

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADÉMICO		1(129)	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES	YORGEN OSNEIDER FRANCO SANGUINO EIMER AMAYA AMAYA		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	ROCIO ANDREA MIRANDA SANGUINO		
TÍTULO DE LA TESIS	BALANCE HIDRICO DE LA MICROUENCA QUEBARADA LA ESPERANZA UBICADA EN EL CORREGIMIEMTO DE AGUAS CLARAS MUNICIPIO DE OCAÑA, PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE ESCASEZ.		
RESUMEN (70 PALABRAS APROXIMADAMENTE)			
<p>LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA NO CUENTA HASTA LA FECHA CON ESTUDIOS QUE PERMITAN ESTABLECER SU BALANCE HÍDRICO A PARTIR DEL CUAL SE GENERA SU ÍNDICE DE ESCASEZ SEGÚN LA METODOLOGÍA DE PALMER, LA OFERTA HÍDRICA DE LA MICROENCA SE REALIZÓ A PARTIR DE LA GENERACIÓN DEL MAPA DE ISOYETAS PARA EL CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN, ANTE LA CARENCIA DE DATOS CLIMATOLÓGICOS QUE SE PUDIERAN COLECTAR POR MEDIO DE MUESTREO DIRECTO DE LAS ESTACIONES IDEAM.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 129	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 77	CD-ROM: 1



**BALANCE HIDRICO DE LA MICROUENCA QUEBARADA LA ESPERANZA
UBICADA EN EL CORREGIMIEMTO DE AGUAS CLARAS MUNICIPIO DE
OCAÑA, PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE ESCASEZ**

**YORGEN OSNEIDER FRANCO SANGUINO
EIMER AMAYA AMAYA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA AMBIENTAL
OCAÑA
2016**

**BALANCE HIDRICO DE LA MICROUENCA QUEBARADA LA ESPERANZA
UBICADA EN EL CORREGIMIEMTO DE AGUAS CLARAS MUNICIPIO DE
OCAÑA, PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE ESCASE**

**YORGEN OSNEIDER FRANCO SANGUINO
EIMER AMAYA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Ambiental.**

**Director
ROCIO ANDREA MIRANDA SANGUINO
Ingeniero Ambiental**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA AMBIENTAL
OCAÑA
2016**

ADVERTENCIA

La universidad Francisco de Paula Santander no es responsable de los conceptos emitidos en este trabajo de grado.

Acuerdo 025 de octubre de 1970, Artículo 159.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresa los agradecimientos a:

A la Ingeniera ambiental, ROCIO ANDREA MIRANDA SANGUINO, directora del trabajo de grado.

A todos los docentes que la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1 BALANCE HIDRICO DE LA MICROUENCA QUEBARADA LA ESPERANZA UBICADA EN EL CORREGIMIEMTO DE AGUAS CLARAS MUNICIPIO DE OCAÑA, PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE ESCASEZ	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 General.	19
1.3.2 Específicos.	20
1.4 JUSTIFICACIÓN	20
1.5 DELIMITACIONES	20
1.5.1 Operativa.	20
1.5.2 Conceptual.	21
1.5.3 Geográfica.	21
1.5.4 Temporal.	21
2 MARCO REFERENCIAL	22
2.1 MARCO HISTORICO	22
2.1.1 Antecedentes históricos de las Microcuena a nivel internacional.	22
2.1.2 Antecedentes históricos de las microcuencas a nivel nacional.	24
2.1.3 Antecedentes históricos de las microcuencas a nivel local.	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL	29
2.3 MARCO TEORICO	34
2.4 MARCO CONTEXTUAL.	38
2.5 MARCO LEGAL	41
2.5.1 Constitución política de Colombia de 1991.	41
2.5.2 Decreto 1541 de 1978.	41
2.5.3 Decreto 2857 de 1981.	42
2.5.4 Decreto 1594 de 1984.	42
2.5.5 Decreto 1640 de 2012.	44
2.5.6 Decreto 0953 de 2013.	45
3 DISEÑO METODOLÓGICO	46
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.1.1 Metodología de la investigación.	47
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.2.1 Población.	49
3.2.2 Muestra.	49

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	50
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACION.	51
4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	52
4.1 OFERTA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.	52
4.1.1 Ubicación geográfica de la microcuenca quebrada la Esperanza.	52
4.1.2 Características morfológicas de la Microcuenca quebrada la Esperanza.	56
4.1.3 Densidad de la corriente.	59
4.1.4 Construcción del mapa de balance hídrico de la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.	98
4.1.5 Determinación de caudales en cauces naturales.	102
4.1.6 Proceso de aforo in situ.	104
4.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.	108
4.2.1 Tabulación de las encuestas.	109
5. CONCLUSIONES.	114
6. RECOMENDACIONES.	116
BIBLIOGRAFIA.	117
REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS.	119
ANEXOS	120

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Recursos humanos.	20
Cuadro 2. Categorización del Índice de Escasez.	49
Cuadro 3. Relación de las veredas y su área dentro del límite de la Microcuenca, quebrada la Esperanza.	54
Cuadro 4. Longitudes de causes en la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.	59
Cuadro 5. Información morfométricas de la Microcuenca quebrada la Esperanza.	63
Cuadro 6. Datos depurados de precipitación	79
Cuadro 7. Reporte estadístico de las condiciones hídricas en la microcuenca de la quebrada la Esperanza.	100
Cuadro 8. Caudal registrado en cada punto de aforo de la quebrada la esperanza	105
Cuadro 9. Rangos demanda hídrica CORPONOR	107
Cuadro 10. Tabulación de los resultados de la encuesta para la determinación de la demanda hídrica en la microcuenca quebrada la esperanza	110
Cuadro 11. Demanda Agrícola del Recurso Hídrico	111
Cuadro 12. Demanda pecuario del Recurso Hídrico	111
Cuadro 13. Índice de escasez de la Microcuenca	113

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Longitud.	63
Gráfica 2. Observación por interpolación vs altitud	70
Grafica 3. Datos de precipitación anual desde la interfaz de trabajo del software New_LocClim	78
Grafica 4. Áreas y su índice hídrico generado a partir del mapa de balance hídrico.	101
Grafica 5. De los porcentajes e índice hídricos en la Microcuenca a partir de los datos del mapa de balance hídrico.	101
Grafica 6. Puntos de aforo	105
Grafica 7. Viviendas de la microcuenca	109
Grafica 8. Demanda total	112

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Del satélite: muestra la forma del polígono de la Microcuenca.	53
Imagen 2. Partición veredal.	55
Imagen 3. Orden de cauces y curvas de nivel de la Microcuenca	57
Imagen 4. Densidad de drenaje.	59
Imagen 5. Ráster de pendientes de la Microcuenca.	60
Imagen 6. Interpolación del Ráster de pendientes y el shp de la Microcuenca	61
Imagen 7. Resultado de la pendiente media de la cuenca.	61
Imagen 8. Tipo de curvas hipsométricas.	62
Imagen 9. Curva hipsométrica de la Microcuenca quebrada la Esperanza.	62
Imagen 10. Pendientes complejas.	64
Imagen 11. En 3D del relieve presente en la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.	65
Imagen 12. MOD16 para la medición de la evapotranspiración actual	66
Imagen 13. Archivo MOD 16 importado a la plataforma ARCGIS 10.2.2	67
Imagen 14. Archivo MOD 16 importado a la plataforma ARCGIS 10.2.2	67
Imagen 15. Revisión de Histograma y extracción de valores para alimentar las bases de datos climáticos	68
Imagen 16. Interfaz de trabajo del software de simulación de clima	69
Imagen 17. Datos de precipitación obtenidos del software New_LocClim	77
Imagen 18. Datos de precipitación	78
Imagen 19. Precipitaciones	79
Imagen 20. Proceso de depuración de datos multianuales para las series de tiempo de temperaturas	84
Imagen 21. Datos de temperaturas obtenidos del software New_LocClim entre los años 2005 – 2015	90
Imagen 22. Observación de datos por rangos máxima mínima y media de temperatura	91
Imagen 23. Data view de ArcGIS durante el proceso de creación de las estaciones climáticas según datos de satélites y del IDEAM	91
Imagen 24. Resultado de la interpolación Ráster para datos de temperatura	93
Imagen 25. RASTER de temperatura en la microcuenca quebrada la esperanza	94
Imagen 26. Ciclo natural del agua	97
Imagen 27. Componentes del balance hídrico de una cuenca vertiente.	98
Imagen 28. Construcción de mapa de balance hídrico	99
Imagen 29. Medición de caudales.	102
Imagen 30. Red hídrica de la microcuenca quebrada la Esperanza. Sobre una Imagen de alta resolución año de la imagen 2016	103
Imagen 31. Perfil de elevación de la corriente principal de la microcuenca	103
Imagen 32. Mapa de localización de los puntos de aforo quebrada la esperanza.	106

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica.	21
Figura 2. Mapa de Ocaña, Norte de Santander.	40
Figura 3. Ubicación geográfica	52
Figura 4. Mapa de precipitaciones	69
Figura 5. Mapa de precipitación enero 2015	71
Figura 6. Mapa de precipitación enero vs febrero	71
Figura 7. Mapa de precipitación febrero – marzo Colombia	72
Figura 8. Mapa de precipitación marzo – abril	72
Figura 9. Mapa de precipitación Abril – Mayo	73
Figura 10. Mapa de precipitación Mayo – Junio	73
Figura 11. Mapa de precipitación junio - julio	74
Figura 12. Mapa de precipitación julio – agosto	74
Figura 13. Mapa de precipitación Agosto – Septiembre	75
Figura 14. Mapa de precipitación Septiembre – Octubre	75
Figura 15. Mapa de Precipitación Septiembre –Octubre	76
Figura 16. Mapa de precipitación Octubre –Noviembre	76
Figura 17. Precipitación media promedio multianual periodo 1980 -2011 en sub zonas Hidrográficas del departamento Norte de Santander (Escala 1:390.000)	81
Figura 18. Traslape	82
Figura 19. Temperaturas medias anuales en el periodo de tiempo 2005 - 2015 a nivel nacional método de interpolación geoestadístico Kriging	83
Figura 20. Mapa de temperaturas promedio para el mes de enero periodo 2005 – 20015	84
Figura 21. Mapa de temperaturas promedio para el mes de febrero periodo 2005 – 20015	85
Figura 22. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Marzo periodo 2005 – 20015	85
Figura 23. Mapa de temperaturas promedio para el mes de abril periodo 2005 – 20015	86
Figura 24. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Mayo periodo 2005 – 20015	86
Figura 25. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Junio periodo 2005 – 20015	87
Figura 26. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Julio periodo 2005 – 20015	87
Figura 27. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Agosto periodo 2005 – 20015	88
Figura 28. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Septiembre periodo 2005 – 20015	88

Figura 29. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Octubre periodo 2005 – 20015	89
Figura 30. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Noviembre periodo 2005 – 20015	89
Figura 31. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Diciembre periodo 2005 – 20015	90
Figura 32. Ráster de temperaturas	92
Figura 33. Temperaturas promedio multi anual periodo 1980 – 2011 en las sub zonas Hidrográficas del departamento Norte de Santander	95
Figura 34. Salida gráfica del proyecto MAPA con el polígono del área de influencia de la microcuenca	96
Figura 35. Balance Hídrico de La microcuenca quebrada la esperanza	100

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Paisaje.	125
Foto 2. Toma de muestras.	125
Foto 3. Tramo de uno de los efluentes	126
Foto 4. Toma de muestras	126
Foto 5. Datos	127
Foto 6. Calculo del caudal	127
Foto 7. Toma de muestras	128
Foto 8. Toma de muestras	128
Foto 9. Calculo de los resultados	129
Foto 10. Aplicación de la encuesta	126

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta dirigida a los usuarios de la microcuenca La Esperanza de la ciudad de Ocaña. Norte de Santander.	121
Anexo B. Recuento fotográfico	125

RESUMEN

El estudio se realizó en la microcuenca quebrada la Esperanza del Municipio de Ocaña, Norte de Santander, con el objetivo de hallar el balance hídrico, se cuantificó la oferta hídrica, se estimó la demanda hídrica y se determinó el índice de escasez, donde la información secundaria fue recopilada a través de una revisión de literatura y acopio de toda la información existente tanto en las entidades estatales como privadas, para así tener una idea general sobre la situación actual de la microcuenca. Entidades como. CORPONOR (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental Ocaña), ESTACIÓN METEOROLÓGICA Aeropuerto Aguas Claras– OCAÑA, brindaron información relevante para el adecuado desarrollo de la investigación.

Para lo anterior se tuvieron en cuenta objetivos específicos como fue la cuantificación de la oferta hídrica, se estimó la demanda y se evaluó el índice de escasez de la Microcuenca quebrada la esperanza corregimiento de aguas claras, municipio de Ocaña, de igual forma se utilizó la investigación no experimental tipo Exploratoria in situ, para el levantamiento de la información con enfoque participativo, generado a partir de un taller de cartografía social en la que a través de la plataforma SIG, se ingresan sus apreciaciones y diferentes observaciones sobre geografía de la microcuenca.

La información de campo se obtuvo mediante recorridos por el cauce principal de la quebrada, y la aplicación de encuestas a los pobladores y usuarios del agua, se practicaron aforos para el análisis de la información, de igual forma en la fase de campo se utilizaron los programas ArcCatalog 10.2 y ArcMap 10.2, como también los cálculos de la información y de los aforos se mostraron en mapas de ArcGIS, que permitieron realizar el análisis morfométricos con el fin de cumplir los objetivo.

Por último es necesario mencionar que el agua es un recurso esencial para la vida y soporte del desarrollo económico y social de cualquier país; es un elemento fundamental para los ecosistemas y requisito para la sustentabilidad ambiental. La disponibilidad del líquido depende de la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual los procesos de evaporación, precipitación, transpiración y escurrimientos dependen del clima, las características del suelo, la vegetación y ubicación geográfica. El hombre ha alterado dicho ciclo para satisfacer sus crecientes necesidades, principalmente por las actividades agrícolas, industriales y domésticas.

INTRODUCCIÓN

La microcuenca quebrada la esperanza localizada en el corregimiento de aguas claras Ocaña norte de Santander , cumple su función como microcuenca abastecedora del recurso hídrico para el acueducto que funciona en el casco urbano de este corregimiento, y de los habitantes de las veredas que hacen parte de los límites geográficos de esta.

Las actividades redituables de carácter antrópico que se desarrollan en la microcuenca causan un fuerte impacto negativo al ciclo hidrológico natural del agua, afectando de forma innegable la oferta hídrica, dicha oferta hídrica es sometida a constante presión debido a las actividades agropecuarias y el consumo urbano, disminuyendo la oferta hídrica y afectando la calidad de vida de los habitantes que dependen hídricamente de esta microcuenca y de todos los seres vivos que componen el ecosistema de esta microcuenca.

Otros factores que afectan la oferta hídrica de la microcuenca son los factores medioambientales como el fenómeno del niño el cual somete al territorio a largos periodos de sequía, la zona que se está estudiando no cuenta con los mínimos parámetros de conservación no puede soportar estos largos periodos.

La zona de la microcuenca quebrada la esperanza no cuenta hasta la fecha con estudios que permitan establecer su balance hídrico a partir del cual se genera su índice de escasez según la metodología de palmer, la oferta hídrica de la microcuenca se realizó a partir de la generación del mapa de Isoyetas para el cálculo de precipitación, ante la carencia de datos climatológicos que se pudieran coleccionar por medio de muestreo directo de las estaciones IDEAM , se recurrió al uso de imágenes Ráster procedentes de La NASA y que son avaladas en los procesos técnicos de la FAO y el IDEAM en Colombia

El índice de escasez se generó a partir de la metodología de PALMER para severidad, esta metodología se usó en el estudio de adaptabilidad climatológica presentado por el fondo de Adaptación al cambio climático y operado por corpoica

1 BALANCE HIDRICO DE LA MICROUENCA QUEBARADA LA ESPERANZA UBICADA EN EL CORREGIMIEMTO DE AGUAS CLARAS MUNICIPIO DE OCAÑA, PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE ESCASEZ

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la microcuenca quebrada de la esperanza corregimiento de aguas claras se evidencia una fuerte presión sobre el recurso agua ejercida por los productores campesinos en el desarrollo de sus actividades agropecuarias con una mayor demanda para riego de cultivos, además la oferta hídrica se ha reducido debido a los impactos generados por el cambio climático (variabilidad climática) en la región por la alteración del régimen de precipitaciones, pues en los últimos años los periodos de verano se han prolongado; situación que viene ocasionando la reducción de la disponibilidad del recurso hídrico elevando a su vez el riesgo por desabastecimiento de agua para consumo humano, un estrés hídrico y aumento de los conflictos de uso, debido a la reducción de la oferta hídrica por consecuencia del inadecuado uso y manejo irresponsable del agua. Es de resaltar que está quebrada es la fuente abastecedora de agua para consumo humano de la población del centro poblado del corregimiento de aguas claras.

En la parte alta de la Microcuenca existe una fuerte intervención por parte de la población asentada en ella para satisfacer sus necesidades como es el caso de la alta deforestación para la ampliación de la frontera agrícola con afectación al ecosistema estratégico caracterizado por ser un área receptora y de regulación hídrica.

Se evidencia un desconocimiento de la oferta hídrica neta de las aguas superficiales de la Microcuenca Quebrada la Esperanza y no se cuenta con un estudio de demanda que permite determinar y evaluar el índice de escasez como indicador de evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico actual y a futuro.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La actual oferta hídrica de la Microcuenca quebrada de la esperanza corregimiento de aguas claras responde a las necesidades actuales y futuras de abastecimiento de agua para consumo humano y demás usos en la Microcuenca?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General. Hallar el Balance hídrico de la Microcuenca quebrada la esperanza ubicada en el corregimiento de aguas claras municipio de Ocaña para la determinación del índice de escasez

1.3.2 Específicos. Calcular el balance hídrico de la microcuenca quebrada la esperanza corregimiento aguas claras, municipio de Ocaña.

Cuantificar la oferta hídrica de la Microcuenca quebrada la esperanza corregimiento de aguas claras, municipio de Ocaña.

Estimar la demanda hídrica de la Microcuenca quebrada la esperanza corregimiento de aguas claras, municipio de Ocaña.

Determinar y evaluar el índice de escasez de la Microcuenca quebrada la esperanza corregimiento de aguas claras, municipio de Ocaña.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los actuales conflictos generados por la reducción de la oferta hídrica en la micro cuenca la esperanza evidencia la necesidad de realizar la presente investigación, la cual arrojará información veraz y confiable pertinente a las necesidades del área de estudio, permitiendo la determinación y evaluación del índice de escasez de la Microcuenca quebrada la esperanza del corregimiento de aguas claras para la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico a futuro; por tal razón dicha investigación obedece a la generación del conocimiento en lo que concierne a la oferta y demanda hídrica; conocimiento considerado como insumo para la planificación y ordenación del recurso hídrico que garantice el uso eficiente y ahorro del mismo; garantizando a futuro una oferta hídrica para la satisfacción de las necesidades teniendo como prioridad el uso para consumo humano tal como lo establece el Decreto 1541 de 1978 y sus demás decretos reglamentarios y la conservación de los ecosistemas acuáticos.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 Operativa.

Cuadro 1. Recursos humanos.

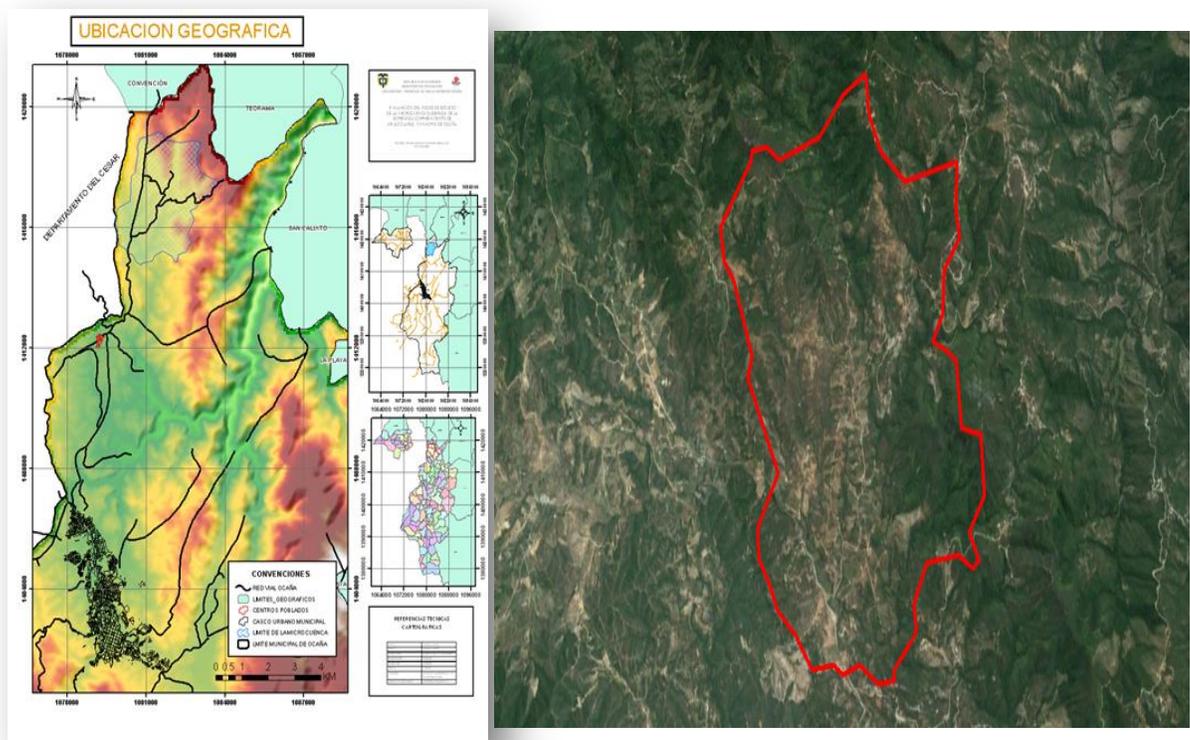
RECURSO HUMANO	MATERIALES
Eimer Amaya Amaya	GPS
Yorgen Franco Sanguino	Software ARCGIS10.2,QGIS 2.12, HEC RAS 4.2 EPANET2.0
Actores de la Microcuenca	INFORMACION CARTOGRAFICA
	CAMARA FOTOGRAFICA

Fuente. Autores del proyecto.

1.5.2 Conceptual. Las micro cuencas son importantes porque además de convertirse en zonas productoras y captadoras de agua, regulan y favorecen las condiciones del clima producen oxígeno, sirven de casa para muchas formas de vida vegetal, animal como insectos y microorganismos que a simple vista no se pueden ver, además de ser un lugar donde el hombre realiza y conforma sus acciones vitales. Las Microcuenca forman parte de una subcuenca o cuenca principal.

1.5.3 Geográfica.

Figura 1. Ubicación geográfica.



Fuente: Imagen de Google Earth pro. Salida grafica elaborada por los autores del proyecto de grado datos SIG OT, ESRRI datos abierto

1.5.4 Temporal. El proyecto de investigación se desarrollara en un término de cuatro meses para el alcance de los objetivos de la investigación.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTORICO

2.1.1 Antecedentes históricos de las Microcuenca a nivel internacional. Desde fines del decenio de 1980 la FAO promueve el manejo de cuencas hidrográficas mediante la ejecución de diversos proyectos de campo (recuadros 2 y 3), y documenta en diversas publicaciones mejores prácticas y enseñanzas obtenidas en esta materia. En 1992 la FAO fue designada organismo coordinador del capítulo 13 del Programa 21, y desde entonces trabaja activamente en la difusión del manejo integrado y participativo de cuencas hidrográficas, a la vez que promociona la incorporación de las cuestiones de gestión de cuencas y desarrollo sostenible de las regiones de montaña en los foros de debate sobre políticas.

Entre 1998 y 2002 la FAO coordinó los preparativos y la celebración del Año Internacional de las Montañas (AIM), cuyo cometido fue “promover la conservación y el desarrollo sostenible de las regiones de montaña, y garantizar de esta manera el bienestar de las comunidades de las montañas y las tierras bajas”. El AIM contribuyó a establecer varias iniciativas internacionales con el objetivo de mejorar la vida de la población de las montañas y proteger el entorno montañoso.¹

En 2002, la necesidad de recopilar las experiencias y someter a reflexión el paradigma vigente llevó a la FAO a poner en marcha un exhaustivo análisis mundial del manejo integrado y participativo de cuencas hidrográficas. Esta iniciativa forma parte de la ejecución del capítulo 13 del Programa 21 y del seguimiento de los años internacionales de las Montañas y el Agua Dulce. Participaron más de 80 instituciones y más de 300 profesionales.

Los objetivos generales de la sistematización de la experiencia en gestión de cuencas fueron: 1) recopilar y difundir la información necesaria para evaluar la gestión de cuencas hidrográficas en el decenio de 1990; y 2) apoyar y orientar la elaboración de una nueva generación de proyectos y programas más eficaces de manejo de cuencas hidrográficas.

En 2002 y 2003 se celebraron cuatro consultas regionales (Europa, América Latina y el Caribe, Asia y África). El análisis culminó con una conferencia interregional celebrada en Sassari, Cerdeña (Italia) en la cual se resumieron en la Declaración de Sassari las recomendaciones destinadas a las autoridades normativas.²

Los resultados de la sistematización de la experiencia en gestión de cuencas realizada por la FAO. Las ideas y las recomendaciones que se presentan aquí son resultado de la actividad

¹ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.

La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma. 2007. P 9

²Ibíd. p 10

en marcha. El objetivo es impulsar la reflexión en torno a los proyectos y programas futuros de gestión de cuencas hidrográficas.

Hace 40 años las montañas sobre el río Aguán tenían árboles. El valle era una de las regiones más fértiles de Honduras, y era una buena fuente de sustento para muchas poblaciones y granjas. Muchos arroyos pequeños y claros corrían por la montaña hasta desembocar en el río Aguán. El río corría por el centro del valle hasta llegar al Mar Caribe.

Luego la gente comenzó a cortar los árboles para obtener tierras para la agricultura y campos de pastoreo. Llegaron grandes compañías frutícolas y cortaron más árboles para sembrar bananos. Las familias comenzaron a trasladarse a las montañas porque las mejores tierras de los valles habían sido ocupadas por los ricos terratenientes. Por último, la mayoría de los árboles fue derribada y más gente se fue a vivir a la ladera de las montañas. El agua de los ríos y arroyos comenzó a disminuir y ya no venía clara.

La gente del valle del Aguán sabía que las cosas habían cambiado, pero hizo falta que llegara un huracán para hacerles comprender hasta qué punto la cuenca había sido dañada. Las lluvias torrenciales causaron derrumbes en los cerros. Muchas casas y hasta pueblos enteros fueron arrastrados por las aguas. Mucha gente murió y muchos más se enfermaron. Al trabajar juntos en las tareas para recuperarse de la tormenta, la gente comenzó a entender que la pérdida de los árboles en las laderas de las montañas, los derrumbes y sus problemas de salud estaban relacionados. El ganado había contaminado las aguas, causándoles diarrea y otras enfermedades a los niños. Las cosechas empeoraron porque la tierra ya no retenía el agua en la estación de lluvias y los campos se secaban rápidamente. Más adelante, cuando llegaron las lluvias de invierno, éstas arrastraron consigo la tierra. Las cosechas eran tan malas que la gente siempre tenía hambre y el hambre hizo que empeoraran los problemas de salud.

El deterioro de las cuencas hidrográficas afecta la salud, si se cortan los árboles y las plantas (deforestación) la tierra retiene menos agua y los pozos y arroyos se secan. Los períodos secos se prolongan y se hacen más frecuentes, dando lugar a problemas de salud relacionados con la falta de agua. La deforestación también causa la pérdida de los suelos, haciendo que el cultivo de alimentos sea más difícil y produciendo hambre y migración.³

Cuando se destruyen los humedales ya no se puede filtrar la contaminación tóxica del agua, lo que resulta en mayor contaminación. El deterioro de los humedales y la deforestación producen inundaciones, lo que resulta en lesiones, muertes y un aumento de las enfermedades diarreicas. Los cambios en las cuencas hidrográficas aumentan las enfermedades causadas por zancudos. Los zancudos (mosquitos) se crían en el agua estancada y el agua que se mueve lentamente. Cuando se producen cambios grandes o repentinos en el uso de la tierra y el flujo del agua a través de las cuencas, generalmente se crean las condiciones para que los zancudos proliferen. Los beneficios de proteger las

³GUÍA COMUNITARIA PARA LA SALUD AMBIENTAL. Protección de las cuencas hidrográficas. España. 2011. P 156

cuencas hidrográficas con frecuencia la protección de cuencas implican resolver conflictos sobre propiedad de tierras, delimitarlas propiedades, planificar el flujo de aguas, establecer convenios entre vecinos sobre la utilización de tierras, agua, recaudar y compartir los recursos necesarios para realizar lastareis necesarias.

2.1.2 Antecedentes históricos de las microcuencas a nivel nacional. El concepto de ordenamiento territorial se ha abordado desde diferentes disciplinas y más recientemente desde visiones más integrales, interdisciplinarias e incluso interculturales. Del enfoque inicial, esencialmente físico o geográfico a escala regional lo que explica un poco porqué las cuencas fueron las unidades preferidas de análisis e intervención en procesos de ordenamiento territorial -, se fue avanzando, gracias al aporte de las ciencias sociales, hacia un enfoque que relaciona el espacio geográfico y sus componentes naturales con los elementos constitutivos de la cultura de los diferentes grupos humanos que habitan dicho espacio, enfoque que valora las relaciones y las hace objeto de análisis de los procesos de ordenamiento territorial, a escalas que van desde lo regional hasta lo local.

Reconocer el territorio como una construcción cultural hace que el ordenamiento territorial no se pueda quedar sólo en darle cierto orden a la intervención sobre el espacio geográfico, sino que implica valorar los significados diversos que puede tener dicho espacio para los diferentes grupos humanos que lo habitan. Esta evolución de enfoques ha continuado alimentándose de nuevos marcos conceptuales que surgen desde la ecología y las teorías de sistemas complejos, que buscan análisis sistémicos y respuestas integrales para el ordenamiento territorial. La búsqueda de sinergias entre diferentes perspectivas es especialmente pertinente al abordar los problemas de la conservación de la diversidad biológica y de la diversidad cultural, y la promoción de una relación más armoniosa Sociedad Naturaleza, como elemento central del paradigma del Desarrollo Humano Sostenible.⁴

Antes de los años 70 no existía una idea clara por parte de los técnicos, administradores y gobernantes, acerca del origen de los problemas de desequilibrio hídrico, erosión y consiguientes repercusiones ecológicas. La práctica de la reforestación venía a constituir la “panacea” o única acción para tratar de regular los caudales, controlar la calidad del agua y la degradación de suelos por la erosión. El Servicio Técnico Agrícola Colombo Americano – STACA-, en los años 1953 –1957, con base en su enfoque de “Watershed Management” introdujo al país la práctica de la reforestación, acción que implicaba la adquisición de tierras en las fuentes de aprovechamiento de agua, para plantarlas con especies forestales, como “coníferas y eucaliptos”. Por las cuantiosas erogaciones que representaba, sólo fue adoptada por ciertas Empresas Públicas Municipales de abastecimiento de agua. Sea el caso recordar los trabajos llevados a cabo en los ríos San Francisco y San Cristóbal cerca a Bogotá, Piedras Blancas en Medellín, Blanco en Manizales, Toná en Bucaramanga, Otún cerca de Pereira y en el río Cali. La modalidad de la reforestación se complicó al quererla extender a otras zonas de ladera, especialmente en áreas de minifundio con cultivos

⁴UNIDAD ADMINISTRATIVA DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES. Antecedentes del programa de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas. Bogotá. 2009

limpios, originándose con frecuencia conflictos sociales por el sistema de uso y tenencia de la tierra en estas áreas.⁵

Por esta misma época los estudios de cuencas tampoco obedecen a ninguna metodología específica. En cuencas para producción de energía eléctrica, sólo se consideraba la hidrología y la geología; el enfoque técnico consistía en evaluar el potencial de producción hídrica, sin contemplar la protección y conservación que requiere el agua para garantizar su utilización permanente. Los estudios específicos en cuanto a protección, sólo se referían al tratamiento o repoblación forestal, son así como se elaboran los primeros estudios, denominado “Planes de Manejo Forestal de Cuencas Hidrográficas”.

Posteriormente en el año 1954, se introduce al país el concepto de “Ordenamiento y Desarrollo Integral de Cuencas”, con propósitos múltiples, cuyo origen es el modelo norteamericano aplicado por la Tennessee Valley Authority - T.V.A., y es así como se crea la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC y siete años después (1961) y con base en los estudios realizados por el asesor internacional LauchlinCurrie, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y Sinú – CVM y la C.A.R.; más tarde y progresivamente se procede de igual forma con las corporaciones C.R.Q., Corporación Regional del Chocó, Corporación de los Valles del Sinú y San Jorge - C.V.S. y Corpourabá, algunas de ellas ya no enmarcadas dentro del concepto de ordenamiento y desarrollo integral de cuencas hidrográficas.

Más adelante, se crea el INDERENA, teniendo bajo su responsabilidad, entre otras funciones, las de adelantar labores de ordenación de cuencas hidrográficas y promoción de su desarrollo integral; para el año 1974 se fortalecen las políticas y programas en cuencas hidrográficas, especialmente con la promulgación del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual le dedica un capítulo especial a las Cuencas Hidrográficas, dentro de las Áreas de Manejo Especial.

Durante el período: 1.974 a 1.982, se destacan eventos como la expedición de una normatividad de apoyo como la ley 56/1981 y su decreto reglamentario, permitiendo así la generación y destinación de recursos financieros para la protección y manejo de cuencas; promulgación del Decreto 2857/1981, 14 reglamentario de cuencas hidrográficas, que da instrumentos legales para la adopción de nuevas estrategias y enfoques en este campo.

La Agenda 21, aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Rio de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992), en el capítulo 18 “Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce” enfatizó que la “ordenación integrada de los recursos hídricos, incluida la

⁵OJEDA AWAD David Humberto. Hacia una política para el manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Asesor de la Asociación de autoridades Ambientales Regionales y Urbanas. Asocars. 2009

integración de los aspectos relativos a las tierras y a las aguas, tendría que hacerse a nivel de cuenca o subcuenca de captación” y que la “compleja interconexión de los sistemas de agua dulce exige una ordenación global de dichos recursos (basado en la ordenación de las cuencas hidrográficas)”.

De igual manera la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente “El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI” (Dublín, Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), recalcó que la “gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero” y que la “entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial”. Ya que estas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta del agua que proviene de las precipitaciones.

Para el año 1991, se da la promulgación de la Nueva Constitución Política Nacional, trayendo consigo la creación del Ministerio del Medio Ambiente y Reordenación del Sector Público Encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

En el tema de la ordenación ambiental, el Artículo 58 de la Constitución Nacional parágrafo segundo establece determinantes sobre el uso del territorio “La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica”. Y en el Artículo 334, se precisa el alcance “La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la Ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes...” De esta manera se condicionan las actividades productivas al mantenimiento de los procesos naturales base de la sustentabilidad del desarrollo.⁶

Actualmente, Corponariño se encuentra actualizando la zonificación y codificación de las cuencas hidrográficas para el Departamento de Nariño, proceso que CORPONARIÑO considera de vital importancia para la planificación y puesta en marcha de su programa de ordenamiento y manejo del recurso agua, soporte de la política ambiental regional establecida en los criterios de integridad natural del ambiente y su interrelación con los procesos económicos, social y físicos como lo emana los principios fundamentales del Sistema Nacional Ambiental para el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico y sus factores que inciden en la calidad y cantidad del agua.

Finalmente, el plan de Manejo de la cuenca se desarrolla a través de las diversas etapas o fases establecidas en el modelo de ciclos crecientes tal como lo indica el decreto 1729 de 2002: Artículo 9°. Contenido. “Todo plan de ordenación y manejo deberá comprender las siguientes fases: a) Diagnóstico, b) Prospectiva, c) Formulación, d) Ejecución, e) Seguimiento y evaluación.”

⁶IDEAM, Guía Técnico Científica para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Segunda versión. 2008.

La fase de Diagnóstico confluye tanto la información, conocimiento y visión del técnico como de la comunidad. La participación de los actores sociales contempla: aporte de información, identificación, caracterización y análisis de la problemática de la cuenca, identificación de conflictos, búsqueda de estrategias de solución y prioridades.⁷

El diagnóstico debe contener, entre otros, los siguientes aspectos: 1. Delimitación, extensión, localización y situación ambiental de la cuenca hidrográfica, especialmente de las zonas de páramo, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos. 2. Zonificación ambiental de la cuenca. 3. Identificación de riesgos, amenazas y vulnerabilidad.

La fase de Prospectiva, busca con base en los resultados del diagnóstico, diseñar los escenarios futuros de uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presentes en la cuenca.

En la fase de Formulación, se definen los objetivos, metas, programas, proyectos y estrategias para el Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica.

En la Fase de Ejecución, se elabora un plan operativo en el cual se definirán los requerimientos de recursos humanos, técnicos y financieros para alcanzar las metas propuestas.

Finalmente, en la Fase de Seguimiento y Evaluación, desde la planeación y partiendo que todas las fases forman parte de un proceso basado en un modelo de ciclos creciente en espiral como un sistema abierto; se establecerán mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación, así como indicadores ambientales y de gestión que permitan evaluar el cumplimiento del plan.⁸

2.1.3 Antecedentes históricos de las microcuencas a nivel local. Corponor, realizó un plan de acción ajustado para el año 2007-2011; el cual realizó un estudio en cuanto a la demanda y oferta hídrica para los municipios de Abrego, la Playa y Ocaña; quienes establecieron que; el municipio de Abrego se identifica como el mayor aportante de agua en la cuenca a razón de la concentración de altos niveles de precipitación sobre dicha superficie; por otro lado la Playa al poseer una menor área de escurrimiento y las menores precipitaciones, arroja los valores más bajos equivalentes al 10% de la cantidad referida para el municipio de Abrego; en cuanto al municipio de Ocaña, el nivel de agua ofertada está restringido más por los niveles de precipitación que por su área.

Junto con la oferta se estimó la demanda hídrica a nivel municipal para los diferentes sectores mencionados anteriormente, obteniendo el consumo más alto en el municipio de Abrego, debido a una enorme utilización de agua para actividades de orden agrícola, dado

⁷CORPONARIÑO. Zonificación y Codificación de las cuencas Hidrográficas en el Departamento de Nariño. Diciembre 2007. P 33

⁸ Ibíd. p 34

que estas ocupan un gran porcentaje de área dentro del municipio y emplean excesivas cantidades de dicho recurso; sumado a lo anterior no se halla una demanda considerable en los demás sectores, por lo tanto se identifica el componente agrícola como el mayor consumidor.⁹

Para el municipio de la Playa, aunque posee un sector agrícola representativo dentro de sus actividades económicas, debido a que cubre una menor superficie, no demanda gran cantidad de agua; otros sectores como el industrial y el de servicios presentan un desarrollo mínimo o nulo dentro del municipio; el sector doméstico a pesar de que no representa en la cuenca un consumo cuantioso, se resalta por los valores de consumo per cápita, a razón de que el aumento de su población podría llegar a tener una gran influencia sobre el abastecimiento de agua.

Ocaña por su parte, al tener una concentración poblacional urbana mayor en relación con los demás municipios, alcanza niveles de demanda hídrica equivalentes para el sector doméstico y el agrícola, siendo estos los de mayor representatividad y a su vez los que requieren mayor intervención.

Después de haber establecido las condiciones de la oferta y demanda a nivel municipal se puede concretar para la cuenca la existencia de un índice de escasez ubicado en la categoría de alto, dado que la demanda alcanza el 40% del agua ofrecida potencialmente por la fuente Abastecedora.

En esta categoría de acuerdo a la escala valorativa propuesta por la UNESCO, se presenta una fuerte presión sobre el recurso hídrico, denotándose una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico.

