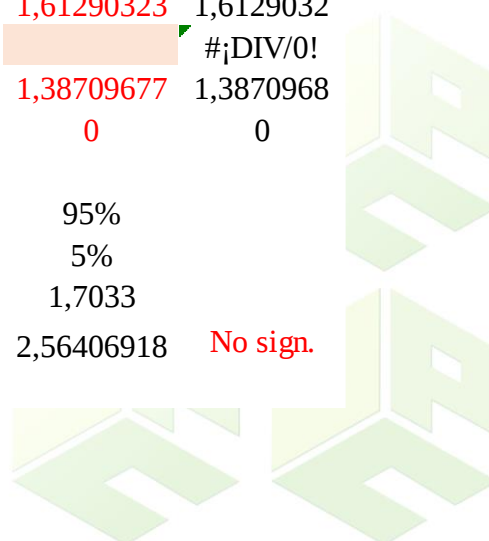


Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito	Promedio
Año	Octubre	Octubre	Octubre	
1990	8,483871	6,5483871		6,5483871
1991	5,0967742	21,580645	7,5483871	14,564516
1992	4,0645161	3,1612903	4,0322581	3,5967742
1993	4,6451613	5,0322581	3,2258065	4,1290323
1994	7,8709677	4,1290323	5,0322581	4,5806452
1995	8,483871	8,3870968	11,064516	9,7258065
1996	8,3870968	9,1612903	6,8709677	8,016129
1997	1,7741935	4,2580645	1,7741935	3,016129
1998	6,1935484	10,16129	5,7741935	7,9677419
1999	6,6129032	6	4,7419355	5,3709677
2000	9,1935484	4,6774194	0	2,3387097
2001	9,8387097	0	4,6451613	2,3225806
2002	3,6774194	8	10,806452	9,4032258
2003		8,0967742	9,0322581	8,5645161
2004	9,7096774	9,8709677	5,5806452	7,7258065
2005	8,9677419	8,5483871	4,6129032	6,5806452
2006	5,9354839	0	8,9032258	4,4516129
2007	13,741935	5,4516129	2,4193548	3,9354839
2008	4,0645161	3,9032258	4,8064516	4,3548387
2009	5,9032258	2,5806452	4,516129	3,5483871
2010	7,6129032	8,483871	9,5483871	9,016129
2011	15,935484		13,354839	13,354839
2012	16,096774	3,9677419	10,290323	7,1290323
2013	6,516129	2,9354839	5,7096774	4,3225806
2014	4		5	5
2015	6,0645161	3,2580645	6,3870968	4,8225806
2016	10,387097	11,83871	8,3870968	10,112903
2017	11,451613	10,774194	10,935484	10,854839
2018	7,9677419		4,5483871	4,5483871
2019	2,0645161		9,516129	9,516129
2020	10,451613		3,5806452	3,5806452
a	6,6783543	IC	95%	
b	0,1449091	alpha	5%	
r	0,1377892	Tc	1,7109	
r ²	0,0189859	Tt	0,6815271	Sign.
n-2	24			

Estaciones	Codazzi DC	Leticia	San Benito	Promedio
Año	Noviembre	Noviembre	Noviembre	
1990	11,4	4,2	7,4333333	5,8166667
1991	1,8333333	8,1333333	4,3333333	6,2333333
1992	7,7666667	7,2	5,5333333	6,3666667
1993		8,1	5,6666667	6,8833333
1994		7,8333333		7,8333333
1995	1,8	2,9	0	1,45
1996	8,4333333	3,4	3,6333333	3,5166667
1997	7,7666667	3,9333333	9,5	6,7166667
1998	3,7666667	4,3	5,2	4,75
1999	9,8666667	4,5	4,1666667	4,3333333
2000	8,9333333	11	0	5,5
2001	7,8333333	7,2333333	6,4666667	6,85
2002	0,6666667	0,1666667	5,9	3,0333333
2003	8,1666667	3,5	5,1666667	4,3333333
2004		1,7666667	4,3333333	3,05
2005	9,7	18,066667	7,9333333	13
2006	4,9666667	0	4,9	2,45
2007	0,3333333	0,3	0,8666667	0,5833333
2008	7,0333333	4,5	5,3	4,9
2009	3,1	4,3666667	4,7666667	4,5666667
2010	5,1333333	4,1	5,4666667	4,7833333
2011			9,9333333	9,9333333
2012	3,1333333		3,7	3,7
2013	5	2,1	4,8333333	3,4666667
2014	10,966667	5,2333333	8,8333333	7,0333333
2015	10,433333	6,1	3,2333333	4,6666667
2016	3,4	13,566667	15,266667	14,416667
2017	7,8	4,3666667	6,4	5,3833333
2018	2,3	2,1	5,2333333	3,6666667
2019	3,6333333		11,2	11,2
2020	6,4		2,9	2,9
a	4,2934219	IC	95%	
b	0,3548667	alpha	5%	
r	0,3187858	Tc	1,7056	
²	0,1016244	Tt	1,6476901	Sign.
n-2	24			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Enero	Enero	Enero	
1990	0	0	0	0
1991	0,64516129	0	0	0
1992	0	0	0,64516129	0,6451613
1993	0,80645161	1,03225806	0,32258065	0,3225806
1994	3,38709677	3,16129032	1,93548387	1,9354839
1995	1,29032258	0,38709677		#¡DIV/0!
1996	3,80645161	0,96774194	0,48387097	0,483871
1997	0,5483871	0,80645161	0	0
1998	0,58064516	0,5483871	0,29032258	0,2903226
1999	0,61290323	0,87096774	0	0
2000	0,35483871	1,77419355	0,64516129	0,6451613
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0	0	0	0
2004	1,41935484	0	0,29032258	0,2903226
2005	0,83870968	1,61290323	2,83870968	2,8387097
2006	0,16129032	1,51612903	0,03225806	0,0322581
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	2,38709677	1,74193548	0,74193548	0,7419355
2010	0	0,64516129	0	0
2011	0	0	0	0
2012	0	0	0	0
2013		0	0	0
2014	0	2,67741935	0	0
2015	0,67741935	1,12903226	0,80645161	0,8064516
2016	0,96774194	0,32258065	0,25806452	0,2580645
2017	0,19354839	0	1,61290323	1,6129032
2018	0,48387097	3,09677419		#¡DIV/0!
2019	1,80645161	1,51612903	1,38709677	1,3870968
2020		2,4516129	0	0

a	0,42084591	IC	95%	
b	0,63714429	alpha	5%	
r	0,44251223	Tc	1,7033	
r ²	0,19581708	Tt	2,56406918	No sign.
n-2	27			



Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Febrero	Febrero	Febrero	
1990	4,4285714	0	0	0
1991	1,3214286	1,4285714	0,8214286	1,4285714
1992	0	0	0,4285714	0
1993	1,0357143	2,6785714	0,3571429	2,6785714
1994	1,8571429	1,1071429	0,3571429	1,1071429
1995	1,2142857	1,9285714		1,9285714
1996	2,2142857	1	2,4285714	1
1997	0	0,3571429	0,1428571	0,3571429
1998	2,1785714	3,0357143	1,7857143	3,0357143
1999	4,0357143	4,1428571	1,25	4,1428571
2000	0,0714286	0	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0	0	0,0714286	0
2004	2,6428571	1,7142857	0,1071429	1,7142857
2005	1,2142857	3,1071429	0	3,1071429
2006	0,2857143	2,6785714	0	2,6785714
2007	0	0,0357143	1,0714286	0,0357143
2008	0,0357143	0,25	0	0,25
2009	0	0	0	0
2010	8,2142857	0,3571429	1,25	0,3571429
2011	0,9285714	2,3571429	1,9285714	2,3571429
2012	0,5	0	0	0
2013		1,8928571	0	1,8928571
2014	0,3571429	0	0	0
2015	2,2857143	1,9285714	0	1,9285714
2016	0,8214286	0,1785714	0,1071429	0,1785714
2017	0	2,3214286	0,3571429	2,3214286
2018	0	0	0	0
2019		0	1,4285714	0
2020		0		0
a	0,910889	IC	95%	
b	0,3429239	alpha	5%	
r	0,2332664	Tc	1,7033	
r ²	0,0544132	Tt	1,2464747	Sign.
n-2	27			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Marzo	Marzo	Marzo	
1990	9	0	1,5483871	1,5483871
1991	0,7096774	1,6129032	1,2903226	1,2903226
1992	1,6129032	0,8064516	0,3870968	0,3870968
1993	4,2580645	3,516129	0,9677419	0,9677419
1994	0,8387097	1,3225806	1,4516129	1,4516129
1995	1,6774194	0	0,483871	0,483871
1996	2,7096774	3,8064516	2,5806452	2,5806452
1997	1,9032258	2,0967742	0	0
1998	5,7419355	7,8387097	0,8387097	0,8387097
1999	3,1612903	1	1,7741935	1,7741935
2000	1	0,3548387	1,3225806	1,3225806
2001	4,4516129	2,3870968	2,7741935	2,7741935
2002	0	0,3225806	0,0967742	0,0967742
2003	1,2258065	3,0967742	2,3225806	2,3225806
2004	0,7419355	0,6451613	0,483871	0,483871
2005	0,8387097	1,1612903	0,483871	0,483871
2006		2,0967742	0,7096774	0,7096774
2007	0	5,2580645	2,1290323	2,1290323
2008	3,8387097	5,3548387	1,3870968	1,3870968
2009	4,8709677	7,2258065	3,4516129	3,4516129
2010	2,5806452	9,1935484		#¡DIV/0!
2011	2,2258065	2,6451613	1,6451613	1,6451613
2012	2,0645161	0,0322581	1,2258065	1,2258065
2013		4,8387097	0	0
2014	0,6451613	5,2580645	1,4516129	1,4516129
2015	0,7741935	0,8064516	4,1935484	4,1935484
2016	0	0,1612903	0,0967742	0,0967742
2017	2,2580645	3,516129	0,3225806	0,3225806
2018	1,6774194	0,3548387	2,1935484	2,1935484
2019		2,6774194	5,1612903	5,1612903
2020		0		#¡DIV/0!
a	1,704519	IC	95%	
b	0,3768861	alpha	5%	
r	0,1910773	Tc	1,7056	
r ²	0,0365105	Tt	0,9925952	Sign.
n-2	26			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Abril	Abril	Abril	
1990		7,6	4,7666667	4,7666667
1991	1,4333333	0,5	1,9	1,9
1992	3,4	2,1333333	3,7333333	3,7333333
1993	7,7333333	12,366667	6,8333333	6,8333333
1994	4,5666667	2,8	3,1666667	3,1666667
1995	3,3	4,3	4,3333333	4,3333333
1996	5,3333333	1,5666667	7,0333333	7,0333333
1997	2,7666667	4,3333333	4,6666667	4,6666667
1998	3,6333333	4,3333333	7,3333333	7,3333333
1999	7,7333333	6,0666667	7,9666667	7,9666667
2000	5,1	12,166667	2,7	2,7
2001	2,6666667	0	0,6	0,6
2002	8,3333333	8,9333333	2	2
2003	5,4333333	4,6	9,1	9,1
2004	6,5666667	4,1333333	7,2	7,2
2005	3,9666667	6,8333333	7,2	7,2
2006		5,6333333	3,9333333	3,9333333
2007	2,6	0,9333333	5,2666667	5,2666667
2008	4,3333333	2,7	0,9	0,9
2009	1,8333333	4,5666667	1,3	1,3
2010	3,3333333	5,0666667		#¡DIV/0!
2011	14,166667	8,0666667	5,9	5,9
2012	2,8333333	8,3333333	5,3	5,3
2013		3,6333333		#¡DIV/0!
2014	1,5	2,8666667	2,2666667	2,2666667
2015	3,5666667	1,9	1,1666667	1,1666667
2016	3,4	7,5666667	2,6333333	2,6333333
2017	2,8	5,4666667	4,5333333	4,5333333
2018	4,7666667	6,6333333	8,7666667	8,7666667
2019		2,7333333	4,6666667	4,6666667
2020		0,7		#¡DIV/0!
a	2,7719424	IC	95%	
b	0,3907567	alpha	5%	
r	0,3725643	Tc	1,7033	
r ²	0,1388041	Tt	2,0073368	No sign.
n-2	25			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Mayo	Mayo	Mayo	
1990	24,387097	5,6129032	0,9032258	3,2580645
1991	2,7419355	3,9354839	2,8709677	3,4032258
1992	6,9677419	5,4193548	4,5483871	4,983871
1993	6,7741935	7,3870968	4,0322581	5,7096774
1994	6,7741935	9	3,0645161	6,0322581
1995	6,5806452	9,6774194	5,0967742	7,3870968
1996	5,0967742	7,1935484	14,193548	10,693548
1997	1,9354839	2,9032258	1,7741935	2,3387097
1998	7,3225806	8,8709677	8,7419355	8,8064516
1999	2,3225806	2,516129	4,7419355	3,6290323
2000	7,4193548	4,483871	3,6451613	4,0645161
2001	6,1290323	7,3870968	3,5483871	5,4677419
2002	6,4516129	9,1935484	7,4516129	8,3225806
2003	6,3548387	6,5806452	4,9354839	5,7580645
2004		4,6774194	1,6129032	3,1451613
2005		5,1612903	5,7096774	5,4354839
2006		9,6451613	4,7419355	7,1935484
2007	0	5,7741935	7,6451613	6,7096774
2008	10,354839	8,8387097	5,0967742	6,9677419
2009	5,4193548	4,9032258	3,1612903	4,0322581
2010	8,5806452	10,483871		10,483871
2011	0	8,0645161	6,8064516	7,4354839
2012	2,4516129	7,9354839	6,483871	7,2096774
2013		0		0
2014	1,516129	5,483871	3,7096774	4,5967742
2015	2,1612903	4,2258065	10,16129	7,1935484
2016	2,9032258	4,4516129	7,1290323	5,7903226
2017	8,4193548	6,6774194	6,4516129	6,5645161
2018	9,2258065	7,5806452	5,6129032	6,5967742
2019		2,8387097	12,580645	7,7096774
2020		3,3870968		3,3870968
a	7,6666591	IC	95%	
b	-0,3098261	alpha	5%	
r	-0,1243713	Tc	1,7109	
r ²	0,0154682	Tt	-0,61406	Sign.
n-2	24			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Junio	Junio	Junio	
1990	2,3666667	2,3	4,7666667	4,7666667
1991	1,1666667	6,2333333	4,8333333	4,8333333
1992	1,8333333	1,6	2,7333333	2,7333333
1993	1,3666667	0,7333333	3,0333333	3,0333333
1994	0,9666667	2,8666667	1,5	1,5
1995	6,5	4,2666667	9	9
1996	8,0333333	3,8333333	11,3333333	11,3333333
1997	2,4	3	3,6666667	3,6666667
1998	5,0333333	5,1666667	3	3
1999	8,5333333	9	9,5666667	9,5666667
2000	1,8333333	2,5	2,5	2,5
2001	3,1	0,3333333	0,9666667	0,9666667
2002	3	9,4666667	2,6333333	2,6333333
2003	2,4333333	5	2,2666667	2,2666667
2004	13,966667	2,5	0,9666667	0,9666667
2005	9,2666667	9	6,9	6,9
2006		7,6333333	2,7333333	2,7333333
2007	0	0,7	2,1333333	2,1333333
2008	0,9666667	8,0333333	1,8333333	1,8333333
2009	3,6666667	4,5	1,1333333	1,1333333
2010	7,8666667	10,5	8,6	8,6
2011	4,6666667	1,6	0	0
2012	1,6	6,0666667	1,5666667	1,5666667
2013		3,3333333	1,9333333	1,9333333
2014		5,5	0	0
2015	0,8333333	2,1333333	0,2666667	0,2666667
2016	2,7	1,8666667	2	2
2017	7,6666667	7,6	0,4333333	0,4333333
2018	1,4	0,9333333	2,2	2,2
2019		2,2333333	2,5	2,5
2020		0,2666667		#¡DIV/0!