Este valor está ligado a la presencia de bajos caudales en la cuenca, los cuales son debidos a las bajas precipitaciones, y una fuerte presión ejercida sobre el escaso recurso al establecerse allí un núcleo poblacional con un nivel de complejidad alto y una fuerte actividad agrícola requiriendo un suministro de agua que sea suficiente para cubrir estas demandas a través del tiempo.

Realmente la valoración de alto que toma el índice de escasez no significa que la oferta no alcance a cubrir la demanda como es claro, sino que es necesario tomar medidas preventivas urgentes al considerarse que una variación de los diferentes consumos necesitaría de un tiempo considerable para su modificación dado que son características de tipo estructural en los diferentes sectores las que están afectando al cubrimiento del recurso por la oferta.

⁹CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL. Plan de acción ajustado para el año 2007-2011. [En línea], (23 Marzo de 2014), disponible en <<http://www.corponor.gov.co/gel32/index.php>> p 2

A nivel municipal se reconoce la existencia de índices de escasez alto a para los municipios de Abrego y Ocaña en un año modal, que son consecuencia de los altos consumos generados en el sector doméstico y el sector agrícola, dado para toda la cuenca sin excluirse al municipio de la playa donde a pesar de que el índice de escasez es medio, implica tomar las mismas consideraciones de ordenación de oferta y demanda del recurso.¹⁰

El nivel medio que posee la playa lo alcanza al tener un nivel de demanda del 20-40%, donde de igual forma se deben asignar prioridades a los distintos usos y prestar atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Necesitando inversiones para mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos; además el municipio de la playa a pesar de poseer la población más baja en la cuenca así como la menor área cultivada ya demuestra deficiencias. Debido a que se han encontrado reducciones en el volumen de la oferta del 50% con respecto a la oferta estimada para un año modal mientras que los niveles de demanda continuaran siendo relativamente constantes dado que su aumento es potencial. Reflejo de esta considerable reducción se visualiza en los valores del índice de escasez expuestos a continuación, que alcanzan a llegar a niveles donde la oferta no alcanza a suplir la demanda y es necesario un abastecimiento adicional de otras fuentes.

Dentro del anterior contexto se puede llegar a presentar una situación de emergencia que amenace la estabilidad económica,(que sería la primera en sufrir las consecuencias de un desabastecimiento en los periodos de exigencia de riego), las consecuencias sanitarias y los requerimientos básicos de agua para la población , además en este punto estaría afectando la estabilidad de los ecosistemas al tener un índice de escasez que circundan y sobrepasan el 100%, tanto para la cuenca como para los diferentes municipios como lo son Abrego, la playa y Ocaña, llegándose a utilizar los volúmenes excluidos en la oferta para la conservación de los ecosistemas sin tenerse una medida de los daños que se puedan generar por este hecho.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Microcuenca. Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.¹¹

Cuenca. Es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen

¹⁰ Ibíd. p 3

¹¹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIDO. Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones" 2012. P 5

en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar.

La cuenca hidrográfica se define como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve.

Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.¹²

Índice de calidad agua. Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.¹³

Huella Hídrica. La huella hídrica o huella de agua se define como "métrica(s) que cuantifica(n) los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua", de acuerdo con la Norma Internacional ISO 14046:2014,1 o también como el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. El uso de agua se mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas. La huella de agua se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores (por ejemplo, individuos, familias, pueblos, ciudades, provincias, estados o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico). La huella de agua es un indicador geográfico explícito, que no solo muestra volúmenes de uso y contaminación de agua, sino también las ubicaciones. Sin embargo, la huella de agua no proporciona información sobre cómo el agua consumida afecta positiva o negativamente a los recursos locales de agua, los ecosistemas y los medios de subsistencia.¹⁴

Subcuenca. Los afluentes. Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.

¹² BERNIS, José María. Encuentro académico internacional. 2011. P 2

¹³ SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIAL. índice de calidad del agua general "ICA". [En línea] (Agosto 24 de 2015), disponible en < <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>> p 1

¹⁴ HUELLA HÍDRICA: La nueva norma internacional ISO 14046:2014 y su implementación. Ferrer, M; Viegas, M. CONAMA. 2014

Suelo. Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

"Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico." Esta es la fase más significativa, ya que con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato.

"Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales." Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación. Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados —litología y relieve, clima y biota— y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

Agua. El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales son el 1,72 % y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común constituyente y que pertenece al sistema solar, hecho confirmado en descubrimientos recientes. Puede encontrarse, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas.

Caudal. Cantidad de agua que pasa por determinado punto de un curso fluvial, se da generalmente en metros cúbicos por segundo (M³/s) ó Litros por Segundo (L/s).

Evapotranspiración: es la pérdida de agua por evaporación y transpiración de una cuenca o microcuenca, tomado como referencia (gramíneas o pastos), debido a condiciones climáticas.¹⁵

Precipitación. Es el agua que cae a la Tierra. La mayor parte de la precipitación cae como lluvia, pero incluye nieve, aguanieve, lloviznas y granizo. Alrededor de 980 mm (39 pulgadas) de agua, nieve y aguanieve caen cada año alrededor del mundo.¹⁶

Oferta hídrica. Está directamente asociada a la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un período y lugar dados. Su estimación y variabilidad puede obtenerse por medio de múltiples observaciones in situ o por medio de modelos hidrológicos calibrados.

Demanda hídrica. La demanda hídrica, en el marco del Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

Índice de Escasez. El agua constituye un elemento vital para la existencia de los seres humanos, y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productivas. El desarrollo de estas actividades influye, directa o indirectamente, en las fuentes proveedoras de agua. La explotación exagerada de una fuente puede tener efectos sobre las características de la calidad del agua ofrecida y alterar su dinámica de flujo, al tomarla de algunas fuentes abastecedoras y verterlas, la mayoría de las veces, contaminada en otros cuerpos de agua. Finalmente, la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición. En este sentido, es importante para las labores de planificación sostenible del recurso conocer la cantidad de agua disponible ofrecida por la fuente, los niveles de demanda y las restricciones de uso necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora. Es decir que, además de ofrecer agua para consumo humano y abastecimiento de las actividades productivas, es necesario que la corriente mantenga de manera permanente un remanente de agua para atender otros bienes y servicios ambientales, ofrecidos por la corriente como suministro de agua de los ecosistemas asociados, albergue de la biodiversidad acuática y recreación, entre otros. Aunque a veces insuficiente, esta restricción generalmente se atiende dejando que, por el cauce, escurra al menos el caudal mínimo histórico, reduciéndose así la oferta real disponible para consumo de agua.

¹⁵ DOORENBOS J., PRUITT W. O. Estudio FAO Riego y Drenaje 24. Las necesidades de agua de los cultivos. 1977.

¹⁶BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS TUMBES Y ZARUMILLA
Ing. Héctor Vera Arévalo, Ing Julia Acuña A., Ing Jorge Yerrén S., Dirección General de hidrología y Recursos Hídricos

Características de la red de drenaje. Este es el sistema de cauces o llamadas también corrientes por los que fluyen los escurrimientos superficiales y subterráneos de manera permanente o temporal su importancia se manifiesta por sus efectos en la formación y rapidez de drenado de los escurrimientos normales o extraordinarios además proporciona indicios sobre las condiciones físicas de los suelos y de la superficie de la Microcuenca.

MOD16 para la medición de la evapotranspiración actual.

Este proyecto es parte de un proyecto macro de la NASA/EOS, el cual sirve como herramienta para estimar la evapotranspiración terrenal global mediante el uso de datos obtenidos mediante tele observación, el producto de la evapotranspiración MOD puede ser usado para calcular balances hídricos en las zonas donde no se cuenta con estaciones confiables que desarrollen esta función y entreguen los datos en tiempo real , de igual manera se usan a nivel mundial para determinar estados de agua almacenada en el suelo puesto que brinda información clave para la gestión de recursos hídricos , MOD 16 nos brinda las siguientes capas

Evapotranspiración (ET)
Flujo de Calor latente
ETPOTENCIAL (PET)
LE POTENCIAL (PLE)

El conjunto de datos de MOD16 es un conjunto de datos ET de superficie terrestre regular de 1 km² para el área terrestre con vegetación global de 109,03 millones de kilómetros en intervalos de ocho días, mensuales y anuales

El conjunto de datos MOD16 ET se estima usando el algoritmo mejorado ET de Mu et al. (2011) sobre el trabajo previo de Mu et al. (2007a). El algoritmo está basado en la ecuación de Penman-Monteith (Monteith, 1965). La resistencia de superficie es una resistencia efectiva para la evapotranspiración desde la superficie terrestre y transpiración de la planta.

Balance hídrico.

Como en todo ciclo cerrado el principio fundamental deja claro que la masa no se destruye ni se crea, esta premisa también ocurre en el ciclo hidrológico , de lo anterior se obtiene la ecuación entonces del balance hídrico (campos Aranda 1988;Shaw 1983)

Entradas - salidas = cambio en almacenamiento

La facilidad que presenta la anterior ecuación suele ser engañosa , esto se debe a que en la mayoría de los casos los términos en esta, no pueden ser ni adecuados y mucho menos fácilmente cuantificables por esta razón formulaciones técnicas anteriores han propuesto que se formule un balance hídrico sobre el terreno y un balance hídrico bajo el terreno en este proyecto de investigación se desarrolló la ecuación del balance hídrico sobre el

terreno el cual es un modelo matemático que se aplica en la generación del mapa de balance hídrico y para el cual se obtienen los datos a partir de dos fuentes básicas

2.3 MARCO TEORICO

Uno de los principales factores de presión sobre los recursos hídricos de un país es el crecimiento poblacional. El mundo incrementa anualmente su población total en el equivalente al doble de la población colombiana actual. A la presión poblacional sobre el recurso hídrico se le adicionan las demandas agrícolas e industriales. Esta presión sobre el recurso hídrico tiene consecuencias adversas que se revierten a la sociedad que demandan el agua. Al crecer la demanda de agua aumentan los vertimientos de aguas residuales que impactan la calidad del recurso hídrico.¹⁷

Claras referencias del mencionado conflicto entre el uso del territorio y la disponibilidad hídrica de las distintas regiones quedan registradas en las relaciones demanda-oferta de agua, las cuales se evalúan para los escenarios de niveles de oferta hídrica más probables (modales) y de año seco (de probabilidad de excedencia del 97,5%) con el trasfondo de los mencionados escenarios el índice de escasez de agua superficial revela en Colombia las zonas con mayor presión sobre el recurso hídrico. En un año normal el 4% de la población colombiana es afectado por índices de escasez altos (la demanda supera el 50% de la oferta hídrica superficial), el 7% medios altos (entre el 20 y el 50%) y el 30% medios (del 10 al 20%). Por otro lado en un año seco el porcentaje de población afectado por un índice de escasez alto es de 23%.

Colombia, un país de precipitaciones generosas, en otrora calificado como el cuarto país del mundo por su disponibilidad hídrica, está enfrentando un conflicto por el uso del espacio para su desarrollo socio-económico y para protección de la oferta hídrica natural. El crecimiento actual de la nación ha congregado la demanda hídrica sobre regiones donde su oferta es escasa y en las cuales los procesos de crecimiento poblacional amplifican la presión sobre un recurso que ya registra altos requerimientos para mantener la estructura socio-económica instalada. Por estas razones, desde 1998, el IDEAM, con el fin de mantener un seguimiento de esta problemática realiza y actualiza el Estudio Nacional del Agua (ENA 2010), una síntesis de los recurso hídricos de Colombia a la luz de la relaciones demanda-oferta de agua.¹⁸

Durante muchos años el estado del recurso hídrico de los países del mundo ha sido evaluado tomando en cuenta la cantidad de agua que escurre por los territorios de las distintas naciones. Estimaciones de esta clase fueron realizadas en la década de los años 70 y es a partir de ellas que surge la idea de una "Colombia-potencia hídrica", la cual

¹⁷DOMÍNGUEZ, Efraín Antonio. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Universidad Javeriana. Bogotá. DC. 2011. P 13

¹⁸IDEAM. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Análisis de la distribución general de los ecosistemas boscosos del país por cuencas hidrográficas. 2008. P 10

compartía los primeros renglones en la clasificación mundial de recursos hídricos con países como Brasil, La Federación Rusa y Canadá.

Este imaginario marcó como abundante e inagotable el recurso hídrico de Colombia y produjo una gran despreocupación por el mismo en los colombianos. Esta huella ha dejado de ser indeleble y en las últimas décadas ha comenzado a borrarse gracias al surgimiento de conflictos hídricos evidentes a escala local y regional, los cuales han puesto en crisis los mecanismos de asignación del agua. Este contexto no es un privilegio de los colombianos y se replica en muchos países, para contrarrestarlo se han producido muchas iniciativas globales para el fortalecimiento institucional de los países en la evaluación de sus recursos hídricos. Entre estas iniciativas se destacan la organización de redes mundiales y los esfuerzos por realizar evaluaciones globales que permitan comparar el estado de los recursos hídricos de distintos países con base en metodologías estandarizadas. Son destacables los recursos ofrecidos por la UNESCO para tal fin, entre ellos: el Programa para la Evaluación Mundial de los Recursos Hídricos y el Programa Hidrológico internacional.¹⁹

En el marco de estos proyectos la aplicación de indicadores ha surgido como una herramienta para cambiar el statu quo de las evaluaciones sobre la disponibilidad de agua en el mundo haciendo que todos puedan ser comparables. Entre estos indicadores sobresale el índice de disponibilidad per cápita propuesto por Malin Falkenmark, quien introdujo también sus valores críticos. Este índice es un indicador sencillo que detecta los países con crisis agudas del agua, sólo toma en cuenta la población como factor de presión y por ello no cuenta con la resolución necesaria para divisar la problemática del agua en aquellos países con abundancia aparente del líquido pero con alta concentración de la demanda de agua en polos de desarrollo locales.

La oferta hídrica superficial alcanza 2.112 Km³ por año, cifra resultante después de descontar el volumen total evaporado, en el que un Km³ corresponde a 1 x 10⁹m³. Si esta cifra se distribuye en un año hidrológico medio, y se conecta la población, puede afirmarse que para cada persona en Colombia hay para repartir 53.000m³ por año. Mientras en otros países un habitante no alcanza a tener 1.000m³ por año. Es así como en Colombia aparece una cifra exorbitante que ha llevado al despilfarro de agua y a carecer de una disciplina en el manejo del recurso hídrico.

El país tiene un alto potencial de aguas subterráneas, por lo menos 100 municipios se abastecen de esta fuente para suplir requerimientos ya que no cuentan con aguas superficiales o tienen diferencias de cota para la toma directa del río o el agua que los rodea está altamente contaminada. Existen sistemas con abundante agua subterránea, pero aún no se ha establecido el potencial real de este recurso. El uso de acuíferos se está extendiendo a

¹⁹ UNESCO, Balance hídrico mundial y recursos hidráulicos de la tierra/estudios e informes sobre hidrología Madrid. 2008. P 25.

varias regiones del país así como a grandes sectores de la sabana de Bogotá, valle del Cauca y algunos sitios de la zona Caribe y la Orinoquia.²⁰

Colombia hace 50 años era 75% rural y 25% urbano. Hoy la relación porcentual es inversa, un 80% corresponde al sector urbano y un reducido 20% es rural. Las fuentes que abastecen las cabeceras municipales presentan una alta presión por que los sistemas construidos ya cumplieron su vida útil, por eso resulta indispensable estudiar fuentes superficiales alternativas o la posibilidad de abastecimiento subterráneo. Hoy se habla de cosechar la lluvia. Existen países donde se cobra un impuesto por área de captación de agua lluvia de una vivienda; una opción, entonces, será cosechar el agua de lluvia, para su aprovechamiento, práctica que en algunas regiones del país, como el Urabá antioqueño, ya se utiliza aunque sin técnica.

Se han analizado 1.070 municipios que corresponden al 96% del total. De ellos, 540 tienen una cobertura de alcantarillado mayor o igual al 80% y 118 municipios tienen un 18% de cobertura. Estas cifras revelan un déficit en el manejo de agua usada por que la mayoría de las poblaciones no tienen sistemas de tratamiento de aguas servidas y de ahí la problemática de restauración de las condiciones del agua. En el país solo hay 237 plantas de Tratamiento de aguas residuales, de las cuales solo nueve registran un adecuado funcionamiento.

En general, la demanda de agua del sector industrial no supera los 50 m³ por segundo, la producción agrícola demanda potencialmente 1 litro por segundo por hectárea, lo que equivale a 1.000m³ por segundo para irrigar cerca de un millón de hectáreas. Esta cifra es reducida teniendo en cuenta la existencia de 10 millones de hectáreas en suelos productivos sin adecuar. Sumando la demanda de los sectores doméstico, industrial, comercial agrícola y pecuario, etc., no llegaría a requerirse más de 7.000m³ por segundo, quedarían 60.000 m³ por segundo que irían directamente al mar.²¹

Colombia tiene la urgente necesidad de contar con información actualizada y cada vez más precisa sobre la distribución regional y local de sus disponibilidades de agua y la distribución territorial de sus usos, a fin de precisar y ordenar las áreas con mayor peligro de abastecimiento y adelantar las acciones de planificación y regulación del recurso hídrico. Dentro de esta orientación. El IDEAM elaboro con base en la información y conocimiento que tiene sobre el medio natural y su relación con las actividades de la relación entre la demanda y la oferta de agua a diferentes niveles territoriales.

La confrontación y relación entre la demanda y la oferta se hace teniendo en cuenta como factor de reducción de la oferta, la necesidad de agua para mantener un caudal mínimo, la regulación y sostenimiento de los ecosistemas y las limitaciones por alteraciones de la

²⁰MARÍN R.R. Estadística sobre el recurso agua en Colombia, segunda edición. Edición arte y fotolito. Bogotá. 1992. P 23

²¹ IDEAM. Coautor. Estudio nacional del agua. Balance hídrico y relaciones oferta demanda en Colombia. Segunda versión. Bogotá, 2008.

calidad. Con un índice de escasez,, relación porcentual de la demanda sobre la oferta, se establece la categorización de las regiones por su mayor a menor grado de vulnerabilidad de acuerdo con el índice de necesidad de ordenar el uso del recurso hídrico en función de la disponibilidad.

Para los análisis de oferta y demanda del sector agropecuario debe tenerse en cuenta una buena parte de la producción es realizada en condiciones de secano lo cual requiere decir que aprovecha directamente el recurso hídrico procedente de la precipitación y tanto su demanda o utilización de agua queda incluida en el balance hídrico en el rubro de evapotranspiración. En el caso colombiano solo una fracción pequeña de las necesidades hídricas de la agricultura es atendida por distritos de riego que toman el recurso directamente de cursos o cuerpos de agua. Los grandes distritos, pese a que en Colombia constituyen un número y una cobertura relativamente pequeña, se concentran en cultivos agroindustriales de alta significación para la economía nacional.

El agua utilizada por usos domiciliarios e industriales y que constituye una proporción mínima respecto a la empleada por los distritos de riego y consumos pecuarios, a diferencia de estos últimos, retorna los volúmenes usados al sistema hídrico, pero con características de calidad sensiblemente inferiores afectando la disponibilidad del recurso aguas abajo.²²

La ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan al territorio colombiano han determinado que posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país y, además, está sometida a fuertes variaciones que determinan la disponibilidad del recurso, razones por las cuales, en el territorio continental de Colombia se presentan desde zonas deficitarias de agua hasta aquéllas con grandes excedentes, que someten a grandes zonas del país a inundaciones periódicas de duración considerable.

La riqueza hídrica colombiana se manifiesta: en una extensa red fluvial superficial que cubre el País en unas condiciones favorables de almacenamiento de aguas subterráneas, en la existencia de cuerpos de agua lenticos, distribuidos en buena parte de la superficie total, y en la presencia de enormes extensiones de humedales. La oferta hídrica de escorrentía superficial per cápita total de Colombia es de 59.000 m³/hab/año; sin embargo, la oferta per cápita accesible anual, bajo condiciones naturales, es de 12.000 m³/hab/año. La oferta hídrica per cápita total es el volumen de agua anual disponible por individuo y se obtiene de dividir el volumen total de agua dulce superficial anual disponible por el tamaño de la población. La oferta hídrica per cápita accesible, en condiciones naturales, es el volumen anual disponible por individuo y equivale aproximadamente al 20% de la oferta per cápita

²²IDEAM. Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Santa Fe de Bogotá D.C., Colombia. VI jornadas del CONAPHI- Chile. Disponible en <<http://www.docstoc.com/docs/19690453/OFERTA-Y-DEMANDA-DEL-RECURSO-HIDRICO-EN-COLOMBIA>>

total. Con base en este indicador y en la población actual el volumen de la oferta total accesible equivale a un total estimado de 500 km³ al año.

Las condiciones atmosféricas, geológicas y morfológicas del territorio nacional que explican la abundancia hídrica, configuran condiciones excepcionales que determinan una alta diversidad y productividad biológica. Estas condiciones se convierten en recursos excepcionales para el desarrollo, presentando además un potencial importante hacia el futuro frente a los requerimientos mundiales. Sin embargo, la capacidad de aprovechamiento de esta relativa abundancia hídrica está determinada por las limitaciones temporales y espaciales que presentan los diferentes regímenes hídricos del país.

Si bien se reconoce la riqueza hídrica nacional, tanto en la distribución espacial y temporal, este enorme potencial se restringe en su aprovechamiento por la confluencia de múltiples factores antrópicos que han generado efectos en los componentes del ciclo hidrológico y, en especial, sobre la calidad del agua por la incorporación de residuos a las fuentes que los abastecen. También lo afectan en buena medida los patrones de aprovechamiento caracterizados por mecanismos de uso poco eficientes del recurso hídrico. En la actualidad existe una creciente demanda por el recurso hídrico en contextos urbanos rural a nivel global. El desarrollo económico amenaza constantemente la conservación de los recursos naturales, provocando un deterioro de los mismos, esencialmente el agua, lo que pone en riesgo a las poblaciones que de él dependen. El agua es un recurso vital que se encuentra bajo competencia entre usuarios, por lo que es importante mejorar el conocimiento de la cantidad y distribución del agua en las microcuencas para planificar y hacer uso sostenible del mismo.²³

La mayor parte del agua que utilizamos es captada y distribuida por cuencas hidrográficas. Una cuenca hidrográfica es un área topográficamente delimitada y delineada con un sistema de ríos o tributarios, a través de los cuales todo el escurrimiento generado en la cuenca es drenada en una misma salida, en el punto más bajo. Conocer la oferta de agua de una cuenca, ayuda a conocer su potencial para usos domésticos y de riego. La información de una cuenca específica es importante para la toma de decisiones de manejo, en cuanto a la cantidad de habitantes que la cuenca puede sustentar y el tipo de actividades agrícolas que pueden desarrollarse.

2.4 MARCO CONTEXTUAL.

Ocaña es un municipio colombiano ubicado en la zona noroccidental del departamento de Norte de Santander. Está conectada por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta. La provincia de Ocaña posee el Área Natural Única Los Estoraques ubicado a 1 kilómetro de La Playa de Belén "Bien de Interés Cultural" y "Monumento Nacional" y a 27 kilómetros de la ciudad de Ocaña.

²³GARCÍA, M; SÁNCHEZ, F; et. al. S.f. El Agua (En línea). Consultado el 2 de julio de 2005. Disponible en <<http://www.ideam.gov.co/publica/index4.htm> >

La población está constituida como la segunda población del departamento después de Cúcuta con más de 100.000 habitantes incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km², que representa el 2,2% del departamento. Su altura máxima es de 1 202 msnm y la mínima de 761 m.

El municipio de Ocaña se divide en 18 corregimientos. Cerro de las Flores, Quebrada de la Esperanza, Las Chircas, Llano de los Trigos, Aguas Claras, La Floresta, Portachuelo, Otaré, Pueblo Nuevo, La Ermita, Agua de la Virgen, Buenavista, Mariquita, Las Lizcas, Espíritu Santo, El Palmar y Venadillo.²⁴

La ciudad de Ocaña fue fundada el 14 de diciembre de 1570, por el capitán Francisco Fernández de Contreras, como parte del tercer proyecto poblador del oriente, patrocinado por la Audiencia y el Cabildo de Pamplona.

La fundación tuvo por objeto la búsqueda de una vía que comunicara el núcleo urbano de Pamplona con el mar Caribe y el interior del Nuevo Reino.

Debido a la localización geográfica del poblamiento, la Audiencia de Santafé, presidida por Andrés Díaz Venero de Leiva, determinó que la naciente villa quedara bajo la jurisdicción de la Provincia de Santa Marta, siendo gobernador de ésta, don Pedro Fernández del Busto. El nombre de Ocaña le fue puesto al nuevo poblamiento, como homenaje a Fernández del Busto, natural de Ocaña, en España.

Los pueblos prehispánicos que habitaron la región, fueron los denominados tradicionalmente como HACARITAMAS y la llamada CULTURA MOSQUITO o BAJOMAGDALENENSE, esta última de filiación Caribe, según las investigaciones hasta ahora realizadas. Su nombre en lengua nativa, fue el de ARGUTACACA, según lo registran documentos del siglo XVI.

En 1575, Ocaña obtiene el título de ciudad, como consta en los documentos oficiales de la época. A finales del siglo XVI, una vez sometidas las tribus de la zona, se inician las colonizaciones, cuya área de influencia corresponde a lo que es hoy la Provincia de Ocaña y algunas poblaciones del sur del Cesar y de Bolívar.

Puerto Nacional, cercano a Gamarra, debió su aparición al mismo fundador de Ocaña; Río de Oro (Cesar), nació debido al empeño de los frailes agustinos y del encomendero Antón García de Bonilla y a la labor de los agustinos, cuyo convento estaba inicialmente en Ocaña; Teorema, Hacarí, El Carmen, La Playa, Aspásica, Pueblo Nuevo, Buenavista, San Calixto, Bucarasica y Cáchira, se iniciaron como centros agrícolas de los fundadores y pobladores de Ocaña. Convención, surge en 1829 y La Cruz (hoy Abrego), consolida oficialmente su poblamiento en 1810.

²⁴ PÁEZ GARCÍA, Luis Eduardo. Historia de la Región de Ocaña. Jaguar Group Producciones. Bogotá, 2009. P 23

Durante la Colonia, Ocaña perteneció como cantón a la Provincia de Santa Marta; luego, cantón de Mompo; después, departamento, y el 29 de mayo de 1849 (Ley 64), Provincia, integrada por los distritos parroquiales de Ocaña, Río de Oro, Convención, Loma de Indígenas, San Antonio, Brotaré, Teurama, La Cruz, Aspásica, la Palma, Pueblo Nuevo, Buenavista, Los Ángeles, Loma de Corredor, Aguachica, Puerto Nacional, Simaña, San Bernardo, Badillo y Tamalameque.²⁵

En el transcurso de la guerra de Independencia, la zona de Ocaña cobra singular importancia estratégica. Aquí Bolívar (1813), quien denominó la ciudad "brava y libre", consolidó sus fuerzas para la Campaña Admirable con tropas momposinas y de la región. En 1815, Santander hace su entrada a Ocaña recibiendo allí el nombramiento de Comandante General de las tropas de reconquista del norte. Entre los mártires ocañeros de la Independencia, se destaca don Miguel Pacheco y doña Agustina Ferro, fusilada por la guerrilla realista de Los Colorados, el 20 de enero de 1820. El 9 de abril de 1828, se reunió en el templo de San Francisco (monumento nacional desde 1937), la Convención constituyente cuyo propósito era el de reformar la Carta expedida en Cúcuta en 1821. En dicha Convención, se enfrentaron las fracciones santanderista y boliviana, produciendo como resultado la dictadura de Bolívar, el atentado contra su vida y, finalmente, la disolución de la Gran Colombia. A partir de 1963, se inicia la transformación urbana de la ciudad a raíz de invasiones que modifican el esquema ortogonal inicial, dando como resultado la ciudad que vemos hoy, mezcla de arquitectura colonial, republicana y moderna.

Figura 2. Mapa de Ocaña, Norte de Santander.



Fuente. PÁEZ G. 2010

²⁵ Ibíd. p 24

Clima. La temperatura promedio de Ocaña es de 22 °C. Piso térmico templado, con una temperatura no menor a los 8 °C y no mayores a los 25 °C. Precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 mm anuales, las lluvias durante el primer semestre son escasas. Los meses de lluvia son, agosto, septiembre, octubre y noviembre, éste último es aprovechado para los cultivos semestrales.²⁶

2.5 MARCO LEGAL

2.5.1 Constitución política de Colombia de 1991. 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.²⁷

Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

2.5.2 Decreto 1541 de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974. "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Artículo 2°.- La preservación y manejo de las aguas son de utilidad pública e interés social, el tenor de lo dispuesto por el artículo 1 del Decreto-Ley 2811 de 1974:

En el manejo y uso del recurso de agua, tanto la administración como los usuarios, sean éstos de agua o privadas, cumplirán los principios generales y las reglas establecidas por el Código Nacional de recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, especialmente los consagrados en los artículos 9 y 45 a 49 del citado Código.

Artículo 3°.- Al tenor de lo dispuesto por los artículos 37 y 38 del Decreto-Ley 133 de 1976, al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, corresponde asesorar al Gobierno en la formulación de la política ambiental y colaborar en la coordinación de su ejecución cuando ésta corresponda a otras entidades.

La administración y manejo del recurso hídrico corresponde al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, salvo cuando esta función haya sido adscrita por la ley y otras entidades, en cuyo caso estas entidades deberán cumplir y hacer cumplir las disposiciones de este Decreto, en conformidad con la política nacional y las normas de coordinación que establezca el Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente, Inderena.²⁸

²⁶ Ibíd. p25

²⁷ REPÚBLICA DE COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Actualizada hasta la reforma del 2001, Colombia, edición actualizada 2001. P.33.

²⁸ REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1541 de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974. 2000. P 3

2.5.3 Decreto 2857 de 1981. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones. Artículo 3. Condiciones del aprovechamiento. El aprovechamiento de los recursos naturales y demás elementos ambientales se realizarán con sujeción a los principios generales establecidos por el Decreto-ley 2811 de 1974 y, de manera especial, a los criterios y previsiones del artículo 9 del mismo estatuto. Toda actividad que por sus características pueda producir un deterioro grave a los recursos naturales renovables de la cuenca, disponga o no ésta de un plan de ordenación, deberá autorizarse por la Entidad Administradora de los Recursos Naturales Renovables, previa elaboración y presentación del respectivo estudio de efecto ambiental.²⁹

2.5.4 Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Artículo 1. Cuando quiera que el presente Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tal las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas, incluidas las aguas servidas.

Artículo 2. La sigla EMAR utilizada en el presente Decreto, corresponde a: Entidad Encargada del Manejo y Administración del Recurso.

Artículo 3. Entiéndase por Entidad Encargada del Manejo y Administración del Recurso (EMAR), aquella que tenga asignadas esas funciones por la ley o por delegación, como el INDERENA, el HIMAT en los distritos de riego, las corporaciones autónomas regionales de desarrollo y la Dirección Marítima y Portuaria, DIMAR.³⁰

Artículo 4. Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.

Artículo 5. Entiéndase por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Artículo 6. Entiéndase por vertimiento líquido cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.

²⁹ CONGRESO DE COLOMBIA. Decreto 2857 de 1981. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones. Editorial Littio. 2000. P 23

³⁰ CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 2000. P 4

Artículo 7. Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.

Artículo 8. Entiéndase por usuario nuevo aquel cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

Artículo 9. Entiéndase por usuario existente aquel cuya actividad ha. Venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto.

Artículo 10. Entiéndase por zona de mezcla, el área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

Artículo 11. Denominase vertimiento no puntual aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.³¹

Artículo 12. Denominase lodo a la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

Artículo 13. Denominase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

Artículo 14. Denominase carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo -sitio; se expresa -en kilogramos por día (Kg./d) .

Artículo 15. Denominase bioensayo acuático al procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se usan para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

Artículo 16. Denominase toxicidad la propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

Artículo 17.- Denominase toxicidad aguda la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o , factor ambiental,, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

Artículo 18. Denominase toxicidad-crónica la propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento,

³¹ Ibíd. P 5

metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

2.5.5 Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Artículo 54. Del objeto y la responsabilidad. Planificación y administración de los recursos naturales renovables de la microcuenca, mediante la ejecución de proyectos y actividades de preservación, restauración y uso sostenible de la microcuenca. La Autoridad Ambiental competente formulará el plan.

Artículo 55. De las microcuencas objeto de Plan de Manejo Ambiental. En aquellas microcuencas que no hagan parte de un Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, se formulará en las cuencas de nivel inferior al del nivel subsiguiente, según corresponda.

Parágrafo. En los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas se deberá adelantar el mecanismo de consulta previa a las comunidades étnicas cuando a ello haya lugar, de acuerdo con los procedimientos establecidos para tal efecto.

Artículo 56. De la escala cartográfica. Los Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas se elaborarán en escalas mayor o igual a 1: 1 0.000.

Artículo 57. De la selección y priorización. La Autoridad Ambiental competente, se elaborará el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca, previa selección y priorización de la misma, cuando se presenten o se prevean como mínimo una de las siguientes condiciones, en relación con oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad:

1. Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables.
2. Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la microcuenca.
3. Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar los servicios ecosistémicos de la microcuenca, y la calidad de vida de sus habitantes.
4. Cuando la microcuenca sea fuente abastecedora de acueductos y se prevea afectación de la fuente por fenómenos antrópicos o naturales.³²

Parágrafo 1. Mesa Técnica de concertación. Cuando los límites de una microcuenca comprendan más de una jurisdicción y no haga parte de una cuenca hidrográfica en ordenación, las Autoridades Ambientales competentes con jurisdicción en ella, concertarán

³²Ibíd. P 24

el proceso de planificación y administración de los recursos naturales renovables de la microcuenca.³³

Parágrafo 2. Una vez aprobado el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca el municipio correspondiente deberá tener en cuenta lo definido en el Plan, al momento de elaborar, ajustar y adoptar el Plan de Ordenamiento Territorial.

Parágrafo 3. No obstante lo definido en este artículo, las Autoridades Ambientales competentes impondrán las medidas de conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales a que haya lugar, en aquellas microcuencas que aún no han sido objeto de Plan de manejo Ambiental.

El mencionado Decreto deroga los Decretos 1604 y 1729 de 2002 para la ordenación de las cuencas hidrográficas en Colombia.

2.5.6 Decreto 0953 de 2013. Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011. Artículo 4°. Identificación, delimitación y priorización de las áreas de importancia estratégica. Para efectos de la adquisición de predios o la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales por parte de las entidades territoriales, las autoridades ambientales deberán previamente identificar, delimitar y priorizar las áreas de importancia estratégica, con base en la información contenida en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, planes de manejo ambiental de microcuencas, planes de manejo ambiental de acuíferos o en otros instrumentos de planificación ambiental relacionados con el recurso hídrico. En ausencia de los instrumentos de planificación de que trata el presente artículo o cuando en estos no se hayan identificado, delimitado y priorizado las áreas de importancia estratégica, la entidad territorial deberá solicitar a la autoridad ambiental competente que identifique, delimite y priorice dichas áreas.³⁴

Parágrafo. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible podrá expedir directrices que se requieran para la identificación, delimitación y priorización de las áreas estratégicas para la conservación de recursos hídricos.

³³REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Editorial Norma. 2013. P 11

³⁴CONGRESO DE COLOMBIA Decreto 0953 de 2013 Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011. Editorial Littio. P 23

3 DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico de la investigación fue no experimental *tipo Exploratoria in situ* en el área de la Microcuenca quebrada la esperanza, en el municipio de Ocaña norte de Santander para el levantamiento de la información (primaria y secundaria) con enfoque participativo; el enfoque participativo se genera a partir de un taller de cartografía social en el cual la población líderes de la zona sobre un mapa del microcuenca generado a partir de una plataforma SIG, se ingresan sus apreciaciones y diferentes observaciones sobre geografía de la microcuenca, actividades redituables, afectaciones que se causan al ecosistema posterior a la recolección de esta información mediante análisis estadístico descriptivo se realizar la sistematización y procesamiento esta información.

Con el apoyo de software SIG y software para suelos y aguas HecRas para el análisis de los caudales desde el punto de vista hidrológico se generó información geográfica con fuente primaria y secundaria con el uso de modelos vectoriales y los modelos Ráster para obtener información geofísica de la zona. Estos archivos fueron gestionados a través de los geodatos libres de los proyectos satelitales ASTER GDEM

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El Proyecto de investigación se caracterizó por ser un tipo de investigación *Empírico Analítico* basado en el análisis exploratorio bajo la observación in situ en el área de la microcuenca en estudio para la evaluación del índice de escasez como indicador de evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para el abastecimiento de agua para consumo humano en prioridad y demás usos³⁵.

La investigación se desarrolló mediante la aplicación del Modelo Gestión del Recurso Hídrico de la Alianza CARDER-UTP, 2007³⁶ adoptado de la metodología del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004³⁷ con el apoyo de SIG dado que es la única forma en la actualidad de realizar este tipo de estudios y más si se tiene en cuenta que sobre el área geográfica denominada microcuenca quebrada la esperanza no existe documentación técnica alguna por lo cual se debe generar toda esta información iniciando desde el límite geográfico, luego se realizó la caracterización de la Microcuenca quebrada la esperanza iniciando por sus características morfométricas y morfológicas, se determinó el balance hídrico para el cálculo de la oferta hídrica superficial neta, la cuantificación de la demanda hídrica en el área de estudio; se realizó por medio de un balance hídrico y como resultado se generó el índice de escasez de la Microcuenca.

³⁵ REPÚBLICA DE COLOMBIA, 1978. Decreto N°1541 de 1978, Aguas no Marítimas, Cap IV Art 41-68 y Cap V.

³⁶ CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°040 de 2007. Alianza Corporación Autónoma Regional de Risaralda-Universidad Tecnológica de Pereira.

³⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución N° 0856 de 2004.

La escala de trabajo cartográfica será de 1:10000 para lo concerniente al estudio directo de la Microcuenca

3.1.1 Metodología de la investigación. Para efectos de la investigación, el estudio se realizó en la Microcuenca quebrada la esperanza en el corregimiento de aguas claras municipio de Ocaña norte de Santander con la implantación de la siguiente metodología

Espacialización de la Microcuenca quebrada la esperanza y determinación de los parámetros geomorfológicos de la misma (uso de sistemas de información geográfica) se utilizaron las plataformas SIG código libre QGIS 2.12 para los procesos de digitalización vectorial y código propietario ARCGIS10.2 con código de licencia 03456/75542.oobESrri.colombia para los procesos Ráster denominados Geoproceso con el soporte técnico de la herramienta Hydrology.

Clasificación de la Microcuenca según sus características geomorfológicas. Estas características se obtendrán a partir del procesamiento de la imagen Ráster DEM (modelo digital de elevación) la cual se obtendrá del geoportel del departamento de geología de los estados unidos para lo cual se realizó una instauración de bloqueó, se ejecutó el proceso de mejora del DEM buscando corregir sumideros o errores en los valores de los pixeles

Medición de la precipitación que se presenta en la Microcuenca quebrada la esperanza y determinación de las curvas características de precipitación para construir los análisis de los datos de precipitación.

Estimación de la precipitación promedio sobre el área de la Microcuenca (método curva de Isoyetas). Mediante el uso de software SIG ArcGIS 10.2.2. Se efectuó la ponderación geostatística de los datos de precipitación para la creación de información climática de presentación en modelo Ráster el cual se reclasificara para un análisis más confiable.

Estimación de la evapotranspiración real y potencial en la Microcuenca de la quebrada la esperanza. Se procedió a realizar un modelo hidrológico abstracto el cual representa el sistema en forma matemática y que por lo general se le conoce como modelo matemático.