a	2,3490981	IC	95%
b	0,4685356	alpha	5%
r	0,4248021	Tc	1,7033
r ²	0,1804568	Tt	2,3926953
n-2	26		No sign.

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Julio	Julio	Julio	
1990	2,4193548	2,4193548	1,6129032	2,016129
1991	0,4193548	0,9677419	1,2903226	1,1290323
1992	5,5483871	3,0967742	6,4516129	4,7741935
1993	2	3,2580645	1,9354839	2,5967742
1994	26,967742	1,3225806	1,1290323	1,2258065
1995	5,4516129	8,7741935	2,8709677	5,8225806
1996	4,7419355	14,193548	11,516129	12,854839
1997	0,5483871	1,1290323	1,9354839	1,5322581
1998	6,1290323	8,2258065	4,516129	6,3709677
1999	3,3870968	4,0322581	3,7741935	3,9032258
2000	2,483871	3,5483871	2,8709677	3,2096774
2001	4,8387097	2,7419355	3,2258065	2,983871
2002	1,6451613	0,0322581	0,8387097	0,4354839
2003	2,9677419	6,2258065	2,3225806	4,2741935
2004	6,2580645	4,8709677	6	5,4354839
2005	10,16129	2,6129032	1,2580645	1,9354839
2006	18,516129	2,4193548	0,5483871	1,483871
2007	0,1612903	2,0645161	4,7741935	3,4193548
2008	4,3548387	0	2,4516129	1,2258065
2009	1,8387097	4,0967742	3,0967742	3,5967742
2010	3,516129	4,0645161	5,0645161	4,5645161
2011		8,6451613	5,6451613	7,1451613
2012	0	1,5806452	5,0322581	3,3064516
2013	3,7741935	1,3548387	2,0967742	1,7258065
2014		1,6774194	0	0,8387097
2015	1,2580645	0,9032258	0	0,4516129
2016	3,6129032	2,4516129	2,3548387	2,4032258
2017	6,2580645	4,483871	3,2903226	3,8870968
2018		2,6451613	1,1290323	1,8870968
2019		3,8709677	3,2258065	3,5483871
2020		7,7096774		7,7096774
a	5,5693142	IC	95%	
b	-0,1795667	alpha	5%	
r	-0,0777753	Tc	1,7056	
r ²	0,006049	Tt	-0,3977829	Sign.
n-2	26			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Agosto	Agosto	Agosto	
1990	27,290323	2,9677419	2,1612903	2,5645161
1991	1,3548387	4,7096774	1,2903226	3
1992	2,3870968	3,5483871	1,7741935	2,6612903
1993	3,5806452	2,0645161	1,9354839	2
1994	1,4193548	4,0645161	13,387097	8,7258065
1995	6,5483871	11,16129	0	5,5806452
1996	6,5806452	7,3870968	4,6451613	6,016129
1997	0,0645161	1,9354839	1,6129032	1,7741935
1998	2,4193548	2,7419355	4,2580645	3,5
1999	5,2258065	9,3870968	4,8387097	7,1129032
2000	1,9354839	2,9354839	4,0322581	3,483871
2001	2,8709677	2,9032258	1,3225806	2,1129032
2002	8,5806452	0,9354839	5,9677419	3,4516129
2003	2,7741935	3,2258065	3,0645161	3,1451613
2004		3,6129032	3,1935484	3,4032258
2005	2,8709677	9,7096774	1,8064516	5,7580645
2006	18,516129	8,1290323	5,7741935	6,9516129
2007	4,2903226	7,5806452	4,8387097	6,2096774
2008	8,2258065	9,5806452	6,3548387	7,9677419
2009	5,2258065	1,9354839	6,3548387	4,1451613
2010	1,0967742	7,9354839	8,1612903	8,0483871
2011		7,2903226	6,7096774	7
2012	4,9354839	6,7419355	4,483871	5,6129032
2013	9,6129032	5,9677419	7,3548387	6,6612903
2014		5,9677419	7,3870968	6,6774194
2015	1,4516129	3,9677419	0	1,983871
2016	6,6774194	6,6774194	5,1290323	5,9032258
2017	3,8387097	5,8064516	2,0967742	3,9516129
2018		6,1935484	7,483871	6,8387097
2019		4,0967742	8,5483871	6,3225806
2020		5,9032258		5,9032258
a	4,3646941	IC	95%	
b	0,2590954	alpha	5%	
r	0,0937593	Tc	1,7081	
r ²	0,0087908	Tt	0,4708709	Sign.
n-2	25			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Septiembre	Septiembre	Septiembre	
1990	3,1666667	3,0333333	4,8666667	3,95
1991	10,066667	4,9	3,1666667	4,0333333
1992	2,4	12,733333	2,6666667	7,7
1993	3,6333333	6,7333333	5	5,8666667
1994	4,7666667	4,1	11,1	7,6
1995	6,7	5,1333333	4,6666667	4,9
1996	5,2333333	5,2666667	9,4	7,3333333
1997	3,9	2	3,6666667	2,8333333
1998	5,6666667	10,466667	0	5,2333333
1999	7,2333333	1,9	3,4333333	2,6666667
2000	6,7	8,5666667	13,066667	10,816667
2001	4,2333333	7,6666667	4,7	6,1833333
2002	7,9	3,7	1,9666667	2,8333333
2003	4,1333333	2,1666667	2,5333333	2,35
2004	16,366667	7	6,8333333	6,9166667
2005	4,2333333	2,2666667	6,7666667	4,5166667
2006	0,2	3,3333333	2	2,6666667
2007	0,4666667	4,2333333	0,5	2,3666667
2008		50,5	4,5666667	27,533333
2009	2,1	2,2333333	4,3666667	3,3
2010	3	10,333333	5,1666667	7,75
2011		11,033333	5,0333333	8,0333333
2012	3,5333333	2,7	4,8333333	3,7666667
2013	5,4666667	4,4	4,8666667	4,6333333
2014		5,9	3,8333333	4,8666667
2015	5,2	4,9	2,7666667	3,8333333
2016	2,4	4,1333333	5,0666667	4,6
2017	7,7333333	6,4666667	4,9	5,6833333
2018		6,1333333	4,5333333	5,3333333
2019		8,7666667	6,5	7,6333333
2020		2,1		2,1
a	3,2461313	IC	95%	
b	0,3641827	alpha	5%	
r	0,2356317	Tc	1,7081	
r ²	0,0555223	Tt	1,2122935	Sign.
n-2	25			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Octubre	Octubre	Octubre	
1990	6,5483871	8,483871		8,483871
1991	21,580645	5,0967742	7,5483871	6,3225806
1992	3,1612903	4,0645161	4,0322581	4,0483871
1993	5,0322581	4,6451613	3,2258065	3,9354839
1994	4,1290323	7,8709677	5,0322581	6,4516129
1995	8,3870968	8,483871	11,064516	9,7741935
1996	9,1612903	8,3870968	6,8709677	7,6290323
1997	4,2580645	1,7741935	1,7741935	1,7741935
1998	10,16129	6,1935484	5,7741935	5,983871
1999	6	6,6129032	4,7419355	5,6774194
2000	4,6774194	9,1935484	0	4,5967742
2001		9,8387097	4,6451613	7,2419355
2002	8	3,6774194	10,806452	7,2419355
2003	8,0967742	0	9,0322581	4,516129
2004	9,8709677	9,7096774	5,5806452	7,6451613
2005	8,5483871	8,9677419	4,6129032	6,7903226
2006		5,9354839	8,9032258	7,4193548
2007	5,4516129	13,741935	2,4193548	8,0806452
2008	3,9032258	4,0645161	4,8064516	4,4354839
2009	2,5806452	5,9032258	4,516129	5,2096774
2010	8,483871	7,6129032	9,5483871	8,5806452
2011		15,935484	13,354839	14,645161
2012	3,9677419	16,096774	10,290323	13,193548
2013	2,9354839	6,516129	5,7096774	6,1129032
2014		4	5	4,5
2015	3,2580645	6,0645161	6,3870968	6,2258065
2016	11,83871	10,387097	8,3870968	9,3870968
2017	10,774194	11,451613	10,935484	11,193548
2018		7,9677419	4,5483871	6,2580645
2019		2,0645161	9,516129	5,7903226
2020		10,451613	3,5806452	7,016129
a	4,164573	IC	95%	
b	0,4423129	alpha	5%	
r	0,2678942	Tc	1,7139	
r ²	0,0717673	Tt	1,3335176	Sign.
n-2	23			

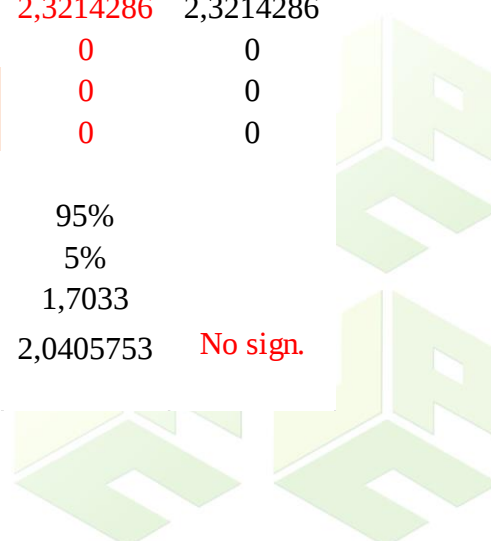
Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Noviembre	Noviembre	Noviembre	
1990	4,2	11,4	7,4333333	11,4
1991	8,1333333	1,8333333	4,3333333	1,8333333
1992	7,2	7,7666667	5,5333333	7,7666667
1993	8,1	0	5,6666667	0
1994	7,8333333	0		0
1995	2,9	1,8	0	1,8
1996	3,4	8,4333333	3,6333333	8,4333333
1997	3,9333333	7,7666667	9,5	7,7666667
1998	4,3	3,7666667	5,2	3,7666667
1999	4,5	9,8666667	4,1666667	9,8666667
2000	11	8,9333333	0	8,9333333
2001	7,2333333	7,8333333	6,4666667	7,8333333
2002	0,1666667	0,6666667	5,9	0,6666667
2003	3,5	8,1666667	5,1666667	8,1666667
2004	1,7666667	0	4,3333333	0
2005	18,066667	9,7	7,9333333	9,7
2006		4,9666667	4,9	4,9666667
2007	0,3	0,3333333	0,8666667	0,3333333
2008	4,5	7,0333333	5,3	7,0333333
2009	4,3666667	3,1	4,7666667	3,1
2010	4,1	5,1333333	5,4666667	5,1333333
2011			9,9333333	#DIV/0!
2012		3,1333333	3,7	3,1333333
2013	2,1	5	4,8333333	5
2014	5,2333333	10,966667	8,8333333	10,966667
2015	6,1	10,433333	3,2333333	10,433333
2016	13,566667	3,4	15,266667	3,4
2017	4,3666667	7,8	6,4	7,8
2018	2,1	2,3	5,2333333	2,3
2019		3,6333333	11,2	3,6333333
2020		6,4	2,9	6,4
a	3,527463	IC	95%	
b	0,3273072	alpha	5%	
r	0,3030027	Tc	1,7081	
r ²	0,0918107	Tt	1,5897482	Sign.
n-2	25			