Se realizó la estimación del balance hídrico, para lo cual se aplicara la ecuación de balance hídrico sobre el terreno

$$P + R_1 - R_2 + R_g - E_s - T_s - I = \Delta S$$

En donde la fórmula para balance hídrico será:

$$P - (R_2 - R_1) - (E_s + E_G) - (T_s + T_G) - (G_2 - G_1) = \Delta (S_s + S_G); \quad P - R - E - T - G = \Delta S$$

Se Definió la oferta Hídrica de la Microcuenca quebrada la esperanza definida por el valor del caudal promedio anual, esta magnitud se representa en el caudal anual promedio más probable y se calculara la oferta Hídrica a partir de la siguiente expresión

$$O_n = O_t \times (1 - R_e - R_{it})$$

Dónde:

O_t = oferta Hídrica superficial total [m3]

R_e = factor de reducción para mantener el régimen de estiaje

R_{it} = factor de reducción por irregularidad temporal de la oferta Hídrica

De acuerdo a las formulas 1 y 2 definiremos los cuatro(4) elementos conceptuales tres de ellos relacionados con la categoría de oferta Hídrica superficial y el cuarto relacionado con los requerimientos de agua de las actividades socioeconómicas.

Obteniendo el volumen de la oferta Hídrica total de la siguiente manera

$$O_t = Q_o * t$$

Para la definición de R_e se construye una curva de densidad probabilística (CDP), de los caudales de estiaje Q_{min} de esta curva se extrae el caudal de estiaje con el 97.5% de probabilidad de excedencia de tal modo que para mantener el régimen de estiaje de la fuente sería igual a:

$$R_e[\%] = 100 \times \frac{Q_{\min 97,5\%}}{Q_o}$$

La reducción por irregularidad temporal de la oferta Hidrica se estimara a través de un funcional de la forma

$$R_{it} = F(Q_o, C_v, C_s, P)$$

La definición de la demanda Hídrica se obtuvo a partir de los volúmenes de producción sectorial y factores de consumo de agua por tipo de producto o servicio en este escenario la demanda total D_t de agua es igual a:

$$D_t = D_{ud} + D_{ui} + D_{us} + D_{ua} + D_{up}$$

Donde

D_{ud} = demanda para uso domestico

D_{ui} = demanda de agua para uso industrial

D_{us} = demanda de agua para el sector de servicios

D_{ua} = demanda de agua para el uso agrícola

D_{up} = demanda de agua para uso pecuario ³⁸

Las categorías PDSI (Índice de Severidad de Palmer) para la Microcuenca se reclasificaron y posteriormente se calculó la frecuencia mensual de valores correspondientes a cada categoría durante los últimos 10 años las frecuencias analizadas corresponden a los escenarios de condicione de excesos (humedad extrema y condiciones húmedas) a escenarios normales y de deficiencias de humedad (sequía extrema y condiciones secas)

Cuadro 2. Categorización del Índice de Escasez.

CATEGORIA	RANGO	COLOR	EXPLICACIÓN
Alto	>50%	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21 – 50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11 – 20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1 – 10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	azul	Demanda no significativa

Fuente: MAVDT, 2004

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población. Se encuentra asentada en el municipio de Ocaña norte de Santander, corregimiento de aguas claras, dentro del área de influencia de la Microcuenca se encuentran varias veredas del municipio de Ocaña, la Espacialización permitió conocer al detalle el área de influencia de esta Microcuenca donde no había información confiable.

3.2.2 Muestra. Descripción de la muestra (usuarios de recurso hídrico) resultante de la aplicación de la siguiente expresión

$$n = \frac{N(Z_c)^2 * p * q}{(N-1)*(E)^2 + (Z_c)^2 * p * q}$$

Donde:

n= Muestra

N= Población dada en el estudio = 109

Zc=Indicador de Confianza = 95% = 1,96

p= Proporción de aceptación = 50% = 0.5

q= Proporción de rechazo = 50% = 0.5

E= Error poblacional dispuesto a asumir 6% = 0.06

$$n = \frac{(109)(1,96)^2 * (0.5)(0.5)}{(109 - 1)(0.06)^2 + (1,96)^2 * (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{104,6}{1,3}$$

$$n = 80 \text{ usuario a encuestar}$$

Muestra significativa para la realización del inventario de usuarios y aplicación de encuestas para usarlo como insumos para la determinación de demanda del recurso hídrico de la Microcuenca.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La técnica que se implementó en la investigación es la observación directa para el levantamiento de la información, primaria, consulta de información secundaria, participación de actores y usuarios para la elaboración del balance hídrico con el apoyo de diversos software SIG y software para correr modelos hidrológicos matemáticos para la estimación de caudales

Esta recolección de datos en campo se realizó con el fin de avalar la información obtenida mediante el procesamiento en los software SIG y la información secundaria colectada, los archivos usados para esta investigación

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

Aplicación de encuestas (inventario de usuarios y estudio de demanda hídrica) para la determinación de información cualitativa que nos ayudó a identificar demanda hídrica, consulta y Solicitudes de información y del conocimiento a actores institucionales en la Microcuenca (CORPONOR, IDEAM) para la obtención de información de precipitación - temperaturas de las estaciones pluviométricas de influencia, caudales y registros históricos de la zona de estudio para el acceso de la información, cartografía base, archivos vectoriales tipo Shapefile de ESRRI, gdb geográficas, antenas receptoras GPS , modelos de información geofísica del área de estudio, planos municipales y veredales en formatos CAD (alcaldía, UFPSO) e imágenes de satélites propiedad de la compañía LV Ingeniería, esta información de los geo portales nos brindaron información climatológica, hidrológica y cartográfica para la obtención de resultados y posterior ejecución del trabajo de investigación.

Base de datos climatológicos del software New LocClim, Y los archivos MOD16 para corroborar la información de evapotranspiración.

3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACION.

La interpretación, análisis y evaluación de la información se basara en los siguientes procedimientos:

Captura de información en campo y consulta de geo portales nacionales e internacionales

Gestión de los archivos en formatos vectoriales y Ráster para extracción de información geográfica

Solicitud de la información climatológica de las estaciones en la zona de influencia con los archivos en series de tiempo con por lo mínimo 10 años, estos formatos en base de datos de formato cvs, se migrara a archivo vectorial con base de datos con motor de lenguaje HSQL

Digitalización de la información geográfica generada a partir de imágenes de alta resolución de la zona de la Microcuenca.

Generación de la cartografía temática y el documento técnico de estudio.

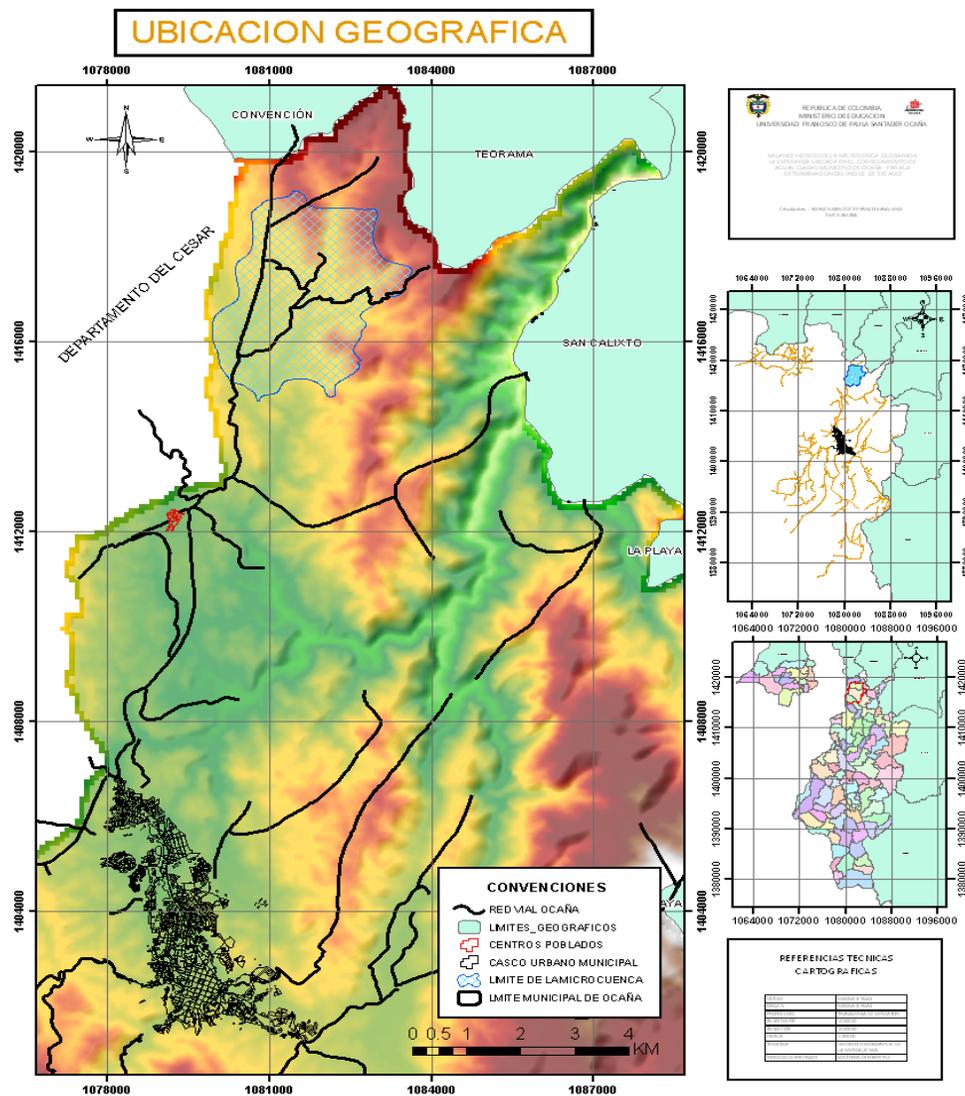
La información se analizó a partir de las bases estadísticas zonales que genero el proceso en cada uno de los software SIG por medio de la estructuración de consultas a las bases de datos de los archivos vectoriales y Ráster que se procesaron.

4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 OFERTA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.

4.1.1 Ubicación geográfica de la microcuenca quebrada la Esperanza.

Figura 3. Ubicación geográfica



Fuente. SIGOT, Elaboración. Autores del proyecto

Para realizar la salida grafica temática sobre la ubicación geográfica de la Microcuenca de la quebrada la esperanza se ejecutó el proceso desde la extracción de la información a partir de información Ráster, se identificaron las direcciones de flujo del municipio de Ocaña en el modelo digital de elevación de 30x30mtrs de resolución y luego la acumulación de flujo se creó el punto de desfogue de la Microcuenca a partir de coordenadas tomadas en campo con una antena GPS, como resultado de este proceso obtuvimos el polígono de la Microcuenca el cual se traslapo sobre el polígono oficial del límite del municipio de Ocaña el cual se descargó del SIG OT. Como lo indica la salida grafica de ubicación geográfica, la Microcuenca de la quebrada la esperanza se encuentra al norte del municipio de Ocaña norte de Santander hace parte del corregimiento de aguas claras y parte de la cuenca del rio algodonal.

Imagen 1. Del satélite: muestra la forma del polígono de la Microcuenca.



Fuente. Google earth pro agosto de 2014

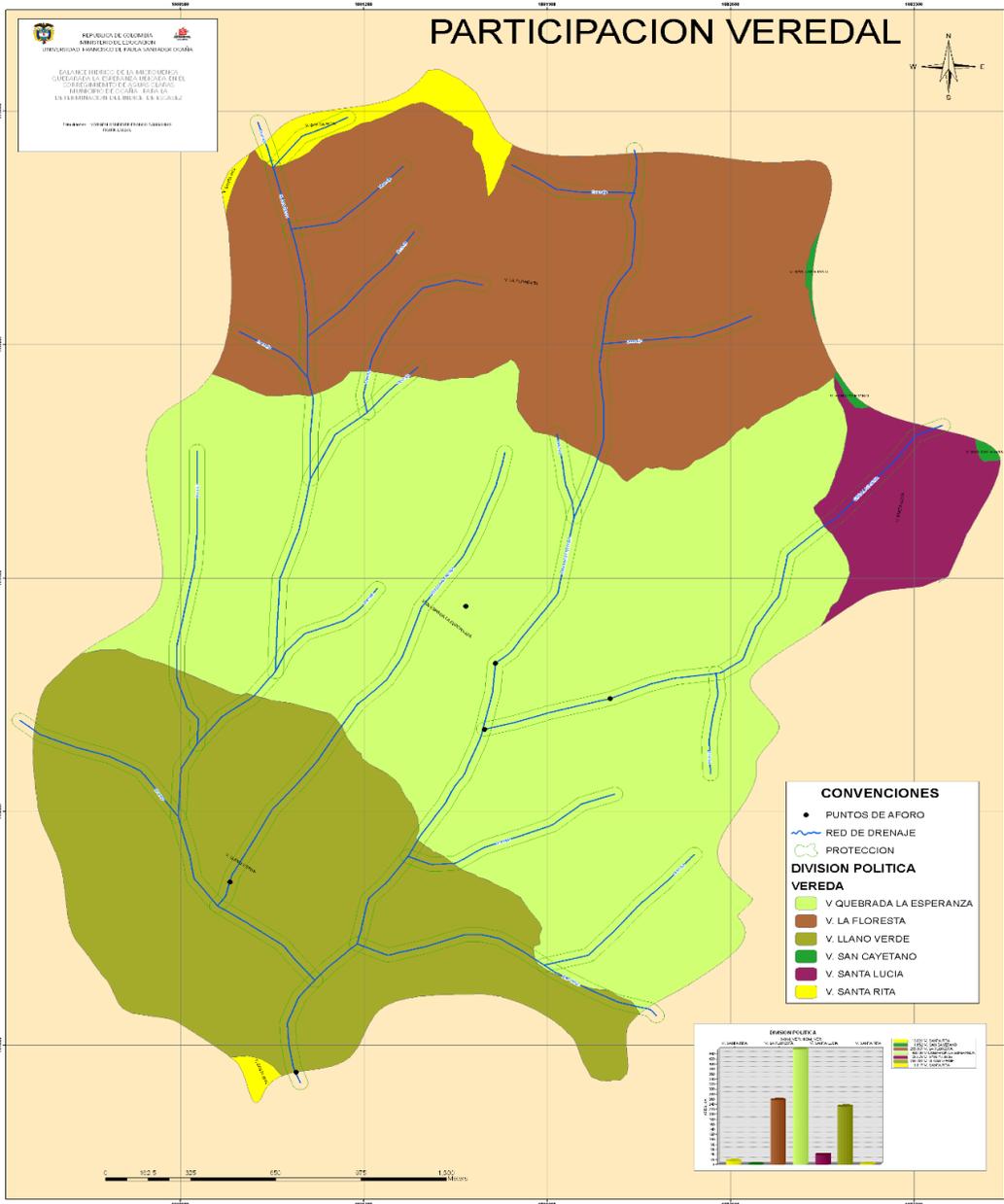
Espacialización de la Microcuenca quebrada la Esperanza. Para conocer el área de influencia de la quebrada la esperanza se procedió a traslapar el polígono de formato vectorial del límite espacial de la Microcuenca quebrada la esperanza sobre el polígono oficial de límites veredales del municipio de Ocaña para realizar la sustracción de información geográfica y luego se calcularon los centroides del polígono para generar las coordenadas planas.

Cuadro 3. Relación de las veredas y su área dentro del límite de la Microcuenca, quebrada la Esperanza.

RELACION DE LAS VEREDAS Y SU AREA DENTRO DEL LIMITE DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA			
NOMBRE DE LA VEREDA	AREA(Ha)	COORDENADA X	COORDENADA Y
V. SANTA RITA	13.82099	1081232.28	1418934.156
V. SAN CAYETANO	1.661636	1083210.844	1417883.891
V. LA FLORESTA	255.637118	1081859.563	1418280.894
V QUEBRADA LA ESPERANZA	456.689512	1081769.927	1416747.384
V. SANTA LUCIA	38.577815	1083255.824	1417322.618
V. LLANO VERDE	230.781482	1080797.243	1415724.949
TOTAL	997.168553		

Fuente. Autores del proyecto.

Imagen 2. Partición veredal.



Fuente de los Datos geográficos: SIG OT, Datos abiertos de Esri. Elaboración: Autores del proyecto

4.1.2 Características morfológicas de la Microcuenca quebrada la Esperanza.

Parámetros físicos

Área o magnitud de la cuenca (Ac). Esta es el área plana o proyección horizontal, delimitada por su divisoria o parte aguas (diferente a superficie), para el caso de la Microcuenca objeto de este estudio su área es :

$$A_c = 1054.81 \text{ Ha} = 10.54 \text{ km}^2$$

Perímetro de la Microcuenca (p). Esta es la medición lineal del parte aguas o divisoria y es expresada en Km la Microcuenca de la quebrada la esperanza tiene un perímetro de:

$$P = 14.84 \text{ km}$$

Longitud de la Microcuenca (L_c). Esta es la longitud medida desde la salida de la Microcuenca hasta el límite de la divisoria paralela al cauce principal a lo largo de una línea recta y la cual se expresa en km

$$L_c = 4.25 \text{ km}$$

Forma de la Microcuenca. Esta característica afecta la forma de descarga de la corriente principalmente en los eventos de flujo máximo.

Para evaluar la forma de la Microcuenca se tomó la decisión de usar el índice de Gravelius o compacidad

H. Gravelius definió el llamado coeficiente de compacidad (C_c), como el cociente adimensional entre (p) el perímetro de la Microcuenca y el perímetro de un círculo (P_c), con área igual al tamaño (Ac) de la Microcuenca en km², es decir:

$$C_c = P/P_c = 0.282P/\sqrt{A_c}$$

$$C_c = 14.84/11.47 = 0.282P/\sqrt{A_c}$$

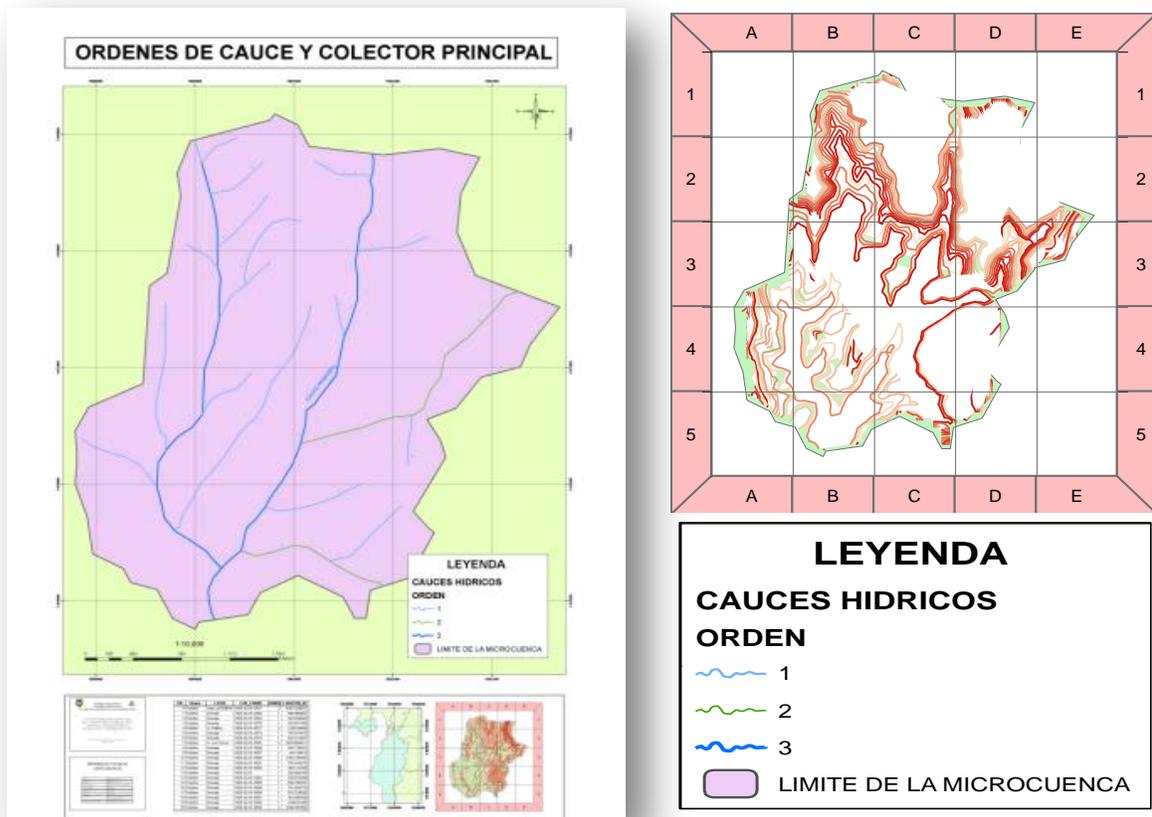
Como resultado del cálculo en el software ArcGIS 10.2 y después de transpolar la información del DEM con el vectorial de la cuenca el resultado del factor de forma de la Microcuenca.

$$C_c = 1.29$$

Microcuenca irregular menos susceptible a inundaciones

Numero de orden de cauce y colector principal. Esta es una clasificación que refleja el grado de ramificación dentro de una Microcuenca, para realizar esta clasificación dentro de la Microcuenca se usaron como insumos un DEM a 30mtrs de resolución que fue recortado con el vectorial de la Microcuenca de la quebrada la esperanza y se realizaron las correcciones de los sumideros para evitar la pérdida de información en el modelo Ráster.

Imagen 3. Orden de cauces y curvas de nivel de la Microcuenca



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

Basados en la información obtenida de la generación de la cartografía se determinó que la Microcuenca es de 3 orden dado que este el orden de la corriente principal denominada quebrada la esperanza.

Longitud de cauces (L). Esta es la medición lineal de la longitud y la cual se expresa en km, para el caso del drenaje principal se debe considerar desde el punto de desfogue de la cuenca o Microcuenca hasta su cabecera principal el resto es medido desde la cabecera hasta su lugar de descarga.

$$L = 23.71\text{km}$$

Cuadro 4. Longitudes de cauces en la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.

LONGITUD DE CAUCES EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBARADA LA ESPERANZA				
NOMBRE	COD_CORRIE	ORDEN	LONGITUD EN METR	LONGITUD EN KM
Qda La ESPERANZA	1605-02-01-0	3	4387.029637	4.38703
Drenaje	1605-02-01-0	1	586.988487	0.586988
Drenaje	1605-02-01-0	1	502.549829	0.50255
Drenaje	1605-02-01-0	1	433.041558	0.433042
Q. Publico	1605-02-01-0	2	1260.84689	1.260847
Drenaje	1605-02-01-0	1	765.915474	0.765915
Drenaje	1605-02-01-0	1	834.312887	0.834313
Q. Los Cucos	1605-02-01-0	3	3870.660411	3.87066
Drenaje	1605-02-01-0	1	548.739302	0.548739
Drenaje	1605-02-01-0	1	641.99413	0.641994
Drenaje	1605-02-01-0	1	1283.335853	1.283336
Drenaje	1605-02-01-0	1	755.449275	0.755449
Drenaje	1605-02-01-0	1	365.127538	0.365128
Drenaje	1605-02-01	1	202.699156	0.202699
Drenaje	1605-02-01-0	1	530.570546	0.530571
Drenaje	1605-02-01-0	1	609.796357	0.609796
Drenaje	1605-02-01-0	1	331.693715	0.331694
Drenaje	1605-02-01-0	1	832.529029	0.832529
Drenaje	1605-02-01-0	1	362.956708	0.362957
Drenaje	1605-02-01-0	1	2258.91295	2.258913
Drenaje	1605-02-01-0	2	2346.587682	2.346588
LONGITUD DE CAUCES				23.711738

Fuente. Autores del proyecto

Densidad de drenaje (Dd). Esta se define como la longitud total de los cauces (L) dentro de la cuenca dividida entre el área total de drenaje (A_c), y es expresada mediante la relación:

$$D_d = L/A_c$$

$$= 23.71/10.54$$

$$= 2.24\text{Km}/\text{KM}_2$$

La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la Microcuenca ante un aguacero y por tanto será condicionante del Hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca o Microcuenca a mayor densidad de drenaje más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera basado en los resultados de densidad de drenaje se puede asegurar que la Microcuenca quebrada la esperanza presenta un drenaje pobre.

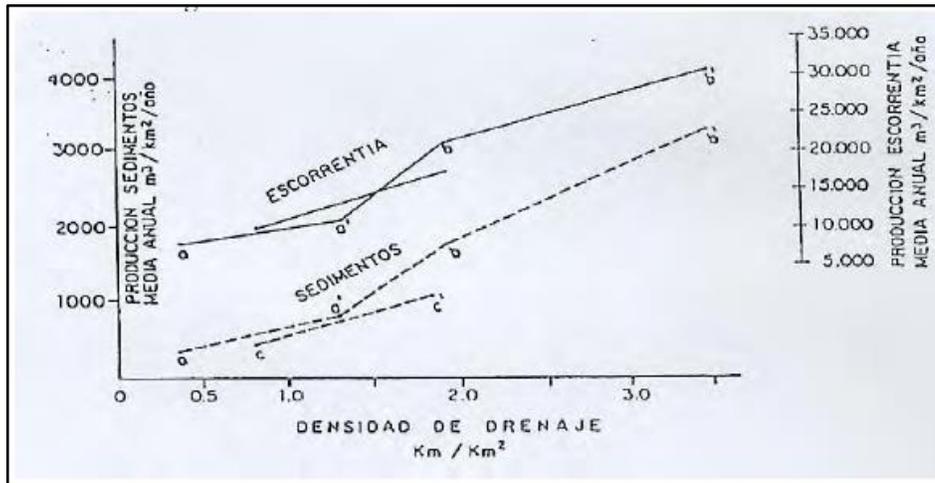
4.1.3 Densidad de la corriente. Esta es definida mediante la relación del número total de cauces (N_u), independientemente del número de orden de cauce (U), entre el área de la cuenca (A_c) o sea:

$$D_c = U_n / A_c$$

$$D_c = 21 / 10.54$$

$$D_c = 1.99 \text{ Km/KM}^2$$

Imagen 4. Densidad de drenaje.



Fuente. Manejo sustentable de cuencas hidrográficas

Relación entre la densidad del drenaje y la producción de sedimentos de una Microcuenca. Usando como modelo la imagen 4 y los resultados en el cálculo de densidad de drenajes obtenida a partir de la ecuación específica podemos inferir que la Microcuenca de la quebrada la esperanza presenta un arrastre de sedimentos de 1900m³/km²/año, no existe manera de que por medio de esta investigación sepamos el origen de estos sedimentos.

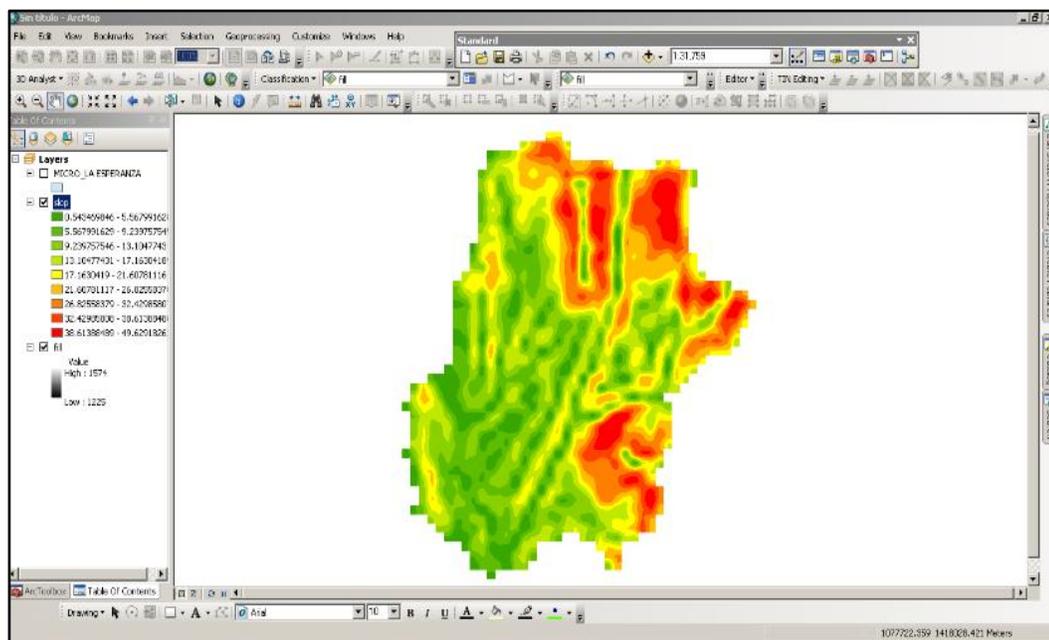
Parámetros de relieve. Pendiente y elevación media de la Microcuenca quebrada la Esperanza. La altura media de la cuenca tiene la influencia fundamental en el régimen hidrológico puesto que la tiene sobre precipitaciones que alimentan el ciclo hidrológico a partir de la curva Hipsométrica se puede determinar de forma fácil la elevación media de la Microcuenca cuenca (Linsey et. al 1994), la cual equivale a la cota correspondiente al 50% del área, esto nos permitió definir el relieve de la Microcuenca por medio de esta curva.

Las curvas hipsométricas reflejan características del ciclo erosivo de la Microcuenca y del tipo de cuenca. Para hallar la pendiente media de la Microcuenca y construir su curva Hipsométrica se necesitó de dos insumos básicos, el primero de ellos un DEM a 15 metros de resolución y el segundo el polígono generado a partir del hidrology y su herramienta watershed

Al DEM se le realizaron las correcciones de los sumideros y se interpoló con el modelo vectorial de los límites de la Microcuenca. La metodología para obtener los resultados esperados es la siguiente:

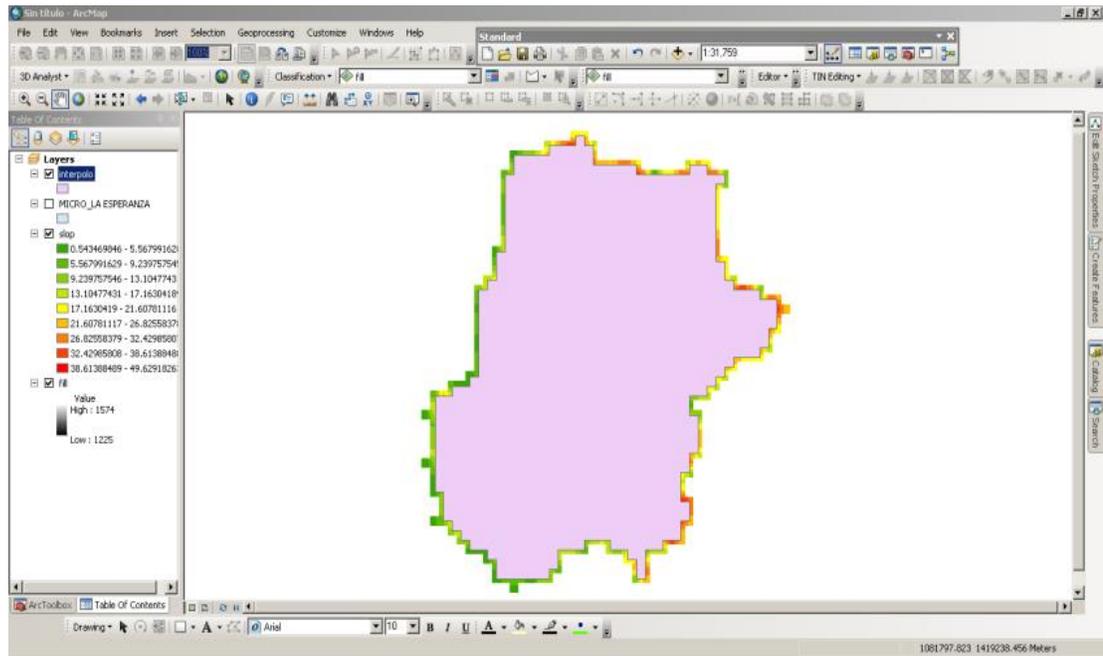
Crear el mapa de pendientes, interpolar el mapa de pendientes y determinar la pendiente media

Imagen 5. Ráster de pendientes de la Microcuenca.



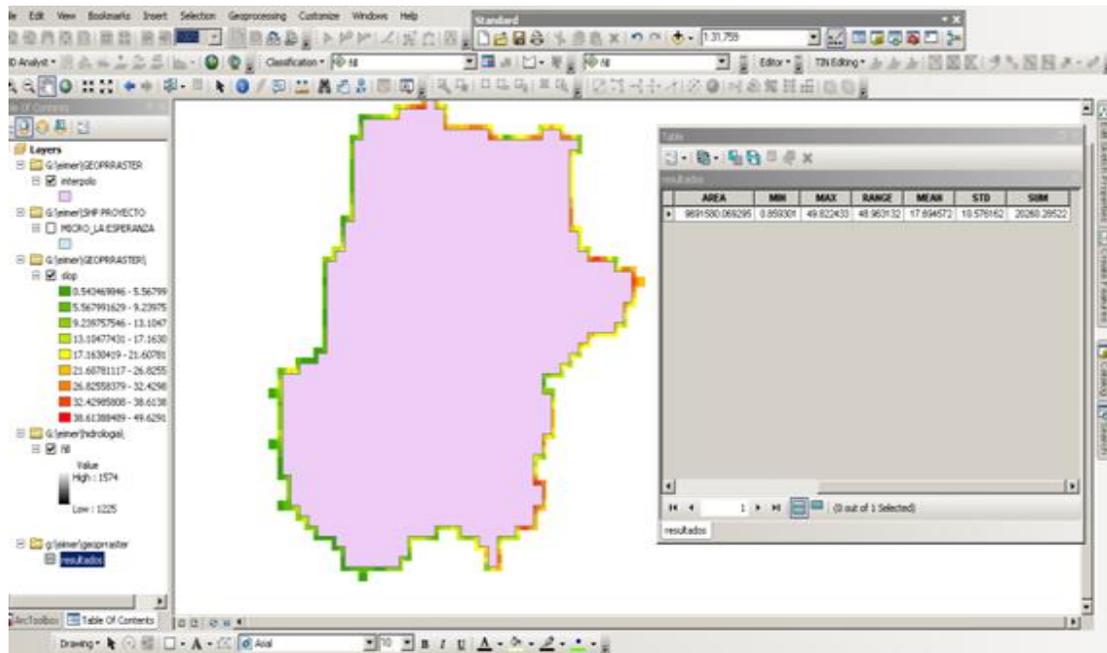
Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

Imagen 6. Interpolación del Ráster de pendientes y el shp de la Microcuenca



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

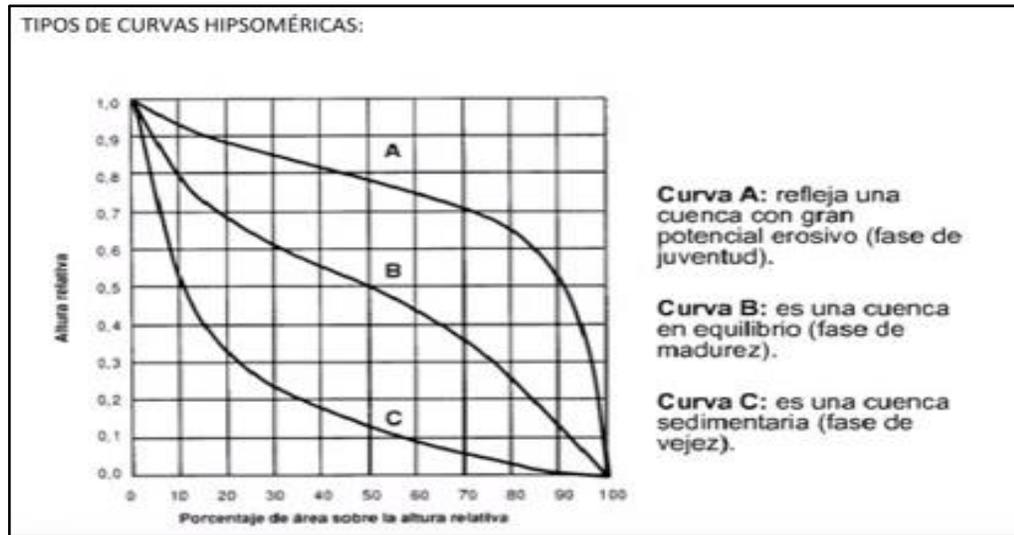
Imagen 7. Resultado de la pendiente media de la cuenca.



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

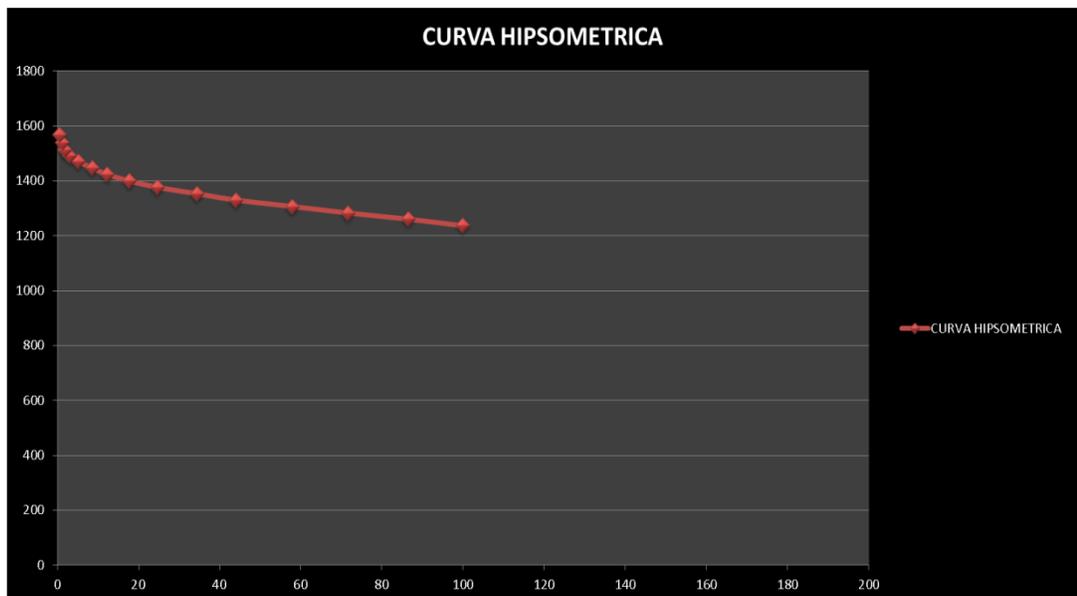
Luego de realizar el proceso de cálculo con el software ARCGIS 10.2.2 se determinó que la pendiente media de la Microcuenca quebrada la esperanza es 17.69% para determinar este dato geo estadística se usó la clasificación de pendientes complejas del IGAC

Imagen 8. Tipo de curvas hipsométricas.



Fuente. Manejo sustentable de cuencas hidrográficas.

Imagen 9. Curva hipsométrica de la Microcuenca quebrada la Esperanza.



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

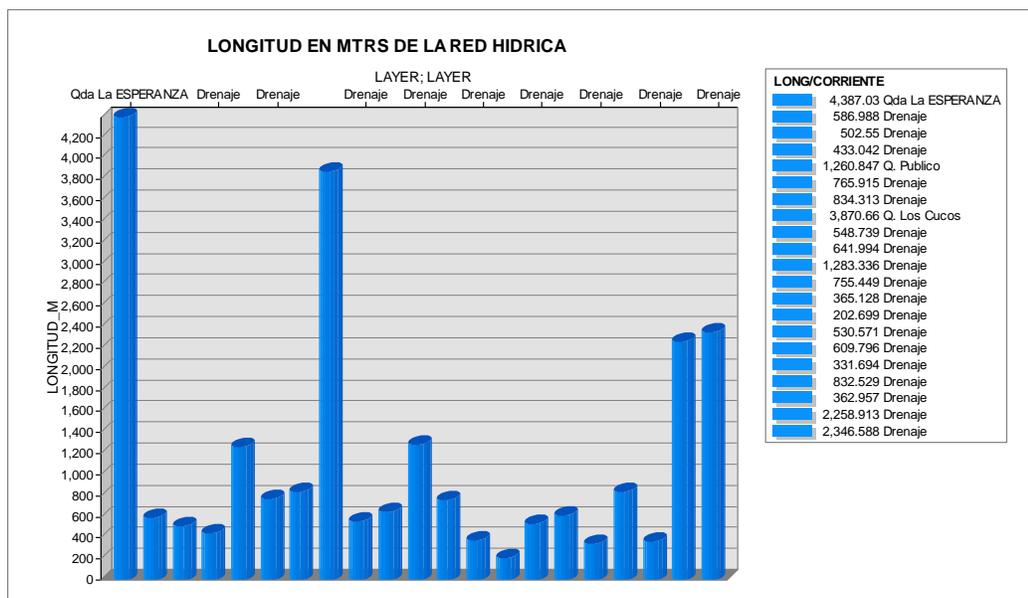
Según la curva Hipsométrica obtenida de graficar de los datos geomorfológicos de la Microcuenca de la Microcuenca la Esperanza y encontrando una similitud con la imagen de tipos de curvas Hipsométricas se puede concluir que es una Microcuenca con gran potencial erosivo en una fase de juventud en términos geológicos.