Estaciones	Leticia	Codazzi DC	San Benito	Promedio
Año	Diciembre	Diciembre	Diciembre	
1990	0,7741935	3,3548387	0,3548387	3,3548387
1991	0	0	0	0
1992	0,2580645	0	0,483871	0
1993	0,9677419	5,1290323	1,9354839	5,1290323
1994	0,7419355	1,2258065		1,2258065
1995	0	0,6129032	2,1612903	0,6129032
1996	0,9354839	0,483871	0,7741935	0,483871
1997	0	0,9677419	0,1935484	0,9677419
1998	4,5483871	5,7419355	5	5,7419355
1999	2,6129032	1,6129032	0,8387097	1,6129032
2000	3,516129	1,9354839	2,8387097	1,9354839
2001	7,4516129	5,1612903	5,8709677	5,1612903
2002	6,3548387	2,9032258	3,0645161	2,9032258
2003	2,6774194	5	2,2903226	5
2004	1,4516129	0	0	0
2005	0	0	0,2580645	0
2006	13,032258	0,8064516	2,2580645	0,8064516
2007	11,096774	2,4516129	0,7419355	2,4516129
2008	0	0,0967742	0	0,0967742
2009	0,7741935	1,8709677	0	1,8709677
2010	1,1612903	8,8709677	1,3870968	8,8709677
2011	0,6129032	4,0967742	1,1290323	4,0967742
2012		1,1290323	0	1,1290323
2013	0	0,2258065	0	0,2258065
2014	1,1935484	2,9032258	2,5806452	2,9032258
2015	0,4516129	0,9677419	0,2580645	0,9677419
2016	1,9354839	2,5806452	6,1612903	2,5806452
2017	0,2580645	0,8064516	1,6451613	0,8064516
2018	0	0,3225806	0	0,3225806
2019		0,1290323	0,3870968	0,1290323
2020		0,3548387	0,7419355	0,3548387
a	1,6213633	IC	95%	
b	0,3104704	alpha	5%	
r	0,2044028	Tc	1,7033	
r ²	0,0417805	Tt	1,0850164	Sign.
n-2	27			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Enero	Enero	Enero	
1990	0	0	0	0
1991	0	0,64516129	0	0
1992	0,64516129	0	0	0
1993	0,32258065	0,80645161	1,03225806	1,0322581
1994	1,93548387	3,38709677	3,16129032	3,1612903
1995		1,29032258	0,38709677	0,3870968
1996	0,48387097	3,80645161	0,96774194	0,9677419
1997	0	0,5483871	0,80645161	0,8064516
1998	0,29032258	0,58064516	0,5483871	0,5483871
1999	0	0,61290323	0,87096774	0,8709677
2000	0,64516129	0,35483871	1,77419355	1,7741935
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0	0	0	0
2004	0,29032258	1,41935484	0	0
2005	2,83870968	0,83870968	1,61290323	1,6129032
2006	0,03225806	0,16129032	1,51612903	1,516129
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	0,74193548	2,38709677	1,74193548	1,7419355
2010	0	0	0,64516129	0,6451613
2011	0	0	0	0
2012	0	0	0	0
2013	0		0	0
2014	0	0	2,67741935	2,6774194
2015	0,80645161	0,67741935	1,12903226	1,1290323
2016	0,25806452	0,96774194	0,32258065	0,3225806
2017	1,61290323	0,19354839	0	0
2018		0,48387097	3,09677419	3,0967742
2019	1,38709677	1,80645161	1,51612903	1,516129
2020	0		2,4516129	2,4516129
a	0,16542879	IC	95%	
b	0,38497794	alpha	5%	
r	0,48012332	Tc	1,7033	
r ²	0,2305184	Tt	2,84403909	No sign.
n-2	27			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Febrero	Febrero	Febrero	
1990	0	4,4285714	0	0
1991	0,8214286	1,3214286	1,4285714	1,4285714
1992	0,4285714	0	0	0
1993	0,3571429	1,0357143	2,6785714	2,6785714
1994	0,3571429	1,8571429	1,1071429	1,1071429
1995		1,2142857	1,9285714	1,9285714
1996	2,4285714	2,2142857	1	1
1997	0,1428571	0	0,3571429	0,3571429
1998	1,7857143	2,1785714	3,0357143	3,0357143
1999	1,25	4,0357143	4,1428571	4,1428571
2000	0	0,0714286	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0,0714286	0	0	0
2004	0,1071429	2,6428571	1,7142857	1,7142857
2005	0	1,2142857	3,1071429	3,1071429
2006	0	0,2857143	2,6785714	2,6785714
2007	1,0714286	0	0,0357143	0,0357143
2008	0	0,0357143	0,25	0,25
2009	0	0	0	0
2010	1,25	8,2142857	0,3571429	0,3571429
2011	1,9285714	0,9285714	2,3571429	2,3571429
2012	0	0,5	0	0
2013	0		1,8928571	1,8928571
2014	0	0,3571429	0	0
2015	0	2,2857143	1,9285714	1,9285714
2016	0,1071429	0,8214286	0,1785714	0,1785714
2017	0,3571429	0	2,3214286	2,3214286
2018	0	0	0	0
2019	1,4285714		0	0
2020			0	0

a	0,2492178	IC	95%	
b	0,1999892	alpha	5%	
r	0,3655328	Tc	1,7033	
r ²	0,1336143	Tt	2,0405753	No sign.
n-2	27			



Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Marzo	Marzo	Marzo	
1990	1,5483871	9	0	4,5
1991	1,2903226	0,7096774	1,6129032	1,1612903
1992	0,3870968	1,6129032	0,8064516	1,2096774
1993	0,9677419	4,2580645	3,516129	3,8870968
1994	1,4516129	0,8387097	1,3225806	1,0806452
1995	0,483871	1,6774194	0	0,8387097
1996	2,5806452	2,7096774	3,8064516	3,2580645
1997	0	1,9032258	2,0967742	2
1998	0,8387097	5,7419355	7,8387097	6,7903226
1999	1,7741935	3,1612903	1	2,0806452
2000	1,3225806	1	0,3548387	0,6774194
2001	2,7741935	4,4516129	2,3870968	3,4193548
2002	0,0967742	0	0,3225806	0,1612903
2003	2,3225806	1,2258065	3,0967742	2,1612903
2004	0,483871	0,7419355	0,6451613	0,6935484
2005	0,483871	0,8387097	1,1612903	1
2006	0,7096774	0	2,0967742	1,0483871
2007	2,1290323	0	5,2580645	2,6290323
2008	1,3870968	3,8387097	5,3548387	4,5967742
2009	3,4516129	4,8709677	7,2258065	6,0483871
2010		2,5806452	9,1935484	5,8870968
2011	1,6451613	2,2258065	2,6451613	2,4354839
2012	1,2258065	2,0645161	0,0322581	1,0483871
2013	0		4,8387097	4,8387097
2014	1,4516129	0,6451613	5,2580645	2,9516129
2015	4,1935484	0,7741935	0,8064516	0,7903226
2016	0,0967742	0	0,1612903	0,0806452
2017	0,3225806	2,2580645	3,516129	2,8870968
2018	2,1935484	1,6774194	0,3548387	1,016129
2019	5,1612903		2,6774194	2,6774194
2020			0	0
a	0,9950168	IC	95%	
b	0,177786	alpha	5%	
r	0,2963764	Tc	1,7033	
r ²	0,087839	Tt	1,6124628	Sign.
n-2	27			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Abril	Abril	Abril	
1990	4,7666667	0	7,6	7,6
1991	1,9	1,4333333	0,5	0,5
1992	3,7333333	3,4	2,1333333	2,1333333
1993	6,8333333	7,7333333	12,366667	12,366667
1994	3,1666667	4,5666667	2,8	2,8
1995	4,3333333	3,3	4,3	4,3
1996	7,0333333	5,3333333	1,5666667	1,5666667
1997	4,6666667	2,7666667	4,3333333	4,3333333
1998	7,3333333	3,6333333	4,3333333	4,3333333
1999	7,9666667	7,7333333	6,0666667	6,0666667
2000	2,7	5,1	12,166667	12,166667
2001	0,6	2,6666667	0	0
2002	2	8,3333333	8,9333333	8,9333333
2003	9,1	5,4333333	4,6	4,6
2004	7,2	6,5666667	4,1333333	4,1333333
2005	7,2	3,9666667	6,8333333	6,8333333
2006	3,9333333	0	5,6333333	5,6333333
2007	5,2666667	2,6	0,9333333	0,9333333
2008	0,9	4,3333333	2,7	2,7
2009	1,3	1,8333333	4,5666667	4,5666667
2010		3,3333333	5,0666667	5,0666667
2011	5,9	14,166667	8,0666667	8,0666667
2012	5,3	2,8333333	8,3333333	8,3333333
2013			3,6333333	3,6333333
2014	2,2666667	1,5	2,8666667	2,8666667
2015	1,1666667	3,5666667	1,9	1,9
2016	2,6333333	3,4	7,5666667	7,5666667
2017	4,5333333	2,8	5,4666667	5,4666667
2018	8,7666667	4,7666667	6,6333333	6,6333333
2019	4,6666667		2,7333333	2,7333333
2020			0,7	0,7
a	3,4916209	IC	95%	
b	0,2055308	alpha	5%	
r	0,2626128	Tc	1,7033	
r ²	0,0689655	Tt	1,4142131	Sign.
n-2	27			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Mayo	Mayo	Mayo	
1990	0,9032258	24,387097	5,6129032	15
1991	2,8709677	2,7419355	3,9354839	3,3387097
1992	4,5483871	6,9677419	5,4193548	6,1935484
1993	4,0322581	6,7741935	7,3870968	7,0806452
1994	3,0645161	6,7741935	9	7,8870968
1995	5,0967742	6,5806452	9,6774194	8,1290323
1996	14,193548	5,0967742	7,1935484	6,1451613
1997	1,7741935	1,9354839	2,9032258	2,4193548
1998	8,7419355	7,3225806	8,8709677	8,0967742
1999	4,7419355	2,3225806	2,516129	2,4193548
2000	3,6451613	7,4193548	4,483871	5,9516129
2001	3,5483871	6,1290323	7,3870968	6,7580645
2002	7,4516129	6,4516129	9,1935484	7,8225806
2003	4,9354839	6,3548387	6,5806452	6,4677419
2004	1,6129032	0	4,6774194	2,3387097
2005	5,7096774	0	5,1612903	2,5806452
2006	4,7419355	0	9,6451613	4,8225806
2007	7,6451613	0	5,7741935	2,8870968
2008	5,0967742	10,354839	8,8387097	9,5967742
2009	3,1612903	5,4193548	4,9032258	5,1612903
2010		8,5806452	10,483871	9,5322581
2011	6,8064516	0	8,0645161	4,0322581
2012	6,483871	2,4516129	7,9354839	5,1935484
2013			0	0
2014	3,7096774	1,516129	5,483871	3,5
2015	10,16129	2,1612903	4,2258065	3,1935484
2016	7,1290323	2,9032258	4,4516129	3,6774194
2017	6,4516129	8,4193548	6,6774194	7,5483871
2018	5,6129032	9,2258065	7,5806452	8,4032258
2019	12,580645		2,8387097	2,8387097
2020			3,3870968	3,3870968
a	5,936417	IC	95%	
b	-0,1047737	alpha	5%	
r	-0,1065589	Tc	1,7033	
r ²	0,0113548	Tt	-0,5568667	Sign.
n-2	27			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Junio	Junio	Junio	
1990	4,7666667	2,3666667	2,3	2,3
1991	4,8333333	1,1666667	6,2333333	6,2333333
1992	2,7333333	1,8333333	1,6	1,6
1993	3,0333333	1,3666667	0,7333333	0,7333333
1994	1,5	0,9666667	2,8666667	2,8666667
1995	9	6,5	4,2666667	4,2666667
1996	11,333333	8,0333333	3,8333333	3,8333333
1997	3,6666667	2,4	3	3
1998	3	5,0333333	5,1666667	5,1666667
1999	9,5666667	8,5333333	9	9
2000	2,5	1,8333333	2,5	2,5
2001	0,9666667	3,1	0,3333333	0,3333333
2002	2,6333333	3	9,4666667	9,4666667
2003	2,2666667	2,4333333	5	5
2004	0,9666667	13,966667	2,5	2,5
2005	6,9	9,2666667	9	9
2006	2,7333333	0	7,6333333	7,6333333
2007	2,1333333	0	0,7	0,7
2008	1,8333333	0,9666667	8,0333333	8,0333333
2009	1,1333333	3,6666667	4,5	4,5
2010	8,6	7,8666667	10,5	10,5
2011		4,6666667	1,6	1,6
2012	1,5666667	1,6	6,0666667	6,0666667
2013	1,9333333		3,3333333	3,3333333
2014	0		5,5	5,5
2015	0,2666667	0,8333333	2,1333333	2,1333333
2016	2	2,7	1,8666667	1,8666667
2017	0,4333333	7,6666667	7,6	7,6
2018	2,2	1,4	0,9333333	0,9333333
2019	2,5		2,2333333	2,2333333
2020			0,2666667	0,2666667
a	1,9147503	IC	95%	
b	0,3632875	alpha	5%	
r	0,3698073	Tc	1,7056	
r ²	0,1367574	Tt	2,0295311	No sign.
n-2	26			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Julio	Julio	Julio	
1990	1,6129032	2,4193548	2,4193548	2,4193548
1991	1,2903226	0,4193548	0,9677419	0,6935484
1992	6,4516129	5,5483871	3,0967742	4,3225806
1993	1,9354839	2	3,2580645	2,6290323
1994	1,1290323	26,967742	1,3225806	14,145161
1995	2,8709677	5,4516129	8,7741935	7,1129032
1996	11,516129	4,7419355	14,193548	9,4677419
1997	1,9354839	0,5483871	1,1290323	0,8387097
1998	4,516129	6,1290323	8,2258065	7,1774194
1999	3,7741935	3,3870968	4,0322581	3,7096774
2000	2,8709677	2,483871	3,5483871	3,016129
2001	3,2258065	4,8387097	2,7419355	3,7903226
2002	0,8387097	1,6451613	0,0322581	0,8387097
2003	2,3225806	2,9677419	6,2258065	4,5967742
2004	6	6,2580645	4,8709677	5,5645161
2005	1,2580645	10,16129	2,6129032	6,3870968
2006	0,5483871	18,516129	2,4193548	10,467742
2007	4,7741935	0,1612903	2,0645161	1,1129032
2008	2,4516129	4,3548387	0	2,1774194
2009	3,0967742	1,8387097	4,0967742	2,9677419
2010	5,0645161	3,516129	4,0645161	3,7903226
2011	5,6451613		8,6451613	8,6451613
2012	5,0322581	0	1,5806452	0,7903226
2013	2,0967742	3,7741935	1,3548387	2,5645161
2014	0		1,6774194	1,6774194
2015	0	1,2580645	0,9032258	1,0806452
2016	2,3548387	3,6129032	2,4516129	3,0322581
2017	3,2903226	6,2580645	4,483871	5,3709677
2018	1,1290323		2,6451613	2,6451613
2019	3,2258065		3,8709677	3,8709677
2020			7,7096774	7,7096774
a	2,6139833	IC	95%	
b	0,1298738	alpha	5%	
r	0,180139	Tc	1,7056	
r ²	0,0324501	Tt	0,9338082	Sign.
n-2	26			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Agosto	Agosto	Agosto	
1990	2,1612903	27,290323	2,9677419	15,129032
1991	1,2903226	1,3548387	4,7096774	3,0322581
1992	1,7741935	2,3870968	3,5483871	2,9677419
1993	1,9354839	3,5806452	2,0645161	2,8225806
1994	13,387097	1,4193548	4,0645161	2,7419355
1995		6,5483871	11,16129	8,8548387
1996	4,6451613	6,5806452	7,3870968	6,983871
1997	1,6129032	0,0645161	1,9354839	1
1998	4,2580645	2,4193548	2,7419355	2,5806452
1999	4,8387097	5,2258065	9,3870968	7,3064516
2000	4,0322581	1,9354839	2,9354839	2,4354839
2001	1,3225806	2,8709677	2,9032258	2,8870968
2002	5,9677419	8,5806452	0,9354839	4,7580645
2003	3,0645161	2,7741935	3,2258065	3
2004	3,1935484	0	3,6129032	1,8064516
2005	1,8064516	2,8709677	9,7096774	6,2903226
2006	5,7741935	18,516129	8,1290323	13,322581
2007	4,8387097	4,2903226	7,5806452	5,9354839
2008	6,3548387	8,2258065	9,5806452	8,9032258
2009	6,3548387	5,2258065	1,9354839	3,5806452
2010	8,1612903	1,0967742	7,9354839	4,516129
2011	6,7096774		7,2903226	7,2903226
2012	4,483871	4,9354839	6,7419355	5,8387097
2013	7,3548387	9,6129032	5,9677419	7,7903226
2014	7,3870968		5,9677419	5,9677419
2015		1,4516129	3,9677419	2,7096774
2016	5,1290323	6,6774194	6,6774194	6,6774194
2017	2,0967742	3,8387097	5,8064516	4,8225806
2018	7,483871		6,1935484	6,1935484
2019	8,5483871		4,0967742	4,0967742
2020			5,9032258	5,9032258
a	3,9897191	IC	95%	
b	0,0793324	alpha	5%	
r	0,0989676	Tc	1,7109	
r ²	0,0097946	Tt	0,4872321	Sign.
n-2	24			