Cuadro 5. Información morfométricas de la Microcuenca quebrada la Esperanza.

INFORMACION MORFOMETRICA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA						
AREA	MIN	MAX	promedio	acumulado	%acumulado	
1413531.77	1225	1248	1236.5	10529542	100	
1574352.74	1249	1271	1260	9116010.25	86.5755627	
1447388.81	1272	1294	1283	7541657.5	71.62379421	
1464317.34	1295	1318	1306.5	6094268.69	57.8778135	
1007247.19	1319	1341	1330	4629951.35	43.97106109	
1015711.45	1342	1364	1353	3622704.17	34.40514469	
744855.062	1365	1387	1376	2606992.72	24.75884244	
575569.821	1388	1411	1399.5	1862137.66	17.68488746	
372427.531	1413	1434	1423.5	1286567.83	12.21864952	
372427.531	1435	1457	1446	914140.303	8.681672026	
220070.814	1461	1479	1470	541712.772	5.144694534	
118499.669	1481	1501	1491	321641.959	3.054662379	
67714.0966	1505	1521	1513	203142.29	1.92926045	
76178.3586	1529	1549	1539	135428.193	1.286173633	
59249.8345	1563	1574	1568.5	59249.8345	0.562700965	
10529542						

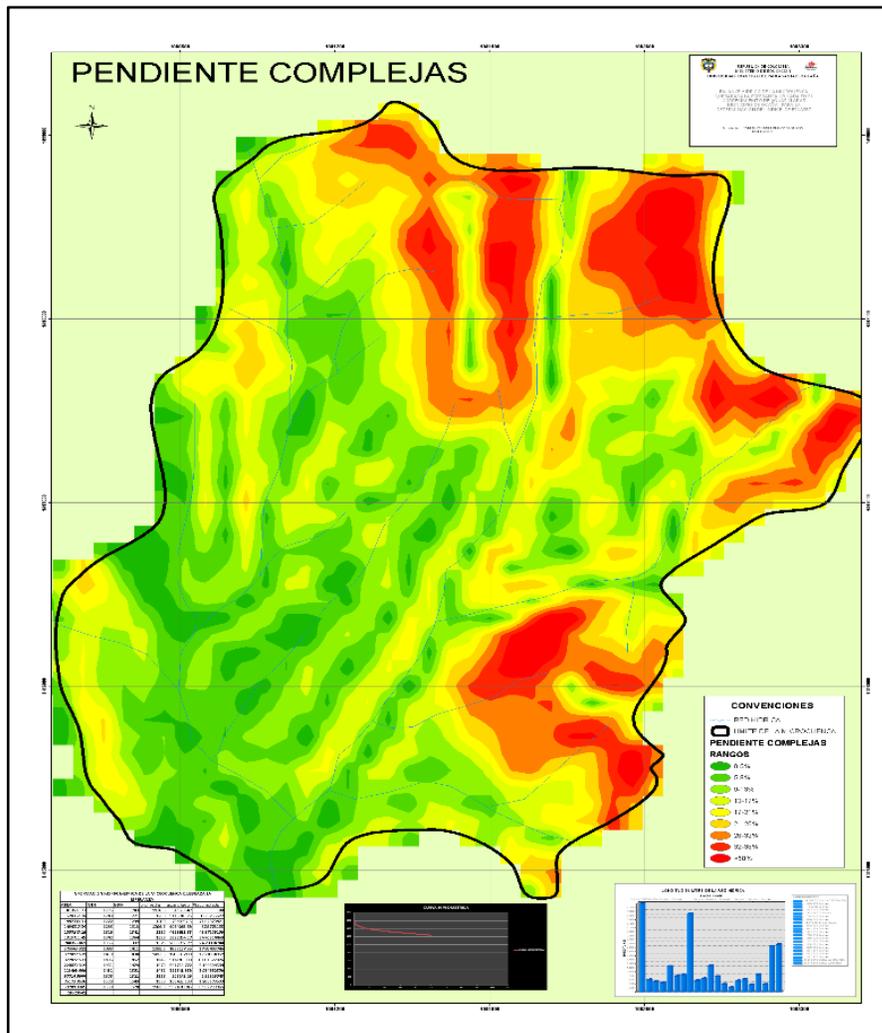
Fuente. Autores del proyecto.

Grafica 1. Longitud.



Fuente. Autores del proyecto.

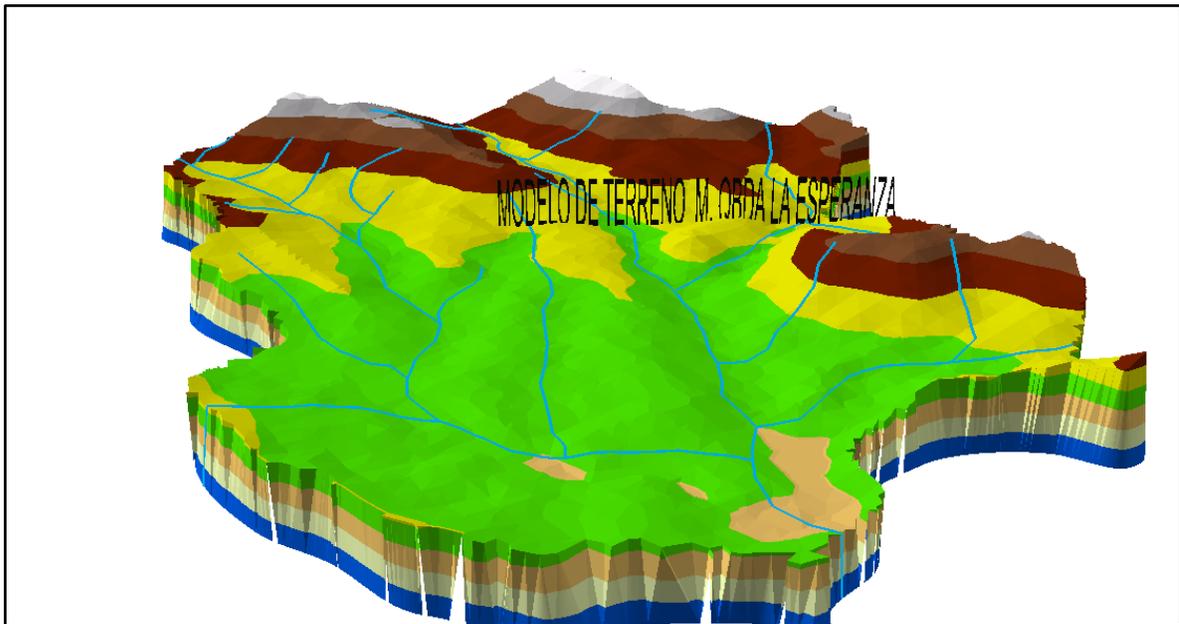
Imagen 10. Pendientes complejas.



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

La Microcuenca de la quebrada la esperanza presenta rangos de pendientes complejas que van desde 0 has mayores al 50%, como se puede observar en la salida grafica de pendientes del terreno a una escala cartográfica de 1:8000 al norte de la geografía de la Microcuenca se presentan las mayores pendientes las cuales se reclasificaron según IGAC del 26 a mayores del 50% estableciendo de igual forma que la pendiente media de la Microcuenca es del 17.69%.

Imagen 11. En 3D del relieve presente en la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.

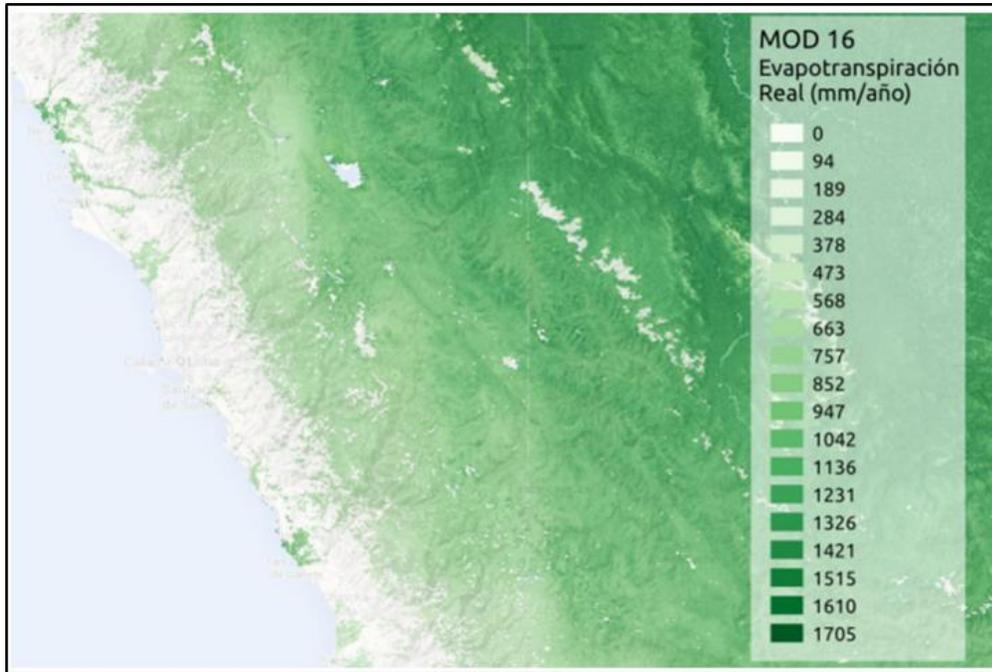


Fuente. Autores del proyecto, Datos geofísicos y geográficos: ASTERGDDEM Y SIGOT

Para apoyar el análisis de terreno de la Microcuenca quebrada la esperanza se realizó un modelo de terreno denominado por sus siglas en ingles TIN (Triángulate Irregular Network), el cual fue creado a partir de un DEM con una resolución de 30 Mts de resolución adquirido del geo portal del departamento de geología de los estados unidos

Este TIN, representa la superficie de la Microcuenca quebrada la esperanza y el cual concuerda con el mapa temático de pendientes complejas de la microcuenca, dejando ver de forma clara que la microcuenca presenta su topografía más quebrada en la parte alta de esta pero que en términos generales su paisaje es de montaña

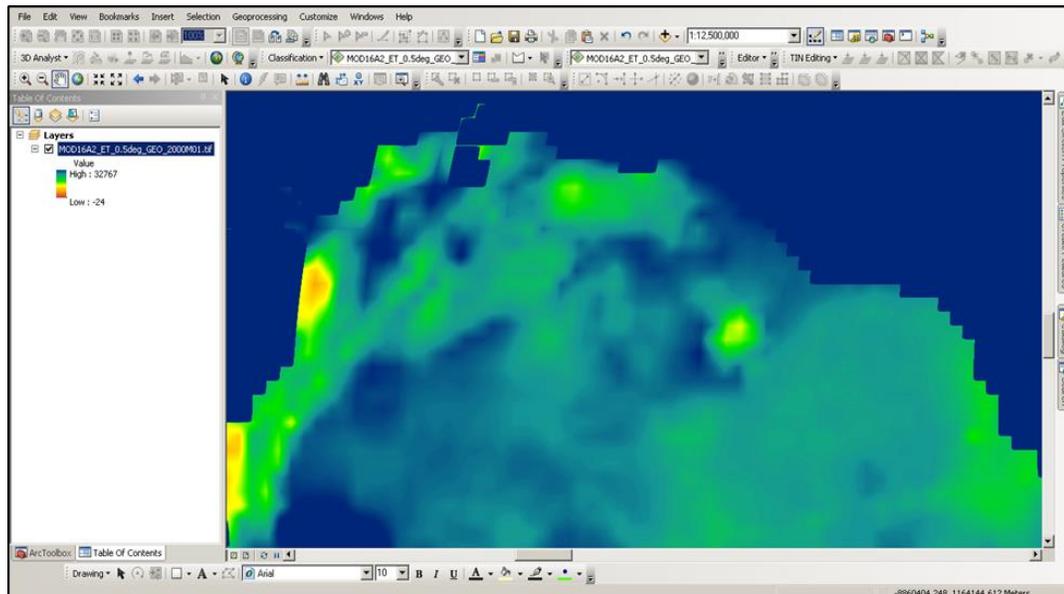
Imagen 12. MOD16 para la medición de la evapotranspiración actual



Fuente: autores del proyecto de investigación

En el software SIG ARGIS 10.2 se realizó la sustracción de información mediante Geoproceso y herramientas de análisis Ráster y de esta manera obtener información de la evapotranspiración y añadir esta información a las series de tiempo para su depuración y poder generar el mapa de balance hídrico de la microcuenca quebrada la esperanza

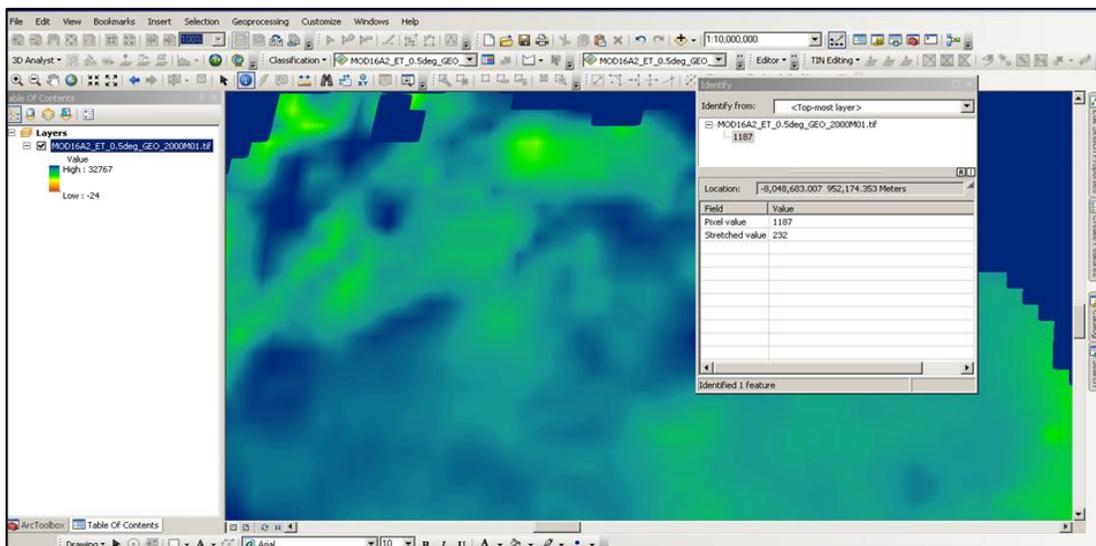
Imagen 13. Archivo MOD 16 importado a la plataforma ARCGIS 10.2.2



Fuente: Autores del proyecto

Una vez corregida la MOD16, se procedió a la revisión del valor de los píxeles en cada una de las zonas de los pares de coordenadas geográficas de la microcuenca quebrada la esperanza para de esta forma compararlos con el histograma y definir los rangos de reclasificación del Ráster que se generó a partir de este archivo

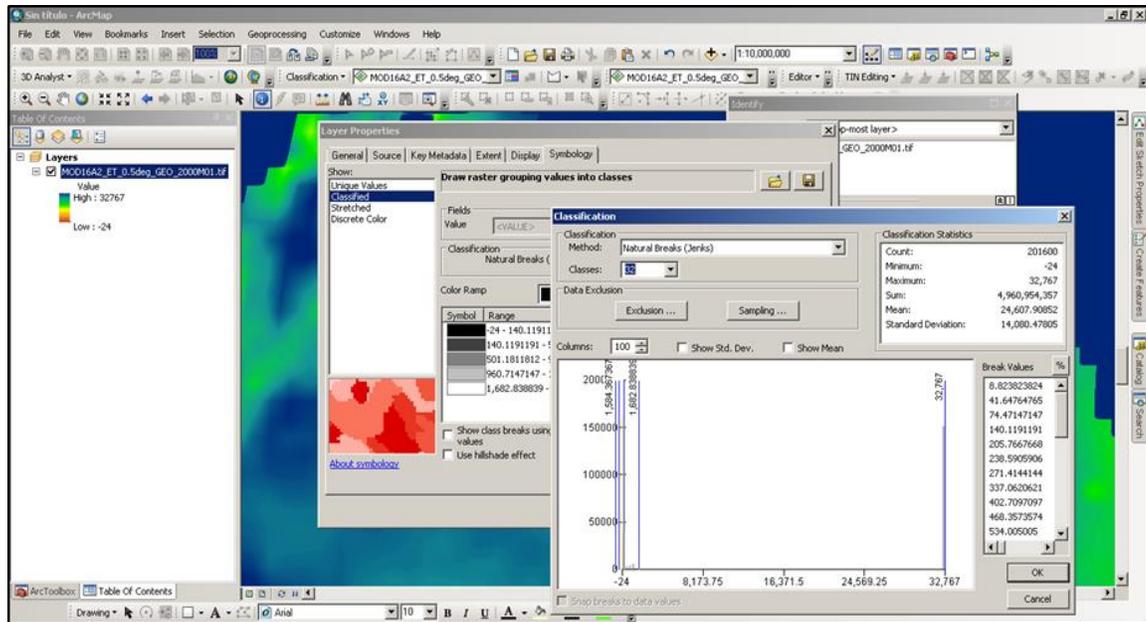
Imagen 14. Archivo MOD 16 importado a la plataforma ARCGIS 10.2.2



Fuente: Autores del proyecto

Luego se procedió a la revisión de los histogramas y la extracción de sus valores para incluir en la base de datos de las estaciones que se crearon de forma aleatoria sobre el área superficial de la microcuenca quebrada la esperanza

Imagen 15. Revisión de Histograma y extracción de valores para alimentar las bases de datos climáticos



Fuente: MOD16, Autores del proyecto

New_LocClim: Local Estimador Climático

Este es un programa y software de base de datos con el cual se apoyó el trabajo técnico de este proyecto de grado y el cual brinda estimaciones de las condiciones climáticas medias y se aplica para los lugares donde no se cuenta con la posibilidad de tener información de este tipo, caso que ocurre en la microcuenca quebrada la esperanza aprovechando la robustez y diferentes funciones que presenta el software se realizó la extracción de datos en varios formatos de bases de datos para su posterior procesamiento y gráficos como se muestra en la parte superior del documento, los gráficos y mapas que genera el programa se basan en varios modelos geoestadística de interpolación pero los autores de este proyecto de grado tomaron la decisión de usar el método Kriging para la interpolación y depuración de datos a estos datos les incluimos los datos climáticos entregados por el IDEAM y luego de la depuración de las series de tiempo se generaron las estaciones meteorológica y se procedió a darles una organización aleatoria dentro del área de la microcuenca y a procesar esta información

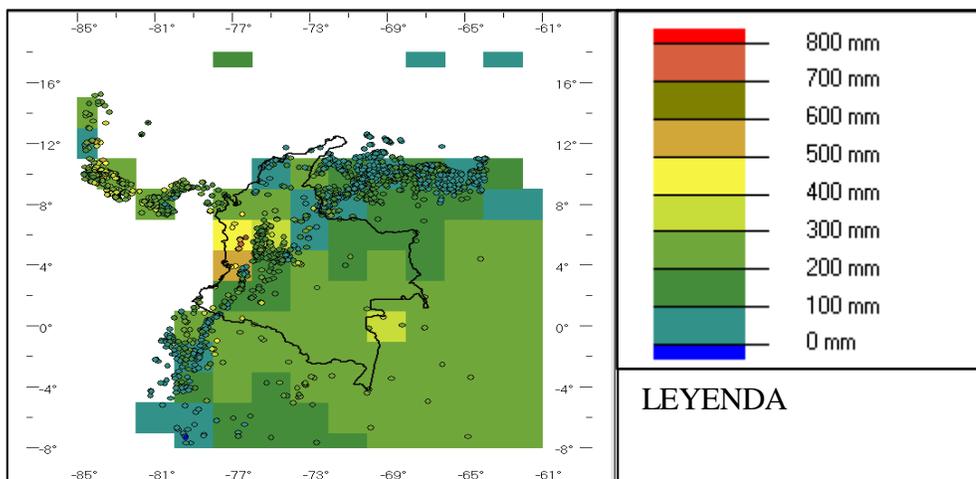
Imagen 16. Interfaz de trabajo del software de simulación de clima



Fuente: MOD16, Autores del proyecto

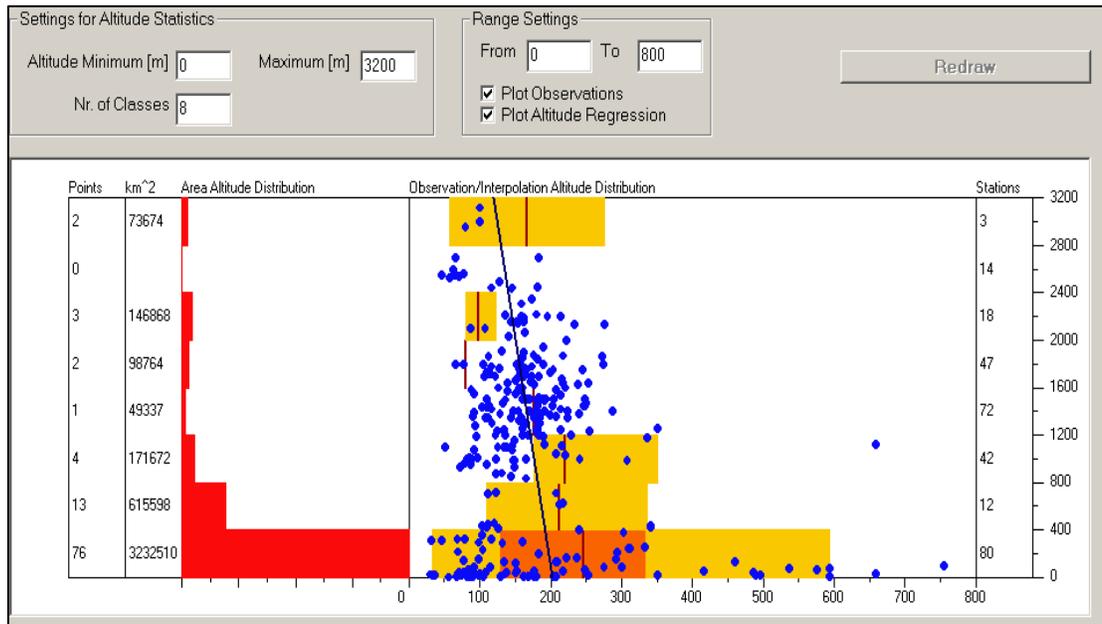
Se inició con la revisión técnica de las estaciones de las base de dato de la FAO y poder obtener de forma posterior los mapas temáticos con sus respectivas leyendas e ir extrayendo los datos para alimentar las bases de datos y depurar de esta forma las series de tiempo

Figura 4. Mapa de precipitaciones



Fuente: autores del proyecto

Gráfica 2. Observación por interpolación vs altitud



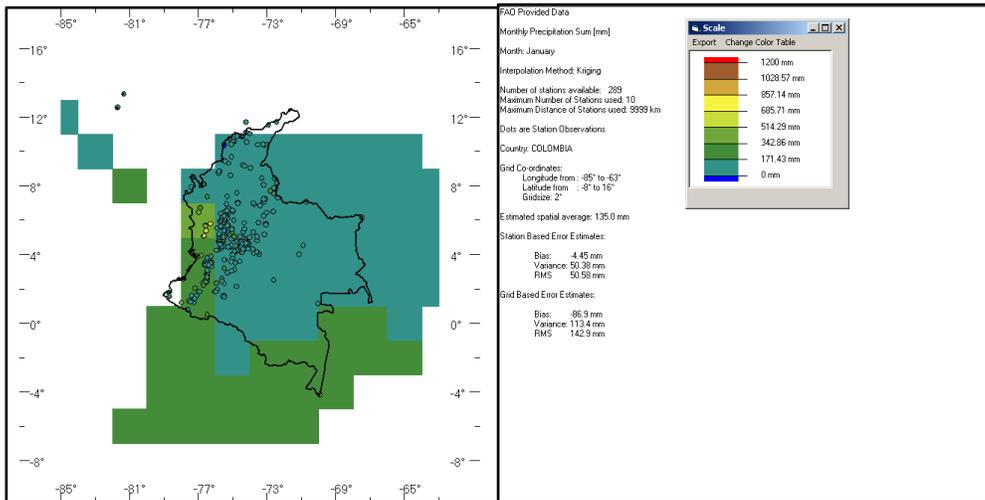
Fuente: Software New_LocClim

Para la depuración de la serie de tiempo se generó la gráfica de observación por interpolación vs altitud de distribución de las estaciones analizada frente al área del país con el mismo factor altitudinal. Y de esta forma se pudo ponderar los datos para el área de influencia de la microcuenca

Para constatar y confrontar los datos se realizó la extracción de la precipitación mensual del año 2015 a nivel nacional

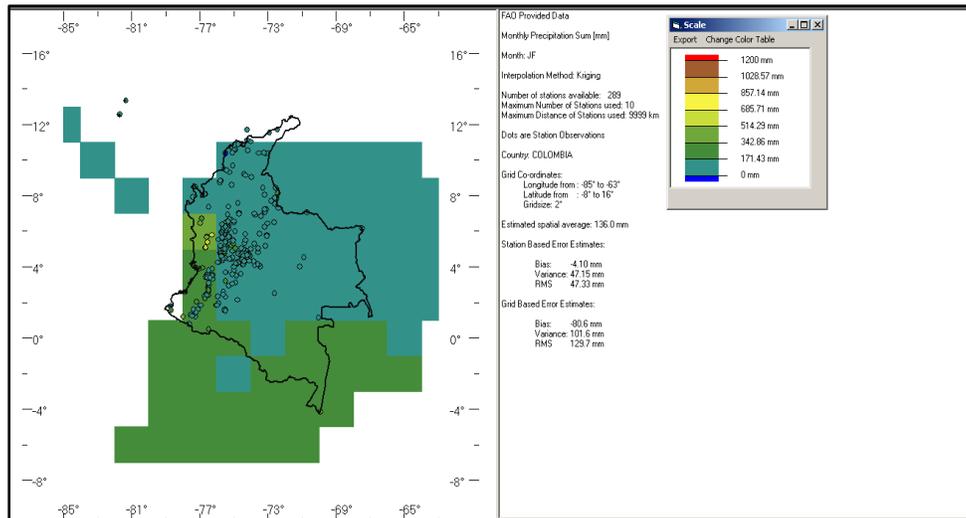
A continuación se relacionas los mapas generados con los datos de precipitación de mensual para el año 2015 y que fueron obtenidos através de la FAO