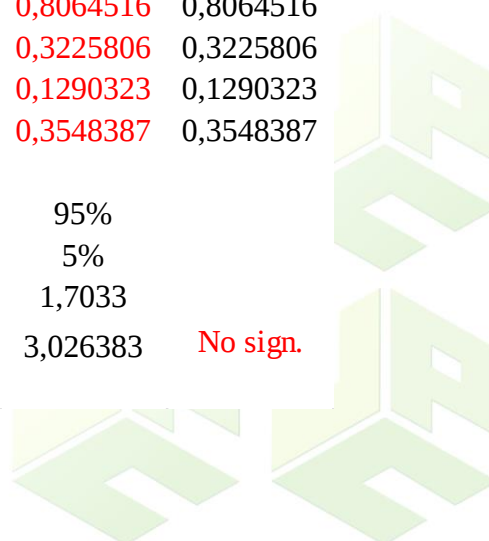
Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Septiembre	Septiembre	Septiembre	
1990	4,8666667	3,1666667	3,0333333	3,1
1991	3,1666667	10,066667	4,9	7,4833333
1992	2,6666667	2,4	12,733333	7,5666667
1993	5	3,6333333	6,7333333	5,1833333
1994	11,1	4,7666667	4,1	4,4333333
1995	4,6666667	6,7	5,1333333	5,9166667
1996	9,4	5,2333333	5,2666667	5,25
1997	3,6666667	3,9	2	2,95
1998		5,6666667	10,466667	8,0666667
1999	3,4333333	7,2333333	1,9	4,5666667
2000	13,066667	6,7	8,5666667	7,6333333
2001	4,7	4,2333333	7,6666667	5,95
2002	1,9666667	7,9	3,7	5,8
2003	2,5333333	4,1333333	2,1666667	3,15
2004	6,8333333	16,366667	7	11,683333
2005	6,7666667	4,2333333	2,2666667	3,25
2006	2	0,2	3,3333333	1,7666667
2007	0,5	0,4666667	4,2333333	2,35
2008	4,5666667	0	50,5	25,25
2009	4,3666667	2,1	2,2333333	2,1666667
2010	5,1666667	3	10,333333	6,6666667
2011	5,0333333		11,033333	11,033333
2012	4,8333333	3,5333333	2,7	3,1166667
2013	4,8666667	5,4666667	4,4	4,9333333
2014	3,8333333		5,9	5,9
2015	2,7666667	5,2	4,9	5,05
2016	5,0666667	2,4	4,1333333	3,2666667
2017	4,9	7,7333333	6,4666667	7,1
2018	4,5333333		6,1333333	6,1333333
2019	6,5		8,7666667	8,7666667
2020			2,1	2,1
a	4,4696428	IC	95%	
b	0,0764208	alpha	5%	
r	0,1252356	Tc	1,7081	
r ²	0,015684	Tt	0,631147	Sign.
n-2	25			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Octubre	Octubre	Octubre	
1990		6,5483871	8,483871	8,483871
1991	7,5483871	21,580645	5,0967742	5,0967742
1992	4,0322581	3,1612903	4,0645161	4,0645161
1993	3,2258065	5,0322581	4,6451613	4,6451613
1994	5,0322581	4,1290323	7,8709677	7,8709677
1995	11,064516	8,3870968	8,483871	8,483871
1996	6,8709677	9,1612903	8,3870968	8,3870968
1997	1,7741935	4,2580645	1,7741935	1,7741935
1998	5,7741935	10,16129	6,1935484	6,1935484
1999	4,7419355	6	6,6129032	6,6129032
2000		4,6774194	9,1935484	9,1935484
2001	4,6451613	0	9,8387097	9,8387097
2002	10,806452	8	3,6774194	3,6774194
2003	9,0322581	8,0967742	0	0
2004	5,5806452	9,8709677	9,7096774	9,7096774
2005	4,6129032	8,5483871	8,9677419	8,9677419
2006	8,9032258	0	5,9354839	5,9354839
2007	2,4193548	5,4516129	13,741935	13,741935
2008	4,8064516	3,9032258	4,0645161	4,0645161
2009	4,516129	2,5806452	5,9032258	5,9032258
2010	9,5483871	8,483871	7,6129032	7,6129032
2011	13,354839		15,935484	15,935484
2012	10,290323	3,9677419	16,096774	16,096774
2013	5,7096774	2,9354839	6,516129	6,516129
2014	5		4	4
2015	6,3870968	3,2580645	6,0645161	6,0645161
2016	8,3870968	11,83871	10,387097	10,387097
2017	10,935484	10,774194	11,451613	11,451613
2018	4,5483871		7,9677419	7,9677419
2019	9,516129		2,0645161	2,0645161
2020	3,5806452		10,451613	10,451613
a	5,536134	IC	95%	
b	0,1373679	alpha	5%	
r	0,179353	Tc	1,7109	
!	0,0321675	Tt	0,8931292	Sign.
n-2	24			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Noviembre	Noviembre	Noviembre	
1990	7,4333333	4,2	11,4	11,4
1991	4,3333333	8,1333333	1,8333333	1,8333333
1992	5,5333333	7,2	7,7666667	7,7666667
1993	5,6666667	8,1	0	0
1994		7,8333333	0	0
1995		2,9	1,8	1,8
1996	3,6333333	3,4	8,4333333	8,4333333
1997	9,5	3,9333333	7,7666667	7,7666667
1998	5,2	4,3	3,7666667	3,7666667
1999	4,1666667	4,5	9,8666667	9,8666667
2000		11	8,9333333	8,9333333
2001	6,4666667	7,2333333	7,8333333	7,8333333
2002	5,9	0,1666667	0,6666667	0,6666667
2003	5,1666667	3,5	8,1666667	8,1666667
2004	4,3333333	1,7666667	0	0
2005	7,9333333	18,066667	9,7	9,7
2006	4,9	0	4,9666667	4,9666667
2007	0,8666667	0,3	0,3333333	0,3333333
2008	5,3	4,5	7,0333333	7,0333333
2009	4,7666667	4,3666667	3,1	3,1
2010	5,4666667	4,1	5,1333333	5,1333333
2011	9,9333333			#¡DIV/0!
2012	3,7		3,1333333	3,1333333
2013	4,8333333	2,1	5	5
2014	8,8333333	5,2333333	10,966667	10,966667
2015	3,2333333	6,1	10,433333	10,433333
2016	15,266667	13,566667	3,4	3,4
2017	6,4	4,3666667	7,8	7,8
2018	5,2333333	2,1	2,3	2,3
2019	11,2		3,6333333	3,6333333
2020	2,9		6,4	6,4
a	5,0617721	IC	95%	
b	0,1371729	alpha	5%	
r	0,1871272	Tc	1,7109	
!	0,0350166	Tt	0,9332171	Sign.
n-2	24			