Figura 5. Mapa de precipitación enero 2015



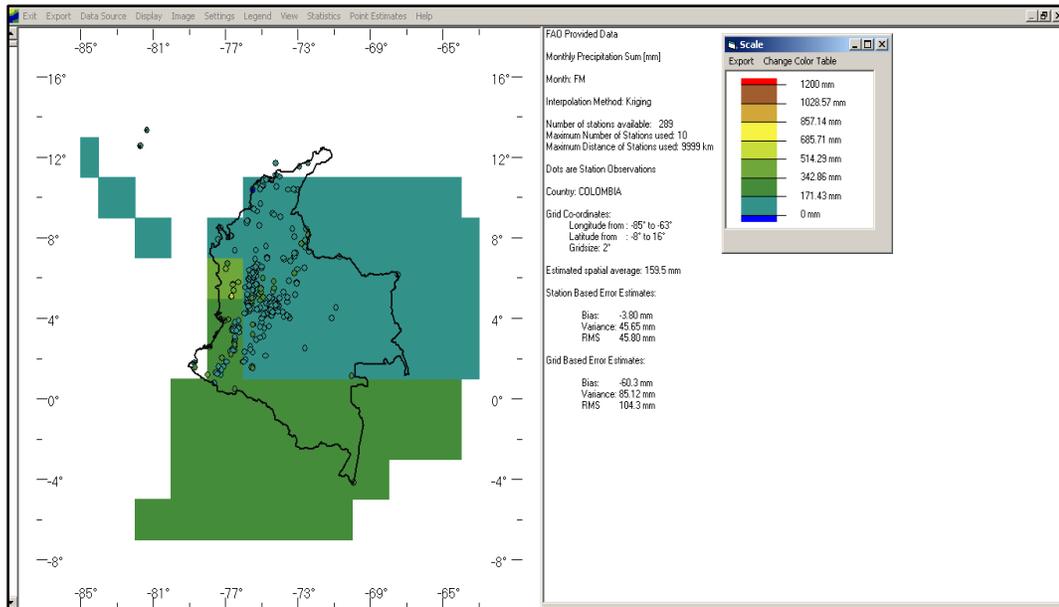
Fuente: Software New_LocClim

Figura 6. Mapa de precipitación enero vs febrero



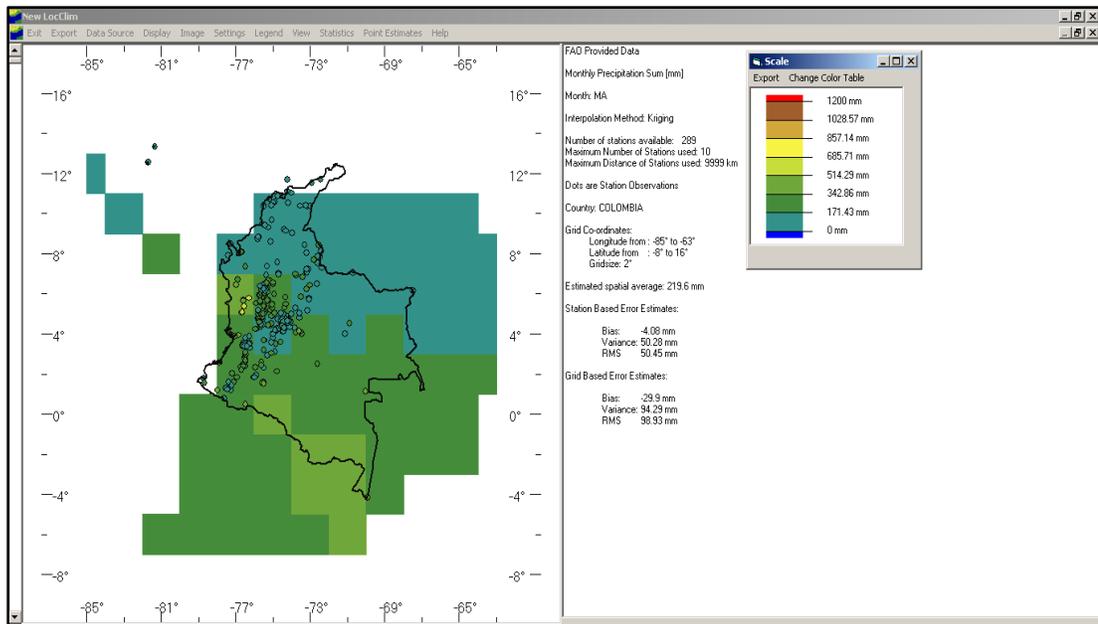
Fuente: Software New_LocClim

Figura 7. Mapa de precipitación febrero – marzo Colombia



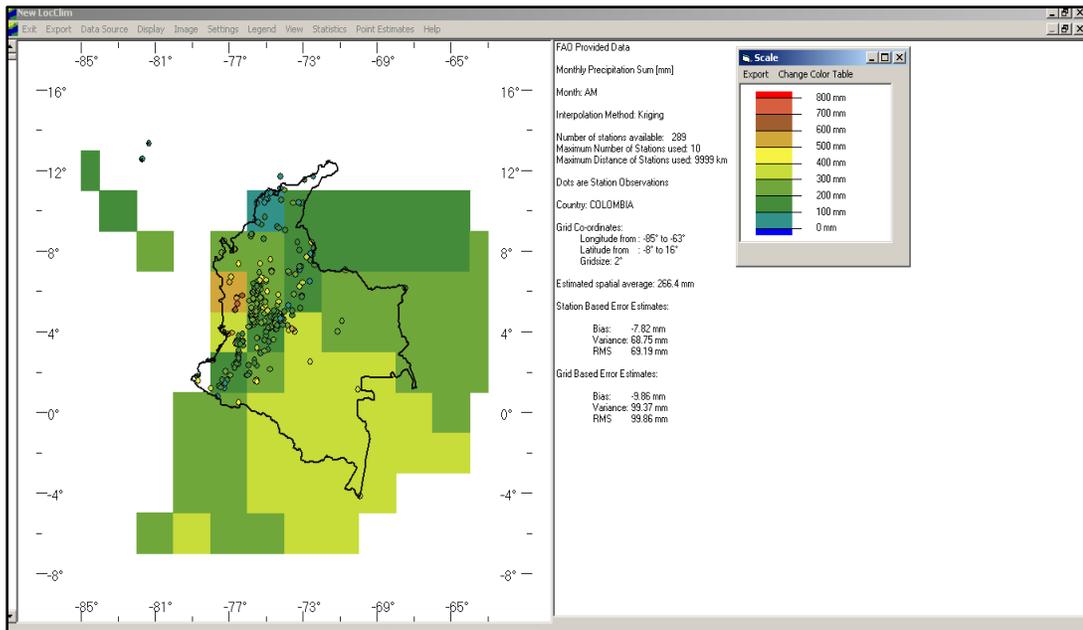
Fuente: Software New_LocClim

Figura 8. Mapa de precipitación marzo – abril



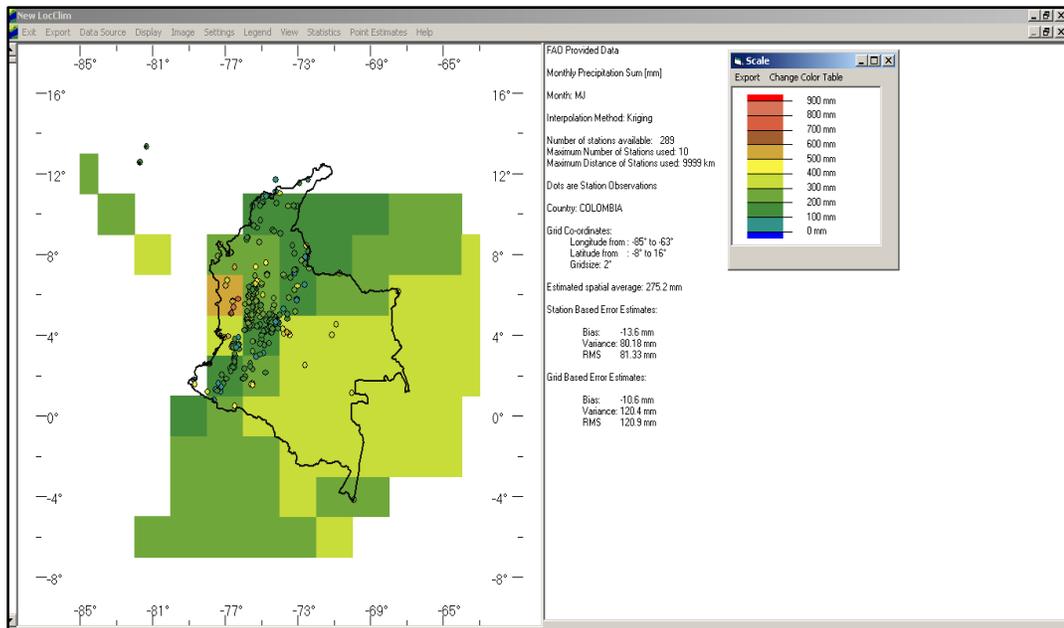
Fuente: Software New_LocClim

Figura 9. Mapa de precipitación Abril – Mayo



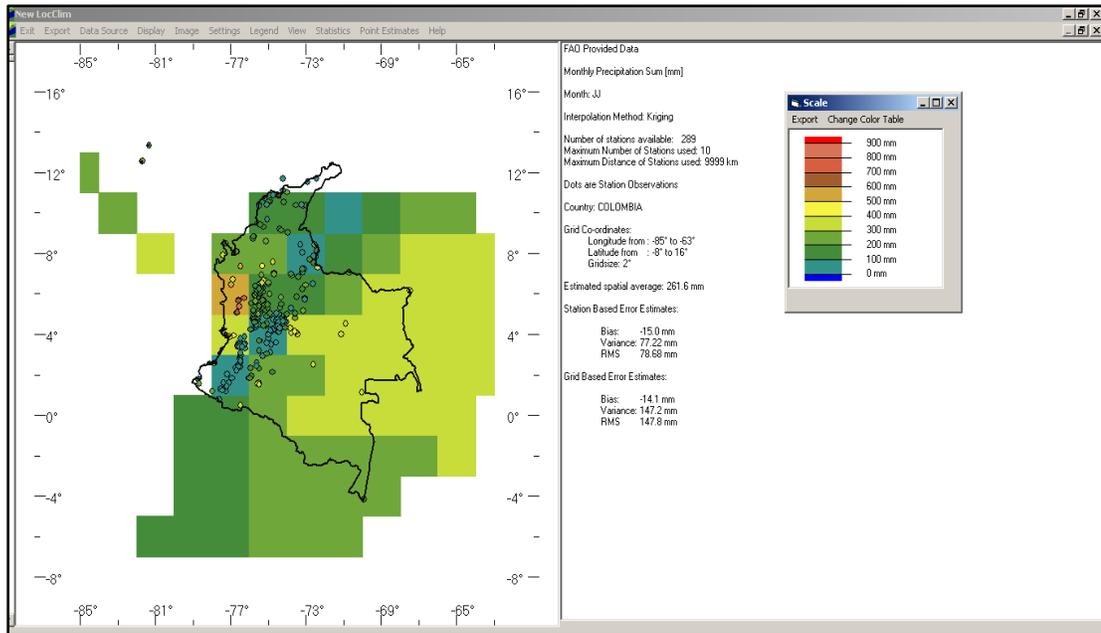
Fuente: Software New_LocClim

Figura 10. Mapa de precipitación Mayo – Junio



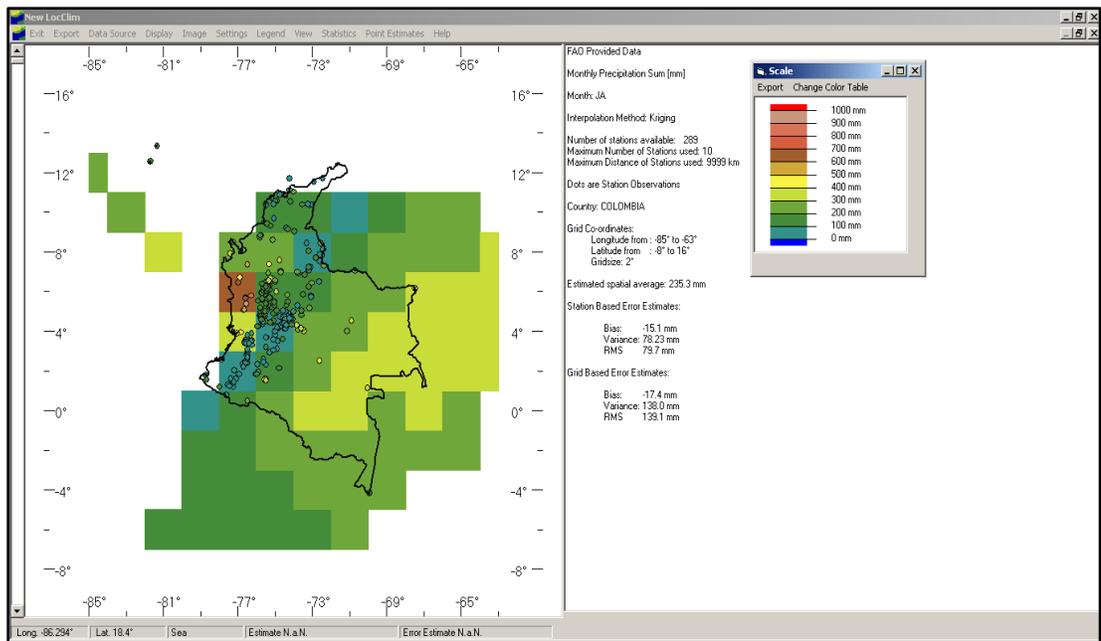
Fuente: Software New_LocClim

Figura 11. Mapa de precipitación junio - julio



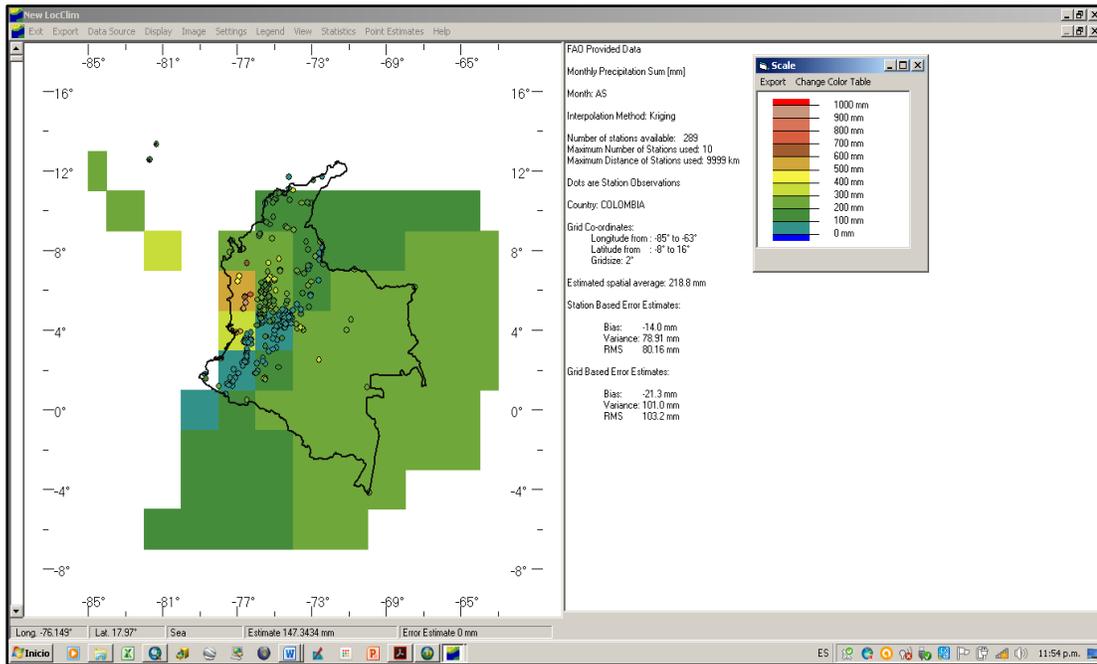
Fuente: Software New_LocClim

Figura 12. Mapa de precipitación julio – agosto



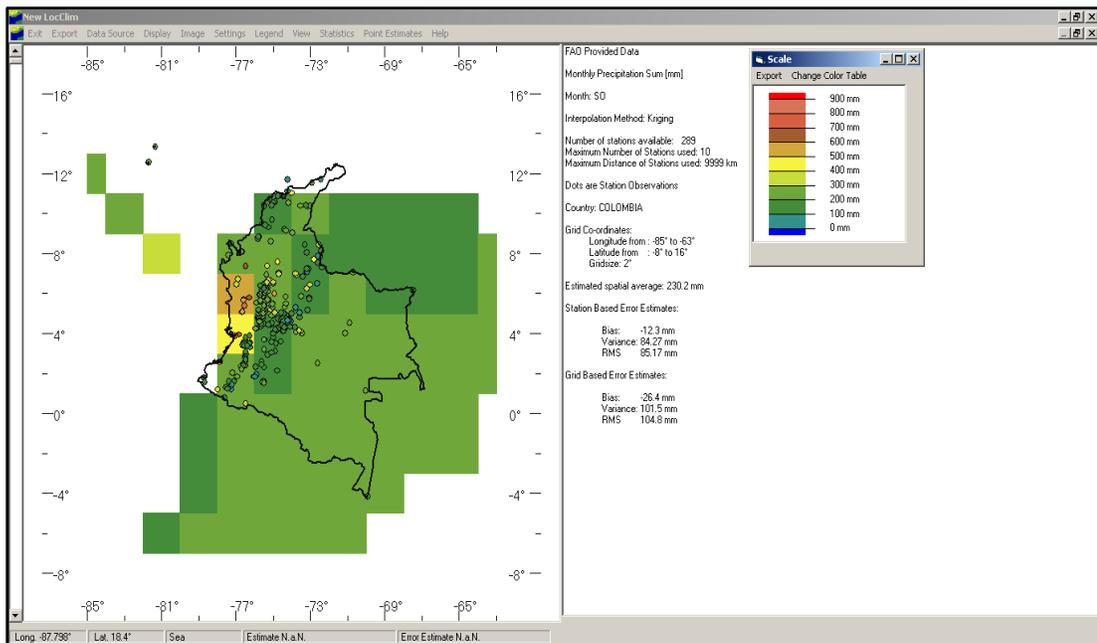
Fuente: Software New_LocClim

Figura 13. Mapa de precipitación Agosto – Septiembre



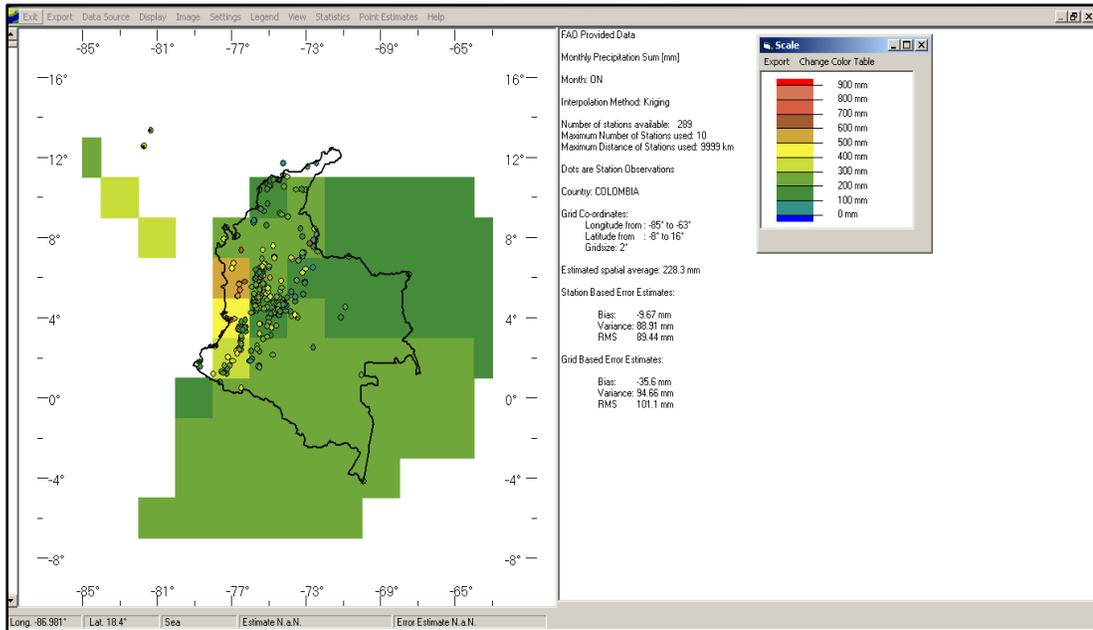
Fuente: Software New_LocClim

Figura 14. Mapa de precipitación Septiembre – Octubre



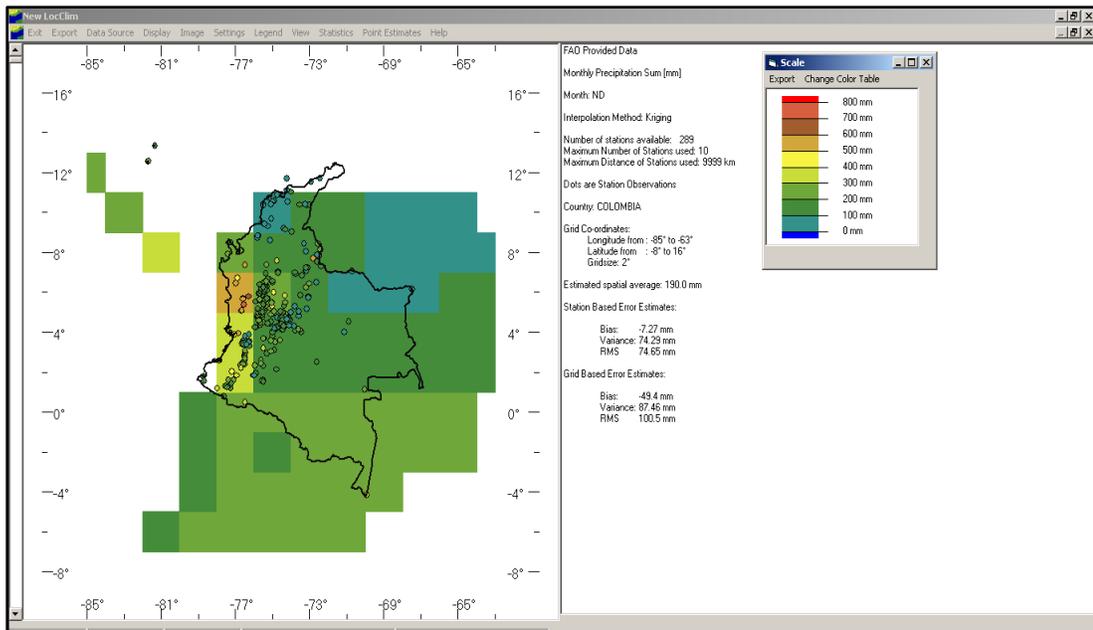
Fuente: Software New_LocClim

Figura 15. Mapa de Precipitación Septiembre –Octubre



Fuente: Software New_LocClim

Figura 16. Mapa de precipitación Octubre –Noviembre



Fuente: Software New_LocClim

Imagen 17. Datos de precipitación obtenidos del software New_LocClim

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias	Vertical Gradient	Longitudinal Gradient	Latitudinal Gradient	Gradient Direction	Gradient Direction	Absolute Gradient	Expl. Var of Alt. Corr.	Expl
Prec	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/100m]	[mm/100km]	[mm/100km]	Degrees		[mm/100km]	%	
January	574.00	508.95	639.05	65.05	-20.22								
February	489.00	409.37	568.63	79.63	-13.78								
March	509.00	450.86	567.14	58.14	-10.67								
April	605.00	548.95	661.05	56.05	-13.11								
May	677.00	545.84	808.16	131.16	-25.11								
June	751.00	652.03	849.97	98.97	-30.56								
July	790.00	710.96	869.04	79.04	-25.33								
August	866.00	707.91	1024.09	158.09	-38.33								
September	693.00	590.96	805.04	112.04	-36.22								
October	611.00	487.55	734.45	123.45	-23.56								
November	695.00	587.26	802.74	107.74	-21.56								
December	648.00	567.41	728.59	80.59	-18.22								
Mean	659.00	563.17	754.83	95.83	-23.56								
PET	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/100m]	[mm/100km]	[mm/100km]	Degrees		[mm/100km]	%	
January	92.80	86.27	99.33	6.53	-1.71								
February	87.10	82.10	92.10	5.00	-0.56								
March	100.90	96.15	105.65	4.75	-1.17								
April	97.60	94.74	100.46	2.86	-0.60								
May	95.10	90.89	99.31	4.21	-0.29								
June	95.20	90.58	99.82	4.62	-0.49								
July	98.50	90.59	106.41	7.91	-0.71								
August	101.50	91.58	111.42	9.92	-0.52								
September	96.20	87.56	104.84	8.64	-0.12								
October	92.20	86.17	98.23	6.03	-0.51								

Fuente: software New_LocClim

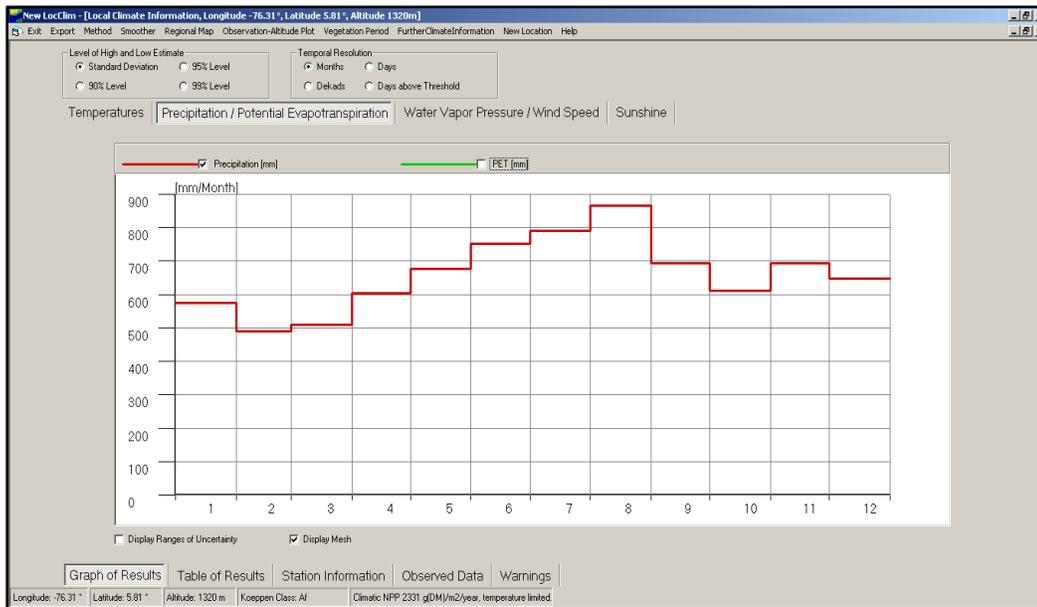
El software nos entregó los datos de precipitación media máxima y mínima durante el año 215, que se entregó por parte del software en un formato de cvs junto con las gráficas para el análisis por el cual de archivo de texto se introduce en la base de datos con motor de lenguaje HSQL para su interpretación por parte del software SIG.

Imagen 18. Datos de precipitación

Month	Precip. (mm)	Days	PET (mm)
1	13.73	365	2.52
2	13.91	365	2.53
3	14.10	365	2.54
4	14.28	365	2.55
5	14.47	365	2.56
6	14.66	365	2.58
7	14.84	365	2.59
8	15.03	365	2.60
9	15.21	365	2.61
10	15.40	365	2.62
11	15.59	365	2.63
12	15.77	365	2.64
1	15.96	365	2.65
2	16.14	365	2.66
3	16.33	365	2.67
4	16.52	365	2.68
5	16.70	365	2.69
6	16.89	365	2.71
7	17.08	365	2.72
8	17.26	365	2.73
9	17.45	365	2.74
10	17.63	365	2.75
11	17.82	365	2.76
12	18.01	365	2.77
1	18.19	365	2.78
2	18.38	365	2.79
3	18.56	365	2.80
4	18.75	365	2.81
5	18.94	365	2.83
6	19.12	365	2.84
7	19.31	365	2.85
8	19.49	365	2.86
9	19.68	365	2.87
10	19.87	365	2.88
11	20.05	365	2.89
12	20.24	365	2.90
1	20.43	365	2.91
2	20.61	365	2.92
3	20.80	365	2.93
4	20.98	365	2.94
5	21.17	365	2.96
6	21.36	365	2.97
7	21.54	365	2.98
8	21.73	365	2.99
9	21.91	365	3.00
10	22.10	365	3.01
11	22.29	365	3.02
12	22.48	365	3.03

Fuente: software New_LocClim 2015

Grafica 3. Datos de precipitación anual desde la interfaz de trabajo del software New_LocClim



Fuente: Software New_LocClim

Como resultado de la depuración de la serie de tiempo se obtienen los promedios de precipitación media mensual entre los años 2005 – 2015 y se consignaron en la siguiente tabla en formato Excel la cual fue el insumo para la base de datos de las estación creadas al azar sobre el área superficial de la microcuenca quebrada la Esperanza y estos fueron interpolados en ARCGIS 10.2 a partir del método geoestadístico Kriging para obtener el Ráster de precipitación

Cuadro 6. Datos depurados de precipitación

Tabla de datos depurados de la precipitación promedio presentada en los últimos diez años en la microcuenca quebrada la Esperanza del año 2005 - 2015												
estacion	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1	10.05	17.17	25.25	108.36	138.26	88.52	82.92	133.94	226.02	66.94	21.09	1072.77
2	17.82	26.9	34.99	127.69	154.21	53.6	36.6	118.1	242	141.5	56.59	1293.89
3	29.81	33.91	49.66	114.23	116.21	82.26	108.96	127.1	178.66	125.96	81.07	1223.06
4	27.91	19.24	35.8	110.53	155.76	104.36	93.35	127.96	178.47	79.32	50.45	1161.33
5	26.87	21.55	52.87	104.21	109.86	77.48	82.67	95.95	155.54	93.87	41.95	1132.6
6	32.39	60.34	89.4	262.82	254.32	129.66	89.69	150.07	302.15	178.68	67.9	1939.01
7	14.41	24.77	43.02	141.61	204.03	75.05	93.26	144.62	254.39	107.64	38.74	1382.08
8	7.59	14.7	21.91	76.19	96.72	49.76	37.46	87.62	146.65	66.03	23.2	792.94
9	29.66	35.38	60.7	98.19	108.38	53.09	48.83	63.59	149.41	99.98	43.14	956.97
10	17.49	36.12	51.22	130.23	176.72	157.87	114.71	145.02	203.47	96.49	53.37	1342.78

Fuente: Software New_LocClim – IDEAM

Cuadro de datos entregados por el IDEAM , información de precipitación de los últimos 10 años en el área de influencia denominado provincia de Ocaña y los cuales se usaron para alimentar y depurar las series de tiempo y perfeccionar la base de datos de precipitación.

Imagen 19. Precipitaciones

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)											SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL				
FECHA DE PROCESO : 2013/12/18			ESTACION : 16055100 UNIV FCO P SANTAND												
LATITUD	0814 N	TIPO EST	CO	DEPTO	NORTE	SANTANDER	FECHA-INSTALACION	1991-DIC							
LONGITUD	7319 W	ENTIDAD	01	IDEAM	MUNICIPIO	OCA#A	FECHA-SUSPENSION								
ELEVACION	1150 m. s. n. m	REGIONAL	08	SANTANDERES	CORRIENTE	ALGOONAL									
AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1991	2	01													
1992	2	01	62.0	.0	.0 3	83.0 3	89.0	66.0	36.0	91.0	88.0	66.0	124.0	12.0	0.0 3
1993	2	01	8.0	11.0	94.0	112.0	108.0	31.0	30.0	55.0	140.0	46.7	46.0	.0	717.0 3
1994	2	01	2.7	80.3	23.3	265.9	238.0	4.8	48.8	88.9	159.0	113.8	205.9	6.3	1237.7
1995	2	01	3.7	.6	62.3	149.5	194.6	147.0	115.0	116.0	239.8	205.4	54.0	3.0	1290.9
1996	2	01	1.0	1.0	47.0	115.0	104.0	167.0	136.0	72.5	167.5	239.2	68.5	29.3	1148.0
1997	2	01	10.7	.2	15.4	91.6	91.3	39.5	16.6	23.1	156.8	57.8	119.5	.0	622.5
1998	2	01	23.2	33.7	110.3	87.0	125.2	71.8	90.6	123.4	201.4	149.2	27.1	41.9	1084.8
1999	2	01	1.4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1.4
2000	1	01	28.4	15.4	2.4	28.6	141.5	45.2	33.0	33.2	397.0	139.9	49.5	83.4	997.5
2001	1	01	3.5	.0	54.8	21.6	147.5	16.4	56.6	28.7	146.9	129.7	73.5	43.6	722.8
2002	1	01	.0	4.0	40.7	146.6	47.9	49.3	24.6	19.0	205.7	111.2	19.3	14.2	682.5
2003	1	01	.8	5.5	110.0	198.5	45.0	99.8	41.8	135.9	188.6	228.9	125.0	22.5	1202.3
2004	1	01	.0	12.7	.0	195.4	79.3	15.8	49.3	39.2 3	137.2	222.3	118.1	35.6	804.9 3
2005	1	01	36.3	18.4	49.6	111.8	149.0	123.4	16.6	60.8	105.7	205.6	137.5	22.9	1037.6
2006	1	01	79.0	1.1	90.7	125.6	188.5	90.0 3	38.5	68.2	144.9	159.7	195.6	1.7	1183.5 3
2007	1	01	3.4	.0	18.3	124.0	268.9	38.0	77.6	152.6	140.0	215.5	96.2	8.9	1143.4
2008	1	01	.0	.3	56.0	91.5	116.2	29.6	87.7	125.3	186.0	142.7	218.3	23.0	1076.6
2009	1	01	15.3	4.1	27.0	79.8	131.1	60.0	20.5	58.2	92.7	85.0	202.5	7.6	783.8
2010	1	01	.2	34.0	97.8	99.1	280.8	108.2	115.1	172.1	156.0	97.4	238.3	93.3	1492.3
2011	1	01	25.9	13.7	58.1	183.2	185.5	111.2	80.7	162.2	120.7	113.7	83.9 3	26.4 3	1165.2 3
2012	1	01	13.9 3	.0	48.7	219.9 3									282.5 3
MEDIOS			15.2	11.8	50.3	126.5	143.8	69.2	58.7	85.5	167.0	143.7	115.9	23.8	1011.4
MAXIMOS			79.0	80.3	110.3	265.9	280.8	167.0	136.0	172.1	397.0	239.2	238.3	93.3	397.0
MINIMOS			0.0	0.0	0.0	21.6	45.0	4.8	16.6	19.0	88.0	46.7	19.3	0.0	0.0

Continuación (Imagen 19)

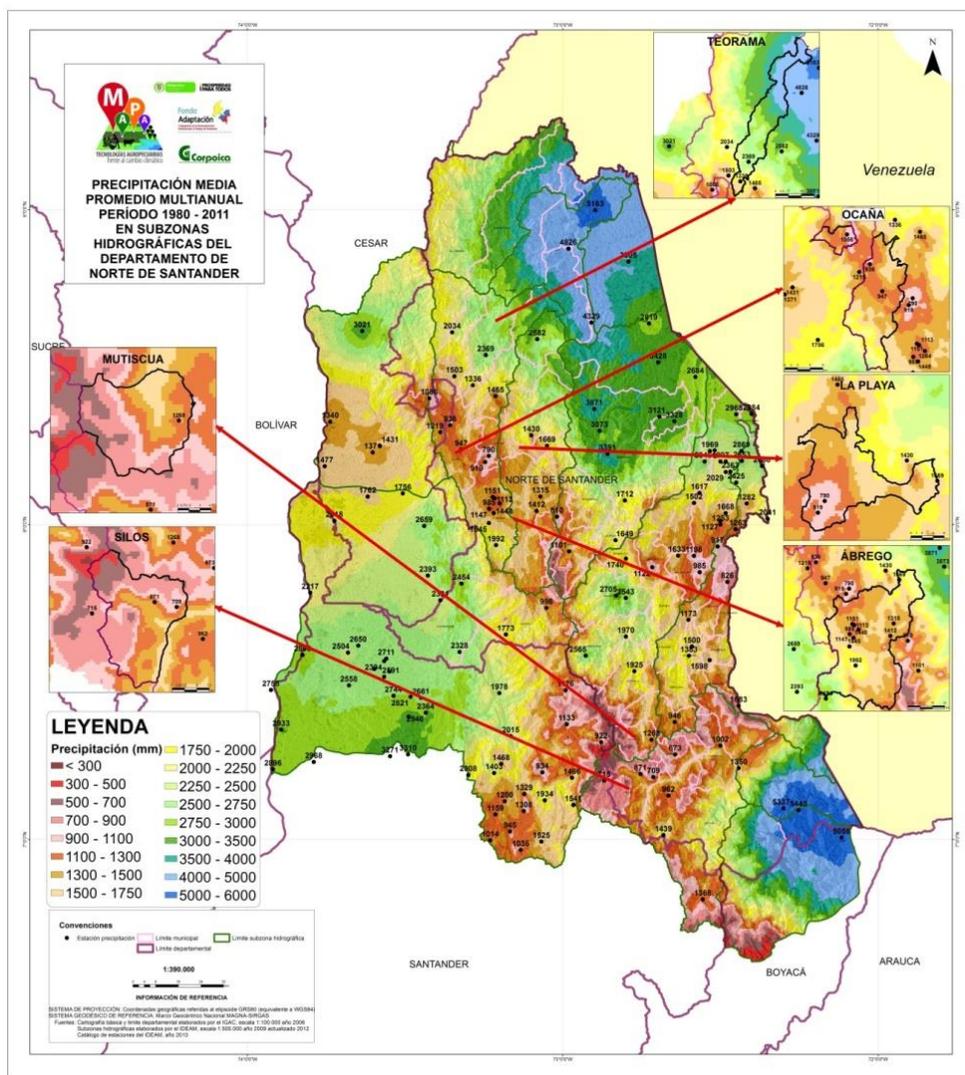
I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)												SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
FECHA DE PROCESO : 2015/10/26												ESTACION : 16055060 PLAYA LA			
LATITUD	0813 N		TIPO EST	CO	DEPTO	NORTE SANTANDER		FECHA-INSTALACION		1984-SEP					
LONGITUD	7314 W		ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	LA PLAYA		FECHA-SUSPENSION							
ELEVACION	1500 m.s.n.m		REGIONAL	08 SANTANDERES	CORRIENTE	ALGODONAL									
AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1992	2	01	4.5 3	.4	.4 3	51.4 3	100.4	47.1	39.6	84.9	123.5	63.3	61.1 3	20.3	596.9 3
1993	2	01	21.7	12.1	5.1 3	121.6	191.6	18.6	11.0	55.3	173.4	22.1	51.7	.0	684.2 3
1994	2	01	13.6	34.9	12.9 3	81.2	90.1 3	4.8 3	2.4 3	73.4	59.4	198.0	191.7	2.2	764.6 3
1995	2	01	.0	3.0	68.9	64.5	107.9	39.5	127.8	199.6	223.1	266.5	11.0		1111.8 3
1996	2	01		8.4	21.0										29.4 3
1997	2	01	10.9	.0	3.9	40.6	57.8	74.0	24.1	4.8	57.0	31.9	28.2	.4	333.6
1998	2	01	12.2	48.1	54.7	75.7	135.5	27.7	50.8	124.8	137.9	205.8	29.9	39.7	942.8
1999	2	01	2.0	47.5	36.1	64.2	77.4	61.5	28.4 3	92.2	189.2	187.0	101.8	49.0	936.3 3
2000	1	01	56.4	17.9	3.9	36.4	94.8	28.2	66.5	29.8	217.0	98.2	70.0	31.3	750.4
2001	1	01	2.3	.1	27.7	5.8	86.0	6.3	51.8	20.3	101.2	86.0	117.6	37.5	542.6
2002	1	01	.7 3	1.9	11.5	57.0	106.8	64.4	1.8	19.7	76.3	141.4 3	25.9	26.8	534.2 3
2003	1	01	2.8	.5	54.1	158.2	35.0	117.7	46.1 3	115.9	230.7	195.4	90.8	30.4	1077.6 3
2004	1	01	2.3	3.8	2.6	118.6	74.0	17.8	32.6 3	24.4	198.0	173.4	74.3	28.8	750.6 3
2005	1	01	55.8	42.3	40.8	22.4	110.5	142.2	40.0	50.9	96.6	207.8	79.0	38.9	927.2
2006	1	01	91.2	1.7	79.6	63.9	115.5	103.7	23.3	40.1	88.9	189.8	152.9	7.6	958.2
2007	1	01	1.4	1.2	20.8	54.8	146.1						37.9	24.6	286.8 3
2008	1	01	.4	2.4	.0	59.2	87.2		84.9	148.1	117.5	97.0	197.3	36.1	830.1 3
2009	1	01	20.6	21.1	29.1	59.9	102.5	175.6	53.9	62.2	44.1	74.2			643.2 3
2010	1	01	.0	18.0	24.6	48.3	143.1	126.7	182.2	216.4	227.0	109.1	196.4 3	133.6	1425.4 3
2011	1	01	24.3	14.9	47.2	148.8	107.0	89.0	133.4	149.3	91.7	101.8	99.5	28.3	1035.2
2012	1	01	18.2	1.8	20.3	127.8	126.8	32.0 3	10.9	127.8 3	131.6	213.4	73.2	4.5	888.3 3
2013	1	01	1.2	4.8	15.6	23.8	106.2	24.4 3	2.3	108.9	72.0	117.2 3			476.4 3
2014	1	01	3.9	33.6 3	21.7	133.1	85.6 3	1.4 3	2.3	28.7 3	189.1 3	123.5 3	140.6 3	31.7	795.2 3
2015	1	01	3.3	8.6	31.1 3	25.6	37.0	.1	10.5	20.8 3					137.0 3
MEDIOS			15.2	13.7	26.4	71.4	101.1	57.3	46.7	81.7	135.5	138.2	91.5	30.1	808.8
MAXIMOS			91.2	48.1	79.6	158.2	191.6	175.6	182.2	216.4	230.7	266.5	197.3	133.6	266.5
MINIMOS			0.0	0.0	0.0	5.8	35.0	0.1	1.8	4.8	44.1	22.1	11.0	0.0	0.0

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)												SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL			
FECHA DE PROCESO : 2015/10/26												ESTACION : 16055040 ABREGO CENTRO ADMO			
LATITUD	0805 N		TIPO EST	CP	DEPTO	NORTE SANTANDER		FECHA-INSTALACION		1969-JUL					
LONGITUD	7313 W		ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	ABREGO		FECHA-SUSPENSION							
ELEVACION	1430 m.s.n.m		REGIONAL	08 SANTANDERES	CORRIENTE	ALGODONAL									
AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1992	2	01	50.3	1.7	.1	62.5	176.4	100.0	45.3	77.7	116.5	92.1	103.2	7.1	832.9
1993	2	01	23.2	87.5	69.8	85.9	220.7	55.7	80.5	56.3	216.1	144.8	63.1	.0	1103.6
1994	2	01	26.6	53.4	17.4 3	93.0	149.3	38.6	23.1 3	58.3	123.5	158.5	196.2	5.1	943.0 3
1995	2	01	16.0	.0	21.1	240.6	143.3	97.7	193.2	301.6	206.7	195.6 3	33.8 3	4.6	1454.2 3
1996	1	01	.7	3.6	29.5	129.5	171.2	211.5	106.8	310.6 3	192.2	169.7 8	78.0 8	12.8 8	1416.1 3
1997	1	01	15.0	.0	9.0	99.7 8	158.7 8	90.9 8	28.5	6.2 3	131.0	52.6	10.7	.0	602.3 3
1998	2	01	14.6	27.9	63.2	74.4	147.0	79.7	133.0	115.3	336.1	246.6	48.1	31.8 3	1317.7 3
1999	1	01	.0	36.4	29.1	118.6	158.8 8	52.1	55.1	100.3	307.3	203.3	80.3	28.6	1169.9
2000	1	01	12.0	13.2	.4	102.4	224.2	73.8	77.6 8	37.1	200.8 8	108.0	50.7 3	45.5	945.7 3
2001	1	01	3.3	.0	62.4	48.9	120.9	32.5	79.2	2.3	227.9	151.2	64.2	18.5	811.3
2002	1	01	2.1	6.6	28.2	91.9	134.7	127.6	3.5	50.4	187.3	144.4	15.3	20.8	812.8
2003	1	01	2.4	1.2	32.4	166.1	29.8	246.4	57.6	271.6	276.6	238.3	91.6	17.1	1431.1
2004	1	01	1.1	22.0	4.6	164.3	129.5	63.7	135.0	77.6	251.9	136.8	88.4	15.9	1090.8
2005	1	01	33.5	23.9	64.9 3	84.5	227.0	184.8	110.7	68.1	129.2	217.2	145.4	28.0	1317.2 3
2006	1	01	20.9 8	26.7 8	35.8 8	116.6 8	176.5 8	109.4 8	50.3	109.8	270.8	154.8	134.9	7.8	1214.3
2007	1	01	2.2	.4	36.5	70.2	290.0	22.0	80.0	310.8	221.8	329.4	37.3	6.8	1407.4
2008	1	01	.1	13.5	9.4	64.1	199.0	27.0	231.8	268.9	232.7	214.0	123.3	15.8 3	1399.6 3
2009	1	01	21.4	9.0	43.8	54.8	226.2	114.9	15.1	159.9	107.4	97.6	140.2	16.5	1006.8
2010	1	01	.0 3	17.4	71.3	133.5	138.4	132.3	167.4	237.3	260.5	106.4	197.4	109.3	1571.2 3
2011	1	01	9.2	11.2	40.8	163.4	241.2	125.4	173.2	210.2	220.6	210.7	156.8	29.6	1592.3
2012	1	01	.0	.8	27.0	253.9	139.5 3	22.8	25.4	232.7	163.5	220.6	81.3	3.7	1171.2 3
2013	1	01	.0	24.4	15.7	41.8	57.5	57.7	9.5	114.4	153.3	172.7 3	66.9	24.3	738.2 3
2014	1	01	2.8	12.0	24.7	124.7	119.5 3				153.3	175.7	66.9	24.3	703.9 3
MEDIOS			11.2	17.1	32.0	112.4	164.3	93.9	85.5	144.4	203.8	171.3	90.2	20.6	1146.8
MAXIMOS			50.3	87.5	71.3	253.9	290.0	246.4	231.8	310.8	336.1	329.4	197.4	109.3	336.1
MINIMOS			0.0	0.0	0.1	41.8	29.8	22.0	3.5	2.3	107.4	52.6	10.7	0.0	0.0

Fuente. IDEAM

Se estableció que la precipitación media anual en la microcuenca quebrada la esperanza está desde los 1070mm hasta los 1050mm, se procedió entonces a la comparación de esta información con la información cartográfica elaborada por CORPOICA Y EL FONDO NACIONAL DE ADAPTACION en el marco del programa MAPA (Tecnologías Agropecuarias Frente al Cambio Climático), esto con el fin de establecer las diferencias numéricas obtenidas por parte de los autores de la investigación frente a los datos obtenidos oficialmente por entidades y programas del estado.

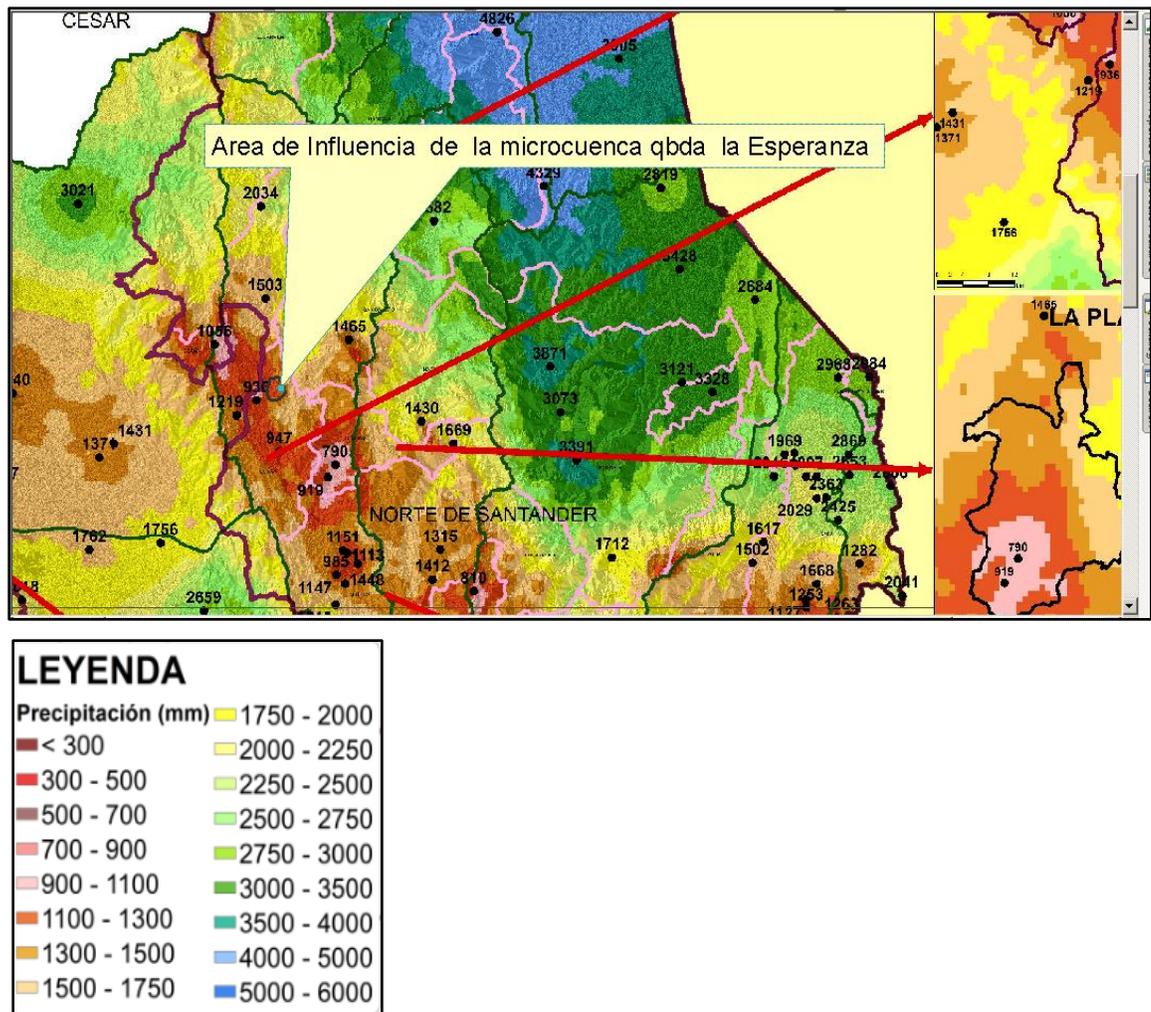
Figura 17. Precipitación media promedio multianual periodo 1980 -2011 en sub zonas Hidrográficas del departamento Norte de Santander (Escala 1:390.000)



Fuente: CORPOICA – MINISTERIO DE AGRICULTURA

Se realizó el traslape de un polígono de área de influencia (buffer) del área geográfica de la Microcuenca sobre el mapa oficial temático precipitación media promedio multianual periodo 1980 -2011

Figura 18. Traslape



Fuente: proyecto MAPA (MINISTERIO DE AGRICULTURA)

La salida grafica temática precipitación media promedio multianual periodo 1980 -2011 muestra que las precipitación multianual en este periodo de tiempo sobre la zona de la microcuenca es de 1100 -1300 mm/añual

La diferencia de los datos obtenidos y los datos entregados por el proyecto MAPA , radico en varios factores, el primero de ellos el factor de escala de cada uno de los trabajos mientras que este trabajo de grado se elaboró a una escala de 1:10000. Por el área superficial de la microcuenca, el proyecto MAPA elaboro todas sus temáticas de

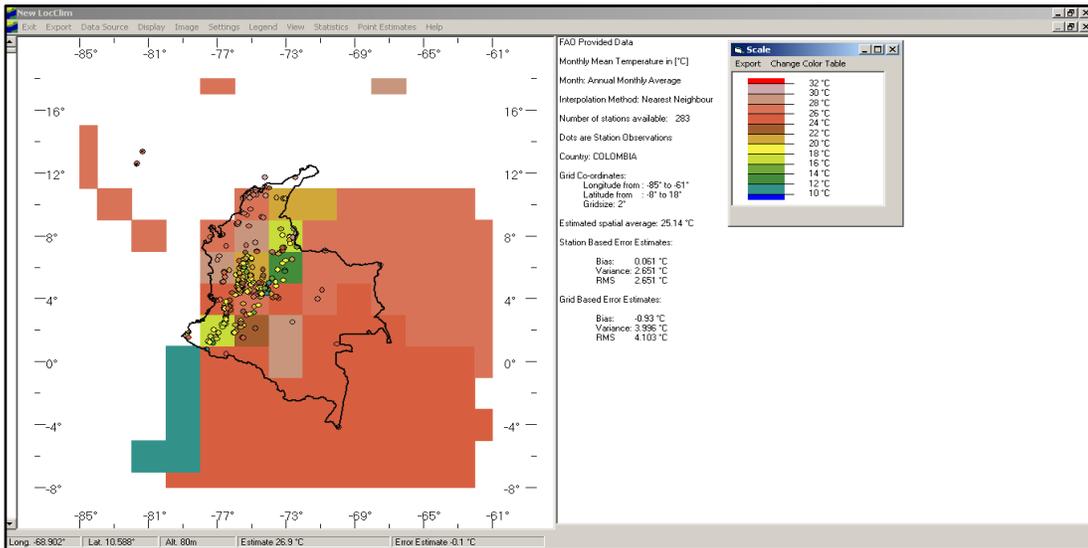
clima a una escala de 1:390.000 lo que incide sobre el nivel de detalle sin embargo los datos obtenidos no están muy lejos de los de MAPA .

El segundo factor a tener en cuenta sobre la diferencia numérica de los datos puede radicar en el hecho innegable de los temporales utilizados para la revisión de las series de tiempo el estudio de MAPA esta analizado en el periodo multi anual de 1980 al 2011, mientras que el presente estudio comprende el periodo del año 2005 al 2015 10 años y que durante los últimos 5 o 4 años la dinámica de las lluvias han cambiado de acuerdo a la intensidad del fenómeno del niño y de la niña

REVISIÓN DE LA SERIE DE DATOS DE TEMPERATURAS Y GENERACION DE SUS RESPECTIVOS MAPAS

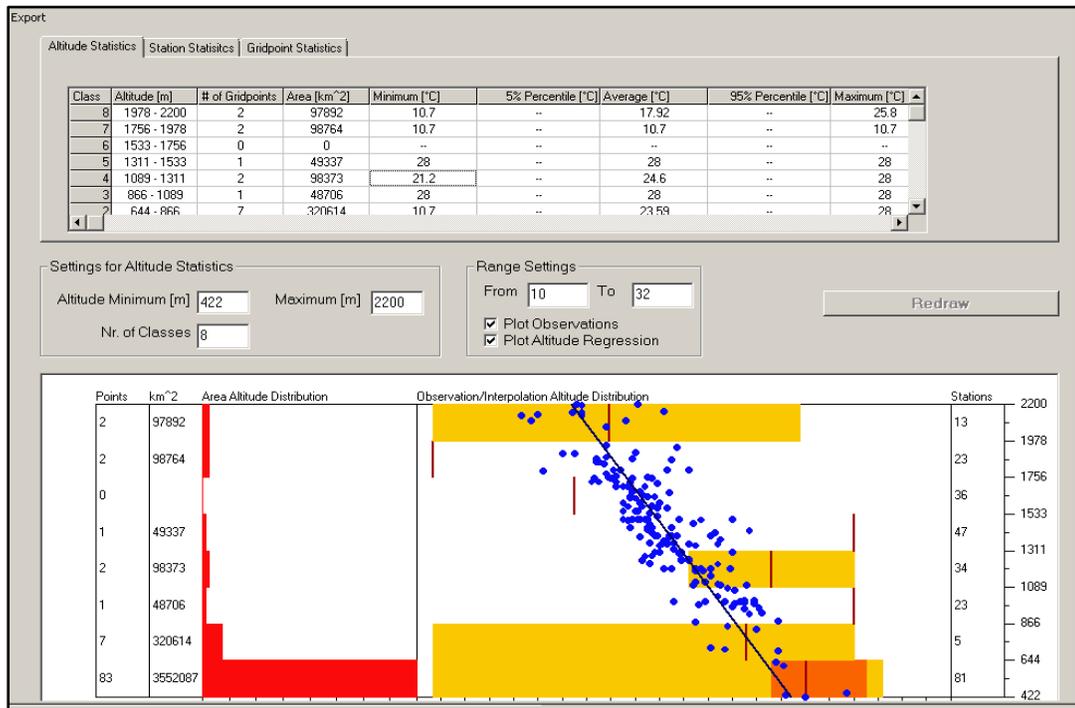
La información inicial que se obtuvo de la base datos de la FAO fue la temperatura media anual del año 2005 al 2015 para iniciar la depuración de datos y la generación del mapa respectivo.

Figura 19. Temperaturas medias anuales en el periodo de tiempo 2005 - 2015 a nivel nacional método de interpolación geostatístico Kriging



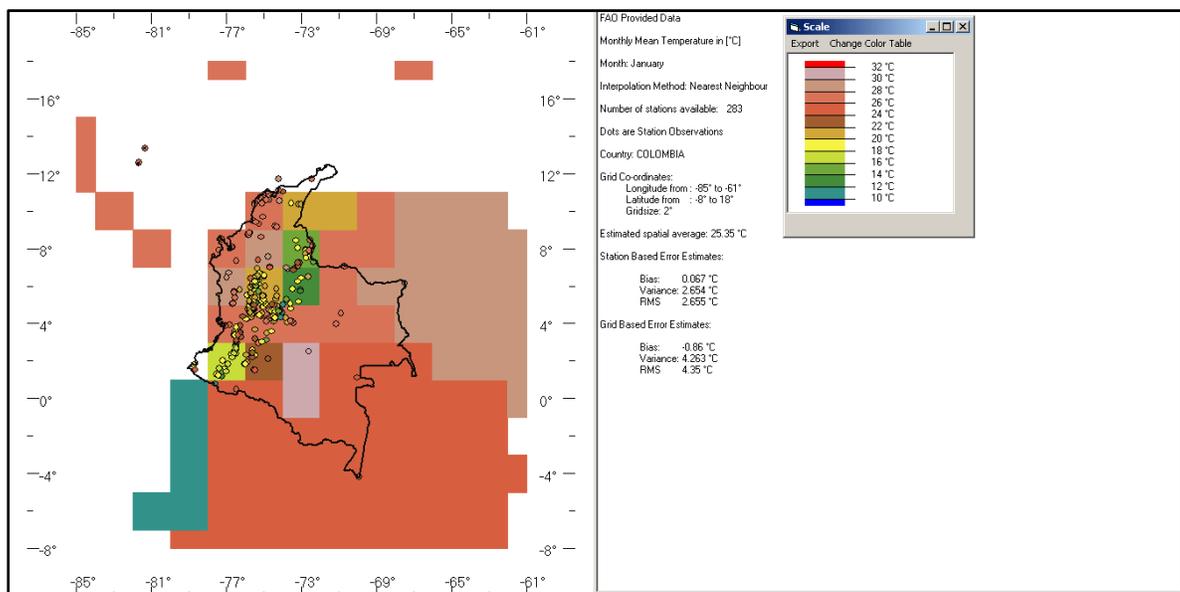
Fuente: Software New_LocClim

Imagen 20. Proceso de depuración de datos multianuales para las series de tiempo de temperaturas



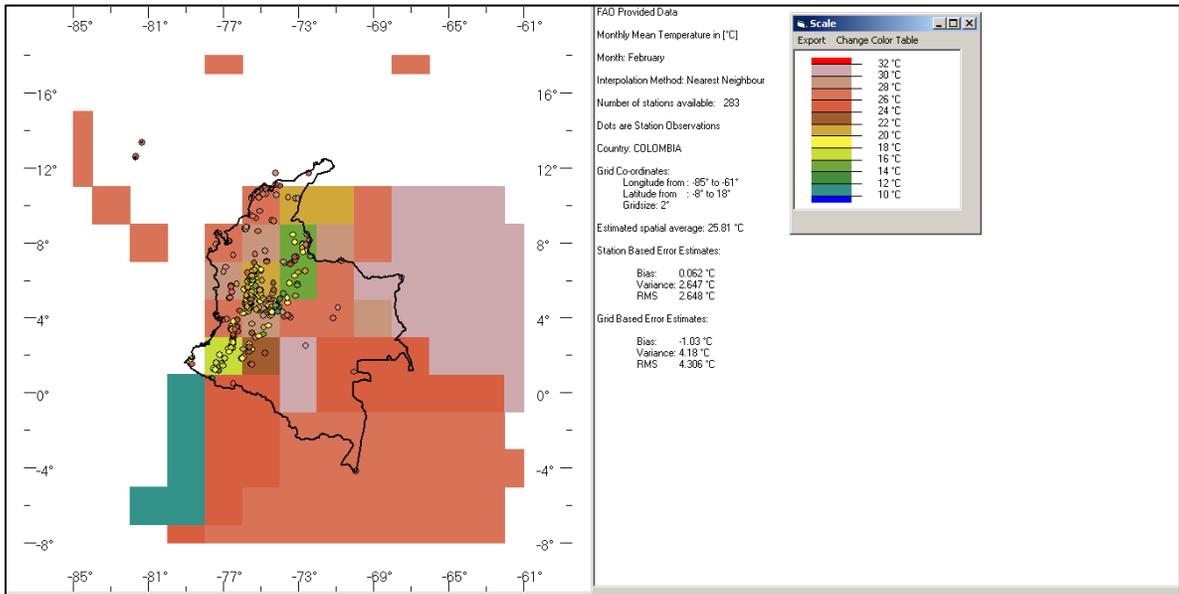
Fuente: Software New_LocClim

Figura 20. Mapa de temperaturas promedio para el mes de enero periodo 2005 – 20015



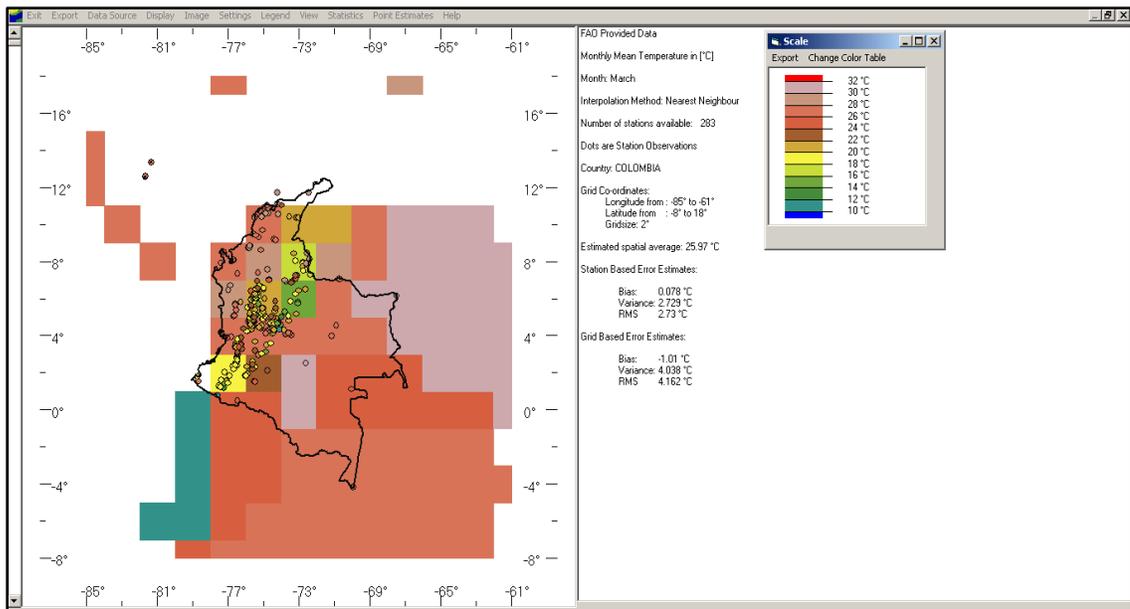
Fuente: Software New_LocClim

Figura 21. Mapa de temperaturas promedio para el mes de febrero periodo 2005 – 20015



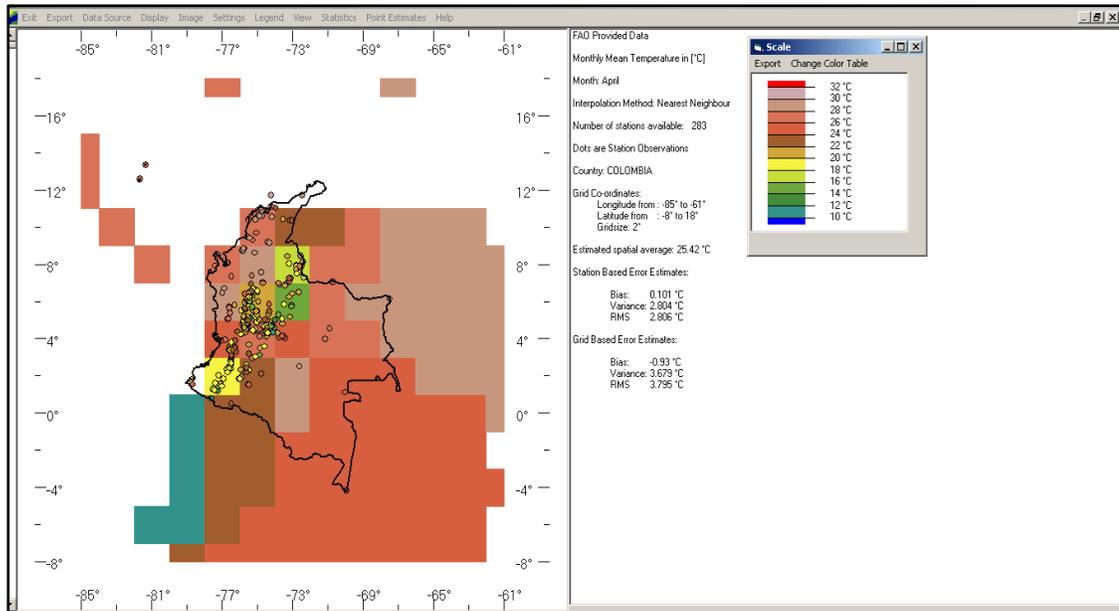
Fuente: Software New_LocClim

Figura 22. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Marzo periodo 2005 – 20015



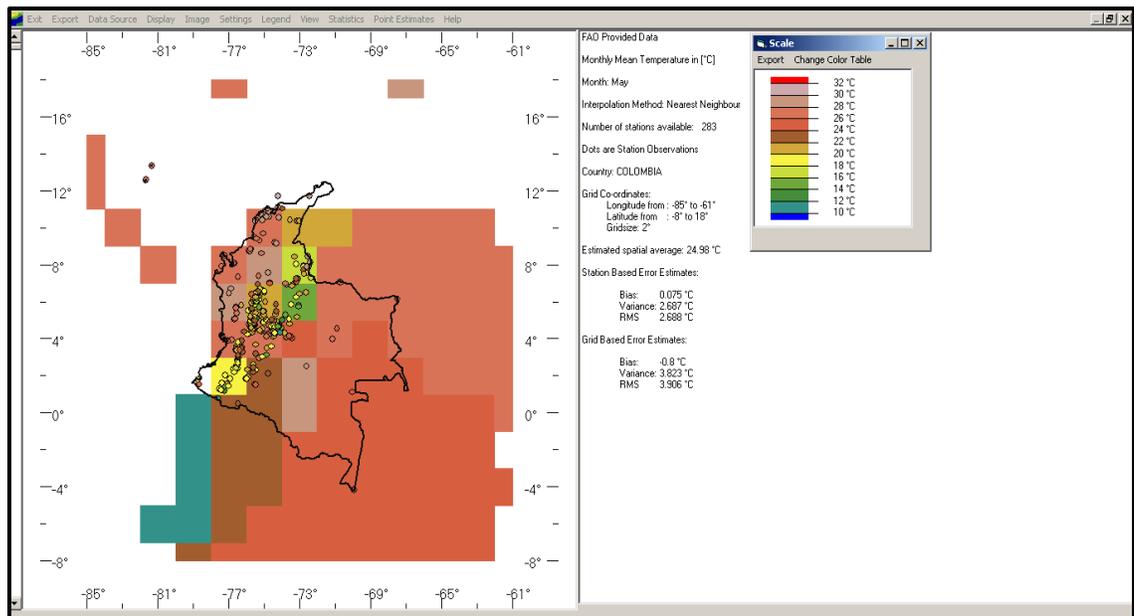
Fuente: Software New_LocClim

Figura 23. Mapa de temperaturas promedio para el mes de abril periodo 2005 – 20015



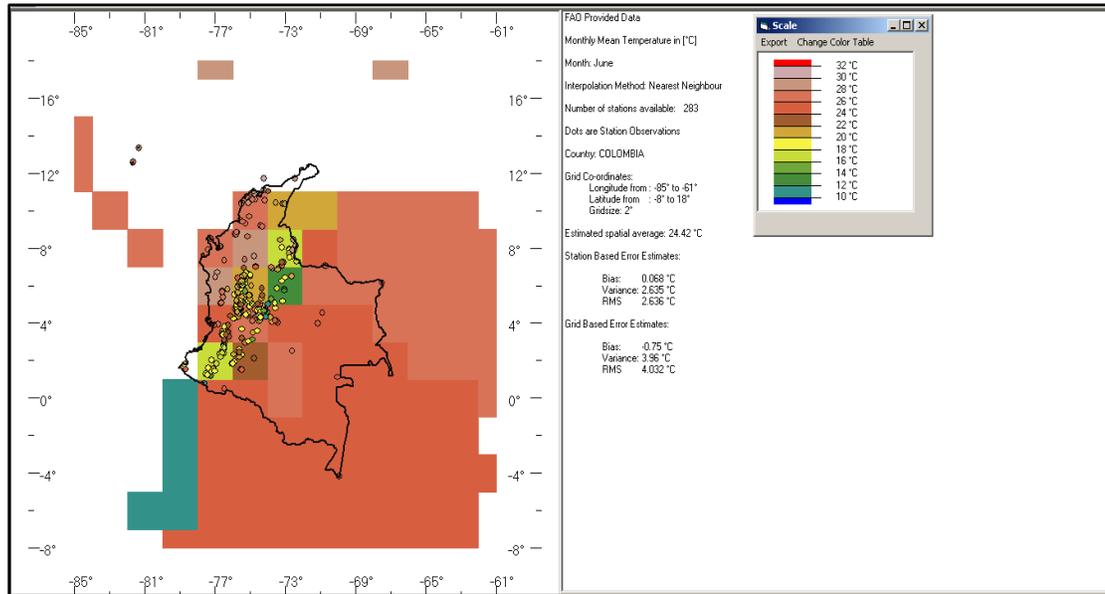
Fuente: Software New_LocClim

Figura 24. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Mayo periodo 2005 – 20015



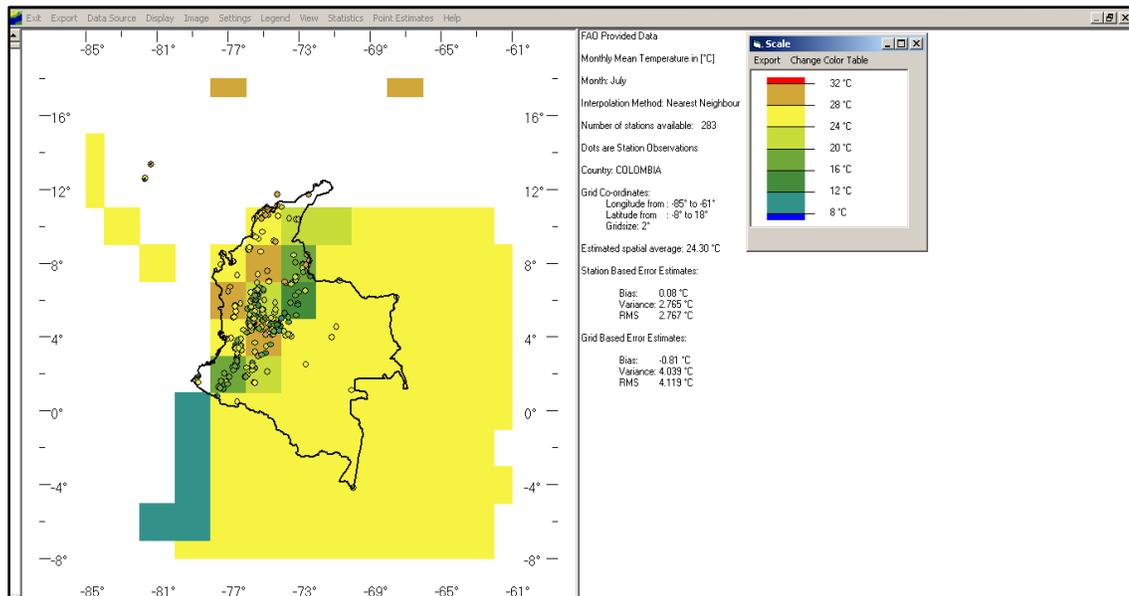
Fuente: Software New_LocClim

Figura 25. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Junio periodo 2005 – 20015



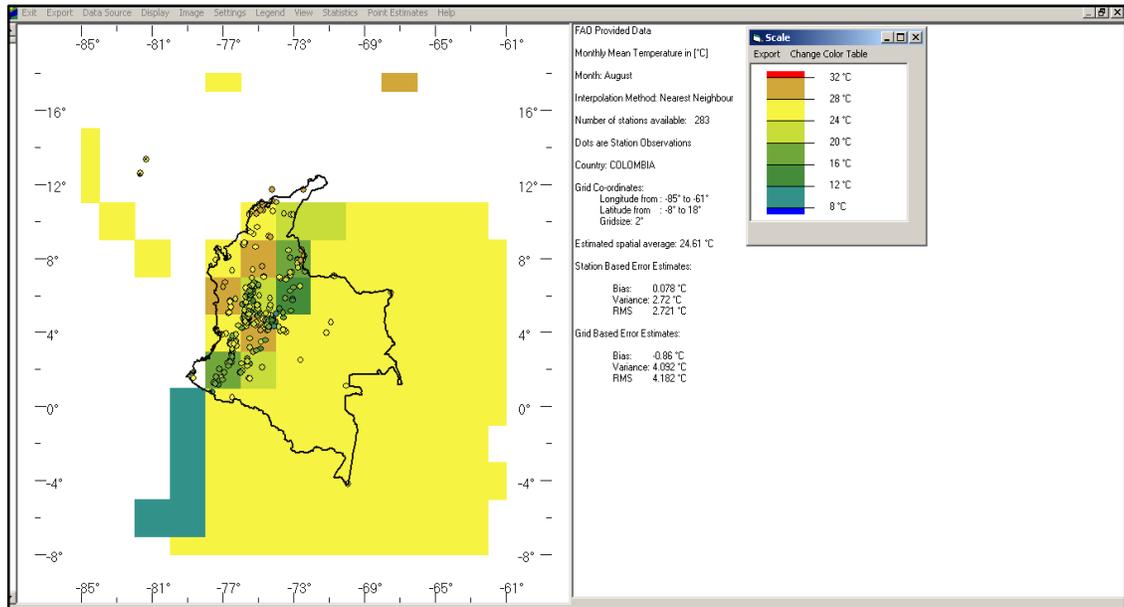
Fuente: Software New_LocClim

Figura 26. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Julio periodo 2005 – 20015



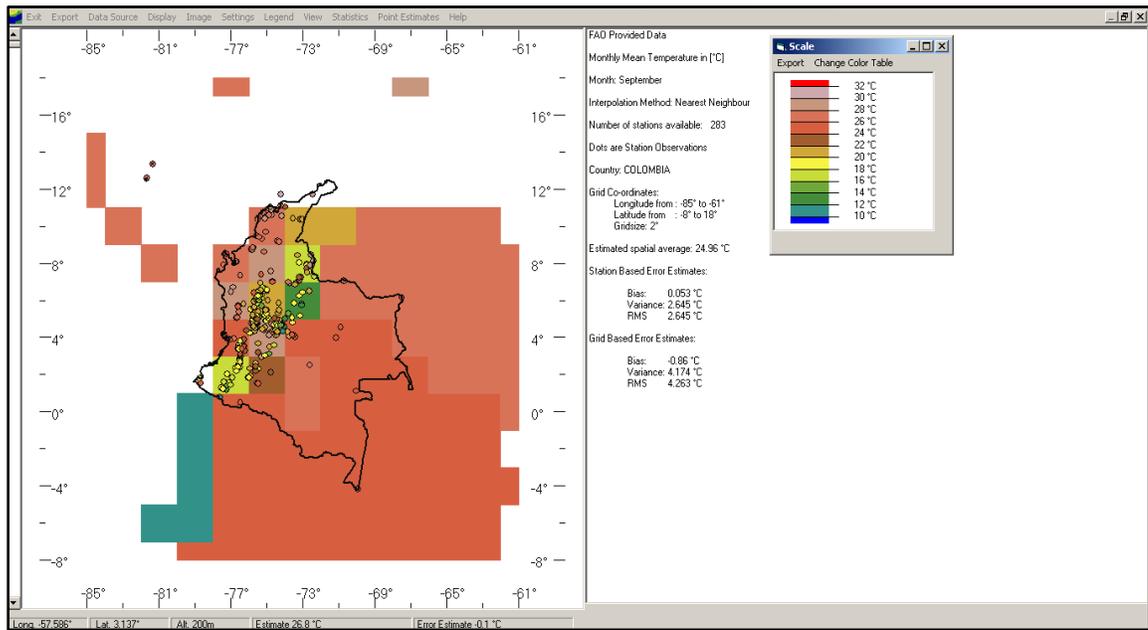
Fuente: Software New_LocClim

Figura 27. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Agosto periodo 2005 – 20015



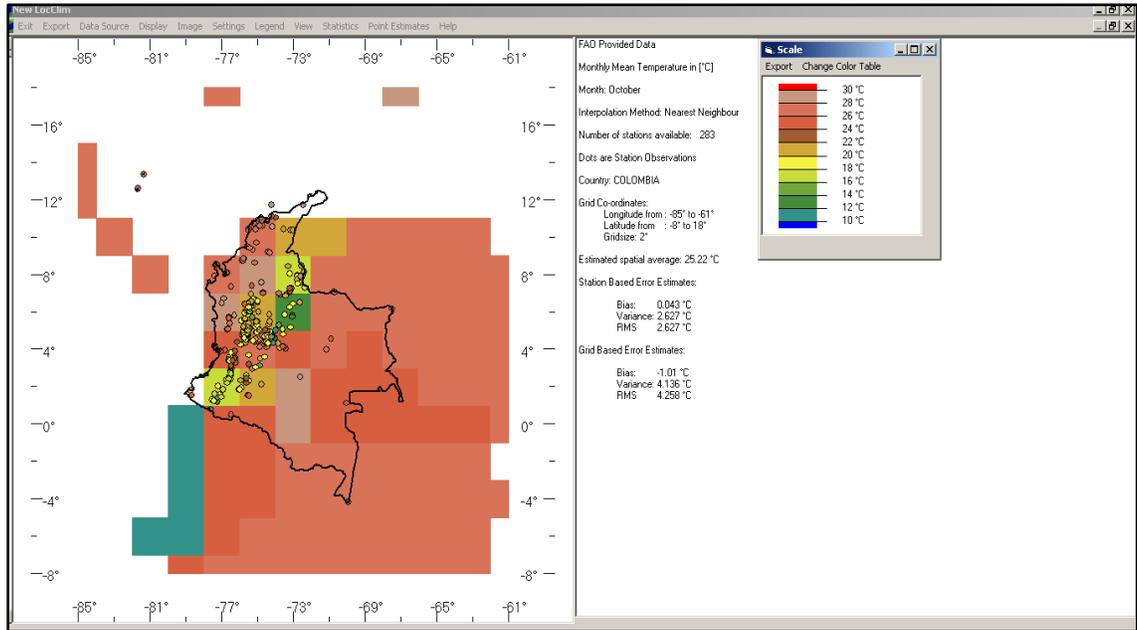
Fuente: Software New_LocClim

Figura 28. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Septiembre periodo 2005 – 20015



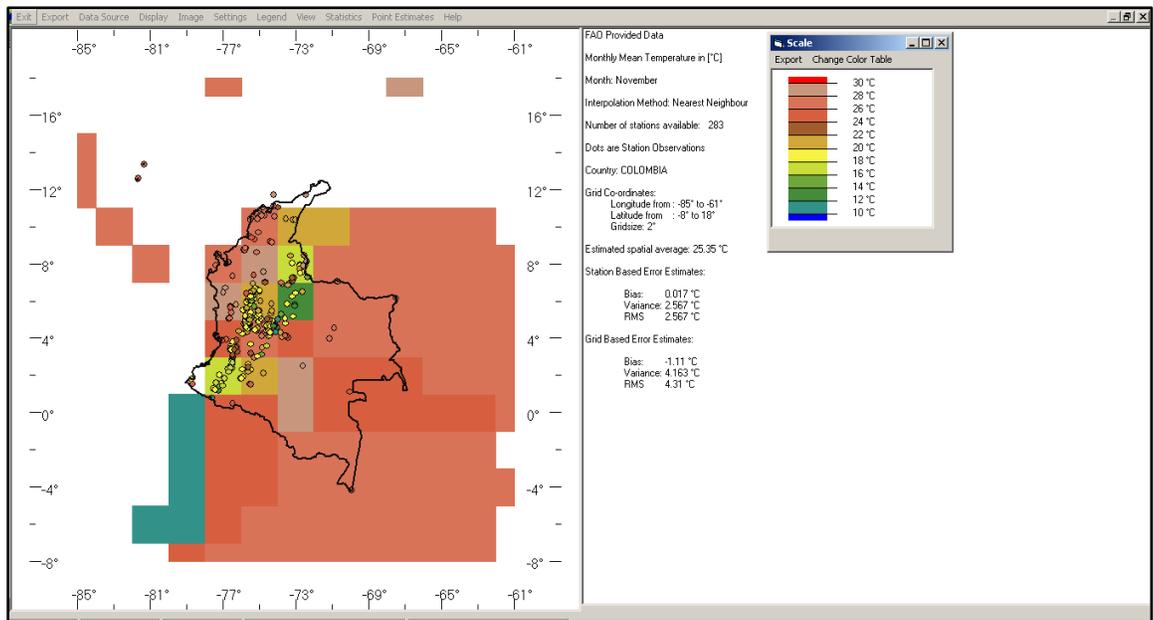
Fuente: Software New_LocClim

Figura 29. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Octubre periodo 2005 – 20015



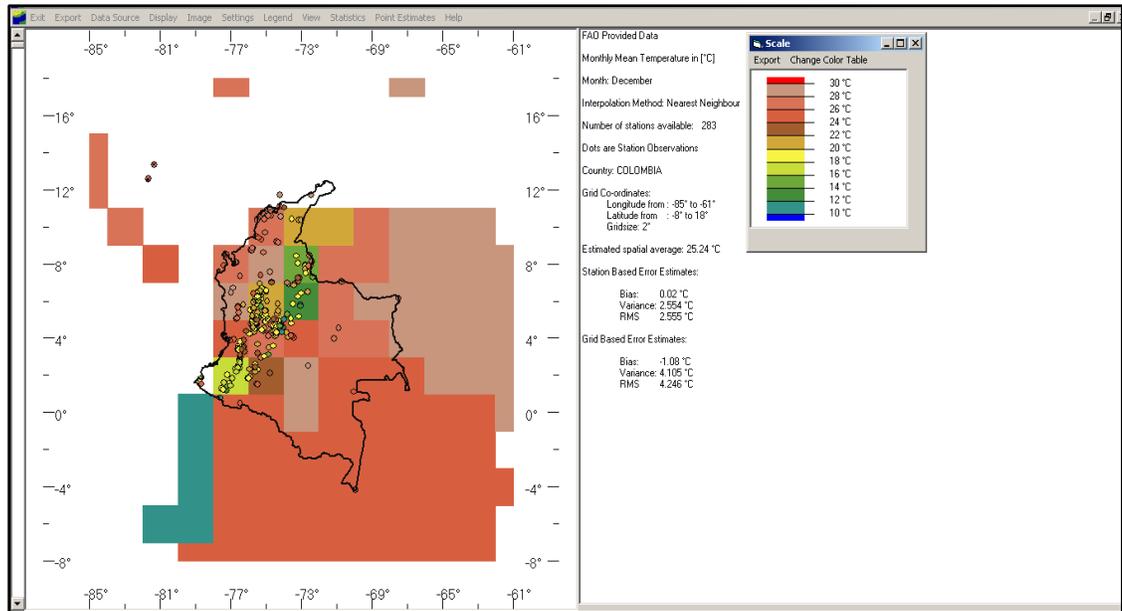
Fuente: Software New_LocClim

Figura 30. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Noviembre periodo 2005 – 20015



Fuente: Software New_LocClim

Figura 31. Mapa de temperaturas promedio para el mes de Diciembre periodo 2005 – 20015



Fuente: Software New_LocClim

Imagen 21. Datos de temperaturas obtenidos del software New_LocClim entre los años 2005 – 2015

Level of High and Low Estimate

Standard Deviation 95% Level

90% Level 99% Level

Temporal Resolution

Months Days

Dekads Days above Threshold

Temperatures | Precipitation / Potential Evapotranspiration | Water Vapor Pressure / Wind Speed | Sunshine

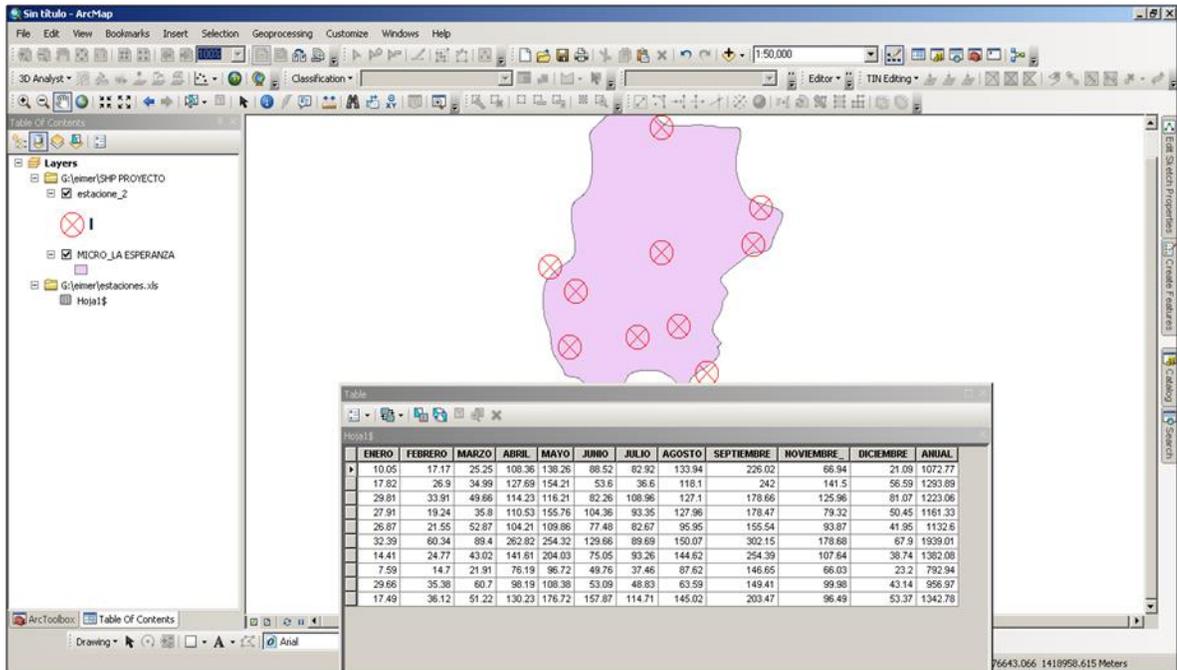
	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias	Vertical Gradient	Longitudinal Gradient	Latitudinal Gradient	Gradient Direction	Gradient Direction	Absolute Gradient	Expl. Var of Alt. Corr.	Expl
T_Mean	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C/100m]	[°C/100km]	[°C/100km]	Degrees	Degrees	[°C/100km]	%	
January	19.60	18.23	20.97	1.37	-0.46								
February	20.00	18.62	21.38	1.38	-0.39								
March	20.60	19.29	21.91	1.31	-0.36								
April	21.10	19.72	22.48	1.38	-0.27								
May	21.20	19.96	22.54	1.34	-0.27								
June	20.80	19.45	22.15	1.35	-0.20								
July	21.00	19.59	22.41	1.41	-0.20								
August	21.20	19.84	22.56	1.36	-0.23								
September	21.20	19.88	22.52	1.32	-0.24								
October	20.80	19.47	22.13	1.33	-0.34								
November	20.20	18.87	21.53	1.33	-0.41								
December	19.80	18.33	21.27	1.47	-0.44								
Mean	20.63	19.26	21.99	1.36	-0.32								
T_Max	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C/100m]	[°C/100km]	[°C/100km]	Degrees	Degrees	[°C/100km]	%	
January	26.60	21.76	31.44	4.84	-1.48								
February	26.50	21.51	31.49	4.99	-1.38								
March	26.20	21.46	30.94	4.74	-1.57								
April	26.20	21.23	31.17	4.97	-1.19								
May	28.20	23.56	32.84	4.64	-0.96								
June	28.10	22.68	33.52	5.42	-0.91								
July	27.80	22.93	32.67	4.87	-1.23								
August	29.20	24.11	34.29	5.09	-1.04								
September	29.10	24.55	33.65	4.55	-1.02								
October	27.70	22.93	32.47	4.77	-0.96								

Fuente: autores del proyecto

Imagen 22. Observación de datos por rangos máxima mínima y media de temperatura

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Year
T_Mean													
1	19.60	20.00	20.60	21.10	21.20	20.80	21.00	21.20	21.20	20.80	20.20	19.80	20.60
2	18.50	18.60	19.30	19.60	19.70	19.20	19.20	19.60	19.70	19.50	19.00	18.30	19.20
3	15.50	15.80	16.60	16.70	17.10	16.70	16.70	17.10	17.20	16.70	16.20	15.60	16.50
4	17.50	17.80	18.50	18.70	19.10	18.70	18.70	19.10	19.20	18.70	18.20	17.70	18.50
5	20.70	21.10	21.60	21.70	22.10	21.80	21.80	22.20	22.20	21.70	21.20	20.80	21.60
6	27.70	27.80	28.20	27.70	28.50	28.30	28.30	28.80	29.20	28.80	28.10	27.80	28.30
7	27.10	27.50	28.20	28.30	28.70	28.30	28.10	28.70	28.70	28.60	28.00	27.50	28.10
8	19.60	20.00	20.50	20.50	21.00	20.70	20.70	21.10	21.20	20.60	20.20	19.70	20.50
9	26.10	26.60	27.00	27.00	27.70	27.80	27.80	28.20	28.20	27.60	26.70	26.20	27.20
10	24.60	25.20	26.20	26.60	27.10	27.00	26.80	27.20	27.50	26.70	25.70	25.10	26.30
	21.69	22.04	22.67	22.79	23.22	22.93	22.91	23.32	23.43	22.97	22.35	21.85	22.68
T_Max													
1	26.60	26.50	26.20	26.20	28.20	28.10	27.80	29.20	29.10	27.70	26.80	26.20	27.40
2	31.20	31.30	31.70	31.60	32.70	32.50	32.70	33.70	34.00	33.00	31.80	31.10	32.30
3	25.30	25.20	25.70	26.10	27.20	27.00	26.70	27.50	27.80	27.20	26.30	25.30	26.40
4	30.20	30.30	30.60	30.70	31.70	31.30	31.70	32.70	33.00	32.20	30.80	30.20	31.30
5	30.70	32.00	31.70	32.50	33.00	32.20	30.70	31.70	31.70	32.70	30.80	29.70	31.60
6	32.40	32.00	32.90	32.70	32.50	33.50	33.70	34.50	34.20	33.00	32.40	31.80	33.00
7	24.60	25.50	25.80	25.70	25.70	24.70	24.50	25.00	25.70	25.80	25.60	24.80	25.30
8	27.70	28.20	29.20	28.10	27.60	26.30	26.70	27.20	28.30	28.60	28.50	28.20	27.90
9	32.70	32.90	32.50	31.80	32.00	32.00	32.50	32.40	31.70	31.00	31.10	31.80	32.00
10	22.20	22.20	22.60	23.20	24.30	23.30	23.30	23.80	24.20	23.60	22.70	22.20	23.10
	28.36	28.61	28.89	28.86	29.49	29.09	29.03	29.77	29.97	29.48	28.68	28.13	29.03