Estaciones	San Benito	Leticia	Codazzi DC	Promedio
Año	Diciembre	Diciembre	Diciembre	
1990	0,3548387	0,7741935	3,3548387	3,3548387
1991	0	0	0	0
1992	0,483871	0,2580645	0	0
1993	1,9354839	0,9677419	5,1290323	5,1290323
1994		0,7419355	1,2258065	1,2258065
1995	2,1612903	0	0,6129032	0,6129032
1996	0,7741935	0,9354839	0,483871	0,483871
1997	0,1935484	0	0,9677419	0,9677419
1998	5	4,5483871	5,7419355	5,7419355
1999	0,8387097	2,6129032	1,6129032	1,6129032
2000	2,8387097	3,516129	1,9354839	1,9354839
2001	5,8709677	7,4516129	5,1612903	5,1612903
2002	3,0645161	6,3548387	2,9032258	2,9032258
2003	2,2903226	2,6774194	5	5
2004	0	1,4516129	0	0
2005	0,2580645	0	0	0
2006	2,2580645	13,032258	0,8064516	0,8064516
2007	0,7419355	11,096774	2,4516129	2,4516129
2008	0	0	0,0967742	0,0967742
2009	0	0,7741935	1,8709677	1,8709677
2010	1,3870968	1,1612903	8,8709677	8,8709677
2011	1,1290323	0,6129032	4,0967742	4,0967742
2012	0		1,1290323	1,1290323
2013	0	0	0,2258065	0,2258065
2014	2,5806452	1,1935484	2,9032258	2,9032258
2015	0,2580645	0,4516129	0,9677419	0,9677419
2016	6,1612903	1,9354839	2,5806452	2,5806452
2017	1,6451613	0,2580645	0,8064516	0,8064516
2018	0	0	0,3225806	0,3225806
2019	0,3870968		0,1290323	0,1290323
2020	0,7419355		0,3548387	0,3548387

a	0,6971582	IC	95%	
b	0,3973048	alpha	5%	
r	0,503287	Tc	1,7033	
r ²	0,2532978	Tt	3,026383	No sign.
n-2	27			



ANEXO 2. ESTIMACIÓN POR MÉTODO NWS

Parámetros de estimación de datos faltantes Estación San Benito.

Estación Codazzi DC	Suma	45,914762
	D (km)	17,417599
	W (1/D ²)	0,0032963
	ΣW	0,01153
Estación Leticia	Suma	64,248541
	D (km)	11,020504
	W (1/D ²)	0,0082337
	ΣW	0,01153

Parámetros de estimación de datos faltantes Estación Leticia.

Estación San Benito	Suma	35,115524
	D (km)	11,020504
	W (1/D ²)	0,0082337
	ΣW	0,0150037
Estación Codazzi DC	Suma	47,172043
	D (km)	12,153646
	W (1/D ²)	0,00677
	ΣW	0,0150037



ANEXO 3. ESTIMACIÓN POR MÉTODO Q

Parámetros de estimación de datos faltantes Estación San Benito.

Mes	Febrero	Junio
Q	0,428142	0,8235995

Parámetros de estimación de datos faltantes Estación Leticia.

Mes	Enero	Marzo	Abril	Junio	Noviembre
Q	1,0275445	1,0692796	0,9360316	0,9824735	0,8732898