Imagen 23. Data view de ArcGIS durante el proceso de creación de la estaciones climáticas según datos de satélites y del IDEAM

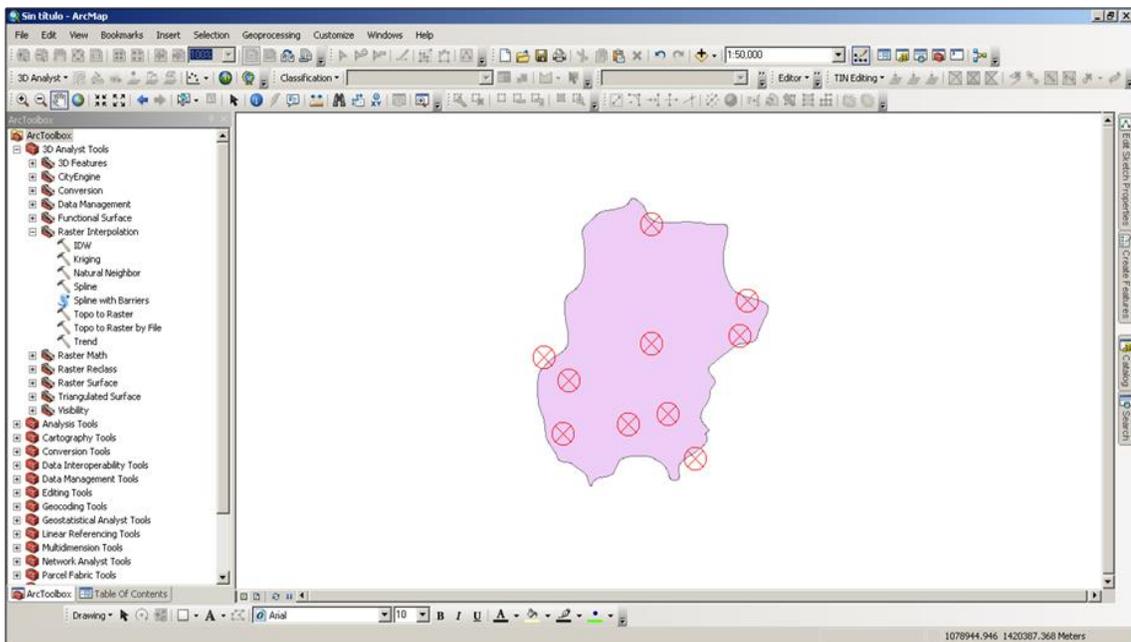


Fuente: autores del proyecto

Generación de las Ráster de temperatura

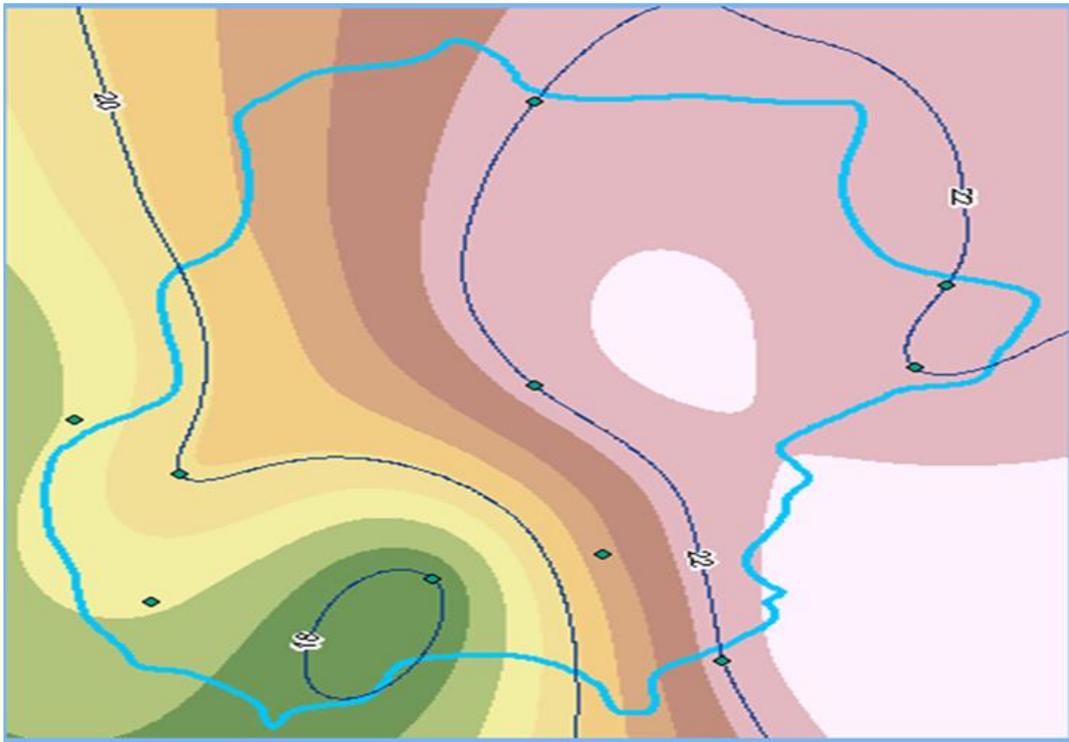
Se realizó transformación de la tabla Excel a un archivo vectorial de puntos en formato SHAPEFILE , y con el uso de la herramienta Ráster>interpolation >Kriging se interpolaron los datos sobre el área de trabajo que es el polígono de la microcuenca quebrada la esperanza para que el proceso cumpla con las especificaciones del IGAC sobre generación de información geográfica se re proyecta a sistema de referencia a MAGNA y luego a MAGNA SIRGAS COLOMBIA BOGOTA que es la zona MAGNA que le pertenece al municipio de Ocaña.

Figura 32. Ráster de temperaturas



Fuente: autores del proyecto

Imagen 24. Resultado de la interpolación Ráster para datos de temperatura

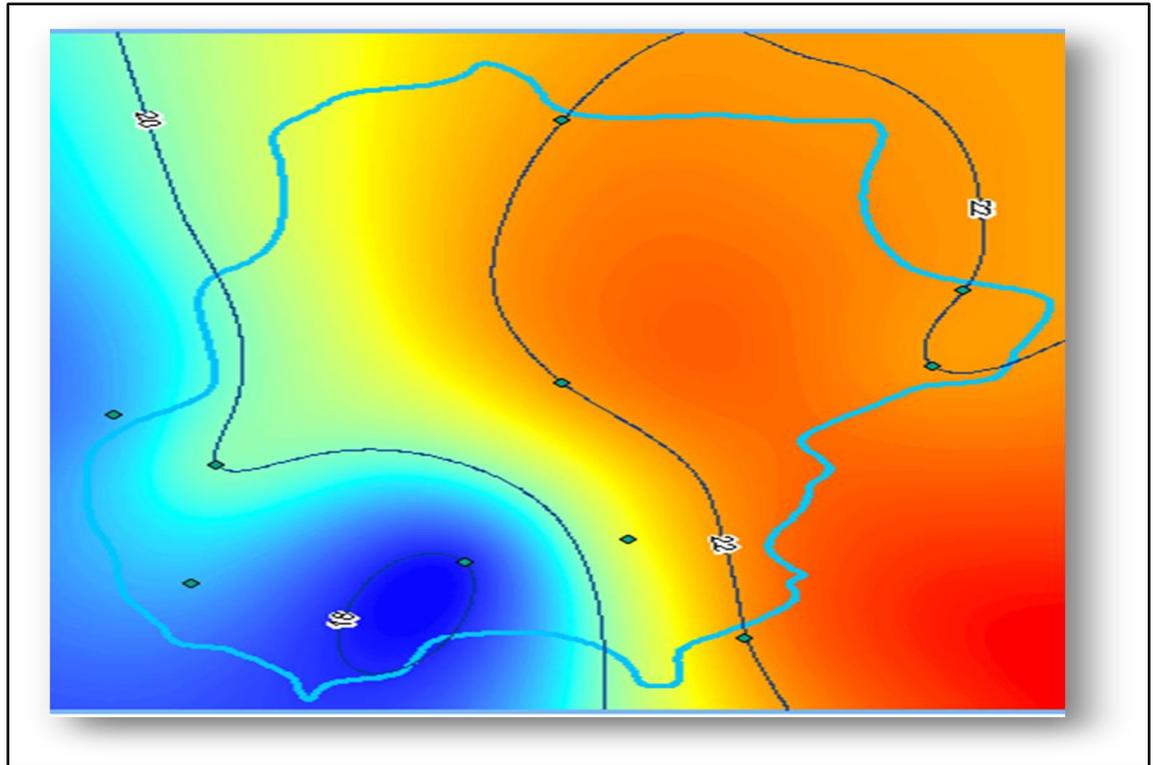


Fuente: autores del proyecto

Una vez procesados los datos de las series de datos multitemporal correspondientes al periodo de tiempo 2005 -2011 se ingresaron a la base de datos de las estaciones climáticas generadas al azar y se realizó la interpolación geostatística con el método Kriging para generar el Ráster de temperaturas y la extracción de las ISOTERMAS

Se procedió entonces por parte de los autores del proyecto a realizar la reclasificación del Ráster para su interpretación

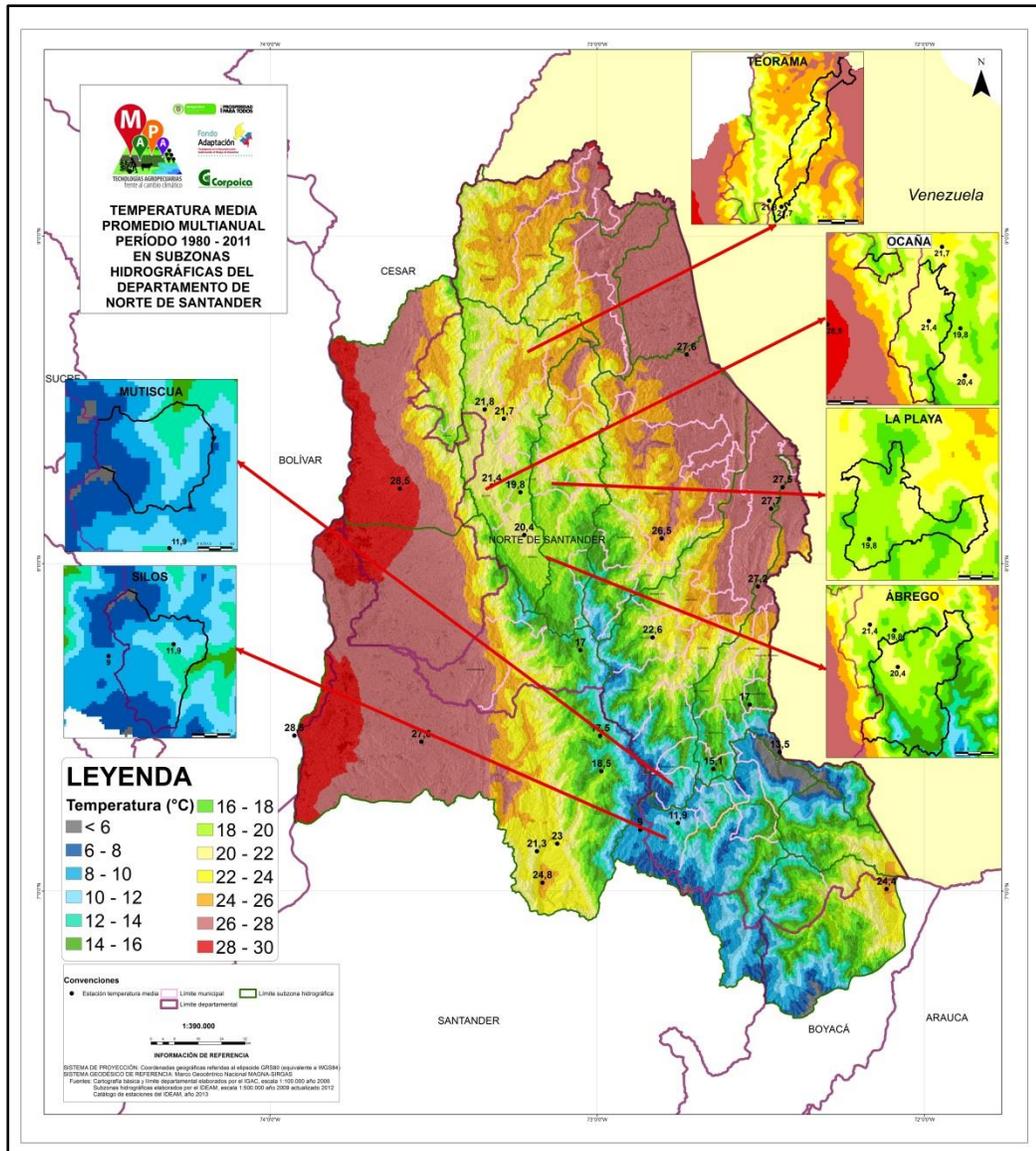
Imagen 25. RASTER de temperatura en la microcuenca quebrada la esperanza



Fuente: Autores del proyecto

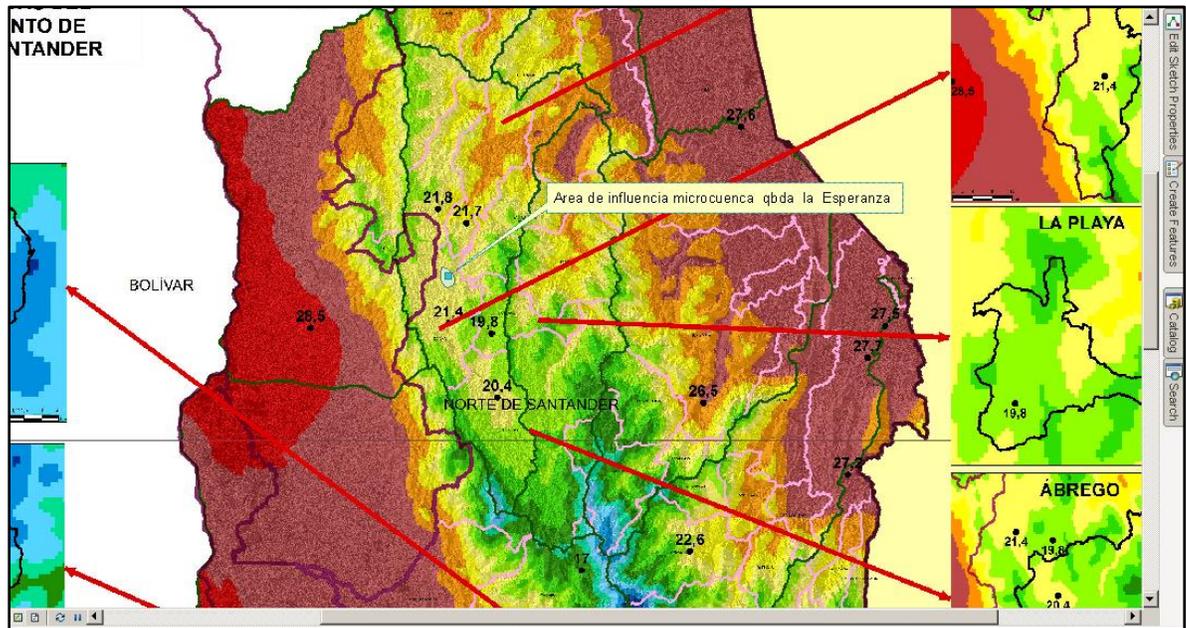
El Ráster de temperatura muestra que la parte alta de la microcuenca quebrada la esperanza experimenta los rangos de temperatura mayores 22°C , la parte baja de la microcuenca los promedios más bajos 18°C , para comparar los datos se realizó el mismo proceso que con la temática de temperaturas generada por el proyecto de ADAPTACION CLIMATOLOGICA (MAPA) a través del traslape del polígono (buffer) del área de influencia.

Figura 33. Temperaturas promedio multi anual periodo 1980 – 2011 en las sub zonas Hidrográficas del departamento Norte de Santander

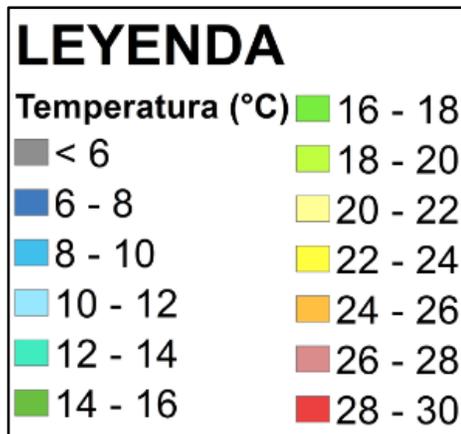


Fuente: CORPOICA – Ministerio de Agricultura

Figura 34. Salida gráfica del proyecto MAPA con el polígono del área de influencia de la microcuenca



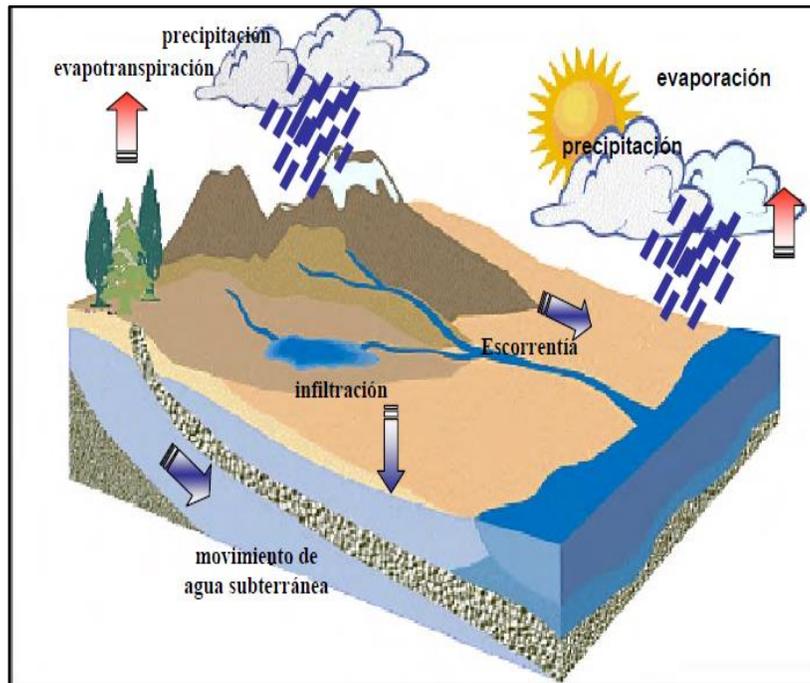
Fuente: CORPOICA – MINISTERIO DE AGRICULTURA



Rangos de temperatura en Norte de Santander

Como se puede apreciar en el mapa XX generado por el fondo de Adaptación climatológica, la temperatura promedio para el área geográfica donde se encuentra localizada la microcuenca quebrada la esperanza la temperatura promedio es de 21.7°C, lo que concuerda con el dato entregado por los autores de este proyecto de grado que determinaron por primera vez el rango de temperatura para la microcuenca quebrada la esperanza de 22°C en su parte alta hasta los 18°C en su parte baja

Imagen .26. Ciclo natural del agua



Fuente. Manejo sustentable de cuencas hidrográficas. 2010

El comportamiento normal del ciclo hidrológico dentro de una Microcuenca consiste en recibir agua en forma de precipitación, retenerla de forma temporal y posteriormente entregarla a su cuenca se habla pues que existe un balance hídrico cuando las entradas de agua son iguales a las salidas más los cambios del agua en el suelo y sub suelo.

La ecuación para el balance hídrico es el siguiente:

$$P = E + ET + AA + EP$$

Dónde: E= escorrentía

P=precipitación

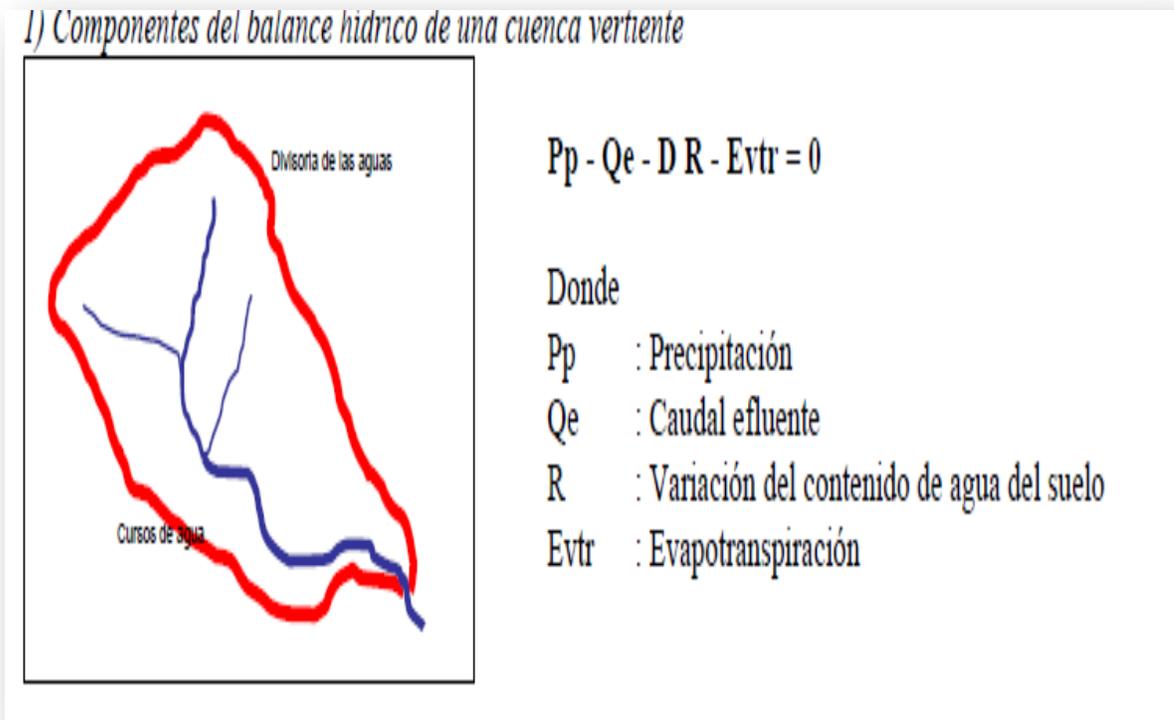
ET= evapotranspiración

AA= almacenajes

EP= escapes profundos

La determinación del balance hídrico varía en función del tipo de cuenca, para el caso de la Microcuenca de la quebrada la esperanza la cual es una Microcuenca vertiente los siguientes son los componentes del balance hídrico.

Imagen 27. Componentes del balance hídrico de una cuenca vertiente.

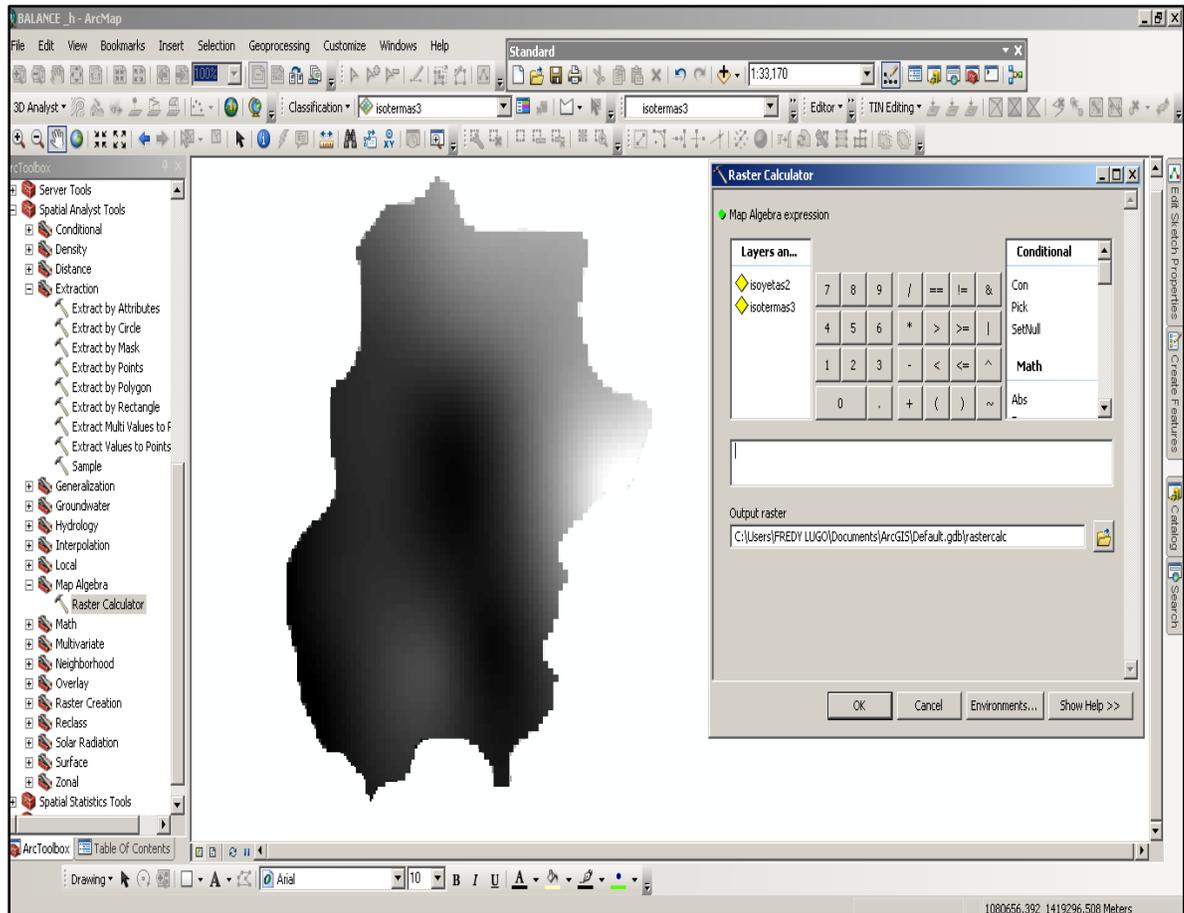


Fuente. Manejo sustentable de cuencas hidrográficas. 2010

4.1.4 Construcción del mapa de balance hídrico de la Microcuenca de la quebrada la Esperanza.

Para formular el balance hídrico se procedió a calcular la Evapotranspiración potencial $Evtp$ con los rastros anteriormente obtenidos en el software ARCGIS 10.2.2 desarrollando un proceso de álgebra de mapas, con esta herramienta realizaron los cálculos correspondientes para conocer la evapotranspiración que se presenta en la Microcuenca de la quebrada la esperanza.

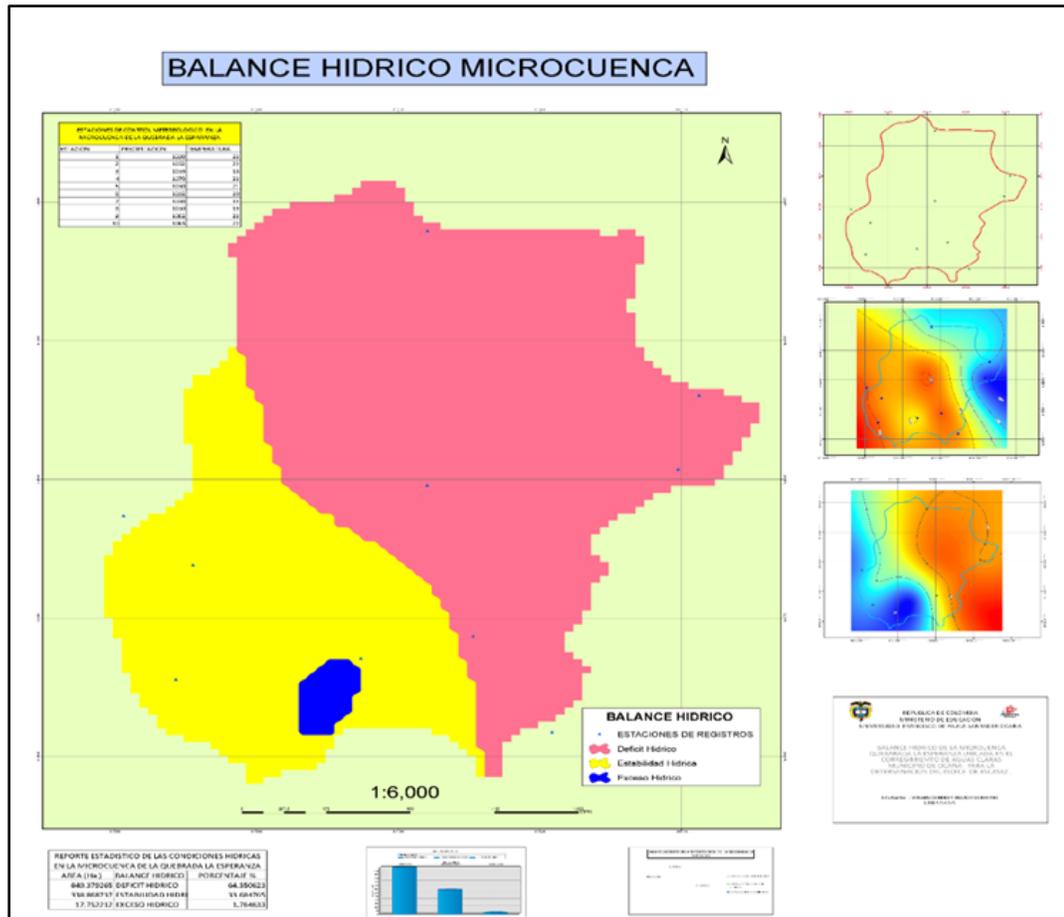
Imagen 28. Construcción de mapa de balance hídrico



Fuente. Autores del proyecto, con el apoyo del software ARGIS 10.2.2

De acuerdo al balance hídrico en la zona se obtiene los siguientes datos numéricos y estadísticos los cuales se presentan en la siguiente tabla resumen los datos de numéricos y de grafica fueron desarrollados a partir de la metodología anteriormente expuesta en este trabajo de grado y sustentado mediante trabajo en el software SIG ArcGIS 10.2.2

Figura 35. Balance Hídrico de La microcuenca quebrada la esperanza



Fuente: Autores del proyecto

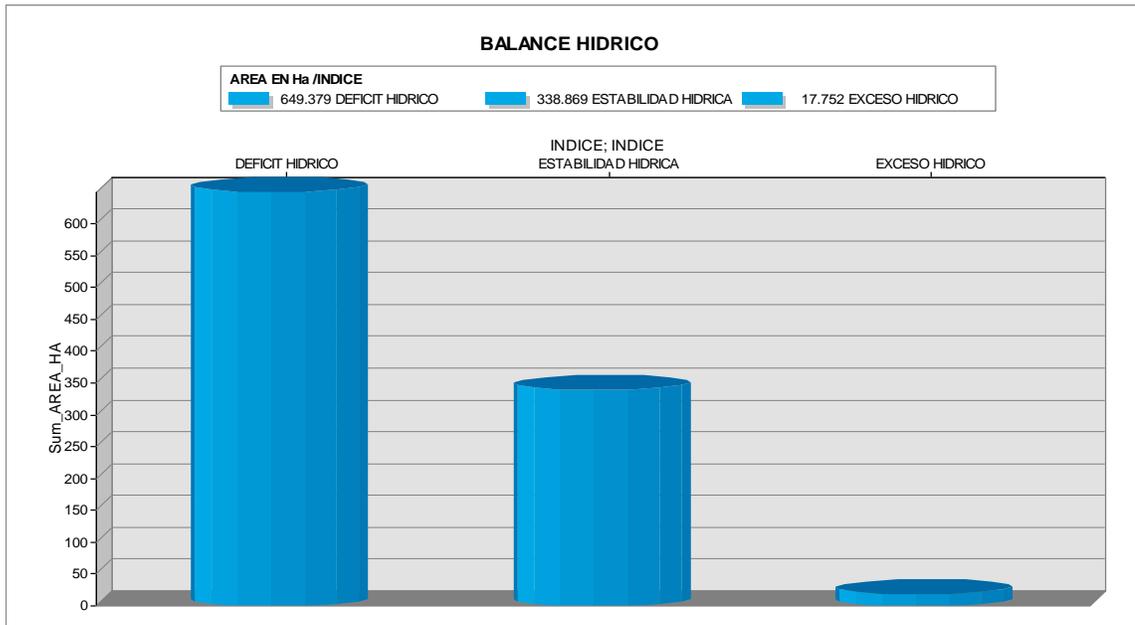
Cuadro 7. Reporte estadístico de las condiciones hídricas en la microcuenca de la quebrada la Esperanza.

REPORTE ESTADISTICO DE LAS CONDICIONES HIDRICAS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA ESPERANZA		
AREA (Ha)	INDICE	PORCENTAJE %
649.379265	DEFICIT HIDRICO	64.550623
338.868737	ESTABILIDAD HIDRICA	33.684765
17.752212	EXCESO HIDRICO	1.764633

Fuente. Autores del proyecto.

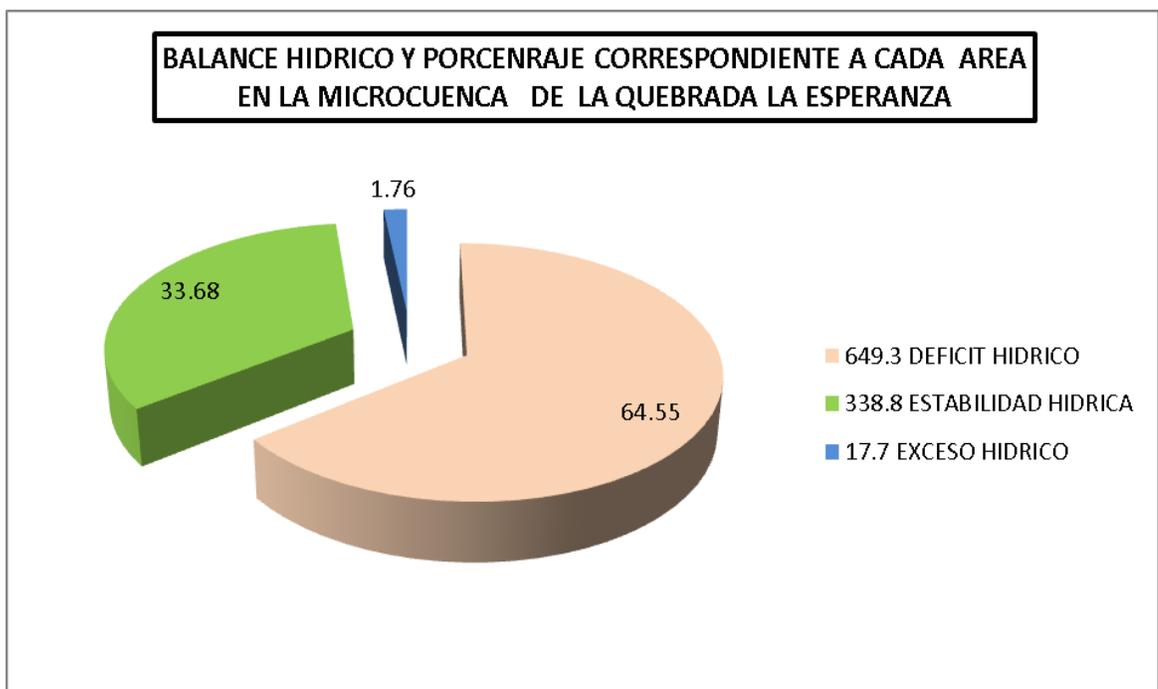
Del total del área de la Microcuenca de la quebrada la Esperanza un 64.55% que corresponde a 649.37Ha aproximadamente presenta un déficit hídrico, un 33.68% los cuales corresponden a un total aproximado de 338.86Ha presentan estabilidad Hídrica y 17.75Ha que corresponde a un 1.76% presenta exceso hídrico

Grafica 4. Áreas y su índice hídrico generado a partir del mapa de balance hídrico.



Fuente: Autores del proyecto.

Grafica 5. De los porcentajes e índice hídricos en la Microcuenca a partir de los datos del mapa de balance hídrico.



Fuente: Autores del proyecto

Es importante aclarar que para realizar un balance hídrico superficial es necesario no solo conocer los procesos y caminos que sigue el agua en el suelo, sino también las características fisiográficas edafológicas y biológicas del lugar en las cuales ellos se desarrollan por esta razón una evaluación precisa del balance hídrico está estrechamente ligado con la cantidad y calidad de datos de la información disponible y en particular de la red de estaciones y números de años y sus registros (balance hídrico superficial , sociedad geográfica de lima)

4.1.5 Determinación de caudales en cauces naturales. La determinación de caudales en cauces naturales puede ser desarrollada por medio de varios métodos

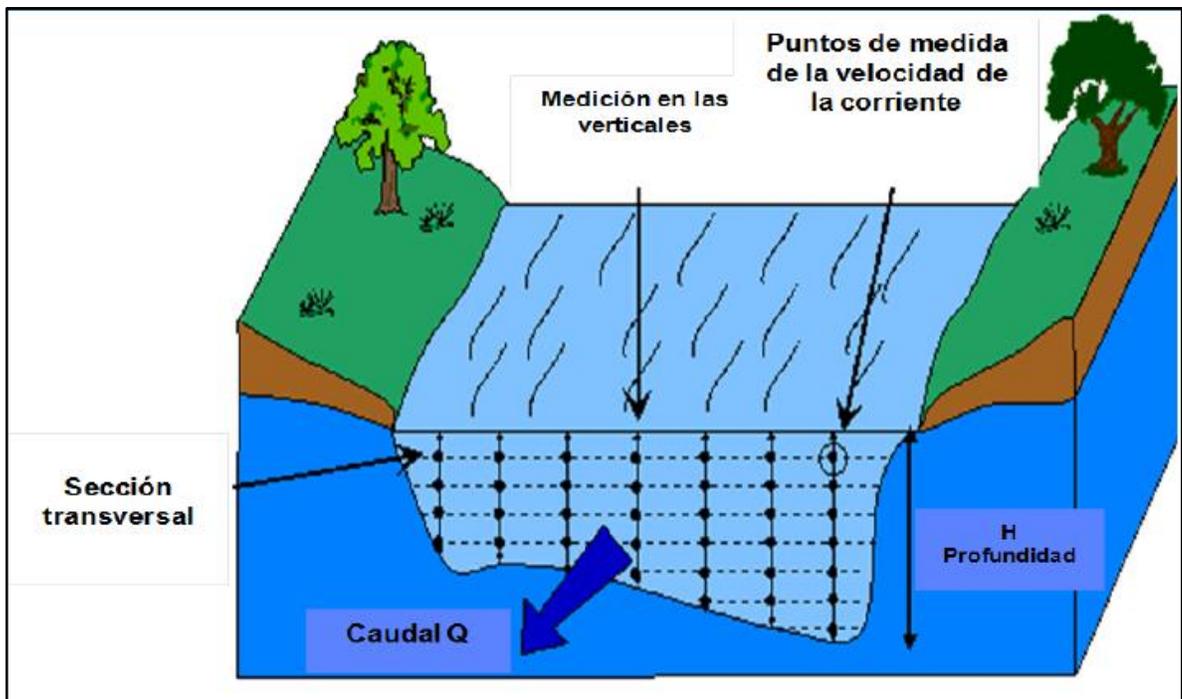
Lignigrafos

Aforos

Construcción de vertederos

Se entiende como caudal el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o de un canal en la unidad de tiempo tal como se aprecia en la figura (20).

Imagen 29. Medición de caudales.



Fuente: Musy; André 2001

Imagen 30. Red hídrica de la microcuenca quebrada la Esperanza. Sobre una Imagen de alta resolución año de la imagen 2016



Fuente: Google Earth pro

Imagen 31. Perfil de elevación de la corriente principal de la microcuenca



Fuente: Google Earth pro

La imagen de satélite muestra los puntos geo referenciados mediante antena receptora GPS dentro del límite geográfico de la Microcuenca quebrada la esperanza, perfil de elevación del cauce principal de la Microcuenca quebrada la esperanza

4.1.6 Proceso de aforo in situ. La medición de los caudales de la Microcuenca se realizó con el método convencional del flotador y en algunos casos se hizo de forma volumétrica. El flotador consiste en buscar una zona plana y pareja donde haya profundidad y ancho uniforme, se marca el tramo con dos estacas (A-B) midiendo la distancia de las mismas; como flotador se utiliza una pelota o un limón, utilizamos un cronometro con el cual tomamos el tiempo que tarda el flotador en llegar del punto A al punto B. Con un metro se miden las profundidades y anchos del tramo que luego multiplicaremos dando como resultado el área, multiplicamos por la velocidad del flotador arrojando litros/segundo, luego se multiplica nuevamente por el coeficiente de fricción del suelo y allí finaliza dicho método. El método volumétrico se basa en utilizar un cronometro para tomar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente aforado en litros.

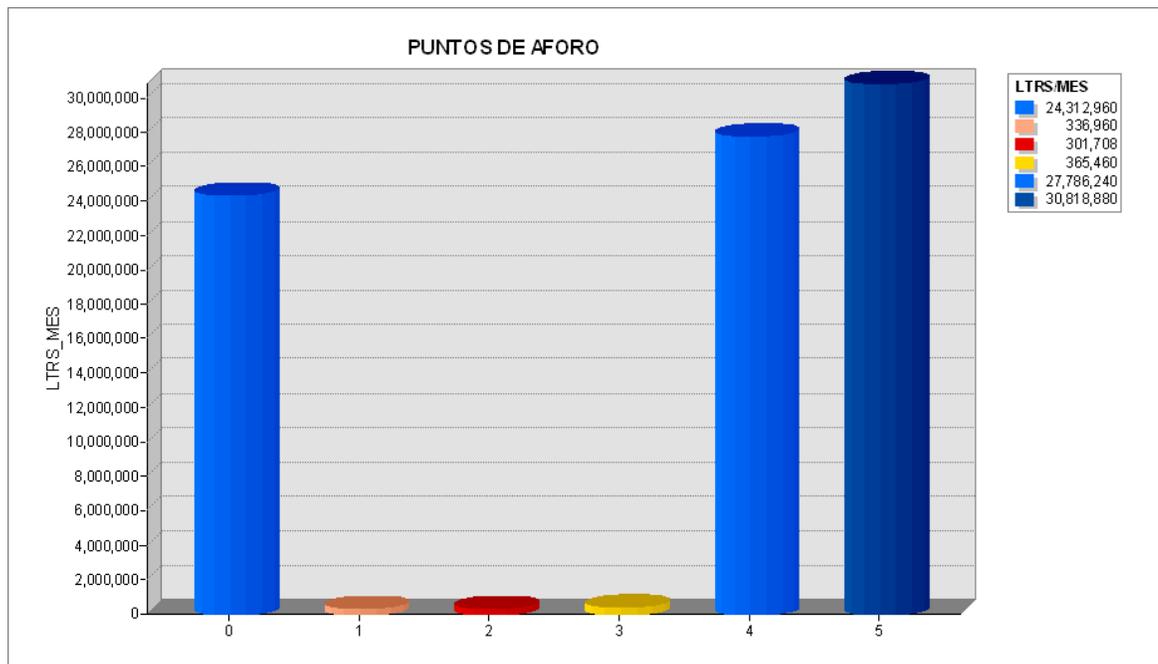
El proceso se repite entre 5 a 10 veces para que el resultado sea lo más preciso posible, cada medición ejecutada de la cantidad de litros que hay en determinado tiempo cronometrado, se debe registrar en la bitácora para luego hacer el promedio. Para finalizar se utiliza la fórmula de caudal igual a volumen (litros) sobre el tiempo en (segundos) $Q = V/t$, esto da un caudal en litros/segundo.

Esta está definida por el valor modal de los caudales promedio anuales, esta magnitud representa entonces el caudal promedio más probable y se extrae de la curva de densidad probabilística (CDP) de los caudales anuales.

Esta curva se construye a partir de los registros de estaciones hidrométricas que miden el flujo de agua de la fuente abastecedora, como quebrada la esperanza no cuenta con esta información puntual independiente a la levantada en campo por nosotros en medio del desarrollo de esta investigación, se recurrió a utilizar la metodología de la UNESCO, (LVOVOTICH, 1970), para extraer estos valores de mapas de escurrentía modal, construido con los registros anuales de la red de monitoreo del IDEAM y con datos de imágenes multiespectral del proyecto **LANDSAT 8**.

Los siguientes son los datos estadísticos de los caudales medios mensuales en ltrs que se presenta en la Microcuenca quebrada la esperanza

Grafica 6. Puntos de aforo



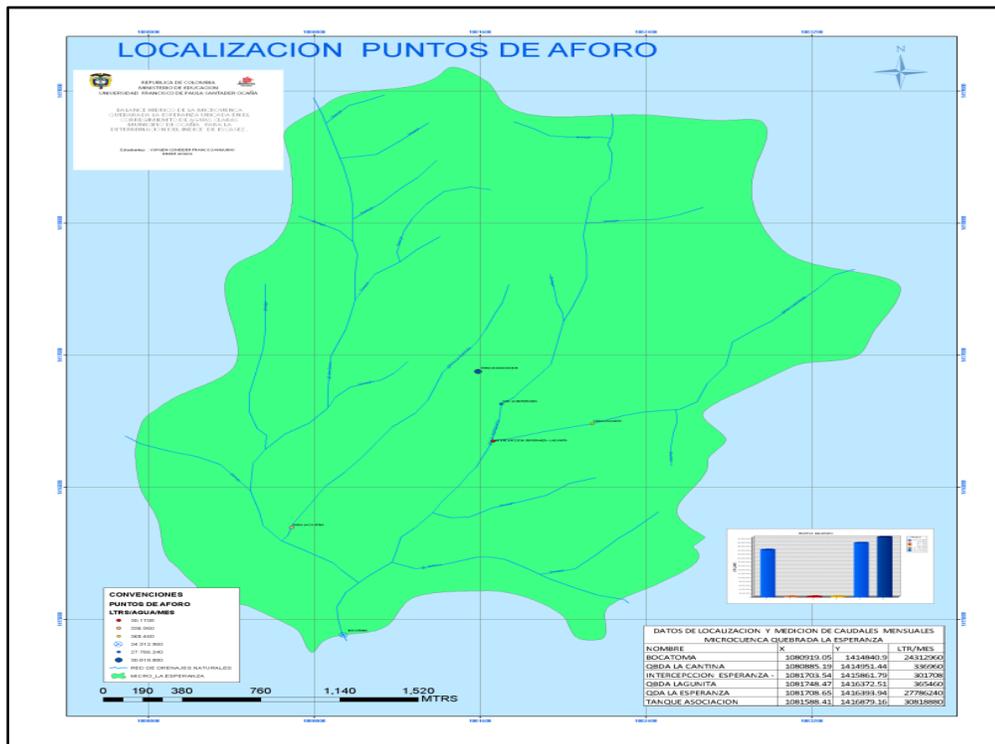
Fuente: autores del proyecto

Cuadro 8. caudales registrado en cada punto de aforo de la quebrada la esperanza

REGISTRO DE CAUDALES IN SITU MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA		
FUENTE HIDRICA	CAUDAL LTRS/AÑO	M3/AÑO
QBDA LA CANTINA	547960	547,96
INTERCEPCION ESPERANZA - LAGUNITA	301708	301,708
QBDA LAGUNITA	465460	465,46
QDA LA ESPERANZA	37786240	37786,24
OFERTA SUPERFICIAL		39101,368

Fuente: autores del proyecto

Imagen 32. Mapa de localización de los puntos de aforo quebrada la esperanza.



Fuente. Autores del proyecto

OFERTA HIDRICA DE LA MICROCUCENA. Para la determinación de la oferta hídrica se tomaron los datos obtenidos mediante la utilización del software NEW_LIOCLIM los datos de precipitación promedio, temperaturas promedio, evapotranspiración real se realizó la interpolación geostatístico de estos datos usando el modelo matemático KRIGIN, para obtener los Ráster correspondientes de precipitación, temperaturas, evapotranspiración real, para generar las Isoyetas de precipitación e Isoyetas de temperatura para determinar las características climáticas de la microcuenca.

Para brindar un respaldo técnico al trabajo se adquirieron mediante gestión los mapas generados por el fondo de adaptación climatológica del ministerio de agricultura y CORPOICA para posteriormente realizar el traslape del polígono de la microcuenca en el software SIG ARCGIS 10.2 y poder revisar la diferencia existentes entre los datos presentados por este estudio y los datos oficiales para el municipio de Ocaña Norte de Santander (ver comparaciones cartografía temática).

De esta forma se estableció que la oferta hídrica superficial de la microcuenca quebrada la esperanza es de 1598804.569m³ /año

DEMANDA HIDRICA NETA DE LA MICROCUENCA

El dato de la oferta hídrica neta superficial calculada de la microcuenca se debe entregar en M3/AÑO para cumplir con los lineamientos exigidos por el IDEAM, esta oferta hídrica hace referencia al total de la disponibilidad de agua superficial que se presenta en quebrada la esperanza y la cual escurre de forma superficial por características geomorfológicas de la microcuenca y que fueron ya antes descritas en este documento hacia su cauce principal que recibe el nombre de quebrada la esperanza.

Fuera del agua superficial que se calculó en el área de la microcuenca los productores cuentan con un minidistrito de riego el cual surte a sus asociados y reservorios de carácter particular

Determinación de la demanda hídrica, teniendo en cuenta las actividades pecuarias, agrícolas, actividades domésticas las cuales requieren del recurso hídrico al interior y fuera de esta (acueducto del casco urbano de Ocaña) y donde se realizó un inventario de usuarios (población muestra) y se aplicaron las encuestas para la obtención de los datos de las actividades redituables más desarrolladas por la población lo cual incide directamente sobre el recurso hídrico de la microcuenca. para la determinación de la demanda hídrica se aplicaron los rangos de dotación estipulados por el RAS 2000 y adaptadas por CORPONOR la cual se presenta en la siguiente tabla

Cuadro 9. Rangos demanda hídrica CORPONOR

RANGOS DE LA DEMANDA HIDRICA ESTIMADA POR COPRONOR PARA DIFERENTES SECTORES		
	TIPO DEL USO DEL AGUA	REQUIERIMIENTO
	HUMANO O DOMESTICO	0.000173Ltrs/seg
	PISCICULTURA	0.25LTS/seg/estanque
PECUARIO	PORCINO	0.00052LTS/seg/cab
	BOVINO	0.00052LTS/seg/cab
	AVES	0.00011LTRS/seg
AGRICOLA	PLATANO	0,4LTRS/seg/Ha
	MAIZ	1.15LRTS/seg/Ha
	YUCA	0.175LTRS/seg/Ha
	HORTALIZAS	0.4LTRS/seg/Ha
	TOMATE	0.8LTRS/seg/Ha

Fuente: CORPONOR. Adaptada de RAS 2000

4.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA CORREGIMIENTO DE AGUAS CLARAS, MUNICIPIO DE OCAÑA.

La colección de la información se realizó a partir de las encuestas estructuradas por los autores del proyecto y de una actividad de cartografía social participativa buscando reconocer el imaginario colectivo de la población rural de la microcuenca, dado que en muchas ocasiones la aplicación de la encuesta se puede tornar impositiva y los pobladores no siempre responden con la verdad por varios factores que van desde lo técnico hasta lo social, los autores de este proyecto de grado guiados por la inquietud natural de quien lleva la vocación del ingeniero y confrontados con las enseñanzas entregada por la institución donde nos formamos, tienen varios reparos o consideraciones sobre esta metodología o el uso de ella para determinar la demanda hídrica y las razones de estas dudas o reparos fueron expuestas en las conclusiones y recomendaciones de este documento, se aplica pues esta metodología por que es la que de manera oficial aplica la autoridad ambiental del departamento, la información concerniente a el casco urbano del corregimiento de aguas claras el cual adquiere sus aguas de la microcuenca fue suministrada directamente por la asociación de usuarios del acueducto

En cuanto a la tenencia de la tierra en la microcuenca se presentan dos tipos de tenencia propia y arrendada. En lo referente a las viviendas el material de construcción es: Paredes de ladrillo, pisos de cemento, techos de zinc o eternit, con unidad sanitaria y en condiciones que van desde buena, regulares y malos.

Las áreas de cultivo oscilan desde 4Ha hasta $\frac{1}{2}$ Ha ; los cuales cuentan con un sistema de riego por aspersión en su gran mayoría casi un 93% de los cultivos, el cual ha sido instalado por los propios productores de forma artesanal basados en su propia experiencia, estos sistemas de riego no cuentan con ningún sistema de medición del agua que captan y que usan en sus labores agrícolas, los valores entregado por los usuarios en cuanto a sus áreas de siembra también son unos estimados dado que ellos desconocen los datos técnicos de cuanto es una Ha y basan sus apreciaciones en estimaciones de siembra, pero es claro que estos datos de siembra varían según las distancias de los surcos y distancia entre plantas, la cual no está estandarizada entre ellos y no se realiza de forma técnica para estar seguros que esa el área sembrada.

En cuanto a los datos de riego por cultivo los autores de este proyecto notaron que no es un dato claro y técnicamente confiable desde el punto de vista de la ingeniería dado que ellos (los usuarios) no controlan el caudal de agua que manejan, las horas de riego varían dependiendo de las observaciones climatológicas (temperatura) y (lluvias) sin embargo estas apreciaciones fueron entregadas en la parte final de este documento

Los cultivos predominante son de cebolla de bulbo, frijol rosado, pimentón, ají dulce, tomate, plátano, maíz, habichuela, cebolla en rama, y yuca siendo estos los como también tienen una producción pecuaria cuyas especies denominadas menores son las gallinas, pollos, vacas, cerdos, conejos, codornices, peces y patos, estas especies son más como

animales de granja , que con una finalidad de auto sostenimiento y no de índole comercial

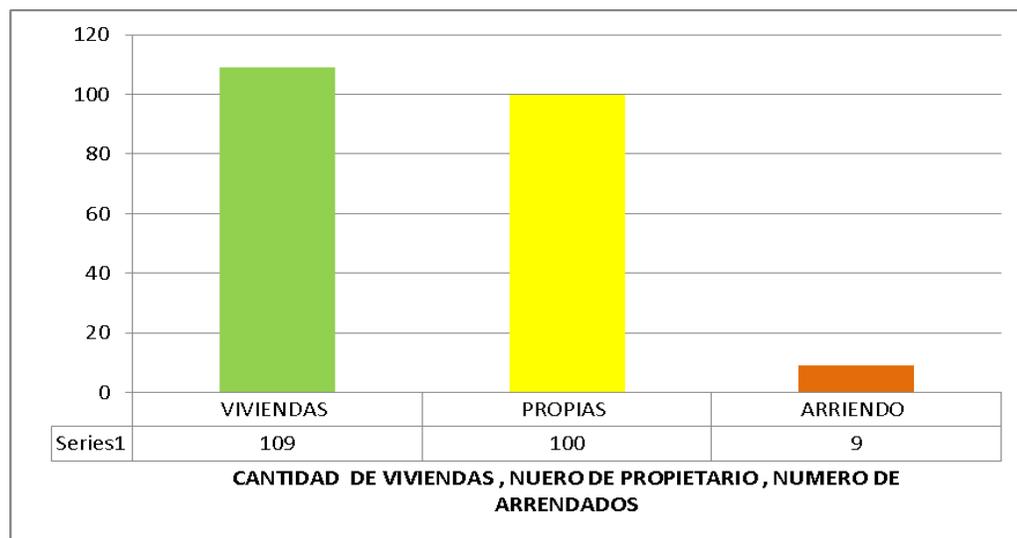
La captación del agua lo realizan aguas arriba para aprovechar la gravedad en la gran mayoría o con motobombas de 2 H.P, con un tipo de conducción que representa dimensiones cuyo largo va desde los 17 metros hasta los 150 metros con un ancho de 4 a 12 metros y una profundidad de 2 a 5 metros, donde el material de conducción más usado es la manguera con diámetros de 2 pulgadas, sumado al estado de este tipo de material que esta entre bueno y regular.

En cuanto al consumo humano urbano en el centro poblado del corregimiento el acueducto reporta un total de 210 viviendas para un total de 1000 habitantes dentro de su perímetro urbano (fuente: asociacion de usuarios del acueducto de aguas claras)

4.2.1 Tabulación de las encuestas.

Referente a la forma de tenencia de la tierra con un total de 109 familias, 100 son propietarios esto permite desarrollar de mejor forma trabajos de concientización sobre el uso del recurso hídrico por parte de las autoridades ambientales regionales.

Grafica 7. Viviendas de la microcuenca



Fuente: autores del proyecto

Demanda hídrica para el consumo doméstico o humano

Teniendo en cuenta la información del arrendatario o parcelero el centro poblado está constituido por veredas pertenecientes al municipio de Ocaña Norte de Santander, las cuales fueron tomadas de la encuesta aplicada a la población objeto de investigación, cuya ocupación actual de dichos habitantes es la agricultura y en el caso de las mujeres amas de

casa, comprendiendo un número de integrantes por familia que en promedio es de 6 personas

Cuadro 10. Tabulación de los resultados de la encuesta para la determinación de la demanda hídrica en la microcuenca quebrada la esperanza

No de Nucleos	Integrantes del nucleo	Estimado total de Habitantes	Nuemero de Habitante urbanos	Total de habitantes para demanda hidrica	Estimacion de consumos según corponor Lts/seg	Total demanda uso Humano o Domestico ltrs/seg	TOTAL REQUERIDO LTRS/DIA	M3/DIA	TOTAL DEMANDA AÑO /M3
109	6	654	1000	1654	0.000173	0.286142	24722.6688	24.72	9022.8

Fuente. Autores del proyecto

En cuanto al trabajo realizado en el predio, este es ejecutado por entre una y cuatro personas, cuyo nivel de ingresos está por debajo del salario mínimo en su mayoría y solo dos personas poseen el salario mínimo legal vigente completo, como sustento ante las necesidades propias de cada vivienda y personales. Se realizan formas de pago que en su mayoría se representa en cada cosecha o cada 3 meses donde en su minoría solo obtienen de forma mensual. Por otra parte el régimen de salud es el subsidiado donde el sisben constituye la mayor parte y solo unas pocas personas poseen una EPS (comparta, confanorte y salud vida).

Así mismo poseen una vivienda con áreas que van desde los 60m² a los 400m² cuyas construcciones en su mayoría poseen estanques de piscicultura, porquerizas, establos y una menor proporción en piscinas lo anterior porque la mayoría de habitantes se dedican a la producción pecuaria como gallinas y pollos.

Cuadro 11. Demanda Agrícola Del Recurso Hídrico

TABULACION DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE ENCUESTAS FORMULADOS EN CAMPO Y CARTOGRAFIA SOCIAL PARTICIPATIVA QUE MUESTRAN LA DEMANDA HIDRICA EN EL SECTOR AGRICOLA PARA LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA													
TOTAL DE PREDIOS	AREA PRODUCTIVA DEL PREDIO	AREA SEMBRADA	PRODUCTO	TOTAL AREA SEMBRADA (Ha)	DEMANDA DE AGUA LTRS/S/HA	TOTAL DE RECURSO DEMANDADO LTRS/SEG	TIEMPO ACTUAL DE RIEGO (HORAS)	TIEMPO ACTUAL DE RIEGO (SEGUNDOS)	TOTAL DE AGUA CONSUMIDA POR JORNADA DE RIEGO LTRS/JORNADA	DEMANDA EN M3/JORNADA DE RIEGO	TOTAL DE JORNADAS AL MES	DEMANDA MENSUAL TOTAL M3	DEMANDA AÑO/M3
10	4	2	HORTALIZAS	20	0.4	8	4	14400	115200	115.2	20	2304	27648
30	4	3	MAIZ	90	1.15	103.5	3	10800	1117800	1117.8	20	22356	268272
40	3	1	TOMATE	40	0.8	32	2.5	90000	2880000	2880	20	57600	691200
20	3	1	YUCA	20	0.175	3.5	1	3600	12600	12.6	6	75.6	907.2

Fuente: autores del proyecto

La tabulación de las encuestas permitió establecer que la demanda total de recurso hídrico en las actividades agrícolas en lo correspondiente a los cultivos establecidos en los predios de la microcuenca es de **988027m³ /año** si se tiene como base teórica que el cultivo se realice todo el año a la escala que se presenta en la tabla

Cuadro 12. Demanda pecuario Del Recurso Hídrico

TABULACION DE LOS DATOS PARA OBTENCION DE DEMANDA HIDRICA EN ACTIVIDADES PECUARIAS							
total de predios	PRODUCCION PECUARIA	No de ejemplares/predio	total de ejemplares	Requerimiento Ltr/seg/cabeza	total demanda ltrs/seg	total demanda M3	TOTAL DEMANDA M3/AÑO
3	Porcina	20	60	0.00052	0.0312	0.0000312	0.0003744
	Bovina	42	126	0.00052	0.06552	0.00006552	0.00078624
TOTAL DEMANDA/AÑO							0.00116064

Fuente. Autores del proyecto

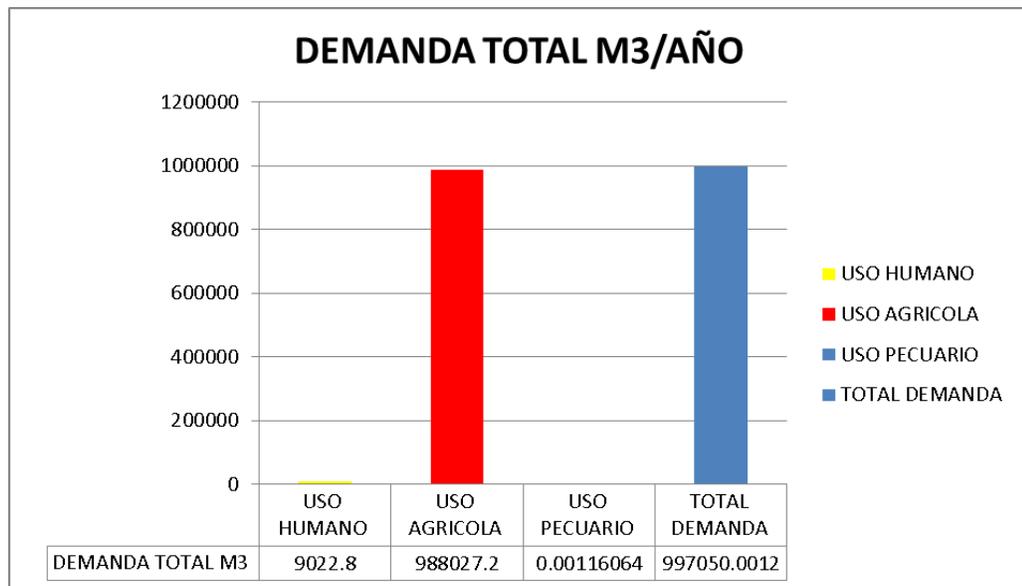
Según los datos obtenidos y tabulados de las encuestas este es el sector que menos demanda hídrica presenta en la microcuenca quebrada la esperanza

La totalidad de la demanda hídrica en la microcuenca quebrada la esperanza sumando los sectores de agricultura , ganadería y consumo humano se presentan a continuación

Fuente: autores del proyecto

Luego de obtener y tabular los datos de demanda hídrica para cada uno de los sectores que ejercen presión sobre las oferta hídrica neta de la microcuenca se procedió a determinar su índice de escasez que se presenta en la siguiente tabla

Grafica 8. Demanda total



Fuente. Autores del proyecto

La demanda hídrica total en la microcuenca quebrada la esperanza se calculó en **997050.0012 M3/AÑO**

CALCULO DEL INDICE DE ESCASEZ

Una vez se obtienen los datos de oferta neta superficial y demanda neta del recurso hídrico de la microcuenca quebrada la esperanza se procede a realizar el índice de escasez el cual se estableció a partir de la relación de estos dos factores y se representa a partir de esta ecuación :

$$I_E = D/O_n * 100\%$$

En donde:

IE = Índice de escasez (%)

D= Demanda de agua (m3)

On = Oferta Hidrica Superficial Neta (m3)

Cuadro 13. Índice de escasez de la Microcuenca

INDICE DE ESCASEZ MICROCUENCA QUEBRADA LA ESPERANZA OCAÑA NORTE DE SANTANDER			
OFERTA NETA (M3/AÑO)	DEMANDA TOTAL (M3/AÑO)	INDICE DE ESCASEZ (%)	CATEGORIA
1598804.567	997050.0012	62.36221873	ALTO

Fuente: Autores del proyecto de grado

El índice de escasez calculado de manera global para la microcuenca quebrada la esperanza un % mayor al 40%, lo cual corresponde a una categoría alta de presión sobre el recurso hídrico denotando una baja disponibilidad hidrica para la satisfacción de los usos demandados

Según la categorización presentada por el IDEAM en el 2004, para interpretación del índice de escases, el índice de escasez que presenta la microcuenca quebrada la esperanza señala que existe una fuerte presión sobre el recurso hídrico y denota una enorme urgencia por generar el ordenamiento de la oferta y la demanda dado que en estos casos esta baja disponibilidad del recurso hídrico es un limitante del desarrollo económico local.

5. CONCLUSIONES.

La Microcuenca quebrada la esperanza es una Microcuenca es una microcuenca pequeña tributaria de la cuenca del río algodónal parte baja con un total en área de 10.54km², la cual abastece a los pobladores del casco urbano del corregimiento de aguas claras y a los habitantes de las siguientes veredas:

Vereda. Santa Rita, vereda. San Cayetano, vereda. La Floresta, vereda quebrada la Esperanza, vereda. Santa Lucía y vereda. Llano Verde.

La Microcuenca de la quebrada la esperanza según el análisis de la curva Hipsométrica elaborada muestra que es una Microcuenca geológicamente joven con alto potencial de erosión lo que se pudo evidenciar en las visitas a campo elaborado por parte de los autores del trabajo de grado.

Según la clasificación de Horton se estableció que la Microcuenca quebrada la esperanza es una Microcuenca de tercer orden con muy pobre densidad de drenajes naturales, esta características morfométricas influye sobre la cantidad de agua disponible para las actividades redituables que se realizan en la microcuenca

La pendiente media de la Microcuenca se calculó en 17.69% el cual realizó con el uso del software SIG ArcGIS, el software SIG ejecuta modelos matemáticos para este tipo de acciones los cuales van intrínsecos en su programación R PHYTON

En cuanto al balance hídrico de la Microcuenca esta presenta 3 zonas claramente definidas la más grande de ellas en área presenta déficit hídrico, la segunda zona en tamaño según su área presenta estabilidad hídrica y una tercera y última zona presenta con un exceso hídrico, las tres zonas del balance hídrico se pueden apreciar de forma clara en el mapa temático elaborado para este fin el cual se construyó con las metodologías estándar a nivel mundial para estos fines y avaladas por el ministerio del medio ambiente.

La Microcuenca presenta un índice de escasez del 62,36 % lo que se determina como un índice de escasez alto y esto radica en que la oferta hídrica superficial de la Microcuenca no es alta ya que su gran mayoría de drenajes naturales pierden todo su caudal en épocas de verano y por condiciones de suelos y su capacidad de retención, la gran demanda de recurso no solo para el consumo humano si no para actividades redituables como las agropecuarias ejercen una gran presión a este recurso.

Esta Microcuenca abastece de agua a la población del casco urbano de aguas claras este consumo de agua aporta la mayor demanda del recuento hídrico sin desestimar el alto consumo por parte de las actividades agropecuarias, dentro del límite geográfico de la Microcuenca se llevan a cabo siembras constantes de hortalizas como el tomate, cebolla, pimientos y leguminosas

Es claro que en la actualidad no se puede ni se debe desarrollar un estudio de este tipo sin el uso y la aplicación de los software SIG y otros software específicos los cuales apoyen nuestro trabajo en campo

6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda elaborar un estudio de impacto ambiental en la zona de la Microcuenca y sus área de influencia que permita establecer con claridad los mecanismos de mitigación del impacto negativo que genera las actividades antrópicas desarrolladas en la Microcuenca.

Se recomienda que se estudie a fondo el proceso de deforestación que ha venido presentando la microcuenca y como esta deforestación influye sobre el proceso natural de la erosión de los suelos de la microcuenca

Basados en nuestra vocación de ingenieros y por lo aprendido en el desarrollo de esta investigación nos surgen inquietudes respecto del uso de las encuestas para determinación de demanda hídrica una de esas inquietudes radica en el hecho innegable de que los productores en muchos casi la totalidad desconocen la medida técnica de hectárea, fanegada por lo tanto no tiene el dato real de cuantas hectáreas tienen sembrado, no cuentan con una forma de calcular realmente el agua que usan en sus cultivos y tres en la gran mayoría de casos su información presenta vicios esto dado que, los productores asumen que estas encuestas serán usadas en su contra por parte de alguna autoridad ambiental, sería recomendable reevaluar la aplicación de estas encuestas en la determinación de la demanda hídrica e implementar procesos más tecnológicos para este fin y los cuales se usan desde hace unos años en otras zonas del país.

En cuanto a la metodología para determinar requerimientos hídricos a nivel agrícola y pecuario, y la cual es adoptada por la AUTORIDAD AMBIENTAL REGIONAL, también queremos presentar nuestras inquietudes las cuales no se formulan con el ánimo de desmeritar esta metodología pero si con la idea clara de aplicar el concepto que una vez fue impartido en nuestra alma mater y que pretende darnos a entender que como ingenieros no podemos dar nada por verdad absoluta, una de las preguntas que surgen frente a la metodología antes mencionada es:

¿La tasa de requerimiento hídrico del cultivo está formulada para que etapa del desarrollo fenológico del mismo?, dado que se sabe que no es lo mismo regar un cultivo en sus inicios que regarlo en su etapa de producción o en su etapa final.

¿Para el cálculo del requerimiento hídrico de los cultivos se tiene en cuenta los ciclos de siembra? ¿Porque el aplicar este factor sobre un cultivo X implica que el suelo debería estar sembrado siempre con el mismo cultivo?

¿El cultivo va a requerir la misma cantidad de agua sea invierno o verano?

BIBLIOGRAFIA.

BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS TUMBES Y ZARUMILLA Ing. Héctor Vera Arévalo, Ing. Julia Acuña A., Ing. Jorge Yerren S., Dirección General de hidrología y Recursos Hídricos

CONGRESO DE COLOMBIA Decreto 0953 de 2013 Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011. Editorial Litio. P 23

CONGRESO DE COLOMBIA. Decreto 2857 de 1981. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones. Editorial Litio. 2000. P 23

CORPONARIÑO. Zonificación y Codificación de las cuencas Hidrográficas en el Departamento de Nariño. Diciembre 2007. P 33

DOORENBOS J., PRUITT W. O. Estudio FAO Riego y Drenaje 24. Las necesidades de agua de los cultivos. 1977.

DOMÍNGUEZ, Efraín Antonio. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Universidad Javeriana. Bogotá. DC. 2011. P 13

HENAO S. Jesús, 1995. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Universidad Santo Tomas USTA, Centro de Enseñanza Desescolarizada, Bogotá. Pag.120-125.

IDEAM, Guía Técnico Científica para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. 2008

IDEAM. Coautor. Estudio nacional del agua. Balance hídrico y relaciones oferta demanda en Colombia. Segunda versión. Bogotá, 2008.

IDEAM. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Análisis de la distribución general de los ecosistemas boscosos del país por cuencas hidrográficas. 2008. P 10

GUÍA COMUNITARIA PARA LA SALUD AMBIEN TAL. Protección de las cuencas hidrográficas. España. 2011. P 156

MARÍN R.R. Estadística sobre el recurso agua en Colombia, segunda edición. Edición arte y fotolito. Bogotá. 1992. P 23

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma. 2007. P 9

OJEDA AWAD David Humberto. Hacia una política para el manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Asesor de la Asociación de autoridades Ambientales Regionales y Urbanas. Asocars. 2009

PÁEZ GARCÍA, Luis Eduardo. Historia de la Región de Ocaña. Jaguar Group Producciones. Bogotá, 2009. P 23

REPÚBLICA DE COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Actualizada hasta la reforma del 2001, Colombia, edición actualizada 2001. P.33.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Editorial Norma. 2013. P 11

REPUBLICA DE COLOMBIA, 1978. Decreto N°1541 de 1978, Aguas no Maritimas, Cap IV Art 41-68 y Cap V.

UNIDAD ADMINISTRATIVA DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES. Antecedentes del programa de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas. Bogotá. 2009

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Sabas Carlos & Paredes Diego, 2009. Artículo “Estudio de Oferta y Demanda Hídrica en la Cuenca del Rio Barbas”. Scientia et Technica Año XV, N°42. ISSN 0122-1701.

UNESCO, Balance hídrico mundial y recursos hidráulicos de la tierra/estudios e informes sobre hidrología Madrid. 2008. P 25.

VAN WAMBEKE Jan. La Microcuenca Hidrográfica como ámbito de planificación de los recursos naturales. Enfoque Socio – territorial. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2008

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL. Plan de acción ajustado para el año 2007-2011. [En línea], (23 Marzo de 2014), disponible en <<http://www.corponor.gov.co/gel32/index.php>> p 2

GARCÍA, M; SÁNCHEZ, F; et. al. S.f. El Agua (En línea). Consultado el 2 de julio de 2005. Disponible en <<http://www.ideam.gov.co/publica/index4.htm> >

IDEAM. Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Santa Fe de Bogotá D.C., Colombia. VI jornadas del CONAPHI- Chile. Disponible en <http://www.docstoc.com/docs/19690453/OFERTA-Y-DEMANDA-DEL-RECURSO-HIDRICO-EN-COLOMBIA>

ANEXOS

Anexo A. Encuesta dirigida a los usuarios de la microcuenca La Esperanza de la ciudad de Ocaña. Norte de Santander.

NOMBRE DEL PROYECTO DE INVESTIGACION
NOMBRE DE LA MICROCUENCA

ENCUESTA No _____ FECHA: _____

1. Información del Arrendatario o Parcelero

Nombre: _____ N° de Identidad: _____

Ocupación actual: _____ Permanente: si _____ no _____

Edad: _____ Sexo: Femenino _____ Masculino _____ No de celular _____

2. Información socio económica de la familia

N° de integrantes por familia: _____

N° integrante /familia	GENERO		EDAD (N° según rango)					NIVEL EDUCATIVO				
	F	M	0-5	6-11	12-24	25-60	>60	Analfabetismo	Primaria	Secundaria	Profesional	

2.1 Actividad Laboral y/o productiva

Número de personas que trabajan en el predio _____

2.2 Nivel de Ingresos Mensual.

Por debajo de salario mínimo _____ Salario mínimo _____ Mas del salario mínimo _____

2.3 Forma de pago

Diario _____, Semanal _____, Quincenal _____, Mensual _____, Otro _____

2.4 REGIMEN DE SALUD

SUBSIDIADO-----

CONTIBUTIVO _____

3. Información del Predio:

- Nombre: _____ Departamento: _____
- Municipio _____ Dirección del Predio: _____
- Tipo de Centro Poblado: Cabecera Municipal: _____ Corregimiento: _____ Vereda: _____
- Nombre Centro Poblado _____ Área: _____ Has _____
- Coordenadas: N: _____ W: _____ Altura: _____ msnm
- Tipo de Construcciones:

Nº	Tipo Construcción de	Área Mt2
	Viviendas	
	Establo	
	Estanque Piscicultura	
	Piscina	
	Galpones	

Nº	Tipo de Construcción	Área Mt2
	Establo	
	Vivero	
	Porqueriza	
	Invernadero	
	Capucha	

Otras: _____ Mt² Cuales: _____

3.1 Tenencia de la Tierra: Propia: _____ Arrendada: _____ Aparcería: _____ Tenedor: _____

3.2 Vivienda

- Paredes: Ladrillo ___ Madera ___ Bareque ___ Otro _____
- Pisos: Cemento ___ Baldosa ___ Madera ___ Tierra ___
- techo: Teja ___ Paja ___ Eternit ___ Zinc ___
- Unidad Sanitaria: Si ___ No ___
- Condición de la vivienda: Buena ___ Regular ___ Mala ___

3.3 Servicios Públicos:

- Energía Eléctrica: Sí ___ No ___

- Agua Potable: Sí___ No___ material y combustible no
- Gas propano Si___ No___
- Gas natural : Sí___ No___
- Alcantarillado: Sí___ No___
- Aseo: Sí___ No___
- Disposición Final de Residuos Sólidos: Quema ___ Entierra ___ Bota a cielo abierto ___
Recicla ___ Otros _____
- Disposición final de Aguas Residuales: Campo Abierto ___ Quebrada ___ Pozo séptico___

4. Información del Recurso Hídrico:

Tipo de Fuente: Naciente: _____ Quebrada: _____ Río: _____
 Nombre de la Fuente: _____
 Caudal: _____

4.1 Uso del Agua:

1. Consumo Humano: Si___ No___ Número Personas _____
 2. Uso Piscicultura: Si___ No___
 3. Riego de cultivos: Si___ No___ Número Ha _____
 4. Uso Recreacional : Si___ No___
 5. Abrevadero de Animales: Si___ No___ Número Abrevaderos _____
Dispositivo de control Si___ No___Cuál? _____
 6. Servidumbre: Si: _____ No: _____ Longitud: _____ Mts
Tipo de Riego: Inundación: _____ Aspersión: _____ Micro aspersión: _____ Goteo: _____
Otro: _____
 7. Tipo de Captación: Gravedad: ___ Bombeo: ___ Motobomba de ___ H.P
 8. Tipo de conducción. Dimensiones: Largo _____ Mts. Ancho___ Mts. Profundo _____ Mts.
 - 9: material de Conducción: Manguera: _____ PVC: _____ Canal: _____ longitud: _____, Mts_____, diámetro_____. Observaciones: _____
Estado : Bueno ___ Regular ___ Malo ___
- Tanque distribuidor o de almacenamiento: Si___ No_____ Material: _____
 - En su predio existen nacientes: Si ___ No ___ Número _____ Nombres _____
 - En el predio tienen concesión de agua SI___ NO___

Utiliza Agroquímicos: Si No Fertilizantes

Insecticidas _____

Fungicidas _____

Nematicidas _____

Otros: _____

Dosis _____, frecuencia _____, periodicidad _____, si utiliza EPP Y DEMAS _____

5. Información agrícola:

CULTIVO		ÁREA SEMBRADA
Tomate		
Cebolla		
Pimentón		
Frijol		
Habichuela		
Maíz		
Ají magallego		
Repollo		
Otros		

6. Información Pecuaria:

Especie	Nº de animales	Área de explotación (M2)

Anexo B. Recuento fotográfico

Foto 1. Paisaje.



Fuente. Autores del proyecto.

Foto 2. Toma de muestras.



Fuente. Autores del proyecto.

Foto 3. Tramo de uno de los efluentes



Fuente: autores del proyecto

Foto 4. Toma de muestras



Fuente: autores del proyecto

Foto 5. Datos



Fuente: autores del proyecto

Foto 6. Calculo del caudal



Fuente. Autores del proyecto.

Foto 7. Toma de muestras



Fuente. Autores del proyecto

Foto 8. Toma de muestras



Fuente. Autores del proyecto.

Foto 9. Calculo de los resultados



Fuente. Autores del proyecto.

Foto 10. Aplicación de la encuesta



Fuente. Autores del proyecto.